



INFLUENCIA DE LA CURVATURA DE
LA LÍNEA DE TERMINACIÓN Y DE LA
IMPRESIÓN DIGITAL EN LA
ADAPTACIÓN MARGINAL E INTERNA
DE COFIAS Co-Cr, EVALUACIÓN *IN*
VITRO.

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAESTRA EN REHABILITACIÓN ORAL

CINTHYA CECILIA ZELADA LADRON DE
GUEVARA

LIMA – PERÚ

2025

ASESOR

Mg. Esp. Martin Gilberto Quintana del Solar
Departamento Académico de Clínica Estomatológica

CO ASESOR

Mg. Esp. Leyla Antoinette Delgado Cotrina
Departamento Académico de Clínica Estomatológica

JURADO DE TESIS

Dr. Jose Antonio Balarezo Razzeto
PRESIDENTE

Dr. Carlos Alberto Paz Mayuri
VOCAL

Mg. Jonathan Marcelo Jaramillo Wong
SECRETARIO

AGRADECIMIENTO

A las personas que me apoyaron e impulsaron durante este proceso.

De manera especial a mi amiga Jenifer Flores por su generosidad y cariño.

A mis asesores por su tiempo y dedicación al compartir sus conocimientos y experiencia en este periodo de aprendizaje.

FINANCIAMIENTO

La tesis fue autofinanciada

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	ZELADA LADRON DE GUEVARA CINTHYA CECILIA

(Agregar filas adicionales si hay más autores)

Pertencientes al programa de la **MAESTRÍA EN REHABILITACION ORAL**, autores del trabajo titulado: **INFLUENCIA DE LA CURVATURA DE LA LÍNEA DE TERMINACIÓN Y DE LA IMPRESIÓN DIGITAL EN LA ADAPTACIÓN MARGINAL E INTERNA DE COFIAS Co-Cr, EVALUACIÓN IN VITRO.**, el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el grado de **MAESTRA EN REHABILITACION ORAL** bajo la modalidad de **TESIS**.

En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	QUINTANA DEL SOLAR MARTIN GILBERTO	FAEST	MAESTRÍA
2.	DELGADO COTRINA LEYLA ANTOINETTE	FAEST	MAESTRÍA

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **19%**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **2787032315**; fecha de entrega: **20-10-2025**).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 20 de octubre de 2025**



Firma del asesor
N° DNI: 07613737
ORCID: 0000-0002-7087-7874



Firma del Co-asesor
N° DNI: 10193841
ORCID: 0000-0002-3027-178X

ÍNDICE

RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	4
II.1. Objetivo general	4
II.2. Objetivos específicos	4
III. HIPÓTESIS	5
IV. MARCO TEÓRICO	6
V. METODOLOGÍA	18
V.1. Diseño del estudio	18
V.2. Muestra	18
V.3. Criterios de selección	19
V.4. Técnicas y Procedimientos	19
V.5. Consideraciones Éticas	26
V.6. Plan de análisis	26
VI. RESULTADOS	27
VII. DISCUSIÓN	31
VIII. CONCLUSIONES	40
IX. RECOMENDACIONES	41
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Adaptación marginal (μm) en relación al nivel de curvatura y el tipo de impresión.	29
Tabla 2: Adaptación interna (μm) en relación al nivel de curvatura y el tipo de impresión.	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelos maestros con los diferentes niveles de curvatura.	20
A 0.5mm, B 1.5mm, C 2.5mm.	
Figura 2: Impresión digital.	21
Figura 3: Impresión convencional.	21
Figura 4: Diseño de cofias.	22
Figura 5: Cofias en Co-Cr impresas mediante <i>SLM</i> .	23
Figura 6: Microscopia estereoscópica del corte VP.	24
Figura 7: Microscopia estereoscópica del corte MD.	25

LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

Au:	Oro.
Ag:	Plata.
CAD/CAM:	Computer Aided Desing / Computer Aided Manufacturing. Diseño Asistido por Computadora / Manufactura Asistida por Computadora.
Co:	Cobalto.
Cr:	Cromo.
mm:	Milímetros.
Ni:	Níquel.
Pt:	Platino
PVS:	Polivinilsiloxano.
SLM:	Selective Laser Melting. Fusión Selectiva por Láser.
µm:	Micrómetros.
CEJ:	Cement Enamel Junction.
UCA:	Unión amelocementaria.
VPES:	Vinil poliéter silicona.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la adaptación marginal e interna según el nivel de curvatura, en cofias de Co-Cr obtenidas por impresión digital e impresión convencional con escaneo laboratorial. Materiales y Métodos: se elaboró con software 3D un primer premolar superior derecho con curvaturas de 0.5, 1.5 y 2.5 mm; se realizó dos tipos de impresión: digital y convencional con escaneo laboratorial; luego se confeccionaron 60 cofias de Co-Cr mediante fusión selectiva por láser 10 para cada grupo de estudio. La adaptación marginal e interna se evaluó con la técnica de la réplica en silicona y se midió con estéreo microscopio a 40X. El análisis estadístico empleado fue ANOVA y T de Student para comparar la adaptación marginal y ANOVA y Tukey para adaptación interna, según nivel de curvatura y tipo de impresión. Resultados: Los promedios de adaptación marginal fueron para impresión digital en 0.5 mm 42.80 (± 1.48) μm seguido de 1.5 mm 42.06 (± 1.33) μm y 2.5 mm 42.57 (± 1.73) μm ($p < 0.05$); para impresión convencional con escaneo laboratorial en 0.5 mm 33.55 (± 2.30) μm , 1.5 mm 36.22 (± 5.30) μm y 2.5 mm 41.40 (± 1.68) μm ($p < 0.05$). Según el tipo de impresión la mayor adaptación se logró en el grupo de impresión convencional con escaneo laboratorial con diferencias significativas ($p < 0.05$). Conclusiones: A menor nivel de curvatura mayor fue la adaptación marginal y axial con la técnica de impresión convencional y escaneo laboratorial, sin embargo, el nivel de curvatura no influyó en la adaptación marginal con la técnica de impresión digital.

PALABRAS CLAVE (DeHS):

CORONAS, ADAPTACIÓN MARGINAL DENTAL, LÁSERES DE ESTADO SÓLIDO.

ABSTRACT

Objective: To evaluate marginal and internal fit according to the level of curvature in Co-Cr copings obtained by digital impression and conventional impression with laboratory scanning. **Materials and Methods:** A maxillary right first premolar with curvatures of 0.5, 1.5 and 2.5 mm was created using 3D software; two types of impressions were made: digital and conventional with laboratory scanning; then, 60 Co-Cr copings were made by selective laser melting, 10 for each study group. Marginal and internal fit were evaluated using the silicone replica technique and measured with a stereomicroscope at 40X. The statistical analysis used was ANOVA and Student's t to compare marginal adaptation and ANOVA and Tukey for internal fit, according to the level of curvature and type of impression. **Results:** The average marginal fit was for digital impression at 0.5 mm 42.80 (± 1.48) μm followed by 1.5 mm 42.06 (± 1.33) μm and 2.5 mm 42.57 (± 1.73) μm ($p < 0.05$); for conventional impression with laboratory scanning at 0.5 mm 33.55 (± 2.30) μm , 1.5 mm 36.22 (± 5.30) μm and 2.5 mm 41.40 (± 1.68) μm ($p < 0.05$). According to the type of impression, the greatest adaptation was achieved in the conventional impression with laboratory scanning group with significant differences ($p < 0.05$). **Conclusions:** The lower the level of curvature, the greater the marginal and axial adaptation with the conventional impression technique and laboratory scanning; however, the level of curvature did not influence marginal adaptation with the digital impression technique.

KEYWORDS (DeHS):

CROWNS, MARGINAL FIT, LASERS SOLID-STATE

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de la atención en rehabilitación odontológica uno de los tratamientos de mayor demanda continúa siendo las coronas metal cerámicas, las que sí se realizan de forma apropiada derivan en tratamientos exitosos en el tiempo.

Independientemente del material de confección de una corona, la forma de conocer que esta está bien ejecutada es a través de la adaptación marginal e interna, lo cual permite asegurar que la restauración protésica mantenga la salud de los tejidos duros y blandos (1). La adaptación marginal e interna, de una corona puede afectarse por circunstancias diversas tales como: el diseño de la preparación dentaria que además está relacionada con la anatomía propia de cada pieza, el método de impresión, la técnica de confección de estructuras en el laboratorio y la cementación (2, 3).

La atención de pacientes supone un desafío constante principalmente por la anatomía, en el caso específico de prótesis fija la arquitectura gingival direcciona la configuración del margen cervical en una preparación para corona, algunos pocos estudios revelan como la adaptación marginal e interna se comporta en función a este parámetro, indicando que la desadaptación marginal es mayor conforme la curvatura del margen cervical es más pronunciada, este es un aspecto importante a considerar en el desarrollo de coronas y puentes. (4)

Por otra parte la odontología ha incorporado avances respecto a tecnología, tales como los sistemas de diseño asistido por computadora y manufactura asistida por computadora o *computer aided desing/computer aided manufacturing (CAD/CAM)*,

que han innovado la fabricación de estructuras dado que estas se pueden obtener de manera más eficiente respecto a calidad y tiempo; uno de estos sistemas es el de fusión selectiva por láser o *selective laser melting (SLM)*, este es un sistema *CAD/CAM* por adición posibilita trabajar con distintas aleaciones, bases como Co-Cr y nobles como Au-Pt. (5, 2) De manera paralela surgen los escáneres intraorales, con el objetivo de obtener una impresión nítida, en menor tiempo y eliminando el uso de cubetas con material de impresión, así como de yesos en el subsecuente vaciado; uno de estos dispositivos es el Cerec Omnicam, que posibilita el escaneo de estructuras orales sin necesidad de emplear algún tipo de medio de contraste. (6, 1)

Por consiguiente, es lógico contemplar los aspectos antes mencionados para lograr tratamientos de prótesis fija que sean satisfactorios.

La presente evaluación *in vitro* es relevante pues aporta evidencia e información que muestra el grado de adaptación marginal e interna relacionado con diferentes niveles de curvatura en la línea de terminación, respecto a las técnicas de impresión digital y de impresión convencional con escaneo laboratorial, en cofias de Co-Cr generadas con el sistema de fusión selectiva por láser (*SLM*), ya que se utilizan parámetros obtenidos para impresión donde el flujo digital no existía, lo cual ayuda tanto en clínica como en el laboratorio a establecer pautas para un adecuado desarrollo de estos procedimientos considerando la variada anatomía dental de cada paciente.

Por lo anteriormente expuesto se formula la siguiente pregunta de investigación:
¿La adaptación de cofias en Co-Cr confeccionadas con *SLM* será afectada por el nivel de curvatura de la línea de terminación tanto para la técnica de impresión digital como para la técnica de impresión convencional con escaneo laboratorial?

II. OBJETIVOS

II.1. Objetivo general

Evaluar in vitro la influencia del nivel de la curvatura de la línea de terminación respecto a la adaptación marginal e interna, empleando impresión digital e impresión convencional con escaneo laboratorial en cofias de Co-Cr elaboradas mediante *SLM*.

II.2. Objetivos específicos

1. Comparar la discrepancia marginal e interna en cofias de Co-Cr elaboradas con nivel de curvatura de 0.5, 1.5 y 2.5 mm con impresión digital.
2. Comparar la discrepancia marginal e interna en cofias de Co-Cr elaboradas con nivel de curvatura de 0.5, 1.5 y 2.5 mm con impresión convencional con escaneo laboratorial.
3. Comparar la discrepancia marginal e interna en cofias de Co-Cr obtenidas con impresión digital e impresión convencional con escaneo laboratorial en el nivel de curvatura de 0.5, 1.5 y 2.5 mm.

III. HIPÓTESIS

Existe mayor adaptación marginal e interna en cofias de Co-Cr elaboradas con *SLM* empleando impresión digital, independientemente del nivel de curvatura de la línea de terminación, en comparación a la impresión convencional con escaneo laboratorial.

IV. MARCO TEÓRICO

Para evaluar el éxito de una corona se tiene que considerar el grado de ajuste que debe existir entre la preparación dentaria y la corona, a esto se conoce como adaptación marginal e interna, por ello se debe comprender que la distancia que existe entre la línea de terminación cervical de una preparación dentaria y la corona se denomina discrepancia o *gap* marginal, mientras que la distancia perpendicular que existe entre el resto de la preparación dentaria y la corona se denomina discrepancia o *gap* interna, debiendo ser uniforme para proveer el espacio apropiado para el cemento confiriendo a la corona retención y resistencia adecuadas (7, 8,1).

Existen factores que afectan la adaptación marginal e interna, tales como el diseño de la preparación siguiendo la variada anatomía gingival, los procedimientos de transmisión de información al laboratorio referidos a impresiones, los procedimientos de confección de estructuras en el laboratorio y la cementación, en consecuencia, la precisión en cada uno de los pasos que se requiere para la fabricación de coronas resulta ser relevante. (9, 3, 2) Al respecto se han realizado diversos estudios en el tiempo que evalúan la adaptación marginal e interna además de factores relacionados propios de este tipo de tratamientos protésicos que pueden influir en el resultado final, es así que:

En 1966 Christensen descubrió que en las superficies visualmente accesibles de un modelo de yeso con las restauraciones presentaban las aberturas marginales

subgingivales en el rango de 39 a 119 μm y los márgenes supragingivales de 2 a 51 μm lo que considero como clínicamente aceptables (10).

En 1971 Mac Lean y Von Fraunhofer, llevaron a cabo un estudio clínico a lo largo de 5 años el cual incluyó 1000 coronas de metal cerámica, la evaluación estableció que 120 μm debía ser el máximo aceptable de discrepancia marginal y valores menores de 80 μm son difíciles de detectar bajo condiciones clínicas (7).

En 1981 Kashani et al. evaluaron la adaptación marginal de coronas realizadas en preparaciones con hombro y hombro biselado con angulaciones de 60°, 45°, 30° determinando que 100 μm de discrepancia marginal era inaceptable, y la angulación recomendada para estas preparaciones debía ser de 30° - 45° (11).

Como se puede ver el criterio de éxito clínico para las coronas metal cerámica es nítido y se basa en lograr la mejor adaptación marginal posible, y esto es una discrepancia marginal menor o igual 120 μm .

Considerando los diversos factores que pueden afectar la adaptación marginal e interna, se identificó inicialmente la influencia de la anatomía en la adaptación de las coronas, en particular la forma en que la configuración del margen cervical de la preparación se ve condicionada por la disposición del margen gingival. La arquitectura del margen gingival está orientada por la ubicación de la unión amelocementaria (UCA) o cement enamel junction (CEJ), en términos generales, se ha establecido que el margen gingival se encuentra aproximadamente 2.73 mm en dirección coronal respecto a UCA (12). Las piezas en el sector anterior

presentan un margen gingival más apical en comparación a las del sector posterior, no obstante, en piezas posteriores en zonas proximales el margen gingival muestra una disposición más hacia coronal que en vestibular y / o palatino (13, 14).

En este contexto, es relevante considerar la clasificación propuesta por Choquet sobre la relación entre el esmalte y el cemento radicular, esta clasificación contempla cuatro tipos (15):

- Tipo 1: el cemento se superpone al esmalte.
- Tipo 2: el esmalte se superpone al cemento.
- Tipo 3: el esmalte y el cemento se encuentran borde a borde (*bis a bis*).
- Tipo 4: existe una brecha entre ambos tejidos, con exposición de la dentina.

Arambawatta et al. en el 2009 evalúan el UCA de 67 premolares superiores removidos por indicación ortodóntica con microscopia de luz transmitida, identificando las siguientes relaciones tisulares: tipo 3 bis a bis fue predominante (55.1%), seguida del tipo 4 una brecha entre esmalte y cemento que expone dentina subyacente, luego el tipo 1 donde el cemento superpone al esmalte y el menos frecuente el tipo 2 donde esmalte superpone al cemento. Concluyendo que estas relaciones tisulares son diferentes a lo revisado previamente, además se observó que la distribución de tejidos fue irregular e impredecible para cada diente, siendo el tipo 4 la más frecuente que lo reportado previamente, lo que sugiere que esta región es frágil y propensa a cambios por lo que se debe proteger durante

procedimientos de clareamiento, tracciones ortodónticas y aplicación de restauraciones (16).

También es necesario tener en cuenta que existen algunas circunstancias que pueden alterar la posición del UCA, como el envejecimiento y la erupción pasiva, que actúa como un mecanismo compensatorio ante el desgaste de las superficies dentarias; como resultado el UCA puede desplazarse en dirección apical hacia el surco gingival. Sin embargo, estos desplazamientos no suelen ser acompañados por el margen gingival, y con frecuencia este permanece en una posición más apical dejando el UCA expuesto (16, 15).

A su vez los cambios de posición del margen gingival pueden darse por razones locales y sistémicas. Dentro de las de orden local se encuentran hábitos de higiene oral inadecuados, mal posiciones dentarias, restauraciones desbordadas, fuerzas ortodónticas, enfermedad periodontal y todo ello asociado al biotipo periodontal. Entre las razones sistémicas se incluyen condiciones como la diabetes, el tabaquismo y el uso de determinados medicamentos (17).

En resumen, las variaciones en la posición del margen gingival generan distintos niveles de curvaturas, lo que influye directamente en el diseño y conformación del margen cervical durante la preparación dentaria para coronas, haciendo de este procedimiento en ocasiones un desafío para el clínico.

Tao y Han en el 2009 investigaron el efecto de la curvatura de la línea de terminación sobre el *gap* marginal en coronas libres de metal y metal cerámica,

para tal propósito se prepararon dientes de marfil correspondientes a incisivo central superior derecho con una terminación de hombro recto a 90° con ángulo de convergencia de 12° y niveles de curvatura de 1, 3 y 5 mm, se confeccionaron 5 cofias para cada nivel de curvatura en zirconia con el sistema Cercon - Dentsply y en Au-Ag-Pd con Caspac MK-3, en ambos grupos se realizaron mediciones antes y después de la aplicación de cerámica, hallándose valores similares de *gap* marginal en las cofias de zirconia entre los tres niveles de curvatura tanto en las zonas vestibular - palatino como en mesial - distal, mientras que los valores de *gap* marginal en las cofias de Au-Ag-Pd se mostraron más amplios cuanto mayor era el nivel de curvatura en las zonas vestibular - palatino respecto a las zonas mesial - distal, concluyendo que el nivel de curvatura amplía el *gap* marginal en coronas de Au-Ag-Pd, pero todos los grupos estaban dentro del rango clínico aceptado (4).

En el 2013 Asavapanumas y Leevailoj realizaron una investigación a cerca de la adaptación marginal y de cómo esta podría verse influenciada por el nivel de curvatura de la línea de terminación en cofias cerámicas, esto implicó preparar incisivos centrales superiores de marfil con un ángulo de convergencia de 12° y con niveles de curvatura en la línea de terminación de 1, 3 y 5 mm, para el caso se elaboraron 108 cofias estéticas, 12 para cada nivel de curvatura haciendo un total de 36 cofias para cada sistema de fabricación: Cercon - Dentsply (zirconia), Lava System - 3M ESPE (zirconia) e IPS e max - Ivoclar Vivadent (disilicato de litio), los resultados exhibieron diferencias significativas respecto a la adaptación marginal en los tres niveles de curvatura: para curvatura de 1mm Cercon $38.3 \pm$

6.85 μm , IPS e max $52.22 \pm 10.66 \mu\text{m}$, Lava $69.99 \pm 6.77\mu\text{m}$; para curvatura de 3mm Cercon $60.18 \pm 9.74 \mu\text{m}$, IPS e max $81.79 \pm 16.20 \mu\text{m}$, Lava $99.19 \pm 15.32 \mu\text{m}$; y para curvatura de 5mm Cercon $76.59 \pm 23.01 \mu\text{m}$, IPS e max $106.44 \pm 18.48 \mu\text{m}$, Lava $106.44 \pm 18.48 \mu\text{m}$; concluyendo que el mejor comportamiento lo tubo Cercon y conforme se incrementaba el nivel de curvatura el *gap* marginal se hacía mayor en los tres sistemas (18).

En la actualidad se busca lograr una adaptación marginal óptima, para ello se ha incorporado la tecnología al mundo odontológico con el fin de obtener estructuras como cofias más precisas y en menos tiempo a través de sistemas de diseño asistido por computadora y manufactura asistida por computadora o computer aided desing / computer aided manufacturing (*CAD/CAM*) esta es una realidad que está a nuestro alcance, dentro de estos sistemas tenemos el de fusión selectiva por láser o selective laser melting (*SLM*), este es un sistema *CAD/CAM* por adición que posibilita trabajar con distintas aleaciones, bases como Co-Cr y nobles como Au-Pt; brindando ventajas de suprimir las variaciones a nivel interoperator, de un tiempo menor de fabricación, y estructuras exentas de porosidades (19).

En el 2008 Quante et al. realizaron un estudio de coronas confeccionadas con fusión selectiva por láser con el fin de evaluar la adaptación marginal e interna antes y después de aplicar cerámica de recubrimiento, para lo que se hicieron preparaciones con línea de terminación *chamfer* en 28 pacientes con indicación de coronas metal cerámica, las cofias fueron diseñadas y posteriormente impresas, 14 en Co-Cr y 14 en Au-Pt, las evaluaciones se realizaron utilizando polivinilsiloxano

y acrílico de baja contracción, los resultados revelaron que la diferencia entre los grupos no fue significativa, el rango de adaptación marginal fue de 74 a 99 μm y la adaptación interna fue de 250 a 350 μm , la aplicación de la cerámica aumentó la discrepancia marginal pero esta no fue significativa para ambos grupos ya que se mantuvieron por debajo de 120 μm (2).

En el 2009 Ucar et al. evaluaron el *gap* interno de coronas fabricadas en Co-Cr mediante sinterización por láser y de coronas confeccionadas mediante colado de la cera perdida, un grupo con aleación de Co-Cr y otro grupo con aleación de Ni-Cr, hallando un *gap* interno de 58.21 μm para Co-Cr sinterizado por láser, de 50.55 μm para colado de cera perdida con aleación de Co-Cr y de 62.57 μm para colado de cera perdida con aleación Ni-Cr, siendo estos valores sin diferencia estadísticamente significativa; además el estudio concluyó que el uso de silicona fluida por adición es un buen medio para la evaluación del *gap* (20).

En el 2015 Huang et al. condujeron un estudio en 274 pacientes con indicación de coronas unitarias metal cerámica en anteriores, premolares y molares para comparar la adaptación marginal e interna con diferentes técnicas de fabricación así como la influencia del tipo de diente, para tal propósito se fabricaron 330 coronas, 110 con fusión selectiva laser de Co-Cr, 110 con colado de Au-Pt y 110 con colado de Co-Cr, la evaluación se hizo empleando el método de la réplica en silicona con siliconas indicadora y de adición bajo estéreomicroscopio a 30X, los valores reportados fueron: respecto adaptación marginal para fusión selectiva por láser de Co-Cr $75.6 \pm 32.6 \mu\text{m}$, para colado de Au-Pt $76.8 \pm 32.1 \mu\text{m}$ y para colado

de Co-Cr $91 \pm 36.3 \mu\text{m}$; respecto a adaptación interna - axial para fusión selectiva por láser de Co-Cr $127.3 \pm 45.8 \mu\text{m}$, para colado de Au-Pt $129.9 \pm 61.1 \mu\text{m}$ y para colado de Co-Cr $142.5 \pm 63.7 \mu\text{m}$; y respecto a adaptación interna - oclusal para fusión selectiva por láser de Co-Cr $309.8 \pm 106.6 \mu\text{m}$, para colado de Au-Pt $254.6 \pm 109.6 \mu\text{m}$ y para colado de Co-Cr $249.6 \pm 110.4 \mu\text{m}$; se concluyó que los tres grupos evaluados mostraron valores clínicamente aceptables a nivel marginal e interno y que no existe diferencia estadísticamente significativa a pesar de que los dos primeros grupos presentan valores similares y un poco menores que el tercero, el tipo de diente no tubo influencia en la adaptación marginal e interna (19).

Adicionalmente se debe mencionar que la tecnología en odontología no solo se limita a la fabricación de estructuras, sino que se extiende a procedimientos de transmisión de información al laboratorio, como lo son los escáneres de clínicos cuyo objetivo es reducir el tiempo de trabajo y suprimir el uso tradicional de una cubeta con material de impresión (11).

Los escáneres intraorales o *intraoral scanner (IOS)* son dispositivos que permiten realizar impresiones ópticas, copiando directamente de boca estructuras como dientes y/o implantes junto con el tejido blando circundante a través de la captura de imágenes tridimensionales de alta precisión, estos dispositivos emiten un haz de luz sobre la zona a escanear y la captura de imágenes se da de manera estática por fotos o dinámica por video, eventualmente estas son reunidas por el software en una triangulación 3D. La triangulación es una técnica en la cual la luz emitida por el escáner se refleja sobre un objeto registrándose las coordenadas x & y de

cada punto para luego proyectar la coordenada z y generar así la imagen tridimensional de la estructura escaneada (21, 22).

Los escáneres funcionan por medio de distintos principios ópticos como: (21, 22)

- Microscopia confocal activa, se basa en diferenciar profundidades específicas empleando luz láser, la que es limitada por un halo o diafragma a un punto específico permitiendo que solo la luz reflejada dentro del plano focal sea registrada por el sensor.
- Triangulación activa, emplea luz estructurada la cual es una luz con un patrón (líneas o cuadrículas) que se proyecta sobre el objeto, este patrón se distorsiona al incidir en el objeto siendo esta distorsión lo captado por el sensor y analizado por el software para la reconstrucción 3D.
- Muestreo de frente de onda activo, la luz es proyectada y la cámara usa un módulo de apertura el cual se mueve con una trayectoria circular alrededor de un eje óptico u objeto a escanear, entonces la cámara captura el patrón de imagen generado por este movimiento y el software reconstruye tridimensionalmente el objeto determinando posición y profundidad.

Por otra parte, están los escáneres extraorales también conocidos como escáneres de laboratorio o escritorio, estos dispositivos se utilizan para escanear modelos de yeso obtenidos mediante técnicas convencionales. Los sensores del escáner capturan la información del modelo físico, que luego es procesada por un software para generar una nube de puntos o un mallado geométrico, acorde con las formas

escaneadas, dando como resultado un modelo tridimensional o 3D; a este proceso se le denomina digitalización del modelo (23).

La adquisición de imágenes en estos dispositivos puede realizarse por contacto, por láser o por luz estructurada. El escaneo por contacto emplea una sonda que usualmente es una esfera, la cual recorre el modelo midiendo sus formas, aquí tanto la sonda como el modelo son movidos de forma simultánea por el motor del sistema para registrar todos los detalles del modelo, la desventaja de este método es que requiere mayor tiempo de escaneo en comparación con otros. En el escaneo por láser, un proyector emite el haz láser en una serie de fotogramas que recorren el modelo mientras este es girado por la plataforma del sistema, de forma similar en el escaneo por luz estructurada se proyectan una serie de haces de luz con un patrón sobre el modelo que también es girado por la plataforma del sistema, en ambos casos posteriormente información óptica es procesada por un software creando el modelo digital. Estos sistemas emplean patrones de luz de onda corta lo que las hace visible al ojo humano en luces de colores principalmente blanco, azul y verde (23).

En el 2016 Kocaagaoglu et al. realizaron la comparación de los efectos de los protocolos de impresión convencional con escaneo de laboratorio con In Eos X5 Scanner; Sirona y escaneo intraoral con Cerec Omnicam y 3Shape Trios-3, respecto a la adaptación marginal, axial y oclusal en cofias de zirconia, para ello se preparó un premolar con línea de terminación *chamfer* y ángulo de convergencia hacia oclusal de 4°- 6° por lado, confeccionándose 30 cofias 10 para cada grupo

las cuales fueron evaluadas con el método de la réplica en silicona y bajo estéreomicroscopio a 50X , hallándose los siguientes promedios de adaptación marginal: para el grupo de cofias con escáner de laboratorio Eos X5 Scanner Sirona de $85.6 \pm 11.8 \mu\text{m}$, para el grupo de escáner clínico de Cerec Omnicam $58.7 \pm 20.4 \mu\text{m}$ y para el grupo de escáner clínico de 3Shape Trios-3 $47.7 \pm 6.9 \mu\text{m}$, concluyendo que las cofias realizadas con escaneo clínico tuvieron mejores resultados que las cofias realizadas a partir de una impresión convencional con escaneo laboratorial, esta diferencia se consideró estadísticamente significativa (1).

En el 2020 Koulivand et al. realizaron un estudio donde se comparó la impresión convencional con la impresión digital con respecto al tiempo de impresión empleado, los ajustes requeridos y la adaptación de cofias en Co-Cr con líneas de terminación supragingival y subgingival, para ello se fabricaron 30 cofias Co-Cr 15 para cada grupo mediante fresado en *CAD/CAM* y se empleó el método de la réplica en silicona con estéreomicroscopio a 50X para evaluar la adaptación. Los resultados mostraron que sí hubo diferencias significativas, la impresión digital mostró valores menores a nivel marginal $60.07 \mu\text{m}$ e interna $49.43 \mu\text{m}$ que la impresión convencional a nivel marginal $96.96 \mu\text{m}$ e interna $91.88 \mu\text{m}$; los niveles subgingival y supragingival de la preparación no tuvieron efecto significativo en la adaptación; el tiempo de impresión promedio empleado para la impresión convencional fue de 19.27 minutos y para la impresión digital de 10.31 minutos el cual fue significativamente más corto; la frecuencia media de ajustes fue 2.2

veces para la impresión convencional y 1.3 veces para la impresión digital siendo significativamente menor la impresión digital; concluyendo que la impresión digital fue superior en términos de adaptación, de tiempo empleado y de cantidad de ajustes requeridos mientras que el nivel gingival de la terminación no tuvo efecto significativo en la adaptación (3).

V. METODOLOGÍA

V.1. Diseño del estudio

El presente estudio fue de tipo experimental *in vitro* y transversal.

V.2. Muestra

Para definir el tamaño muestral se tomó como referencia los valores obtenidos en el estudio piloto, el cálculo se hizo con la fórmula estadística de comparación de medias, se obtuvo un tamaño muestral mínimo de 9 especímenes por grupo, por un ajuste de pérdidas del resultado de la fórmula y considerando los trabajos de Tao y Han. (4) y Asavapanumas y Leevailoj. (18) se decidió que el número de especímenes por grupo sea $n = 10$.

Los grupos experimentales fueron:

- Impresión convencional con escaneo laboratorial/nivel de curvatura de 0.5 mm (IC-EL 0.5).
- Impresión convencional con escaneo laboratorial /nivel de curvatura de 1.5 mm (IC-EL 1.5).
- Impresión convencional con escaneo laboratorial /nivel de curvatura de 2.5 mm (IC-EL 2.5).
- Impresión digital/ nivel de curvatura de 0.5 mm (ID 0.5).
- Impresión digital/nivel de curvatura de 1.5 mm (ID 1.5)
- Impresión digital/nivel de curvatura de 2.5 mm (ID 2.5).

V.3. Criterios de selección

- Cofias que al examen visual presentaron el margen cervical íntegro y continuo, sin defectos o imperfecciones.
- Cofias que presentaron asentamiento pasivo sobre los modelos de trabajo.

V.4. Técnicas y Procedimientos

Elaboración de modelos maestros:

Se fabricaron tres modelos maestros de un primer premolar superior derecho con curvaturas de 0.5, 1.5 y 2.5 mm respecto a la ubicación de la línea de terminación cervical (Fig. 1), en el software Autodesk Inventor Professional 2017 (Autodesk Inc, California, USA) con una línea de terminación en *chamfer* de 1 mm, ángulo total de convergencia de 12°, altura cuspídea de 6.5 mm en vestibular y 5.5 mm en palatino (desde el margen cervical hasta la punta de cúspide) (24, 25). Los modelos se imprimieron en Co - Cr a través de *SLM* en el dispositivo 3D MLab Cusing (Concept Laser, Lichtenfels, Germany). Luego del pulido con cauchos y ruedas de trapo (Jota AG, Rüthi, Switzerland) fueron insertados en tipodonts acrílico.

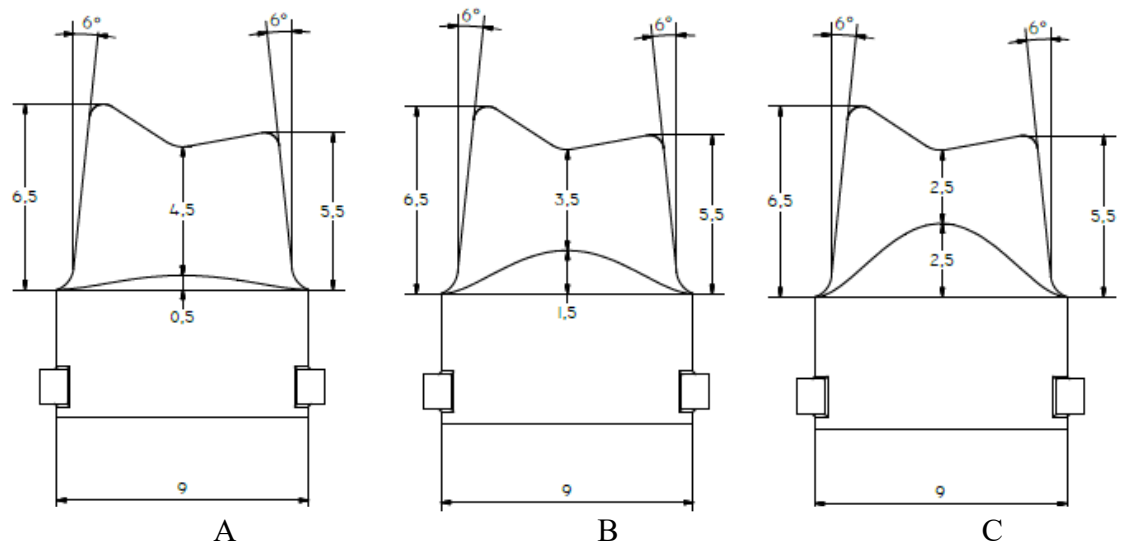


Figura 1: Modelos maestros con los diferentes niveles de curvatura: A 0.5mm, B 1.5mm, C 2.5mm

Confección de cofias en Co-Cr:

Previo a la confección de las cofias se empleó dos tipos de impresión: 1). Escaneo clínico con Cerec Omnicam (Dentsply Sirona Inc, Philadelphia, USA) que emplea tecnología de triangulación activa, aquí el cabezal es colocado a una distancia de 0 - 15 mm con respecto a cada modelo maestro y con movimientos ondulares en dirección mesial y distal en sentido vestibular, oclusal y palatino (Fig. 2) (26). 2). Impresión convencional con cubeta rígida y Polivinilsiloxano (PVS) masilla Elite HD+ Putty Soft Normal Set® (Zhermack Group, Badia Polesine, Italy) en proporción de 1:1, en simultáneo con Elite HD+ Light Body Normal Set® (Zhermack Group, Badia Polesine, Italy) (Fig. 3), 1 hora después se procedió con el vaciado con yeso extraduro tipo IV Elite Master® (Zhermack,

Badia Polesine, Italia) dosificado con el Smartbox X2® (Amann Girrbach, Koblach, Austria) para una relación adecuada de yeso/agua, se empleó el mezclador Smartmix® (Amann Girrbach, Koblach, Austria) logrando una mezcla isotrópica y homogénea. Luego de 1 hora los modelos se removieron de las impresiones (27).



Figura 2: Impresión digital.

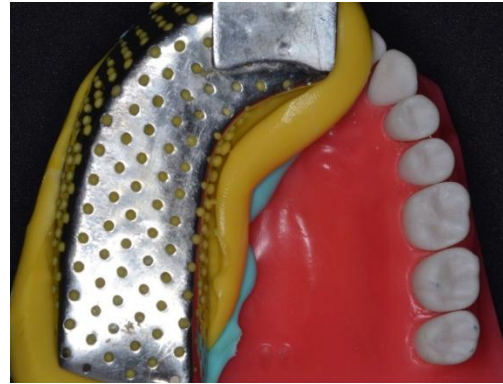


Figura 3: impresión convencional.

El diseño de las cofias de Co-Cr se realizó utilizando los archivos STL obtenidos del escaneo clínico y del escaneo de los modelos de yeso, este último se realizó con el escáner para modelos 3Shape D2000 (3Shape, Copenhagen, Denmark) el cual emplea luz estructurada, y a través del software 3Shape Dental Designer (3Shape, Copenhagen, Denmark) (Fig. 4) las cofias se diseñaron con un espesor de 0.5mm en toda su extensión, el espacio para el cemento a nivel cervical / interno se determinó para cada grupo teniendo en cuenta el criterio de asentamiento pasivo y sellado en todo el contorno cervical sin necesidad de ajustes internos para las distintas cofias, los cuales fueron: 1) escaneo intraoral 0.5mm 30/40 μm , 1.5mm 30/50 μm , 2.5mm 40/50 μm y 2) impresión convencional con escaneo laboratorial 0.5mm 40/50 μm , 1.5mm 40/50 μm , 2.5mm 40/50 μm ; posteriormente se imprimieron con el equipo de SLM MLab Cusing (Concept Láser, Lichtenfels, Germany), el poliéter cual emplea el láser de Nd-YAG en una atmósfera de N fusionando capas finas de 10 a 30 μm del Co-Cr en polvo Remanium® star CL (Dentaurum GmbH, Ispringen, Germany), a continuación fueron removidas de la platina de fusión, se retiraron los pines de sujeción y se arenaron usando el equipo Basic Eco (Renfert GmbH, Hilzingen, Alemania) con óxido de aluminio de 110 μm (Protechno, Girona, España) a una presión de 2 bar (Fig. 5) (27).

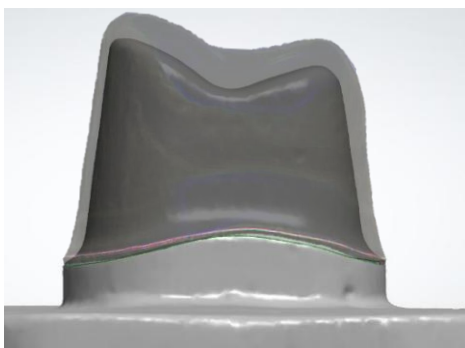


Figura 4: Diseño de cofias.



Figura 5: Cofias en Co-Cr impresas mediante *SLM*.

Evaluación de la adaptación:

Se empleó el método de la réplica en silicona, para lo cual inicialmente se dispuso el vinil poliéter silicona (VPES) Fit Checker™ Advance® (GC Corporation, Tokyo, Japan) dentro de la cofia, seguidamente esta fue asentada sobre el modelo maestro y sometida a una presión constante de 15 N durante 2 minutos en un equipo universal de ensayo instron marca LG modelo CTM-5L Corea, luego se retiró la presión y la cofia fue removida cuidadosamente del modelo maestro preservando la capa de VPES e inmediatamente se inyectará PVS Elite HD+ Ligth Body Normal Set® (Zhermack Group, Badia Polesine, Italy) y se esperó su polimerización completa para extraer la réplica del interior (27). Obtenida la réplica esta fue seccionada con un bisturí hoja N°11 primero de vestibular a palatino y luego de mesial a distal generando dos unidades de evaluación, las cuales fueron examinadas bajo el estéreomicroscopio Greenough Leica S8 APO (Leica Biosystems GmbH, Wetzlar, Germany) a un aumento de

40X y se midió en micras (μm) el grosor de la película de VPES Fit CheckerTM Advance® (GC Corporation, Tokyo, Japan) en las zonas cervical, axial y oclusal (Fig. 6 – 11 corte VP / 12 – 17 corte MD) (27).

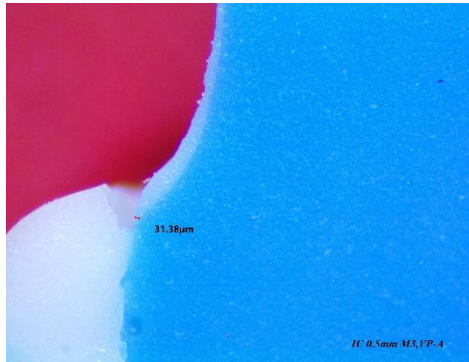


Figura 6a: corte VP punto A.

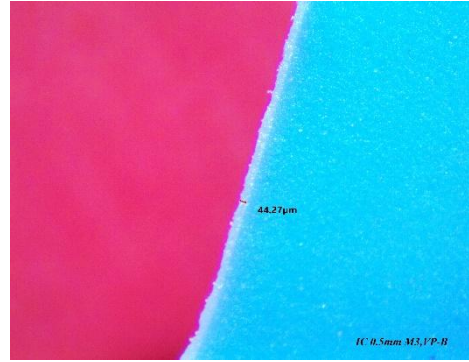


Figura 6b: corte VP punto B.

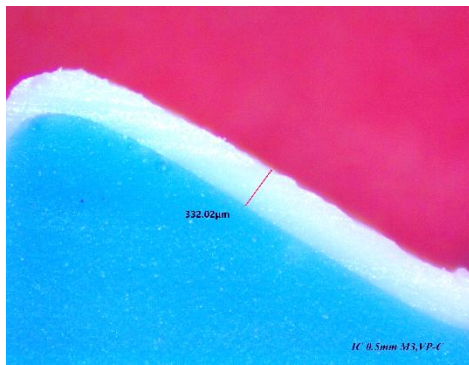


Figura 6c: corte VP punto C.

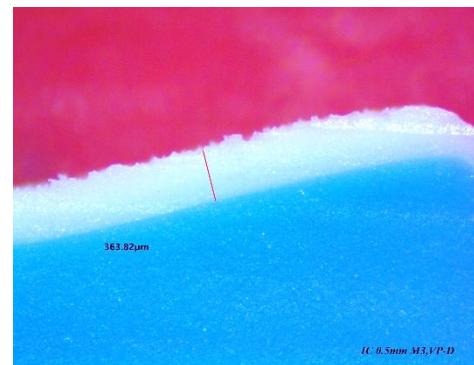


Figura 6d: corte VP punto D.

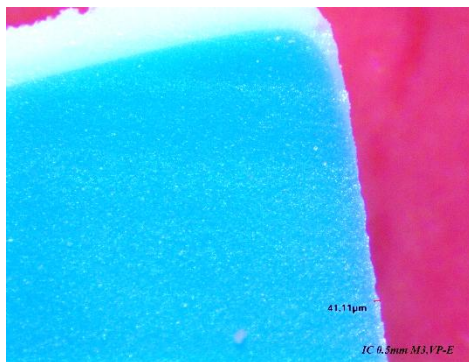


Figura 6e: corte VP punto E.

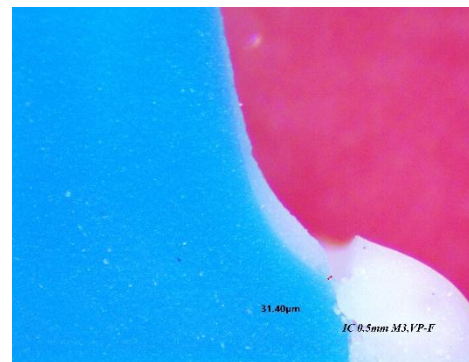


Figura 6f: corte VP punto F.

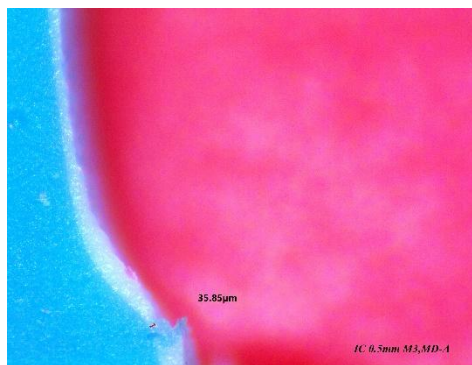


Figura 7a: corte MD punto A.

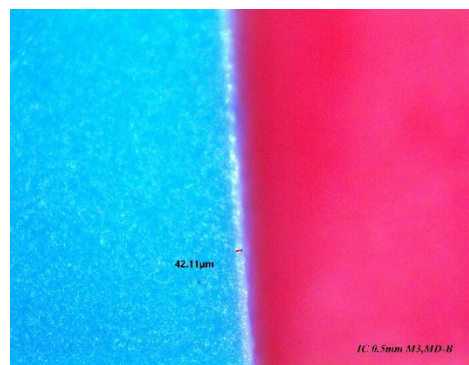


Figura 7b: corte MD punto B.

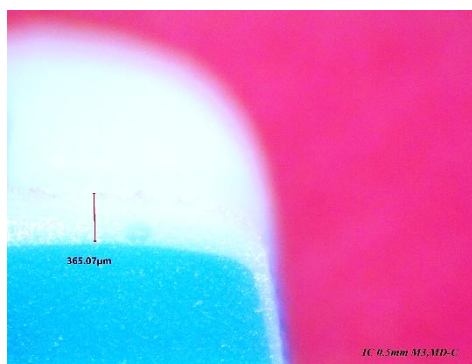


Figura 7c: corte MD punto C.

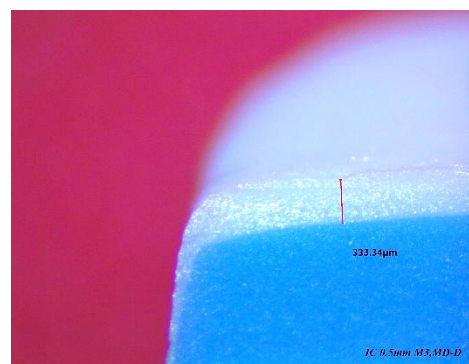


Figura 7d: corte MD punto D.

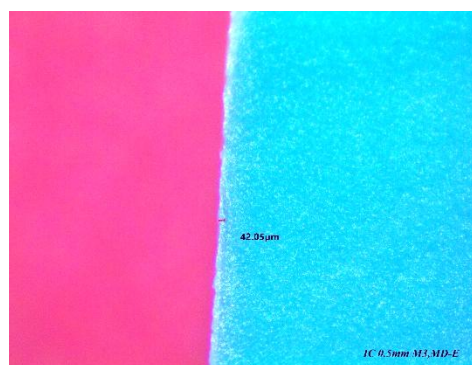


Figura 7e: corte MD punto E.

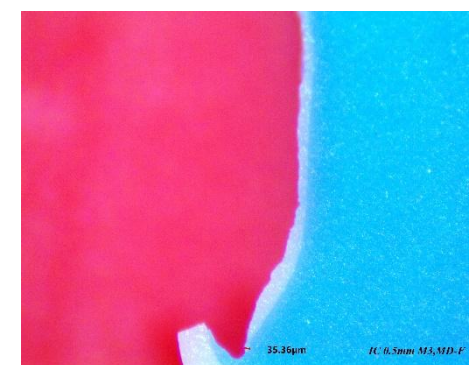


Figura 7f: corte MD punto F.

V.5. Consideraciones Éticas

El estudio in vitro fue aprobado por el comité de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (SIDISI 207120), para tal propósito se elaboraron 3 modelos maestros y un total de 60 cofias de Co-Cr mediante SLM, las muestras fueron divididas en 2 grupos, 30 para impresión digital y 30 para impresión convencional con escaneo laboratorial, a su vez cada grupo fue subdividido en 3, 10 muestras por cada nivel de curvatura.

V.6. Plan de análisis

Los datos recabados fueron analizados estadísticamente empleando el programa GraphPad Prism versión 8 (Prism, LA, USA), se realizó un análisis univariado estimando la media aritmética y desviación estándar utilizando T de Student, para el análisis bivariado y multivariado se usó la prueba ANOVA/Tukey en distribución normal. El nivel de confianza fue del 95%.

VI. RESULTADOS

La muestra estuvo constituida por 60 cofias de Co-Cr fabricadas mediante SLM, dividida en dos grupos según el método de impresión, 30 cofias para impresión digital y 30 cofias para impresión convencional con escaneo laboratorial; a su vez cada grupo fue subdividido en 3 subgrupos de 10 cofias cada uno según el nivel de curvatura para 0.5 mm, 1.5 mm y 2.5 mm. La discrepancia marginal e interna fue medida en todos los grupos para evaluar la adaptación de cofias.

En la Tabla 1 se muestran promedios de adaptación marginal según el tipo de impresión y el nivel de curvatura; en el grupo de impresión digital la adaptación marginal es semejante para todos los niveles de curvatura ($p \geq 0.05$). Para el grupo de impresión convencional con escaneo laboratorial la mayor adaptación marginal se observa para el nivel de curvatura de 0.5 mm, seguido de 1.5 mm y 2.5 mm ($p < 0.05$). En relación al tipo de impresión se encontró que la impresión convencional con escaneo laboratorial presentó mayor adaptación marginal que la impresión digital, independientemente del nivel de curvatura ($p < 0.05$).

En la Tabla 2 se muestran los promedios de adaptación interna, axial y oclusal, según el tipo de impresión y el nivel de curvatura. En la impresión digital la mayor adaptación axial se observa para el nivel de curvatura 1.5 mm ($p < 0.05$) seguidos de la curvatura de 0.5 mm y 2.5 mm ($p > 0.05$). Con respecto a la adaptación oclusal en la impresión digital la mayor adaptación se observa para el nivel de curvatura de 2.5 mm, seguido de 1.5 mm y 0.5 mm ($p < 0.05$). En la impresión convencional con escaneo laboratorial la mayor adaptación axial se observa para el nivel de

curvatura 0.5 mm ($p < 0.05$) seguidos de la curvatura de 2.5mm y 1.5mm ($p > 0.05$).

Con respecto a la adaptación oclusal en la impresión convencional con escaneo laboratorial la mayor adaptación se observa para el nivel de curvatura de 2.5mm, seguido de 1.5 mm y 0.5mm ($p < 0.05$).

Tabla 1: Adaptación marginal (μm) en relación al nivel de curvatura y el tipo de impresión.

	Impresión Digital	IC/EL
Curvatura	Media (DS)	Media (DS)
0.5	42.80 (1.48) ^{Aa}	33.55 (2.30) ^{aB}
1.5	42.06 (1.33) ^{Aa}	36.22 (5.30) ^{bB}
2.5	42.57 (1.73) ^{Aa}	41.40 (1.68) ^{cB}

ANOVA-Tukey/ T de student

Letras minúsculas diferentes en columnas muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las curvaturas.

Letras mayúsculas diferentes en filas muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tipos de impresión.

Tabla 2: Adaptación interna (μm) en relación al nivel de curvatura y el tipo de impresión.

Curvatura	Impresión Digital		IC/EL	
	Axial	Oclusal	Axial	Oclusal
	Media (DS)	Media (DS)	Media (DS)	Media (DS)
0.5	55.90 (1.92) ^{aA}	237.40 (9.45) ^{aA}	45.37 (2.45) ^{aB}	340.20 (22.24) ^{aB}
1.5	50.93 (1.04) ^{bA}	212.00 (6.22) ^{bA}	53.29 (2.91) ^{bB}	294.60 (14.94) ^{bB}
2.5	56.59 (3.12) ^{aA}	173.00 (8.65) ^{cA}	52.95 (2.91) ^{bB}	217.40 (13.23) ^{cB}

ANOVA-Tukey/ T de student

Letras minúsculas diferentes en columnas muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) en cada curvatura.

Letras mayúsculas diferentes en filas muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los diferentes tipos de impresión.

VII. DISCUSIÓN

El factor clínico para medir el éxito de una corona es la adaptación marginal e interna, la cual puede verse afectada por circunstancias como la anatomía, tipo de preparación, método de impresión y técnica de fabricación (28). Actualmente existen una gran cantidad de investigaciones sobre adaptación marginal e interna desde distintos enfoques.

Los resultados del presente estudio revelan que a mayor nivel de curvatura menor adaptación marginal, para la técnica de impresión convencional con escaneo laboratorial, mientras que la adaptación marginal con técnica de impresión digital no se vio afectada.

Estos resultados son similares a los estudios de Oliveira y Portocarrero quienes evaluaron la adaptación marginal e interna en función del nivel de curvatura en cofias de Co-Cr confeccionadas con fusión láser (*SLM*) similar a este estudio; para tal propósito emplearon modelos de primer premolar superior derecho con niveles de curvatura de 0.5 mm, 1.5 mm y 2.5 mm encontrando que cuanto más pronunciada fue la curvatura, mayor la desadaptación marginal (24). Cabe resaltar que los valores de discrepancia marginal en el presente estudio fueron menores a los reportados por Oliveira y Portocarrero, lo cual podría deberse al proceso estricto de selección del espacio para el cemento realizado para cada grupo evaluado con la finalidad de evitar ajuste interno y obtener el asentamiento pasivo. Oliveira y Portocarrero emplean un único espacio para el cemento para todos sus grupos de estudio y no informa si realizaron ajustes o si encontraron asentamiento pasivo.

De manera similar, Tao y Hann empleando cofias de Au-Ag-Pd con Caspac MK-3 (Dentronics), con método de fresado, encontraron que la adaptación marginal se afecta por el nivel de curvatura de tal modo que a mayor nivel de curvatura mayor desadaptación marginal de cofias de esta aleación (4).

Asavapanumas y Leeivaloj evaluaron cofias hechas con dos marcas comerciales de zirconia -Cercon (Dentstply), zirconia y Lava System (3M ESPE)-y una de disilicato de litio -IPS e max (Ivoclar Vivadent). Para estos materiales e igual que las investigaciones presentadas en párrafos anteriores, conforme se incrementó el nivel de curvatura el *gap* marginal se hizo mayor en los tres sistemas (18).

En relación a la adaptación interna se observa que con la impresión convencional y escaneo laboratorial a nivel axial los valores de discrepancia aumentaron con el incremento del nivel de curvatura; mientras que a nivel oclusal la discrepancia disminuyó conforme se incrementó el nivel de curvatura, independientemente del tipo de impresión.

Contrastando los resultados de adaptación interna tanto a nivel axial como oclusal con los reportados por Oliveira y Portocarrero, indicaron que los valores de discrepancia axial aumentaron y los de oclusal disminuyeron, mientras se incrementó el nivel de curvatura, esta coincidencia se debería a que se emplearon protocolos similares en ambos estudios (24).

Otro aspecto importante que se evaluó en el presente estudio fue la aplicación de la tecnología en odontología, en el caso específico el empleo de escáneres intraoral y de laboratorio, cuya aplicación en la actualidad está bastante difundida.

En el presente estudio se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los valores de adaptación marginal entre las técnicas de impresión, siendo que la técnica de impresión convencional con escaneo laboratorial la que generó menor discrepancia marginal. Es interesante resaltar que a medida que aumenta la curvatura esta discrepancia disminuye entre técnicas de impresión.

Carrillo et al. en un estudio *in vitro* compararon la impresión digital usando los escáneres intraorales Trios 3 (3Shape) y CS 3600 (Carestram) versus la impresión convencional más el escáner de laboratorio D 2000 (3Shape), para ello se usó un segundo premolar inferior de un tipodont que fue preparado para corona de zirconia monolítica. Los resultados mostraron que la menor discrepancia marginal la obtuvo la impresión convencional con el escáner D 2000 (3Shape) seguido de Trios 3 (3Shape) y de CS 3600 (Carestram), los valores reportados por Carrillo et al. fueron ligeramente más altos que los reportados en el presente estudio respecto la impresión convencional con escáner de laboratorio, esto podría deberse al espacio para el cemento empleado en dicho estudio, el cual no es informado por los autores (29).

Kocaagaoglu et al. prepararon premolares superiores removidos por indicación ortodóntica con el fin de evaluar el impacto de los protocolos de impresión convencional con escaneo de laboratorio con In Eos X5 Scanner (Sirona) y escaneo

intraoral con Cerec Omnicam (Sirona) y Trios-3 (3Shape), sobre adaptación marginal, axial y oclusal en cofias de zirconia. Los resultados indicaron que la mayor adaptación marginal se logró con escáneres intraorales Trios-3 seguido de Cerec Omnicam, ambos mejores que el escáner de laboratorio In Eos X5 Scanner, indicando que la diferencia entre los grupos fue significativa. Se concluyó que las cofias producidas con apoyo de sistemas de impresión digital mostraron una mayor adaptación marginal y oclusal que las cofias producidas a partir de una impresión convencional con escaneo laboratorial (1). Los resultados del presente estudio mostraron valores de discrepancia marginal menores con Cerec Omnicam en comparación con Trios-3 del estudio de Kocaagaoglu et al., siendo ambos escáneres intraorales esto podría deberse al tipo de material y técnica de confección de la cofia, la cual fue de zirconia mientras que el presente estudio se utilizó Cr-Co. Para los escáneres de laboratorio el empleado en el estudio de Kocaagaoglu et al., fue el Eos X5 Scanner con una precisión de 2.1 μm (30), mostrando mayores valores de discrepancia marginal en comparación a los observados en el presente estudio el cual se usó el 3Shape D2000 con una precisión de 5 μm (31). Esta diferencia de valores podría deberse a lo explicado anteriormente acerca de la diferencia de materiales, además a la técnica de fabricación de las cofias y adicionalmente a que el presente estudio empleo modelos maestros diseñados en 3D, mientras que las muestras de Kocaagaoglu et. al fueron obtenidas a partir de la preparación de piezas naturales.

Bosniac et al. realizaron un estudio *in vivo* sobre adaptación marginal en cofias de zirconia, para ello se usó los escáneres de laboratorio D700 (3Shape) y los intraorales Cerec AC Omnicam (Sirona) y Cara Trios (Heraeus Kulzer) ; los resultados indicaron que la mejor adaptación marginal la logro Cerec AC Omnicam, seguido de Cara Trios la diferencia entre estos grupos no fue significativa, sin embargo para D700 los valores fueron más elevados superando los 120 μm que es el máximo clínico aceptado (32). Los datos observados en el estudio de Bosniac et al. tienen valores considerablemente más altos que los del presente estudio, pudiendo ser consecuencia de la destreza del operador y las dificultades propias de la atención en pacientes, ya que la precisión de este modelo de escáner D700 es de 20 μm en comparación a $27.1 \pm 5.2 \mu\text{m}$ de precisión del Cerec AC Omnicam y de $79.2 \pm 19.6 \mu\text{m}$ de precisión del Cara Trios (33, 32).

Otros estudios que evalúan la adaptación marginal e interna y cómo esta se afecta según la técnica de impresión, son los de Koulivand et al. y Boeddinghaus et al. ambos estudios fueron *in vivo* e involucraron pacientes con indicación de coronas en distintas piezas dentarias. Koulivand et al. compararon la impresión convencional con escáner de laboratorio D700 (3Shape) versus la impresión digital con escáner intraoral Trios (3Shape) sobre líneas de terminación supragingival y subgingival en cofias de Co-Cr fresadas con *CAD/CAM*. Los resultados permitieron ver diferencias significativas, la impresión digital mostró valores menores de discrepancia marginal e interna en contraste con la impresión convencional con escáner de laboratorio; los niveles subgingival y supragingival de la preparación no tuvieron efecto

significativo en la adaptación de cofias dado que hubo una adecuada retracción de tejidos blandos (3). En el caso Boeddinghaus et al. se emplearon coronas de zirconia, en las que se comparó la adaptación marginal según diferentes métodos de impresión, para lo cual se realizó escaneos intraorales con Cerec AC Omnicam (Sirona), Cara Trios (Heraeus Kulzer) y Tru Definition (Lava 3M), e impresión convencional con PVS más escaneo del modelo de yeso con D 700 (3Shape). Los resultados denotaron que entre los escáneres intraorales el Tru Definition (Lava 3M) fue el que logro mayor adaptación marginal y el escáner de laboratorio D 700 (3Shape) tuvo mejor adaptación marginal que el escáner Cerec AC Omnicam (Sirona), concluyendo que la adaptación marginal lograda con ambas técnicas es comparable entre sí (34). La presente investigación mostró valores de discrepancia marginal e interna menores que los reportados tanto por Koulivand et al. para ambos tipos de escáneres así como por Boeddinghaus et al, Estas diferencias podrían deberse a que el presente estudio fue *in vitro* donde se pueden controlar mejor las condiciones para desarrollar los procedimientos de impresión independientemente de la precisión de los escáneres, y también a los espacios para el cemento empleados los cuales fueron más amplios a los usados en el estudio presente.

Akhlaghian et al. realizaron un estudio *in vitro* con el objetivo de comparar técnicas de digitalización, para ello se empleó un modelo de latón que emuló una preparación para corona individual con ángulo de convergencia total 12°; se realizó una impresión digital con escáner intraoral Trios 3 (3Shape), luego se realizó una impresión con PVS la cual se escaneo con Trios 3 (3Shape) y también con el escáner

de laboratorio D 810 (3Shape) y el último grupo fue el escaneo del modelo de yeso obtenido de la impresión con PVS con el escáner D 810 (3Shape); para la posterior confección de cofias de zirconia. Los resultados mostraron que la mayor adaptación marginal se logró en el grupo de impresión convencional con escaneo de laboratorio al modelo de yeso, los valores obtenidos por Akhlaghian et al. son semejantes a los obtenidos en el presente estudio esto podría deberse a que se empleó un espacio para el cemento similar de 40 μm , en ambos casos (35).

Finalmente una revisión sistemática realizada por Sarafidou et al. que recopila datos acerca del ajuste y precisión de prótesis fijas realizadas con diferentes materiales (zirconia, disilicato de litio y metal cerámica) y con técnicas de impresiones convencionales, digitales y/o combinadas, reveló que el ajuste marginal clínicamente aceptable es \leq a 120 μm para todos los materiales y técnicas de impresión, la necesidad de retracción gingival sigue siendo un paso indispensable para cualquier técnica de impresión, el flujo de trabajo digital parece confiable para PPF de zirconia de tramo corto, los datos clínicos de PPF de tramo largo son limitados, además los factores relacionados a procesos de fabricación como el fresado y la impresión 3D de modelos de trabajo influyen significativamente en el resultado; concluyendo que falta mucho para que un flujo de trabajo completamente digital pueda incorporarse en tratamientos rehabilitadores complejos. Los datos del presente estudio son comparables con los reportados en la literatura, mostrando que ambas técnicas de impresión son seguras y que se debe tener en cuenta la anatomía dental en la ejecución de tratamientos de prótesis fija (36).

Dentro de las limitaciones del presente estudio está el hecho de que no se consideraron circunstancias como el flujo salival, la humedad, ni la temperatura, propias de la cavidad oral que influyen en el comportamiento de los materiales y en la ejecución de los procedimientos. De manera concomitante tampoco se reprodujo ningún mecanismo de retracción gingival, el cual es un paso ineludible durante la ejecución de una impresión, independientemente de la técnica esto alarga el tiempo clínico y añade dificultad al procedimiento como tal. En consecuencia, el manejo de ambas técnicas de impresión fue más sencillo.

Otra circunstancia es que el análisis de la adaptación marginal e interna se hizo en cofias de Co-Cr sin cerámica feldespática de recubrimiento, pues esta reportado que la aplicación de cerámica conlleva un aumento del *gap* marginal, y es así como las coronas quedan listas para su cementación en boca, por tanto, se puede deducir los valores reportados en el presente estudio variarían de forma incremental si se aplica la cerámica de recubrimiento.

Por último, la literatura reporta múltiples estudios a cerca de adaptación marginal desde distintos enfoques, sin embargo, hay pocos que lo hacen desde la influencia del nivel de curvatura, lo cual limita la discusión de resultados con otros autores.

Respecto a la relevancia clínica el presente estudio aporta evidencia a cerca de la precisión de los procedimientos referidos a impresiones para la confección de coronas, revelando que tanto la técnica de impresión digital como la de impresión convencional con escaneo de laboratorio son confiables para el desarrollo de

tratamientos en prótesis fija. También denota que el nivel de curvatura no es relevante para una buena adaptación marginal cuando se emplea la impresión digital, en cambio la impresión convencional con escaneo laboratorial requiere mayor atención en las piezas cuya anatomía muestra curvaturas más pronunciadas. Finalmente, el estudio sugiere que el conocimiento por parte del clínico acerca de las distintas técnicas permite el desarrollo de un tratamiento más satisfactorio en el paciente.

VIII. CONCLUSIONES

1. A menor nivel de curvatura mayor fue la adaptación marginal y axial con la técnica de impresión convencional y escaneo laboratorial, sin embargo, presentó la menor adaptación oclusal.
2. El nivel de curvatura no tuvo influencia en la adaptación marginal y si en la adaptación interna de cofias de Co-Cr con impresión digital.
3. La discrepancia marginal obtenida mediante la técnica de impresión convencional con escaneo laboratorial fue menor en comparación con la técnica de impresión digital. Internamente hubo compensación, cuando aumenta la adaptación axial disminuye la adaptación oclusal, para todos los grupos.

IX. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar investigaciones que evalúen la adaptación marginal teniendo en cuenta la anatomía de las piezas dentarias diferentes a premolares.
2. Se recomienda efectuar investigaciones de adaptación marginal e interna que involucren diferentes diseños del margen cervical como *chamfer* y hombro bisel con niveles de curvaturas diferenciadas.
3. Es recomendable desarrollar estudios que analicen cómo la variación en la altura de los muñones preparados para coronas influye en la adaptación marginal e interna de estas restauraciones.
4. Se recomienda realizar investigaciones que valoren el nivel de destreza de los operadores durante el manejo de escáneres intraorales, dada su influencia en la calidad del escaneo digital.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kocaağaoğlu H, Kılınç HI, Albayrak H. Effect of digital impressions and production protocols on the adaptation of zirconia copings. *J Prosthet Dent.* 2017 Jan;117(1):102-108.
2. Quante K, Ludwig K, Kern M. Marginal and internal fit of metal-ceramic crowns fabricated with a new laser melting technology. *Dent Mater.* 2008 Oct;24(10):1311-5.
3. Koulivand S, Ghodsi S, Siadat H, Alikhasi M. A clinical comparison of digital and conventional impression techniques regarding finish line locations and impression time. *J Esthet Restor Dent.* 2020 Mar;32(2):236-243.
4. 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.* 2009 Oct;40(9):745-52.
5. Ali Majeed Z, Hasan Jasim H. Digital Evaluation of Trueness and Fitting Accuracy of Co-Cr Crown Copings Fabricated by Different Manufacturing Technologies. *Cureus.* 2023 Jun 1;15(6):e39819.
6. Güth JF, Runkel C, Beuer F, Stimmelmayer M, Edelhoff D, Keul C. Accuracy of five intraoral scanners compared to indirect digitalization. *Clin Oral Investig.* 2017 Jun;21(5):1445-1455.
7. McLean JW, von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *Br Dent J.* 1971 Aug 3;131(3):107-11.

8. Vojdani M, Torabi K, Farjood E, Khaledi A. Comparison the Marginal and Internal Fit of Metal Copings Cast from Wax Patterns Fabricated by CAD/CAM and Conventional Wax up Techniques. *J Dent (Shiraz)*. 2013 Sep;14(3):118-29.
9. Ates SM, Yesil Duymus Z. Influence of Tooth Preparation Design on Fitting Accuracy of CAD-CAM Based Restorations. *J Esthet Restor Dent*. 2016 Jul;28(4):238-46.
10. Christensen GJ. Marginal fit of gold inlay castings. *J Prosthet Dent*. 1966;16(2):297-305.
11. Kashani HG, Khera SC, Gulker IA. The effects of bevel angulation on marginal integrity. *J Am Dent Assoc*. 1981;103(6):882-5.
12. Gargiulo A, Krajewski J, Gargiulo M. Defining biologic width in crown lengthening. *CDS Rev*. 1995 Jun;88(5):20-3.
13. Lindhe J, Lang N, Karring T. *Periodontología Clínica e Implantología Odontológica 5º Ed*. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2005.
14. Newman MG, Carranza F, Takei HH, Klokkevold P. *Periodontología Clínica Esencial 13º Ed*. Barcelona: Elsevier; 2023.
15. Hernández SZ, Negro VB, de Puch G, Saccomanno DM. Morphology of the Cementoenamel Junction in Permanent Teeth of Dogs: A Scanning Electron Microscopic Study. *J Vet Dent*. 2020 Sep;37(3):159-166.
16. Arambawatta K, Abeysundara A, Ihalagedera D, Nawarathna G, Nandasena T, Peiris R, Banneheka S, Nanayakkara D. Morphological analysis of

cementoenamel junction in premolars of Sri Lankans. *Anat Sci Int.* 2021 Sep;96(4):509-516

17. Kim Y-T, Wang H-L. Effect of gingival phenotype on the maintenance of periodontal health: an American Academy of Periodontology best evidence review. *J Periodontol.* 2020;91(12):1502–13.
18. 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.
19. Huang Z, Zhang L, Zhu J, Zhang X. Clinical marginal and internal fit of metal ceramic crowns fabricated with a selective laser melting technology. *J Prosthet Dent.* 2015;113(6):623-7.
20. Ucar Y, Akova T, Akyil MS, Brantley WA. Internal fit evaluation of crowns prepared using a new dental crown fabrication technique: laser-sintered Co-Cr crowns. *J Prosthet Dent.* 2009;102(4):253-9.
21. Palomino-Granados RC, Solar Loayza C, Mas López J. Impresiones digitales dentales con escáneres intraorales: una revisión de la literatura. *Rev. Estomatológica Herediana.* Ene. 2024;34(1): 69-75.
22. Kachhara S, Nallaswamy D, Ganapathy DM, Sivaswamy V, Rajaraman V. Assessment of intraoral scanning technology for multiple implant impressions - A systematic review and meta-analysis. *J Indian Prosthodont Soc.* 2020 Apr-Jun;20(2):141-152.
23. Monte Alegre Zuloaga MF. Exactitud de las imágenes digitales obtenidas por dos métodos de impresión dental- escáner extraoral [InEos X5®] e intraoral

- [CEREC Primescam®] - en molares inferiores con preparación para corona completa sin dientes adyacentes- fase 1. Universidad del Bosque; 2021.
24. Oliveira Ruiz GPC, Cecilia del Pilar. Evaluación in vitro del efecto de la curvatura de la línea de terminación en la adaptación de cofias metálicas confeccionadas en fusión selectiva láser: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2019.
25. Rosentiel SF LM, Fujimoto J. Prótesis Fija y Contemporánea. Quinta ed 1991.
26. Pacheco Cahuas MDSM, María Alejandra. Evaluación in vitro de la adaptación de cofias metálicas fabricadas por la técnica de cera perdida colada por centrifugación por inducción y fusión selectiva láser en CAD/CAM con escaneo clínico: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2019.
27. Guevara CZLd. Comparación in vitro de las adaptaciones marginal e interna en cofias metálicas unitarias de aleación cobalto cromo (Co-Cr) realizadas sobre dos líneas de terminación: tipo chamfer y tipo bisel, fabricadas con las técnicas de la cera perdida colado por centrifugado convencional y de fusión selectiva por láser, diseño asistido por computadora/manufactura asistida por computadora (CAD/CAM) Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2017.
28. Ahmed WM, Shariati B, Gazzaz AZ, Sayed ME, Carvalho RM. Fit of tooth-supported zirconia single crowns-A systematic review of the literature. Clin Exp Dent Res. 2020;6(6):700-16.
29. Carrilho Baltazar Vaz IM, Pimentel Coelho Lino Carracho JF. Marginal fit of zirconia copings fabricated after conventional impression making and digital scanning: An in vitro study. J Prosthet Dent. 2020 Aug;124(2):223.e1-223.e6.

30. Sirona D. Dental Lab Scanner inEos X5 2024 [Available from:
<https://www.dentsplysirona.com/en-us/discover/discover-by-brand/ineos-x5.html>].
31. Zahn 3SHAPE D2000 2014 [Available from:
<https://www.henryschein.com/us-es/zahn/digitaldentistry/3shape-d2000.aspx>].
32. Bosniac P, Rehmann P, Wostmann B. Comparison of an indirect impression scanning system and two direct intraoral scanning systems in vivo. *Clin Oral Investig.* 2019;23(5):2421-7.
33. Zhang XY, Cao Y, Hu ZW, Wang Y, Chen H, Sun YC. Scanning Accuracy of 10 Intraoral Scanners for Single-crown and Three-unit Fixed Denture Preparations: An In Vitro Study. *Chin J Dent Res.* 2022;25(3):215-22.
34. Boeddinghaus M, Breloer ES, Rehmann P, Wöstmann B. Accuracy of single-tooth restorations based on intraoral digital and conventional impressions in patients. *Clin Oral Investig.* 2015 Nov;19(8):2027-34.
35. Akhlaghian M, Khaledi AA, Farzin M, Pardis S. Vertical marginal fit of zirconia copings fabricated with one direct and three indirect digital scanning techniques. *J Prosthet Dent.* 2021 Sep;126(3):421-426.
36. Sarafidou K, Chatziparaskeva M, Chatzikamagiannis D, Mpotskaris V, Tortopidis D, Bakopoulou A, Kokoti M. Evaluation of marginal/internal fit of fixed dental prostheses after digital, conventional, and combination impression techniques: A systematic review. *Eur J Oral Sci.* 2022 Dec;130(6):e12902.

ANEXOS

ANEXO 1

Operacionalización de Variables

Evaluar in vitro la adaptación marginal e interna según la altura de la curvatura en cofias Co-Cr de premolares con impresión digital.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR	TIPO	ESCALA DE MEDICION	VALORES O CATEGORIAS
Adaptación (variable dependiente)	Grado con el que encaja una restauración a nivel marginal, axial y oclusal de una preparación.	Distancia a nivel cervical entre la preparación en el modelo y la superficie interna de la cofia metálica.	Espesor de la película de silicona entre la preparación y la cofia metálica.	Cuantitativa	Razón	Micrómetros (µm)
Altura de la curvatura (variable independiente)	Línea curva determinada por la superficie periférica de una preparación dentaria a nivel de gingival.	Curvatura de la línea de terminación en relación a las cuatro caras del modelo maestro.	Altura de la línea de curvatura: vestibulo-mesio-palatino, vestibulo-disto-palatino.	Cualitativa	Nominal Politómica	0.5 mm 1.5 mm 2.5 mm
Impresión (variable independiente)	Obtención de un negativo de los tejidos duros y blandos de la cavidad oral.	Precisión del material de impresión en la reproducción de las estructuras.	Modelos de trabajo fieles	Cualitativa	Nominal Dicotómica	Impresión convencional Impresión digital.

ANEXO 2

Sección Vestíbulo – Palatino							Sección Mesio – Distal					
Nivel gingival de 0.5 mm												
Puntos de evaluación	A μm	←B μm	C↓ μm	D↓ μm	E→ μm	F μm	A μm	←B μm	C↓ μm	D↓ μm	E→ μm	F μm
Muestra N° 1												
Muestra N° 2												
Muestra N° 3												
Muestra N° 4												
Muestra N° 5												
Muestra N° 6												
Muestra N° 7												
Muestra N° 8												
Muestra N° 9												
Muestra N° 10												

A: Sección cervical vestibular.

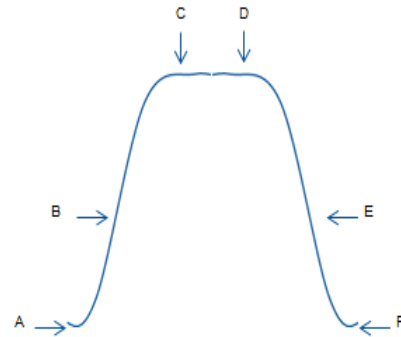
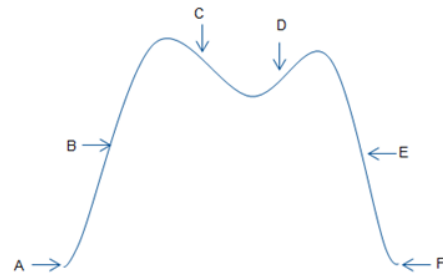
B: Sección interna axial vestibular

C: Sección interna oclusal vestibular.

D: Sección interna oclusal palatino

E: Sección interna axial palatino.

F: Sección cervical palatino.



Sección Vestíbulo – Palatino							Sección Mesio – Distal					
Nivel gingival de 1.5 mm												
Puntos de evaluación	A μm	←B μm	C↓ μm	D↓ μm	E→ μm	F μm	A μm	←B μm	C↓ μm	D↓ μm	E→ μm	F μm
Muestra N° 1												
Muestra N° 2												
Muestra N° 3												
Muestra N° 4												
Muestra N° 5												
Muestra N° 6												
Muestra N° 7												
Muestra N° 8												
Muestra N° 9												
Muestra N° 10												

A: Sección cervical vestibular.

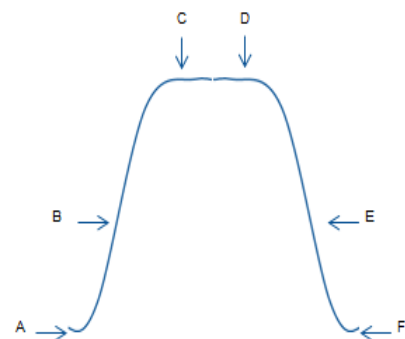
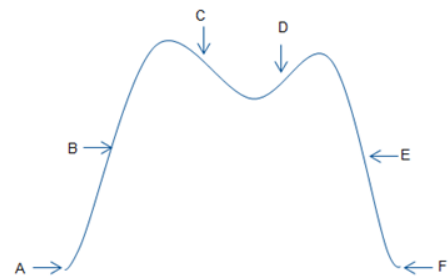
B: Sección interna axial vestibular

C: Sección interna oclusal vestibular.

D: Sección interna oclusal palatino

E: Sección interna axial palatino.

F: Sección cervical palatino.



Sección Vestíbulo – Palatino							Sección Mesio – Distal					
Nivel gingival de 2.5 mm												
Puntos de evaluación	A μm	←B μm	C↓ μm	D↓ μm	E→ μm	F μm	A μm	←B μm	C↓ μm	D↓ μm	E→ μm	F μm
Muestra N° 1												
Muestra N° 2												
Muestra N° 3												
Muestra N° 4												
Muestra N° 5												
Muestra N° 6												
Muestra N° 7												
Muestra N° 8												
Muestra N° 9												
Muestra N° 10												

A: Sección cervical vestibular.

B: Sección interna axial vestibular

C: Sección interna oclusal vestibular.

D: Sección interna oclusal palatino

E: Sección interna axial palatino.

F: Sección cervical palatino.

