Revista Médica ELECTRÓNICA

Rev Méd Electrón | Vol. 48. 2026 | ISSN: 1684-1824

**CÓMO CITAR**

Mena-Mendoza EU, Vásquez-Rodrigo H, Moreno-Prieto V. Adaptación marginal de cofias metálicas: fusión selectiva por láser frente a colado con patrón impreso. Rev Méd Electrón [Internet]. 2026 [citado: fecha de acceso];48:e7284. Disponible en: http://www.revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/7284/6636

***Autor para correspondencia:**

victor1053644@gmail.com

**Revisores:**

Silvio Faustino Soler-Cárdenas y Katia Brito-Pérez.

**Palabras clave:**
impresión tridimensional; diseño asistido por computadora; prótesis dental; aleaciones dentales; tecnología odontológica

**Key words:**
three-dimensional printing; computer-aided design; dental prosthesis; dental alloys; dental technology

**Recibido:** 13/02/2026.
**Aceptado:** 22/08/2026.
**Publicado:** 30/09/2026.

Artículo de Investigación

# Adaptación marginal de cofias metálicas: fusión selectiva por láser frente a colado con patrón impreso

# Marginal adaptation of metal copings: selective laser fusion versus casting with a printed pattern

Edgar Uri Mena-Mendoza[1] https://orcid.org/0009-0002-0670-7798

Hernán Vásquez-Rodrigo[1] https://orcid.org/0000-0002-5926-6837

Victor Moreno-Prieto[1*] https://orcid.org/0000-0001-6118-0189

**Afiliación:**

[1] Universidad Norbert Wiener. Lima, Perú.

## RESUMEN

**Introducción:** La adaptación marginal de cofias metálicas es crítica, pues brechas amplias favorecen la disolución del cemento y la retención de biopelícula. En clínica coexisten flujos digitales con fusión selectiva por láser y flujos híbridos con patrón impreso y colado, que requieren comparación estandarizada.

**Objetivo:** Evaluar la brecha marginal de cofias fabricadas mediante CAD/CAM+SLM e impresión 3D de patrón calcinable con colado.

**Métodos:** Estudio experimental *in vitro* con 40 cofias metálicas (20 por técnica). Con terminación chamfer estandarizada se digitalizó el modelo y se diseñaron las cofias en CAD. El grupo CAD/CAM+SLM se fabricó por SLM y el grupo impresión 3D+colado mediante patrones de resina y colado por inducción. La brecha marginal (µm) se midió con microscopía estereoscópica en cuatro puntos (lingual, mesial, vestibular y distal). Se utilizó GEE para medidas repetidas y prueba exacta de Fisher para variables categóricas.

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

**Resultados:** CAD/CAM+SLM mostró brechas menores en los cuatro puntos evaluados (32,63; 39,42; 29,41 y 37,27 µm) en comparación con la impresión 3D+colado (98,83; 83,36; 68,41 y 89,92 µm), y diferencias significativas (p < 0,001). El promedio por muestra fue 34,66 ± 7,44 µm versus 86,98 ± 19,97 µm (p < 0,001). En el análisis categórico, la adaptación fue mayor con CAD/CAM+SLM en lingual (100,0 % vs. 73,7 %; p = 0,047).

**Conclusiones:** CAD/CAM+SLM presentó mejor adaptación marginal que impresión 3D+colado en condiciones *in vitro*.

## ABSTRACT

**Introduction:** Marginal adaptation of metal copings is critical, as wide gaps favor the dissolution of cement and the retention of biofilm. In clinical practice, digital workflows using selective laser melting and hybrid workflows using printed patterns and casting coexist, which require standardized comparison.

**Objective:** To evaluate the marginal gap of copings fabricated by CAD/CAM+SLM and by 3D printing of castable pattern followed by casting.

**Methods:** An in vitro experimental study was conducted with 40 metal copings (20 per technique). With a standardized chamfer finish line, the model was digitized and the copings were designed in CAD. The CAD/CAM+SLM group was fabricated by SLM, and the 3D printing+casting group was produced using resin patterns and induction casting. Marginal gap (µm) was measured by stereomicroscopy at four points (lingual, mesial, vestibular, and distal). GEE was used for repeated measurments, and Fisher's exact test was used for categorical variables.

**Results:** CAD/CAM+SLM showed smaller gaps at the four evaluated points (32.63, 39.42, 29.41, and 37.27 µm) compared to 3D printing+casting (98.83, 83.36, 68.41, and 89.92 µm), with significant differences (p<0.001). The mean per coping was 34.66±7.44 µm versus 86.98±19.97 µm (p<0.001). In the categorical analysis, adaptation was higher with CAD/CAM+SLM at the lingual point (100.0% vs. 73.7%; p=0.047).

**Conclusions:** CAD/CAM+SLM showed better marginal adaptation than 3D printing+casting under in vitro conditions.

## INTRODUCCIÓN

La adaptación marginal sigue siendo un punto sensible en la práctica restauradora diaria: cuando la brecha es mayor de lo esperado, se facilita la disolución del cemento, aumenta la retención de placa y se vuelve más probable

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

la inflamación gingival y la recidiva de caries o de problemas periodontales alrededor de la restauración.

En clínica, la magnitud de la brecha marginal puede determinar si una corona se comporta como una solución estable o como un caso que retorna por sensibilidad, filtración o irritación. Por eso, en los últimos años, se ha insistido no solo en medir la brecha marginal, sino en cómo se mide (instrumento, puntos de lectura y forma de resumir los valores), porque el método de medición puede cambiar la interpretación final.[1,2]

Paralelamente, la odontología fija ha ido normalizando flujos digitales que combinan escaneo, diseño y manufactura con tecnologías sustractivas y aditivas. En esa transición, la manufactura aditiva [en especial, técnicas SLM/SLS (fusión selectiva por láser/sinterizado láser selectivo)] ha mostrado resultados competitivos frente al colado convencional en cofias metálicas, aunque con variabilidad según el protocolo y el diseño evaluado.[3]

A nivel experimental, también se ha observado que parámetros específicos —como la orientación de fabricación— influyen en los desajustes reportados,[4] y que variables clínicas del tallado, como el tipo de terminación cervical, se asocian con cambios medibles en la discrepancia marginal.[5] Esta dependencia del flujo completo de fabricación se refuerza con evidencia en otras restauraciones CAD/CAM (Diseño Asistido por Computadora/Manufactura Asistida por Computadora, por sus siglas en inglés), donde el combo escáner-módulo de diseño-unidad de fresado puede modificar la magnitud del gap, incluso cuando el material es el mismo.[6-9]

Sin embargo, cuando se consulta la literatura reciente, aparecen matices que aún complican la toma de decisiones. Varias revisiones coinciden en que el ajuste de restauraciones metálicas fabricadas por SLM está condicionado por factores del tallado (línea de terminación), la orientación de impresión y parámetros de fabricación. Aun así, la evidencia no es completamente consistente en aspectos como aleación, posprocesado o etapas posteriores.[10]

En estudios experimentales se ha descrito que los tratamientos térmicos pueden modificar el ajuste obtenido tras SLM,[11] y que procedimientos propios de la fase protésica —como ciclos de cocción/horneado y envejecimiento— pueden alterar los valores medidos de discrepancia marginal e interna.[12,13] Además, comparaciones entre tecnologías (por ejemplo, DMLS/SLM vs. alternativas) siguen mostrando resultados heterogéneos según diseño y método de evaluación.[14]

Persiste un vacío práctico en ese escenario: en muchos entornos reales conviven dos rutas de fabricación que no siempre se comparan de forma directa bajo un mismo control de diseño. Por un lado, el flujo totalmente digital (CAD/CAM+SLM), y por otro, un flujo híbrido donde se imprime en 3D un patrón

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

de resina y luego se procede al colado; este último suele mantenerse por disponibilidad de equipos, costos o familiaridad técnica.

La literatura muestra que los patrones de resina, fabricados por diferentes métodos, pueden impactar la magnitud del gap en cofias metálicas, lo que justifica evaluar comparativamente estas rutas bajo un mismo diseño y lectura sistemática por puntos.[15] En consecuencia, resulta clínicamente útil no solo reportar promedios, sino observar el comportamiento por puntos críticos (lingual, mesial, vestibular y distal), porque una restauración puede presentar valores promedio aceptables y aun así concentrar desadaptación en un sector decisivo para el sellado marginal.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar la brecha marginal de cofias fabricadas mediante CAD/CAM+SLM frente a cofias elaboradas mediante patrón de resina impresa en 3D y colado, midiendo cuatro puntos por muestra (lingual, mesial, vestibular y distal), y complementando el análisis con una clasificación dicotómica por punto y una clasificación global por muestra.

## MÉTODOS

Se realizó un estudio experimental *in vitro* entre el 17 y el 22 de junio de 2025 para evaluar la adaptación marginal de cofias metálicas fabricadas mediante dos flujos de trabajo: impresión 3D y CAD/CAM con SLM. El tamaño muestral se calculó mediante la fórmula para población finita, considerando una población de 70 cofias metálicas, una heterogeneidad esperada del 50 %, un nivel de confianza del 95 % y un error del 10 %.

Con estos parámetros, se obtuvo un tamaño muestral de 40 cofias metálicas, distribuidas en dos grupos de 20 por técnica. La fase de fabricación se desarrolló en un laboratorio dental (Eldident, Lima), y la medición dimensional de la adaptación marginal se efectuó en un laboratorio especializado (High Technology Laboratory Certificate-HTL), utilizando microscopía estereoscópica.

Se prepararon 20 dientes montados en un tipodón, con una línea de terminación tipo chamfer estandarizada para todos los especímenes. Luego se tomaron impresiones y se obtuvieron modelos de trabajo, a partir de los cuales se generaron los archivos digitales para el diseño de las cofias.

Los modelos fueron escaneados con el Shining 3D Ex Pro, generando archivos STL. Las cofias se diseñaron con el *software* EXOCAD, manteniendo parámetros homogéneos de diseño para ambos grupos.

Grupo 1: CAD/CAM+SLM (aleación base níquel-cromo, Ni-Cr).

Los archivos STL se enviaron al sistema SLM, el cual fusionó capas sucesivas de polvo metálico Ni-Cr, de acuerdo con el diseño. Tras la fabricación, las cofias se

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

separaron del soporte y se realizó arenado con óxido de aluminio ($Al_2O_3$) para el acabado superficial, seguido de la verificación dimensional sobre sus respectivos muñones.

Grupo 2: impresión 3D+colado (aleación cromo-níquel, Cr-Ni).

Para el grupo de impresión 3D, los archivos STL se imprimieron en una Phrozen Sonic XL 4K utilizando resina calcinable (castable). Posteriormente, las piezas se limpiaron en baño ultrasónico, se colocaron bebederos y se revistieron con Bellavest SH (BEGO). Se realizó el *burnout* en un horno Jelrus Whipmix (950 °C) y, finalmente, el colado por inducción con aleación Cr-Ni (Wironia) en una BEGO Fornax T, seguido del afinamiento y la verificación de la continuidad marginal.

Se incluyeron cofias con márgenes íntegros y troqueles con chamfer claramente definido, sin deterioro ni corrosión. Se excluyeron troqueles con terminación deficiente, cofias con corrosión o con fracturas/microfracturas.

La variable principal es la brecha marginal por punto (µm), definida como la distancia entre el borde cervical de la cofia y la línea de terminación del muñón, medida de forma perpendicular al margen en cuatro puntos anatómicos predefinidos por muestra: lingual, mesial, vestibular y distal.

Las variables secundarias:

Promedio de brecha marginal por muestra (continua): calculado como la media aritmética de las brechas marginales registradas en los puntos evaluados de cada muestra. Cuando faltó uno o más puntos, el promedio se estimó con las mediciones disponibles.

Adaptación marginal por punto (categórica): definida como adaptación (≤120 µm) y desadaptación (>120 µm).

Clasificación global por muestra (categórica): definida a partir del promedio de brecha marginal por muestra. Se consideró adaptación cuando el promedio fue ≤120 µm y desadaptación cuando el promedio fue >120 µm.

La brecha marginal se evaluó sin cementación. Cada cofia se asentó sobre su muñón correspondiente y se verificó el asentamiento pasivo antes de la lectura. La brecha marginal se definió como la distancia (en micrómetros) entre el borde cervical de la cofia y la línea de terminación del muñón, medida de forma perpendicular al margen. La medición se realizó mediante microscopía estereoscópica en el laboratorio HTL, con calibración previa del sistema de medición. En cada muestra se registraron cuatro puntos anatómicos predefinidos: lingual, mesial, vestibular y distal. Los valores se expresaron en µm.

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

En algunos especímenes no fue posible obtener la lectura en uno o más puntos debido a limitaciones de visualización o delimitación del margen; dichos valores se consignaron como datos faltantes y no se imputaron. Por ello, el tamaño muestral por punto pudo ser menor a 20 por grupo. Las comparaciones por punto se realizaron con los casos disponibles (análisis por punto con n variable). Para el promedio por muestra, se calculó la media aritmética usando los puntos efectivamente registrados; cuando faltó uno o más puntos, el promedio se estimó con las mediciones disponibles.

El análisis estadístico se realizó en Python 3.11. La brecha marginal por punto y el promedio de brecha marginal por muestra se describieron mediante media ± desviación estándar. Para la comparación principal entre técnicas, se utilizó un modelo de ecuaciones de estimación generalizadas (GEE) con distribución gaussiana, función de enlace identidad, estructura de correlación intercambiable y errores estándar robustos, debido a que las cuatro mediciones obtenidas en cada cofia (lingual, mesial, vestibular y distal) constituyen observaciones correlacionadas dentro de una misma muestra.

El modelo incluyó los términos técnica, punto e interacción técnica × punto. A partir de este modelo, se estimaron diferencias medias (impresión 3D-CAD/CAM+SLM) con IC 95 %.

Para las comparaciones por punto se aplicó ajuste por Holm (4 comparaciones). Como medida de tamaño de efecto para la variable continua, se reportó Hedges g por punto. El promedio de brecha marginal por muestra se calculó como la media aritmética de las mediciones registradas en los puntos lingual, mesial, vestibular y distal; cuando faltó uno o más puntos, el promedio se estimó con los valores disponibles. Adicionalmente, el promedio de brecha marginal por muestra se comparó entre técnicas mediante la prueba t de Welch.

Para la variable categórica de adaptación marginal por punto, la comparación entre técnicas se realizó mediante la prueba exacta de Fisher (2×2). Se consideró significancia estadística con un nivel de $\alpha < 0{,}05$ y pruebas bilaterales.

La investigación fue aprobada por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad Norbert Wiener (Exp. N.° 0702-2025). El estudio se basó en ensayos *in vitro* y no incluyó recolección de datos de pacientes ni intervenciones en seres humanos.

## RESULTADOS

Se evaluaron 40 cofias metálicas (20 por técnica). La brecha marginal por punto se registró en cuatro localizaciones anatómicas por muestra (lingual, mesial, vestibular y distal). Adicionalmente, se calculó el promedio de brecha marginal por muestra a partir de los puntos disponibles. Debido a mediciones no registradas en algunos especímenes, el tamaño muestral varió por punto. En las

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

mediciones por punto, los valores fueron consistentemente menores con CAD/CAM+SLM en comparación con impresión 3D, como se observa en la tabla 1.

Para CAD/CAM+SLM, la brecha marginal media fue 32,63 ± 11,73 µm en lingual, 39,42 ± 11,37 µm en mesial, 29,41 ± 9,55 µm en vestibular y 37,27 ± 14,01 µm en distal. En impresión 3D, las medias correspondieron a 98,83 ± 31,08 µm (lingual), 83,36 ± 29,49 µm (mesial), 68,41 ± 24,44 µm (vestibular) y 89,92 ± 24,75 µm (distal).

El modelo GEE mostró efecto global de la técnica, del punto de medición y de la interacción técnica × punto. En las comparaciones por punto con ajuste por Holm, la impresión 3D registró brechas mayores que CAD/CAM+SLM en las cuatro localizaciones: 66,39 µm en lingual (IC 95 %: 51,81-80,98), 44,75 µm en mesial (IC 95 %: 30,84-58,66), 39,08 µm en vestibular (IC 95 %: 26,97-51,19) y 52,65 µm en distal (IC 95 %: 40,50-64,80), con $p < 0,001$ en todos los casos. Los tamaños de efecto (Hedges g) por punto fueron: 2,70 (lingual), 1,90 (mesial), 2,05 (vestibular) y 2,57 (distal).

En el promedio por muestra, CAD/CAM+SLM presentó 34,66 ± 7,44 µm e impresión 3D 86,98 ± 19,97 µm, con una diferencia de 52,32 µm (IC 95 %: 42,49-62,15). La comparación del promedio por muestra mediante t de Welch fue significativa ($p < 0,001$) y el tamaño de efecto fue Hedges g = 3,40.

**Tabla 1.** Brecha marginal por punto y promedio de brecha marginal por muestra según técnica

| Punto | CAD/CAM+SLM n; media ± DE (µm) | Impresión 3D n; media ± DE (µm) | Diferencia (3D-CAD/CAM) µm (IC 95 %) | p (Holm) | Hedges g |
|---|---|---|---|---|---|
| Lingual | 17; 32,63 ± 11,73 | 19; 98,83 ± 31,08 | 66,39 (51,81-80,98) | <0,001 | 2,70 |
| Mesial | 18; 39,42 ± 11,37 | 19; 83,36 ± 29,49 | 44,75 (30,84-58,66) | <0,001 | 1,90 |
| Vestibular | 17; 29,41 ± 9,55 | 17; 68,41 ± 24,44 | 39,08 (26,97-51,19) | <0,001 | 2,05 |
| Distal | 20; 37,27 ± 14,01 | 20; 89,92 ± 24,75 | 52,65 (40,50-64,80) | <0,001 | 2,57 |
| Promedio (por muestra) | 20; 34,66 ± 7,44 | 20; 86,98 ± 19,97 | 52,32 (42,49-62,15) | <0,001 | 3,40 |

DE: desviación estándar

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

El tamaño muestral (n) varía por punto debido a mediciones no registradas. Las filas por punto (lingual, mesial, vestibular y distal) se analizaron mediante GEE para medidas repetidas, con diferencias expresadas como impresión 3D-CAD/CAM+SLM e IC 95 %, y p ajustada por Holm. La fila Promedio (por muestra) corresponde a la media aritmética de los puntos disponibles en cada muestra y se comparó mediante t de Welch bilateral.

En la evaluación categórica de adaptación marginal (≤120 µm), la proporción de adaptación fue 17/17 (100 %) para CAD/CAM+SLM y 14/19 (73,7 %) para impresión 3D en lingual; 18/18 (100 %) y 15/19 (78,9 %) en mesial; 17/17 (100 %) y 16/17 (94,1 %) en vestibular; y 20/20 (100 %) y 18/20 (90 %) en distal.

La prueba exacta de Fisher mostró diferencia estadísticamente significativa entre técnicas en el punto lingual (p = 0,047), mientras que en los puntos mesial, vestibular y distal no se observaron diferencias significativas (p = 0,105; 1,000 y 0,487, respectivamente). Tampoco se observaron diferencias significativas en la clasificación global por muestra (p = 0,487), según se observa en la tabla 2.

**Tabla 2.** Adaptación marginal por punto y clasificación global por muestra según técnica

| Punto | CAD/CAM+SLM: Adaptación n/N (%) | Impresión 3D: Adaptación n/N (%) | p* |
|---|---|---|---|
| Lingual | 17/17 (100 %) | 14/19 (73,7 %) | 0,047 |
| Mesial | 18/18 (100 %) | 15/19 (78,9 %) | 0,105 |
| Vestibular | 17/17 (100 %) | 16/17 (94,1 %) | 1 |
| Distal | 20/20 (100 %) | 18/20 (90 %) | 0,487 |
| Promedio (clasificación) | 20/20 (100 %) | 18/20 (90 %) | 0,487 |

*p obtenido mediante prueba exacta de Fisher (2×2). Los denominadores corresponden a los casos con medición disponible en cada punto.

## DISCUSIÓN

En este estudio *in vitro* se observa que las cofias metálicas fabricadas mediante CAD/CAM+SLM mostraron una brecha marginal menor que las obtenidas con el flujo basado en impresión 3D en los cuatro puntos evaluados. En términos prácticos, esta diferencia fue consistente y clínicamente relevante, ya que el margen constituye una zona crítica de la restauración: cuando el sellado marginal es subóptimo, aumenta la probabilidad de retención de biopelícula, irritación gingival y deterioro del cemento.

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

Incluso, discrepancias pequeñas y repetidas en distintos sectores del margen pueden asociarse con inflamación marginal o necesidad de ajustes más agresivos, especialmente cuando la restauración presenta sobrecontornos o un asentamiento inadecuado.[16]

Al contrastar estos hallazgos con la literatura reciente, los resultados son consistentes con estudios que señalan que los flujos de manufactura más controlados y menos dependientes de etapas intermedias tienden a ofrecer mejor precisión de ajuste, aunque la dirección y magnitud del efecto no siempre son uniformes entre investigaciones. En una comparación *in vitro* de cofias de Co-Cr producidas mediante distintas técnicas, se describió que los procesos digitales pueden alcanzar ajustes favorables, aunque su desempeño depende de la cadena completa de trabajo, incluido el diseño, las compensaciones, el posprocesado y el control dimensional.[17]

De forma similar, un estudio en cofias unitarias que comparó técnicas digitales y convencionales, mostró variabilidad relevante entre métodos y señaló que el comportamiento final del margen puede cambiar según el flujo de fabricación y el método de medición.[14] A nivel de síntesis de evidencia, una revisión sistemática con metaanálisis que comparó la sinterización selectiva por láser con el colado convencional en cofias metálicas también destacó la heterogeneidad entre estudios y sugirió que parte de las discrepancias puede atribuirse a diferencias metodológicas y de protocolo.[3]

Los resultados presentados aquí podrían explicarse por varios factores metodológicos plausibles, dentro de los alcances de la medición realizada. En primer lugar, los flujos basados en impresión 3D incorporan etapas con potencial de variación dimensional, como la resolución de impresión, la orientación, los soportes, la contracción del material y los ajustes de posprocesado. Estudios recientes señalan que variables como la orientación de impresión y los parámetros de fabricación pueden modificar el ajuste marginal e interno, con efectos no triviales.[18]

En segundo lugar, incluso cuando se emplean protocolos de medición consistentes, la identificación del límite marginal y el procedimiento de lectura del borde pueden introducir diferencias; ello ha sido documentado en investigaciones sobre la detección o definición de la línea de terminación y su impacto en las brechas marginales e internas.[19]

Y, en tercer lugar, revisiones metodológicas indican que las mediciones de ajuste varían según el instrumento y el protocolo utilizado, incluidos el número de puntos, las repeticiones y la evaluación antes o después de la cementación, lo que condiciona las comparaciones entre estudios.[16,20]

Un hallazgo que debe interpretarse con cautela es que, al convertir la medición continua en una clasificación dicotómica de adaptación y desadaptación, no se observaron diferencias significativas entre técnicas en ninguno de los puntos

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

evaluados. Esto es esperable cuando la frecuencia de desadaptación es baja, ya que al reducir una variable continua a categorías, se pierde información y potencia estadística.

En otras palabras, aunque la impresión 3D mostró brechas mayores en promedio, muchas mediciones permanecieron por debajo del umbral operativo definido para adaptación, lo que hizo que ambos grupos presentaran proporciones similares. Este comportamiento también se ha descrito en estudios *in vitro*, donde la elección del umbral y la variabilidad entre muestras influyen de forma importante en la conclusión categórica.[21]

Desde la perspectiva clínica, estos resultados sugieren que, si el objetivo principal es minimizar la brecha marginal, un flujo CAD/CAM+SLM podría ofrecer una ventaja en condiciones controladas. No obstante, su traducción directa al entorno clínico debe interpretarse con prudencia, ya que intervienen factores como el tipo de línea de terminación, la cementación, el control de humedad, los ajustes oclusales y el envejecimiento funcional.

En futuras investigaciones sería valioso incorporar evaluaciones complementarias del ajuste interno, protocolos de envejecimiento y escenarios clínicos o semiclínicos que permitan determinar en qué medida la ventaja observada se mantiene tras la cementación y la carga funcional. Además, revisiones destacan que la calidad del ajuste no depende solo del valor puntual, sino también de la consistencia del proceso y de la reproducibilidad en series clínicas.[17,20]

Entre las fortalezas del estudio, se encuentra el diseño comparativo con el mismo esquema de medición por puntos y el análisis que consideró la correlación de mediciones dentro de cada muestra. Sin embargo, hay limitaciones reales: al ser un estudio *in vitro* no se puede extrapolar a desempeño clínico a largo plazo; además, la medición se restringió a cuatro puntos, lo que puede no capturar irregularidades del contorno marginal completo.

También es importante reconocer que cualquier variación en identificación del margen o pequeñas discrepancias en el posicionamiento durante la lectura puede influir en micras. Por eso, las guías metodológicas recientes recomiendan estandarizar estrictamente el protocolo y, cuando sea posible, complementar con métodos tridimensionales según el objetivo del estudio.[16] En conjunto, los hallazgos apoyan que la técnica de fabricación impacta la brecha marginal medida antes de cualquier intervención clínica, y refuerzan la necesidad de evaluar no solo promedios, sino también variabilidad y consistencia del proceso.

## CONCLUSIONES

En condiciones *in vitro*, las cofias metálicas fabricadas mediante CAD/CAM+SLM presentaron brechas marginales menores que las obtenidas con el flujo de

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

impresión 3D en los cuatro puntos evaluados (lingual, mesial, vestibular y distal), lo que sugiere un ajuste marginal más favorable para la técnica basada en fusión selectiva por láser dentro del contexto experimental.

Al categorizar la adaptación por punto según el umbral operativo, se observó una diferencia significativa a favor de CAD/CAM+SLM en el punto lingual, mientras que en los demás puntos y en la clasificación global por muestra no se evidenciaron diferencias significativas entre técnicas. En conjunto, estos hallazgos respaldan el uso de CAD/CAM+SLM como alternativa con mejor desempeño dimensional marginal en el laboratorio, y justifican futuras evaluaciones que incorporen cementación y envejecimiento termo-mecánico para aproximarse a condiciones clínicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dudley J, Farook TH. Measuring the Marginal Gap of Pre-Cemented All-Metal Single Crowns: A Systematic Review of In Vitro Studies. Dent J (Basel). 2025;13(5):204. DOI: 10.3390/dj13050204

2. Dudley J, Farook TH. Determinants of marginal gap of single crowns before cementation: An umbrella review. J Prosthet Dent. 2026;135(2):276.e1-13. DOI: 10.1016/j.prosdent.2025.10.010.

3. Yang J, Li H, Xu L, et al. Selective laser sintering versus conventional lost-wax casting for single metal copings: A systematic review and meta-analysis. J Prosthet Dent. 2022;128(5):897-904. DOI: 10.1016/j.prosdent.2021.02.011.

4. Kim DY. Evaluation of fits of metal copings fabricated by using selective laser melting at various angles. J Prosthet Dent. 2022;128(3):415-20. DOI: 10.1016/j.prosdent.2020.08.029.

5. Al-Saleh S, Vohra F, Albogami SM, et al. Marginal Misfit of 3D-Printed (Selective Laser Sintered), CAD-CAM and Lost Wax Technique Cobalt Chromium Copings with Shoulder and Chamfer Finish Lines: An In-Vitro Study. Medicina (Kaunas). 2022;58(10):1313. DOI: 10.3390/medicina58101313.

6. Su S, Dudley J. The marginal gaps of lithium disilicate crowns constructed by different scanner and milling unit combinations. Aust Dent J. 2022;67(2):125-31. DOI: 10.1111/adj.12891.

7. Tan K, Dudley J. The marginal gaps of sequentially milled lithium disilicate crowns using two different milling units. Aust Dent J. 2022;67(3):239-48. DOI: 10.1111/adj.12909.

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

8. Al Wadei MHD, Sayed ME, Jain S, et al. Marginal Adaptation and Internal Fit of 3D-Printed Provisional Crowns and Fixed Dental Prosthesis Resins Compared to CAD/CAM-Milled and Conventional Provisional Resins: A Systematic Review and Meta-Analysis. Coatings. 2022;12(11):1777. DOI: 10.3390/coatings12111777.

9. Kumar MVS, Kumar R, Saini RS, et al. Assessment of Marginal Fit and Accuracy of Crowns Fabricated Using CADCAM Milling and 3D Printing Technology. J Pharm Bioallied Sci. 2024;16(Supl 4):S3509-11. DOI: 10.4103/jpbs.jpbs_986_24.

10. Limpuaangthip N, Hlaing NHMM, Lee SJ, et al. Factors affecting the fit of metal-based restorations fabricated by selective laser melting: A systematic review. J Prosthet Dent. 2026;135(5):e29-42. DOI: 10.1016/j.prosdent.2025.10.045.

11. Htat HL, Takaichi A, Kajima Y, et al. Influence of stress-relieving heat treatments on the efficacy of Co-Cr-Mo-W alloy copings fabricated using selective laser melting. J Prosthodont Res. 2024;68(2):310-8. DOI: 10.2186/jpr.JPR_D_22_00283.

12. Daou EE, Baba NZ. The Effect of Firing Cycles on the Fit of Cobalt-Chromium Multiunit Prostheses Fabricated by Additive Manufacturing. J Prosthodont. 2023;32(1):71-6. DOI: 10.1111/jopr.13506.

13. Shokry TE, Attia M, Mosleh I, et al. Effect of metal selection and porcelain firing on the marginal accuracy of titanium-based metal ceramic restorations. J Prosthet Dent. 2010;103(1):45-52. DOI: 10.1016/S0022-3913(09)60216-X.

14. Kale AA, Jain S, Bhasin N, et al. An In Vitro Comparison of Marginal Fit of Single-Unit Copings Fabricated Using Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing Zirconia, Direct Metal Laser Sintering and Porcelain-Fused-to-Metal. Cureus. 2024;16(10):e71748. DOI: 10.7759/cureus.71748.

15. Addugala H, Venugopal VN, Rengasamy S, et al. Marginal and Internal Gap of Metal Copings Fabricated Using Three Types of Resin Patterns with Subtractive and Additive Technology: An In Vitro Comparison. Materials (Basel). 2022;15(18):6397. DOI: 10.3390/ma15186397.

16. Ayres AP, Cuschieri LA, Bianchi DM, et al. Advantages and drawbacks of different methods to measure marginal gaps in fixed dental prostheses: A scoping review. J Dent. 2024;151:105400. DOI: 10.1016/j.jdent.2024.105400.

17. Majeed ZA, Jasim HH. Digital Evaluation of Trueness and Fitting Accuracy of Co-Cr Crown Copings Fabricated by Different Manufacturing Technologies. Cureus. 2023;15(6):e39819. DOI: 10.7759/cureus.39819.

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

18. Abdelhady W, Abozaid D, Mohammed M, et al. A systematic review on influence of printing layer thickness on the marginal and internal fit of 3D-printed fixed dental prostheses. Odontology. 2025. DOI: 10.1007/s10266-025-01241-y.

19. Huong NTT, Thao NP, Minh Duc N, et al. Evaluation of the marginal and internal gaps in 3D-printed interim crowns using different finish line detection methods: an in vitro study. PLoS One. 2026;21(1):e0340793. DOI: 10.1371/journal.pone.0340793.

20. Chaturvedi S, Alqahtani NM, Al-Qarni MA, et al. Evaluation of the methods for determining accuracy of fit and precision of RPD framework in Digital (3D printed, milled) and conventional RPDs - a systematic review. BMC Oral Health. 2024;24(1):1466. DOI: 10.1186/s12903-024-05262-x.

21. Basunbul G, Alkhalagi TS. Comparative evaluation of marginal fit in conventional versus high-speed-sintered zirconia crowns: an in vitro study. BMC Oral Health. 2025;26(1):22. DOI: 10.1186/s12903-025-07434-9.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

## Contribución de autoría

Edgar Uri Mena-Mendoza: conceptualización, análisis formal, obtención de financiación, investigación, metodología, administración del proyecto, recursos, supervisión, validación, visualización, redacción del borrador original, revisión y edición.

Hernán Vásquez-Rodrigo: conceptualización, análisis formal, obtención de financiación, investigación, metodología, administración del proyecto, recursos, supervisión, validación, visualización, redacción del borrador original, revisión y edición.

Victor Moreno-Prieto: curación de datos, análisis formal, metodología, *software*, supervisión, validación, visualización, redacción del borrador original, revisión y edición.

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu