Revista ESTOMATOLÓGICA Herediana
E-ISSN 2225-7616

ARTÍCULO ORIGINAL
ORIGINAL ARTICLE / ARTIGO ORIGINAL

DOI: https://doi.org/10.20453/reh.v36i3.8209

Efecto de la curvatura de la línea de terminación sobre la adaptación marginal e interna de cofias de Co-Cr confeccionadas mediante fusión selectiva por láser*

Effect of finish-line curvature on the marginal and internal adaptation of Co-Cr copings fabricated by selective laser melting

Efeito da curvatura da linha de término sobre a adaptação marginal e interna de copings de Co-Cr confeccionados por fusão seletiva a laser

Gaby Oliveira Ruiz[1], *Cecilia del Pilar Portocarrero Claros*[2], *Jossep Mauro Gómez Alarco*[3], *Martin Gilberto Quintana Del Solar*[1]

[1] Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.
[2] Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Lima, Perú.
[3] Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.

RESUMEN

Objetivo: Comparar el efecto de tres curvaturas de la línea de terminación sobre la adaptación marginal e interna de cofias metálicas de cobalto-cromo (Co-Cr) confeccionadas mediante fusión selectiva por láser en modelos maestros con anatomía del primer premolar superior. **Materiales y métodos:** Estudio experimental *in vitro*. Se confeccionaron tres modelos maestros de Co-Cr correspondientes al primer premolar superior derecho con curvaturas de la línea de terminación de 0,5, 1,5 y 2,5 mm. Se elaboraron 13 cofias de Co-Cr por grupo mediante tecnología de fusión selectiva por láser (n = 39). La adaptación marginal e interna (axial y oclusal) se evaluó mediante la técnica de réplica de silicona con un estereomicroscopio a 40x. Los datos se analizaron con las pruebas de Kruskal-Wallis, U de Mann-Whitney y ANOVA, utilizándose un nivel de confianza del 95 % ($p < 0,05$). **Resultados:** La discrepancia marginal fue de 87,02 ± 24,89 µm para la curvatura de 0,5 mm, 93,55 ± 14,45 µm para la de 1,5 mm y 93,07 ± 11,71 µm para la de 2,5 mm, con diferencias significativas entre los grupos ($p = 0,003$). La curvatura de 0,5 mm registró menor discrepancia marginal que las curvaturas de 1,5 mm ($p = 0,0052$) y 2,5 mm ($p = 0,002$). En la adaptación interna axial no se encontraron diferencias significativas entre los grupos ($p = 0,3397$). Por el contrario, la adaptación interna oclusal evidenció diferencias significativas ($p < 0,0001$), con discrepancias promedio de 228,21 ± 31,05 µm, 201,27 ± 17,62 µm y 194,80 ± 19,93 µm para las curvaturas de 0,5, 1,5 y 2,5 mm, respectivamente. **Conclusiones:** La curvatura de 0,5 mm presentó la menor discrepancia marginal, y las curvaturas de 1,5 mm y 2,5 mm mostraron menores discrepancias internas oclusales que la de 0,5 mm, sin observarse diferencias estadísticamente significativas en la adaptación interna axial.

Palabras clave: adaptación marginal dental; coronas dentales; diseño asistido por computador; aleaciones dentales; impresión tridimensional.

Recibido: 09-06-2026
Aceptado: 10-09-2026
En línea: 27-09-2026

Artículo de acceso abierto
© Los autores

Citar como:
Oliveira G, Portocarrero CP, Gómez JM, et al. Efecto de la curvatura de la línea de terminación sobre la adaptación marginal e interna de cofias de Co-Cr confeccionadas mediante fusión selectiva por láser. Rev Estomatol Herediana. 2026;36(3):e8209. doi:10.20453/reh.v36i3.8209

* El presente artículo fue elaborado a partir de la tesis de Gaby Oliveira Ruiz y Cecilia del Pilar Portocarrero Claros para obtener el título de Especialista en Rehabilitación Oral.

ABSTRACT

Objective: To compare the effect of three finish-line curvatures on the marginal and internal fit of cobalt-chromium (Co-Cr) metal copings fabricated by selective laser melting using master models with maxillary first premolar anatomy. **Materials and methods:** An *in vitro* experimental study was conducted. Three Co-Cr master models of a maxillary right first premolar were fabricated with finish-line curvatures of 0.5, 1.5, and 2.5 mm. Thirteen Co-Cr copings were fabricated for each group using selective laser melting (n = 39). Marginal and internal fit, including axial and occlusal gaps, was evaluated using the silicone replica technique under a stereomicroscope at ×40 magnification. Data were analyzed using the Kruskal-Wallis test, Mann-Whitney U test, and ANOVA, with a 95% confidence level ($p < 0.05$). **Results:** Marginal discrepancy was 87.02 ± 24.89 µm for the 0.5-mm curvature, 93.55 ± 14.45 µm for the 1.5-mm curvature, and 93.07 ± 11.71 µm for the 2.5-mm curvature, with significant differences among the groups ($p = 0.003$). The 0.5-mm curvature showed a lower marginal discrepancy than the 1.5-mm ($p = 0.0052$) and 2.5-mm ($p = 0.002$) curvatures. No significant differences in axial internal fit were found among the groups ($p = 0.3397$). In contrast, occlusal internal fit showed significant differences ($p < 0.0001$), with mean discrepancies of 228.21 ± 31.05 µm, 201.27 ± 17.62 µm, and 194.80 ± 19.93 µm for the 0.5-, 1.5-, and 2.5-mm curvatures, respectively. **Conclusions:** The 0.5-mm curvature showed the lowest marginal discrepancy, whereas the 1.5- and 2.5-mm curvatures showed lower occlusal internal discrepancies than the 0.5-mm curvature. No statistically significant differences were observed in axial internal fit.

Keywords: dental marginal adaptation; dental crowns; computer-aided design; dental alloys; three-dimensional printing.

RESUMO

Objetivo: Comparar o efeito de três curvaturas da linha de término sobre a adaptação marginal e interna de copings metálicos de cobalto-cromo (Co-Cr) confeccionados por fusão seletiva a laser em modelos mestres com anatomia do primeiro pré-molar superior. **Materiais e métodos:** Estudo experimental *in vitro*. Foram confeccionados três modelos mestres de Co-Cr correspondentes ao primeiro pré-molar superior direito, com curvaturas da linha de término de 0,5, 1,5 e 2,5 mm. Foram confeccionados 13 copings de Co-Cr por grupo por meio da tecnologia de fusão seletiva a laser (n = 39). A adaptação marginal e interna (axial e oclusal) foi avaliada pela técnica da réplica de silicone, utilizando um estereomicroscópio com aumento de 40×. Os dados foram analisados pelos testes de Kruskal-Wallis, U de Mann-Whitney e ANOVA, adotando-se nível de confiança de 95% ($p < 0,05$). **Resultados:** A discrepância marginal foi de 87,02 ± 24,89 µm para a curvatura de 0,5 mm, 93,55 ± 14,45 µm para a de 1,5 mm e 93,07 ± 11,71 µm para a de 2,5 mm, com diferenças significativas entre os grupos ($p = 0,003$). A curvatura de 0,5 mm apresentou menor discrepância marginal do que as curvaturas de 1,5 mm ($p = 0,0052$) e 2,5 mm ($p = 0,002$). Na adaptação interna axial, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos ($p = 0,3397$). Em contrapartida, a adaptação interna oclusal apresentou diferenças significativas ($p < 0,0001$), com discrepâncias médias de 228,21 ± 31,05 µm, 201,27 ± 17,62 µm e 194,80 ± 19,93 µm para as curvaturas de 0,5, 1,5 e 2,5 mm, respectivamente. **Conclusões:** A curvatura de 0,5 mm apresentou a menor discrepância marginal, enquanto as curvaturas de 1,5 mm e 2,5 mm apresentaram menores discrepâncias internas oclusais do que a de 0,5 mm, sem diferenças estatisticamente significativas na adaptação interna axial.

Palavras-chave: adaptação marginal dentária; coroas dentárias; desenho assistido por computador; elásticos odontológicos; impressão tridimensional.

INTRODUCCIÓN

La adaptación marginal e interna constituye uno de los principales parámetros para evaluar la calidad y la longevidad de las restauraciones de prótesis fija. Un ajuste deficiente puede favorecer la acumulación de placa bacteriana, disolución del cemento, microfiltración, recidiva de caries, alteraciones periodontales y fracaso clínico del tratamiento (1-12). Así pues, la adaptación marginal se define como el ajuste existente entre la restauración y la

línea de terminación de la preparación dentaria; por su parte, la adaptación interna alude al espacio comprendido entre la superficie interna de la restauración y la del diente preparado a nivel axial y oclusal (5-10). Diversos estudios han señalado que las discrepancias marginales entre 50 y 120 µm resultan clínicamente aceptables, mientras que la discrepancia interna puede oscilar entre 50 y 350 µm (2, 3, 5-12).

Entre los múltiples factores que pueden influir en la adaptación de una restauración destacan el material empleado, la técnica de fabricación, el diseño de la preparación y las características de la línea de terminación (2, 3, 13-16). Esta última delimita el contorno cervical entre las piezas dentarias (17).

Investigaciones previas sugieren que una mayor curvatura de la línea de terminación podría comprometer la adaptación marginal de las restauraciones indirectas. Por ejemplo, Tao y Han (18), así como Asavapanumas y Leevailoj (17), reportaron que una menor curvatura se asocia con menores discrepancias marginales. No obstante, la evidencia disponible es aún limitada, puesto que la mayoría de los estudios se ha centrado en dientes anteriores mediante el uso de materiales cerámicos o sistemas de fabricación distintos a los empleados para estructuras metálicas obtenidas por fusión selectiva por láser (SLM, por sus siglas en inglés) (17-21).

En los últimos años, los sistemas CAD-CAM han transformado la elaboración de restauraciones dentales al permitir obtener estructuras con mayor precisión y reproducibilidad. Dentro de estas tecnologías, la SLM representa un método aditivo capaz de fabricar restauraciones metálicas mediante la fusión controlada de capas sucesivas de polvo metálico. Este procedimiento reduce errores asociados al colado convencional y optimiza el ajuste de las estructuras protésicas (5, 19, 20). En concordancia con ello, diversos estudios han demostrado que las piezas obtenidas por esta tecnología alcanzan niveles de adaptación marginal e interna clínicamente aceptables, e incluso superiores a los logrados con otras técnicas (5, 12, 20, 21).

Conocer el efecto de la curvatura de la línea de terminación sobre la adaptación de las restauraciones confeccionadas por SLM reviste una notable importancia clínica: permite identificar configuraciones de preparación asociadas a un mejor ajuste marginal e interno, lo que contribuiría a optimizar el diseño biomecánico de las preparaciones y aumentar su longevidad (1-4, 17, 18). Asimismo, esta información resulta relevante para la planificación clínica en dientes posteriores, donde las variaciones anatómicas de la línea cervical pueden modificar el comportamiento de las restauraciones durante su asentamiento (17).

Para este trabajo se decidió emplear modelos maestros con anatomía del primer premolar superior, dado que esta pieza presenta una diferencia natural de altura entre los márgenes vestibular y palatino, lo cual permite reproducir distintos grados de curvatura de la línea de terminación y evaluar experimentalmente su impacto sobre la adaptación de las cofias (17). Pese a la relevancia de dicho aspecto morfológico, la literatura sobre su efecto en restauraciones metálicas de Co-Cr fabricadas mediante SLM continúa siendo escasa (17, 18, 20, 21).

En este sentido, el objetivo de este estudio fue evaluar y comparar *in vitro* el efecto de tres curvaturas de la línea de terminación (0,5, 1,5 y 2,5 mm) sobre la adaptación marginal e interna de cofias metálicas de Co-Cr confeccionadas mediante SLM en modelos maestros con anatomía del primer premolar superior.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio experimental *in vitro* con el propósito de evaluar el efecto de tres curvaturas de la línea de terminación sobre la adaptación marginal e interna de cofias metálicas de Co-Cr confeccionadas mediante SLM. Previo al inicio del estudio, se calibró al investigador responsable de las mediciones. Dado que las discrepancias marginal e interna corresponden a variables cuantitativas continuas expresadas en micrómetros (µm), la reproducibilidad intraobservador se evaluó mediante el coeficiente de correlación intraclase (CCI), obteniéndose un valor de 0,90, indicativo de una adecuada reproducibilidad. Se fabricaron tres modelos con curvaturas de la línea de terminación de 0,5, 1,5 y 2,5 mm respecto a la posición cervical. Estos se diseñaron en formato STL con las siguientes especificaciones: ángulo de convergencia total de 12°, cúspide vestibular de 6,5 mm de altura, cúspide palatina de 5,5 mm de altura (ambas medidas desde la línea de terminación hasta la punta de cúspide) y línea de terminación en *chamfer* de 1 mm (figuras 1, 2 y 3).

Posteriormente, se imprimió el diseño en aleación Co-Cr mediante SLM en una impresora láser 3D Mlab Cusing R (Concept Laser; Lichtenfels, Alemania). Una vez obtenido el modelo maestro, se pulió con cauchos negros para metal y trapos de felpa (Jota® AG; Rüthi, Suiza), y se montó en una base acrílica de autopolimerización Duracryl® de color rosado (New Stetic; Antioquia, Colombia). Sobre las bases acrílicas se marcaron las caras mesial (M), distal (D), vestibular (V) y palatina (P) para facilitar su manipulación. A continuación, se realizó una impresión con silicona de adición fluida y pesada de los tres modelos maestros, y se llevó a cabo el vaciado en yeso tipo IV, obteniéndose un modelo de yeso por cada curvatura de línea de terminación.

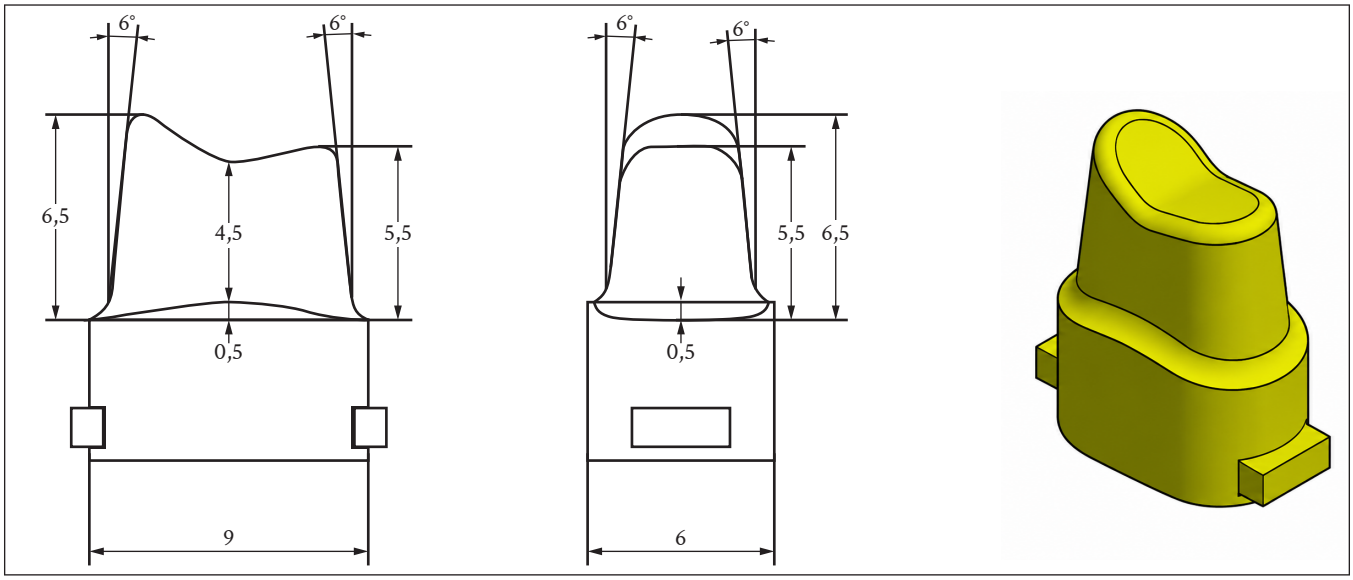

Figura 1. Diseño de la curvatura de la línea de terminación de 0,5 mm.

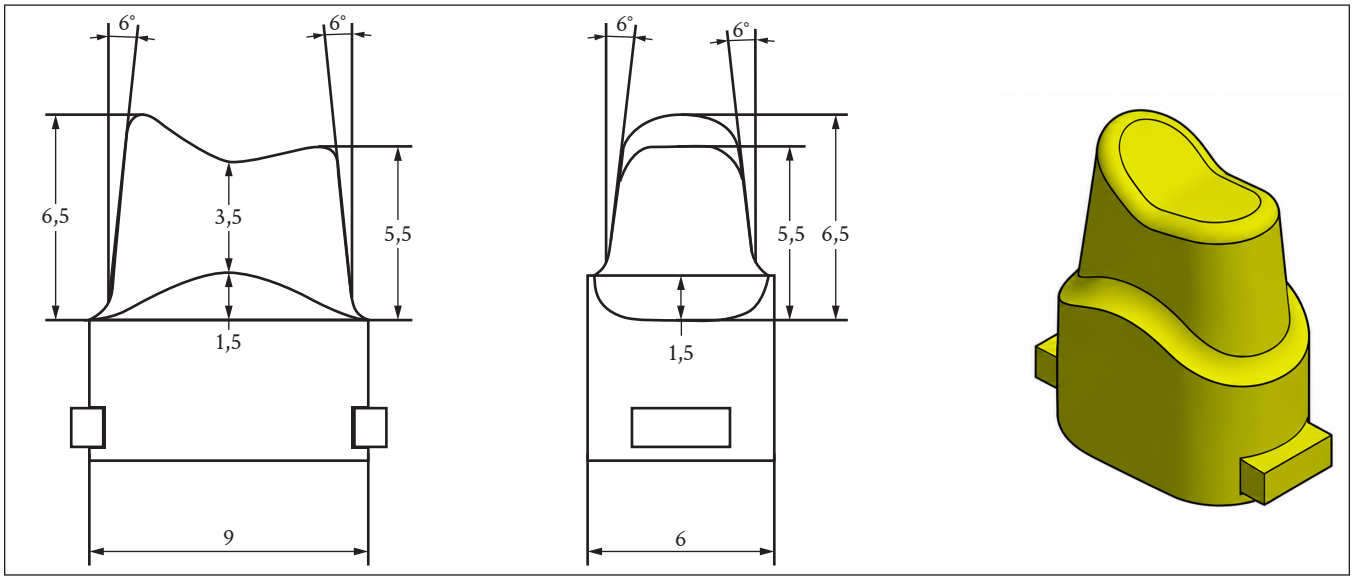

Figura 2. Diseño de la curvatura de la línea de terminación de 1,5 mm.

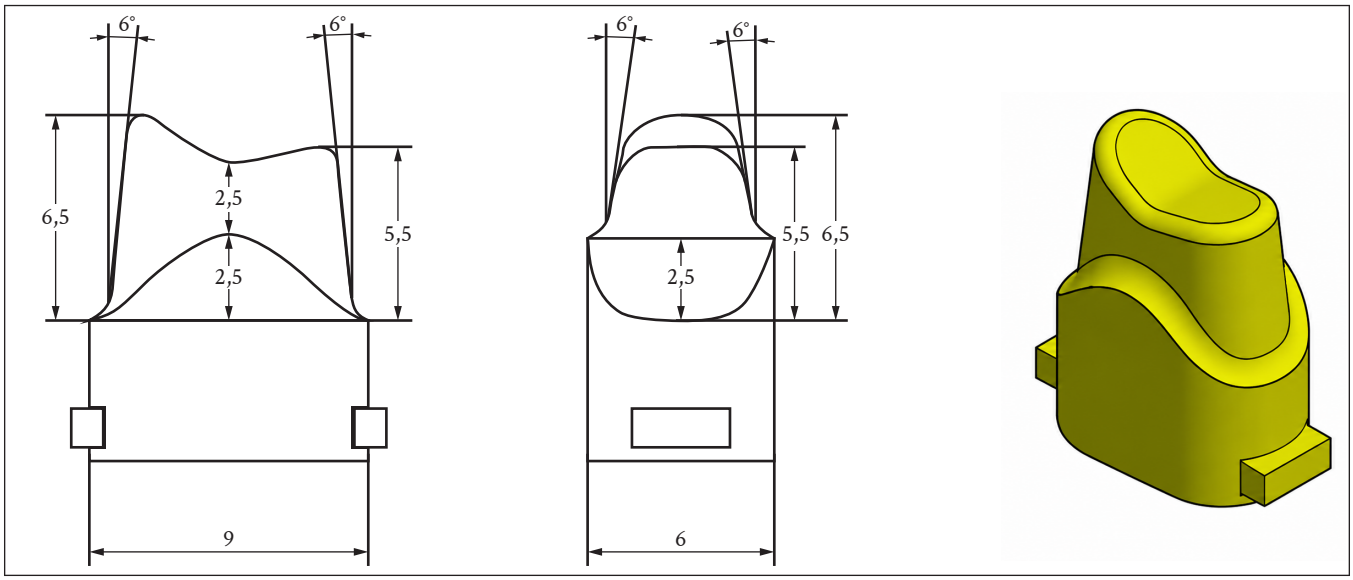

Figura 3. Diseño de la curvatura de la línea de terminación de 2,5 mm.

Las cofias se confeccionaron mediante la técnica SLM, para lo cual se utilizó la impresora 3D Mlab Cusing R. Los modelos de trabajo de cada curvatura de la línea de terminación (0,5, 1,5 y 2,5 mm) se digitalizaron con el escáner de alta precisión 3Shape D2000 (3Shape; Copenhague, Dinamarca), y, a través del *software* 3Shape Dental Designer (3Shape; Copenhague, Dinamarca), se generó el modelo 3D de cada cofia para su posterior impresión. Seguidamente, se imprimieron las cofias en la impresora antes mencionada, que está provista de un láser de fibra Nd-YAG de alta potencia (tecnología láser CUSING®), bajo una atmósfera de nitrógeno, empleando una aleación de polvo de Co-Cr (Remanium® Star CL, Dentaurum GmbH; Ispringen, Alemania), con un tamaño de partícula de 10-30 µm.

Los parámetros del espacio para el cemento se establecieron durante el estudio piloto: para las curvaturas de 0,5 y 1,5 mm se programó un espacio interno de 60 µm y un espacio marginal de 40 µm, mientras que para la curvatura de 2,5 mm se asignó un espacio interno de 55 µm y un espacio marginal de 40 µm. Esta diferencia en el espacio interno se determinó para optimizar el asentamiento de las cofias sobre sus respectivos modelos. Para ello, se constató que las cofias unitarias de Co-Cr presentaran un asentamiento pasivo, carente de rotación o pivoteo, y sin espacios detectables entre la cofia metálica y el muñón evaluados mediante exploración.

El tamaño muestral se determinó a partir de un estudio piloto realizado con tres muestras por grupo, siguiendo la metodología descrita por Tao y Han (18). La diferencia esperada entre grupos (9 µm) y las desviaciones estándar (9 y 8 µm) procedieron del estudio piloto. Para el cálculo se consideró un nivel de confianza del 95 % ($\alpha = 0,05$) y una potencia estadística del 75 % ($\beta = 0,25$). Mediante la fórmula de comparación de medias para grupos independientes, se obtuvo un tamaño mínimo de 12,41 cofias por grupo, el cual se redondeó a 13, conformándose así una muestra total de 39 cofias metálicas distribuidas en tres grupos según la curvatura de la línea de terminación. Posteriormente, las cofias fueron arenadas con partículas de óxido de aluminio de 50 µm a una presión de 2 bar en la parte interna y externa. En la fase de diseño, se les asignó un espesor de 0,5 mm en todas sus caras, excepto en la cara oclusal, que fue de 1 mm para soportar adecuadamente la carga durante la evaluación experimental (7, 10).

A fin de evaluar la adaptación marginal e interna, se verificó el asentamiento pasivo y la ausencia de rotación de las cofias metálicas sobre los modelos maestros. Para esto, se aplicó una capa fina de vaselina sólida (Vaselina Pura Maribel®; Lima, Perú) en toda la superficie del modelo de Co-Cr. Luego se inyectó en el interior de la cofia la silicona de vinil poliéter (VPES) blanca Fit Checker™ Advance (GC Corporation; Tokyo, Japón) mediante una pistola de silicona y una punta mezcladora (tiempo de trabajo: 1 minuto). Posteriormente, la estructura se asentó sobre el modelo maestro bajo una presión constante de 50 N durante 1 minuto en una máquina digital de ensayos universales Instron CTM-5L (LG Electronics; Seúl, Corea), con la finalidad de estandarizar el asentamiento de las cofias y minimizar la variabilidad operatoria (figura 4).

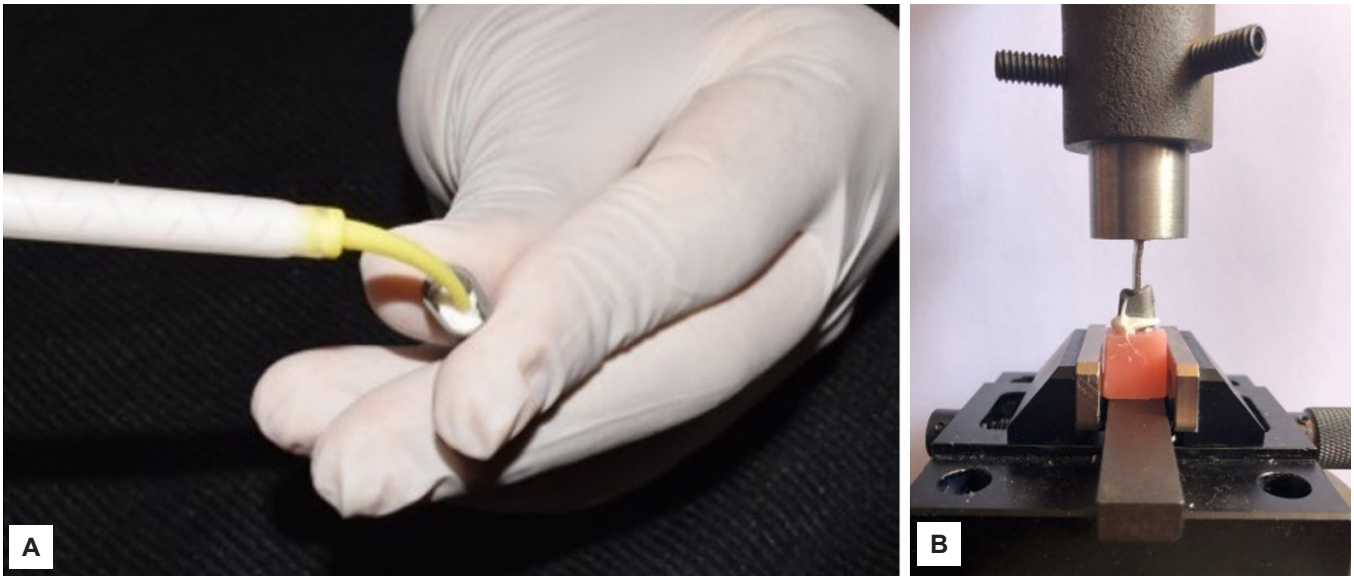

Figura 4. A) Colocación de la silicona; y B) aplicación de presión sobre la cofia en el modelo maestro.

Tras retirar con precaución la cofia del modelo maestro para preservar intacta la película de silicona VPES, se inyectó la silicona (VPS) de consistencia liviana (Elite HD+ Light Body Normal Set®, Zhermack Group; Badia Polesine, Italia). Posteriormente, cada réplica de silicona se seccionó con una hoja de bisturí n.° 11 en sentido vestíbulo-palatino, obteniéndose dos fragmentos: mesial y distal. De estos se escogió el mesial para su medición. Este fragmento se seccionó nuevamente en sentido disto-mesial, y se seleccionó el fragmento vestibular para su análisis (figura 5).

Figura 5. A) Colocación de silicona en la parte interna; y B) sección de la réplica de silicona.

Con la ayuda de un estereomicroscopio Greenough Leica S8 APO (Leica Biosystems GmbH; Wetzlar, Alemania) a 40x de aumento y el *software* Leica Application Suite LAS v. 3.4 (Leica Biosystems GmbH; Wetzlar, Alemania), se midió en micrómetros el espesor de la película de silicona VPES Fit CheckerTM Advance a nivel de la zona marginal, axial y oclusal (figura 6). Las evaluaciones se realizaron en dos planos de corte (vestíbulo-palatino y mesio-distal). En cada corte se registraron dos puntos marginales y cuatro puntos internos (dos axiales y dos oclusales), obteniéndose un total de 12 mediciones por muestra. Este protocolo se adoptó dado que constituye un método validado y estandarizado para la técnica de réplica de silicona, empleada para evaluar la adaptación marginal e interna de restauraciones indirectas, permitiendo además estandarizar las mediciones y evaluar las zonas de mayor relevancia clínica (7, 10).

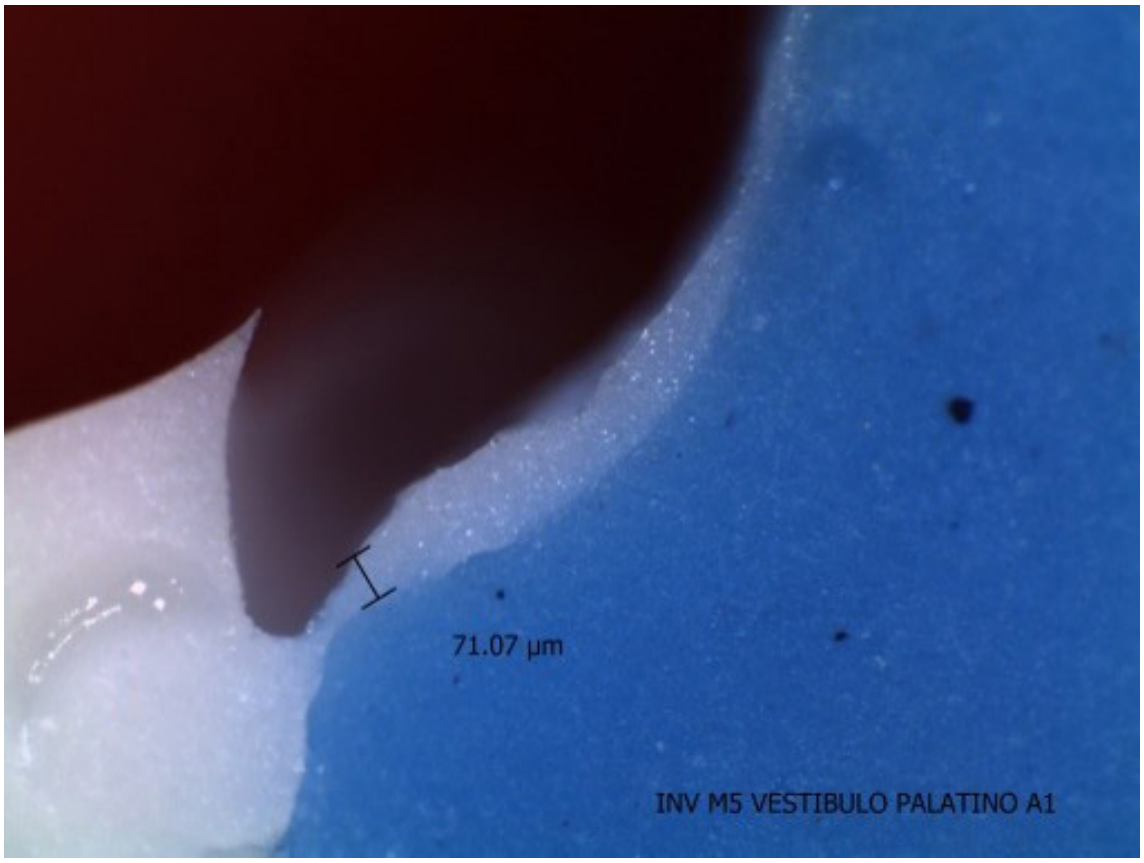

Figura 6. Vista marginal desde el estereomicroscopio y medición de la discrepancia marginal en la silicona VPES Fit CheckerTM Advance.

Los datos fueron registrados en una hoja de cálculo en Microsoft Excel y se procesaron mediante el programa STATA v. 12.0. Las variables cuantitativas se calcularon con medias y desviaciones estándar. La distribución de los datos se analizó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. La discrepancia marginal no cumplió el supuesto de normalidad, por lo que la comparación entre las tres curvaturas se realizó con la prueba de Kruskal-Wallis y las comparaciones por pares con la prueba U de Mann-Whitney. Las discrepancias interna axial e interna oclusal mostraron una distribución normal, por lo que se empleó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor. Para determinar la discrepancia axial se realizaron comparaciones por pares mediante la prueba t de Student, mientras que para la discrepancia oclusal se empleó la prueba de comparaciones múltiples

de Scheffé, ante la presencia de diferencias estadísticamente significativas. En todos los análisis se estableció un índice de confianza del 95 % ($p < 0,05$).

El estudio fue calificado como exento de revisión ética por la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH) (código de SIDISI: 102749, con fecha 6 de agosto de 2018), debido a que no involucró a seres humanos ni animales. Los autores declaran el uso de inteligencia artificial (Microsoft Copilot) con el único fin de asistir en tareas básicas de gramática, ortografía, puntuación, así como para el apoyo en la redacción y síntesis.

RESULTADOS

La tabla 1 muestra los resultados descriptivos de la discrepancia marginal de las cofias de Co-Cr confeccionadas mediante SLM según la curvatura de la línea de terminación. La curvatura de 0,5 mm presentó la menor discrepancia marginal promedio (87,02 ± 24,89 µm), seguida por las curvaturas de 2,5 mm (93,07 ± 11,71 µm) y 1,5 mm (93,55 ± 14,45 µm). Asimismo, la variable discrepancia marginal no presentó una distribución normal en el grupo de 0,5 mm (prueba de Shapiro-Wilk: $p = 0,0002$).

Tabla 1. Discrepancia marginal de cofias de Co-Cr confeccionadas mediante fusión selectiva por láser, según curvaturas de línea de terminación.

Línea de terminación	Mín.	Máx.	Media	DE	Normalidad
Curvatura de 0,5 mm	46,24	164,68	87,02	24,89	0,0002
Curvatura de 1,5 mm	67,90	131,20	93,55	14,45	0,374
Curvatura de 2,5 mm	60,47	124,15	93,07	11,71	0,534

DE: desviación estándar.

La tabla 2 detalla los resultados descriptivos de la discrepancia interna en las zonas axial y oclusal. En el plano axial, las discrepancias promedio fueron de 62,61 ± 16,11 µm para la curvatura de 0,5 mm; 63,57 ± 10,64 µm para la de 1,5 mm y 66,20 ± 11,05 µm para la de 2,5 mm, con valores similares entre los tres grupos analizados. En el plano oclusal, las discrepancias promedio fueron de 228,21 ± 31,05 µm, 201,27 ± 17,62 µm y 194,80 ± 19,93 µm para las curvaturas de 0,5 mm, 1,5 mm y 2,5 mm, respectivamente, observándose una tendencia hacia menores discrepancias a medida que se incrementa la curvatura de la línea de terminación. Asimismo, las discrepancias axial y oclusal mostraron una distribución compatible con normalidad en todos los grupos evaluados.

Tabla 2. Discrepancia interna de cofias de Co-Cr confeccionadas mediante fusión selectiva por láser, según curvaturas de línea de terminación.

Línea de terminación	Axial					Oclusal				
	Mín.	Máx.	Media	DE	Normalidad	Mín.	Máx.	Media	DE	Normalidad
Curvatura de 0,5 mm	28,41	98,41	62,61	16,11	0,2746	182,74	298,47	228,21	31,05	0,1461
Curvatura de 1,5 mm	45,66	88,61	63,57	10,64	0,1755	164,87	236,66	201,27	17,62	0,7646
Curvatura de 2,5 mm	38,61	88,23	66,20	11,05	0,3945	155,52	263,9	194,80	19,93	0,1674

DE: desviación estándar.

La tabla 3 compara la adaptación marginal e interna entre los tres grupos. Dado que la discrepancia marginal no presentó distribución normal, las comparaciones entre grupos se realizaron mediante pruebas no paramétricas: la prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias estadísticamente significativas entre las curvaturas evaluadas ($p = 0,003$). Por otro lado, la discrepancia interna oclusal mostró diferencias significativas mediante ANOVA de un factor ($p < 0,0001$), mientras que no se encontraron diferencias significativas en la discrepancia interna axial ($p = 0,3397$).

Tabla 3. Comparación de la adaptación marginal e interna de cofias de Co-Cr confeccionadas mediante fusión selectiva por láser, según curvaturas de línea de terminación.

Línea de terminación	Marginal		Axial		Oclusal	
	Media (DE)	p valor	Media (DE)	p valor	Media (DE)	p valor
Curvatura de 0,5 mm	87,02 (24,89)		62,61 (16,11)		228,21 (31,05)	
Curvatura de 1,5 mm	93,55 (14,45)	0,003**	63,57 (10,64)	0,3397*	201,27 (17,62)	<0,0001*
Curvatura de 2,5 mm	93,07 (11,71)		66,20 (11,05)		194,80 (19,93)	

* Prueba ANOVA de un factor. ** Prueba Kruskal-Wallis. DE: desviación estándar; significancia: p < 0,05.

En la tabla 4 se presentan las comparaciones múltiples. Con relación a la discrepancia marginal, la curvatura de 0,5 mm arrojó valores significativamente menores que las curvaturas de 1,5 mm (p = 0,0052) y 2,5 mm (p = 0,002); en cambio, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre estos dos últimos grupos (p = 0,8504). Respecto a la discrepancia interna oclusal, la curvatura de 0,5 mm presentó valores significativamente mayores que las curvaturas de 1,5 mm y 2,5 mm (p < 0,0001 para ambas comparaciones), sin observarse diferencias significativas entre estas dos últimas (p = 0,379). Por último, la discrepancia interna axial no registró diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las comparaciones entre grupos (p > 0,05).

Tabla 4. Comparaciones múltiples de la adaptación marginal de cofias de Co-Cr confeccionadas mediante fusión selectiva por láser, según curvaturas de línea de terminación.

Comparación de curvaturas		Discrepancia marginal		Discrepancia axial		Discrepancia oclusal	
		Diferencias medias	p valor	Diferencias medias	p valor	Diferencias medias	p valor
Curvatura de 0,5 mm*	Curvatura de 1,5 mm	–6,53	0,0052**	–0,96	0,7214*	26,94	<0,0001***
	Curvatura de 2,5 mm	–6,04	0,002**	–3,59	0,1884*	33,41	<0,0001***
Curvatura de 1,5 mm	Curvatura de 2,5 mm	0,49	0,8504*	–2,63	0,2194*	6,47	0,379***

* Prueba t de Student. ** Prueba U de Mann-Whitney. *** Prueba de comparaciones múltiples (Scheffé). Significancia: p < 0,05.

DISCUSIÓN

Los valores de discrepancia marginal obtenidos en los tres grupos evaluados se situaron dentro de los límites considerados clínicamente aceptables en la literatura (50 a 120 µm); del mismo modo, las discrepancias internas registradas se ubicaron en los rangos descritos para restauraciones indirectas. En consecuencia, bajo las condiciones *in vitro* de esta investigación, los resultados fueron compatibles con los parámetros de aceptabilidad clínica descritos previamente en la literatura, aunque esta comparación no implica una evaluación directa del desempeño clínico de las cofias evaluadas (2, 3, 5-12).

El principal hallazgo del estudio fue que las cofias confeccionadas sobre modelos con una curvatura de 0,5 mm presentaron una discrepancia marginal menor que aquellas elaboradas con curvaturas de 1,5 mm y 2,5 mm. Esto podría explicarse porque una menor curvatura genera una geometría cervical más uniforme y de menor complejidad, lo cual facilita las etapas de escaneo, diseño digital y fabricación por capas, características de la tecnología SLM. Por el contrario, un incremento en la curvatura podría acentuar la complejidad geométrica del margen cervical, lo que dificultaría su reproducción fidedigna durante el proceso de manufactura y favorecería ligeros incrementos en la discrepancia marginal. Si bien las diferencias observadas resultaron reducidas, los datos sugieren que la geometría de la línea de terminación podría influir en la precisión marginal de las restauraciones fabricadas mediante esta tecnología (17, 18).

Esta tendencia coincide con lo reportado por Asavapanumas y Leevailoj (17), así como por Tao y Han (18), quienes documentaron un incremento de la discrepancia marginal conforme aumentaba la curvatura de la línea de terminación. No obstante, tales investigaciones se llevaron a cabo en dientes anteriores y con materiales distintos a las aleaciones de Co-Cr fabricadas en SLM. Por consiguiente, las comparaciones deben interpretarse con cautela, ya que las diferencias anatómicas, los materiales empleados y los sistemas de fabricación podrían influir en el comportamiento adaptativo de las restauraciones.

Un resultado de particular interés fue la reducción de la discrepancia interna oclusal a medida que se incrementaba la curvatura de la línea de terminación. Este comportamiento difiere del observado a nivel marginal y podría atribuirse a una redistribución tridimensional del espacio interno durante el asentamiento de la cofia. Es posible que una mayor curvatura favorezca una reducción del espacio interno oclusal a expensas de un ligero incremento de la discrepancia marginal. Asimismo, los parámetros de diseño en los programas CAD-CAM y la compensación digital del espacio para el cemento podrían comportarse de manera diferente en las zonas cervicales y oclusales. Dado que estas variables no se evaluaron directamente en la presente investigación, esta explicación debe considerarse como una hipótesis que requiere ser confirmada en futuros estudios (5, 19, 20).

En contraste, no se hallaron diferencias significativas en la discrepancia interna axial entre las tres curvaturas evaluadas. Este comportamiento sugiere que la influencia de la línea de terminación no es uniforme en toda la restauración, sino que sus efectos se concentran principalmente en las zonas marginal y oclusal. Además, las superficies axiales exhiben una geometría relativamente regular que podría favorecer una adaptación homogénea independientemente de la curvatura evaluada.

Estos resultados también podrían estar asociados a las ventajas inherentes a la tecnología SLM. Diversos autores han demostrado que esta técnica permite obtener estructuras con buena precisión dimensional, baja porosidad y una adecuada adaptación marginal e interna en comparación con los procedimientos convencionales de colado. En el presente estudio, las discrepancias observadas en los tres grupos se mantuvieron dentro de los rangos que la literatura ha reportado como clínicamente aceptables; aunque, por tratarse de un diseño *in vitro*, estos hallazgos no constituyen evidencia directa de desempeño clínico (5, 12, 20, 21).

Entre las fortalezas del presente trabajo destacan la estandarización del diseño experimental mediante modelos maestros fabricados digitalmente, la aplicación de una carga constante durante el asentamiento de las cofias y la evaluación sistemática de la adaptación a través de una metodología previamente validada en la literatura especializada. No obstante, los hallazgos descritos no permiten afirmar de manera categórica que la curvatura de la línea de terminación determine la adaptación de las cofias metálicas, sino que sugieren una asociación entre la curvatura evaluada y la adaptación marginal, así como con la adaptación interna oclusal, bajo las condiciones experimentales utilizadas. Por lo tanto, la extrapolación clínica de estos datos debe realizarse con prudencia.

Con respecto a las limitaciones, en primer lugar, el carácter *in vitro* de la investigación impidió reproducir las condiciones clínicas relacionadas con la presencia de saliva, las cargas masticatorias, los cambios térmicos y los procedimientos de cementación. En segundo lugar, se evaluó una sola aleación de Co-Cr y un único sistema de fabricación SLM, lo cual restringe la extrapolación de los resultados a otras aleaciones o tecnologías CAD-CAM. En tercer lugar, se utilizaron modelos con anatomía del primer premolar superior, por lo que los hallazgos podrían diferir en otras piezas dentarias con características anatómicas distintas. Por último, la adaptación fue evaluada mediante la técnica de réplica de silicona con 12 puntos de medición por muestra. Si bien algunos autores han propuesto incrementar el número de mediciones para obtener una caracterización más detallada de la adaptación marginal de restauraciones unitarias, existe una heterogeneidad en los protocolos de evaluación de adaptación marginal e interna, sin que haya un consenso respecto al número óptimo de puntos de medición. En este contexto, el empleo de 12 puntos constituye un protocolo aceptable para los objetivos del presente estudio, ya que permite una evaluación sistemática y representativa de la discrepancia, en concordancia con metodologías previamente utilizadas en la literatura científica (8, 16, 21).

En síntesis, los resultados indican que una menor curvatura de la línea de terminación podría asociarse con una mejor adaptación marginal en cofias metálicas de Co-Cr confeccionadas en SLM, mientras que las mayores curvaturas podrían favorecer una menor discrepancia interna oclusal. Se requieren estudios complementarios que examinen otros materiales, sistemas de fabricación, diseños de preparación y condiciones clínicas para confirmar estos hallazgos y comprender mejor los mecanismos involucrados.

CONCLUSIONES

1. Las cofias metálicas de Co-Cr confeccionadas mediante SLM presentaron valores de discrepancia marginal e interna que, bajo las condiciones *in vitro* evaluadas, se situaron dentro de los rangos considerados clínicamente aceptables en la literatura, sin que tales registros constituyan una evaluación directa de su desempeño clínico.
2. La curvatura de la línea de terminación se asoció con diferencias en la adaptación marginal y en la adaptación interna oclusal de las cofias evaluadas. Específicamente, la curvatura de 0,5 mm registró menores discrepancias marginales en comparación con las curvaturas de 1,5 mm y 2,5 mm.
3. En la adaptación interna oclusal, las curvaturas de 1,5 mm y 2,5 mm mostraron menores discrepancias que la curvatura de 0,5 mm, mientras que la adap-

tación interna axial no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados.
4. Los resultados sugieren que la curvatura de la línea de terminación influye en las adaptaciones marginal e interna oclusal de las cofias metálicas fabricadas mediante SLM; no obstante, se requieren estudios adicionales para confirmar estos hallazgos bajo condiciones clínicas.

Conflicto de intereses:
Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Financiamiento:
Autofinanciado.

Contribución de autoría:
GOR, CPPC: conceptualización, administración del proyecto, investigación, metodología, recursos, *software*, validación, análisis formal, curación de datos, visualización, redacción del borrador original, redacción (revisión y edición).
JMGA, MGQD: conceptualización, administración del proyecto, investigación, metodología, análisis formal, redacción (revisión y edición).

Declaración de uso de herramientas de inteligencia artificial:
Se utilizó Microsoft Copilot para realizar corrección básica de gramática, ortografía y puntuación. Los autores revisaron y editaron el contenido resultante y asumen plena responsabilidad por la integridad y exactitud del manuscrito.

Correspondencia:
Martin Gilberto Quintana Del Solar
martin.quintana@upch.pe

REFERENCIAS

1. Yu N, Dai HW, Tan FB, et al. Effect of different tooth preparation designs on the marginal and internal fit discrepancies of cobalt-chromium crowns produced by computer-aided designing and selective laser melting processes. J Adv Prosthodont. 2021;13(5):333-42. doi:10.4047/jap.2021.13.5.333
2. Gholamrezaei K, Vafaee F, Fathi Afkari B, et al. Fit of cobalt-chromium copings fabricated by the selective laser melting technology and casting method: a comparative evaluation using a profilometer. Dent Res J [Internet]. 2020;17(3):200-7. Disponible en: https://www.ovid.com/jnls/derj/fulltext/01439444-202017030-00006~fit-of-cobalt-chromium-copings-fabricated-by-the-selective
3. Alqahtani AS, AlFadda AM, Eldesouky M, et al. Comparison of marginal integrity and surface roughness of selective laser melting, CAD-CAM and digital light processing manufactured Co-Cr alloy copings. Appl Sci. 2021;11(18):8328. doi:10.3390/app11188328
4. Sarda AS, Bedia SV. Influence of manufacturing technique on marginal fit of cobalt chromium restorations: an in-vitro Study. Indian J Dent Res. 2021;32(4):495-9. doi:10.4103/ijdr.ijdr_1075_20
5. 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
6. Revilla-León M, Özcan M. Additive manufacturing technologies used for processing polymers: current status and potential application in prosthetic dentistry. J Prosthodont. 2019;28(2):146-58. doi:10.1111/jopr.12801
7. Flores YE, Loarte MY, Zelada CC, et al. Adaptación de cofias metálicas confeccionadas con dos técnicas: cera perdida colada por centrifugación convencional y fusión selectiva por láser. Rev Estomatol Herediana. 2017;27(2):88-96. doi:10.20453/reh.v27i2.3139
8. Holmes JR, Bayne SC, Holland GA, et al. Considerations in measurement of marginal fit. J Prosthet Dent. 1989;62(4):405-8. doi:10.1016/0022-3913(89)90170-4
9. Sarafidou K, Chatziparaskeva M, Chatzikamagiannis D, et al. Evaluation of marginal/internal fit of fixed dental prostheses after digital, conventional, and combination impression techniques: a systematic review. Eur J Oral Sci. 2022;130(6):e12902. doi:10.1111/eos.12902
10. Zelada CC, Flores YE, Loarte MY, et al. Adaptación de cofias unitarias en Co-Cr elaboradas con diferen-

tes técnicas de fabricación y sobre dos líneas de terminación. Rev Estomatol Herediana. 2018;28(1):7-15. doi:10.20453/reh.v28i1.3278

11. Sakornwimon N, Leevailoj C. Clinical marginal fit of zirconia crowns and patients' preferences for impression techniques using intraoral digital scanner versus polyvinyl siloxane material. J Prosthet Dent. 2017;118(3):386-91. doi:10.1016/j.prosdent.2016.10.019
12. Çin V, İzgi AD, Kale E, et al. Marginal and internal fit of monolithic zirconia crowns fabricated by using two different CAD-CAM workflows: an in vitro study. Prosthesis. 2023;5(1):35-47. doi:10.3390/prosthesis5010003
13. Abdullah FR, Mafri TA, Shen YK. Principles, current applications, and future perspectives of selective laser melting in prosthodontics: a review. Metals. 2026;16(4):415. doi:10.3390/met16040415
14. Limpuangthip N, Hlaing NH, 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
15. Joda T, Ferrari M, Gallucci GO, et al. Digital technology in fixed implant prosthodontics. Periodontol 2000. 2017;73(1):178-92. doi:10.1111/prd.12164
16. Peng CC, Chung KH, Yau HT, et al. Assessment of the internal fit and marginal integrity of interim crowns made by different manufacturing methods. J Prosthet Dent. 2020;123(3):514-22. doi:10.1016/j.prosdent.2019.02.024
17. Asavapanumas C, Leevailoj C. The influence of finish line curvature on the marginal gap width of ceramic copings. J Prosthet Dent. 2013;109(4):227-33. doi:10.1016/s0022-3913(13)60049-9
18. Tao J, Han D. The effect of finish line curvature on marginal fit of all-ceramic CAD/CAM crowns and metal-ceramic crowns. Quintessence Int [Internet]. 2009;40(9):745-52. Disponible en: https://www.quintessence-publishing.com/deu/en/article/840177
19. Kim EH, Lee DH, Kwon SM, et al. A microcomputed tomography evaluation of the marginal fit of cobalt-chromium alloy copings fabricated by new manufacturing techniques and alloy systems. J Prosthet Dent. 2017;117(3):393-9. doi:10.1016/j.prosdent.2016.08.002
20. Kaleli N, Ural Ç, Us YÖ. Evaluation of marginal discrepancy in metal frameworks fabricated by sintering-based computer-aided manufacturing methods. J Adv Prosthodont. 2020;12(3):124-30. doi:10.4047/jap.2020.12.3.124
21. Di Fiore A, Zuccon A, Carraro F, et al. Assessment methods for marginal and internal fit of partial crown restorations: a systematic review. J Clin Med. 2023;12(15):5048. doi:10.3390/jcm12155048