



**COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE
RESTAURACIONES INDIRECTAS ELABORADAS CON POLÍMEROS
IMPRIMIBLES VERSUS RESINAS MAQUINADAS**

Trabajo de Investigación
Requisito para optar al
Título de Especialista en
Rehabilitación Oral.

Residentes:

- Claudia Jiménez
- Macarena Martínez
- Christopher Riveros

Docente Guía: Dr. Gonzalo Ibarrola
Especialidad en Rehabilitación Oral

Índice

1. **Resumen.**
2. **Introducción.**
3. **Marco Teórico.**
4. **Objetivos.**
5. **Materiales y Métodos.**
6. **Resultados.**
7. **Discusión**
8. **Referencias Bibliográficas**

Resumen

Propósito: El propósito de esta tesis es comparar las restauraciones indirectas en dientes naturales, modelos y/o implantes, elaboradas con polímeros imprimibles y resinas maquinadas, centrándose en sus propiedades mecánicas y no mecánicas para evaluar su comportamiento en el campo de la Rehabilitación Oral.

Materiales y Métodos: Se utilizó la estrategia de búsqueda basada en P.I.C.O. para seleccionar los términos clave y se aplicó la secuencia de análisis PRISMA. Se realizaron búsquedas en bases de datos como Pubmed, Scopus y World of Science. Se obtuvieron 14 artículos relevantes para el análisis de propiedades de los materiales utilizados en restauraciones indirectas.

Resultados: Los resultados del estudio revelaron diferencias significativas en las propiedades mecánicas y no mecánicas entre las restauraciones elaboradas con polímeros imprimibles y resinas maquinadas. Se analizaron aspectos como la resistencia a la flexión, módulo elástico, microdureza, equilibrio químico, resistencia a la abrasión y características superficiales de ambos tipos de materiales.

Conclusiones: La comparación entre polímeros imprimibles y resinas maquinadas para restauraciones indirectas definitivas mostró que ambas opciones presentan ventajas y desventajas en términos de propiedades mecánicas y durabilidad. Estas diferencias deben considerarse cuidadosamente al elegir el material más adecuado para cada caso clínico en el ámbito de la Rehabilitación Oral.

Palabras clave: Inlay”, “Onlay”, “Tooth Crown”, “CAD-CAM”, “Polymer”, “Composite Resin”, “3D Printing”, “Stereolithography”, “Milled Restoration”, “Milling”, “Biomechanics”, “Flexural Strength”, “Compressive Strength”, “Shear Strength”.

Introducción

A lo largo de los años la Odontología ha ido evolucionando en cuanto a la gama de materiales dentales que se utilizan en la práctica diaria. Con el desarrollo de nuevas tecnologías, se han incorporado métodos innovadores que involucran el uso de la tecnología 3D, tales como la tecnología CAD-CAM, que permiten tanto diseñar como elaborar restauraciones, ya sean provisorias como definitivas (1).

Dentro de esta tecnología, se encuentran los métodos sustractivos y los métodos aditivos. Los métodos sustractivos producen restauraciones con dimensiones precisas, reduciendo el tiempo de fabricación al ser comparada con otras técnicas (1). Aun así, el método sustractivo genera mayor costo, pérdida de material y daño en los instrumentos de fresado, generando defectos superficiales y sub-superficiales que pueden generar estrés en la estructura de las restauraciones realizadas (2). Además de lo anteriormente descrito, la técnica sustractiva es incapaz de reproducir geometrías complejas, las cuales muchas veces son necesarias en la odontología restauradora (3). Por otro lado, se puede encontrar el método aditivo el cual permitiría crear estructuras complejas, de manera en que no se desperdicie tanto material en el proceso, siendo más económico que el método sustractivo, además de ser menos costoso en cuanto a equipamiento y producción (4).

Entre estos nuevos materiales utilizados en la técnica aditiva se encuentran los polímeros imprimibles, los cuales se han incorporado como una nueva opción para solucionar diversos casos clínicos, generando un nuevo abanico de posibilidades rehabilitadoras. Entre sus usos en Rehabilitación Oral, se describe la impresión de modelos a partir de la obtención de impresiones con escáner intraoral, la fabricación de provisorios tanto de prótesis fija y operatoria, prótesis removible y encerados diagnósticos (5-6) En el área de Implantología se encuentra presente en la fabricación de cubetas, restauraciones provisorias y guías quirúrgicas (7). Hoy en día, las nuevas tecnologías en esta área permiten comenzar a aplicarlas en tratamientos más definitivos como lo son las prótesis removibles, restauraciones estéticas indirectas estéticas tipo onlay y overlay, o incluso en prótesis fijas unitarias, ya sea como cofias o coronas periféricas (8)(9)(10).

Es importante determinar la versatilidad de los polímeros imprimibles, es decir, si estos materiales pueden utilizarse de forma predecible tanto como de forma provisional o definitiva, considerando principalmente el comportamiento mecánico que presenten estos tipos de biomateriales, lo que podría sustentar la incorporación de este tipo de tecnologías en la práctica diaria en un mayor número de casos, considerando la evidencia que sustente su uso a largo plazo (11)(12).

Es por esta razón es que el presente estudio busca recopilar y analizar las diferencias de las propiedades mecánicas de restauraciones indirectas elaboradas con polímeros imprimibles versus restauraciones indirectas elaboradas con resinas maquinadas a través de una revisión crítica de la literatura sobre este tipo de materiales.

Marco Teórico

Odontología Digital

En términos generales, hay dos enfoques principales para la fabricación de estructuras o recursos en odontología utilizando tecnología digital. Estos son:

- Método sustractivo: Implica la creación de estructuras al eliminar material, típicamente realizado mediante fresadoras controladas por computadora. En el contexto odontológico, este proceso comienza con un bloque de material y la fresadora sigue instrucciones precisas para eliminar el exceso de material, dando como resultado el producto final, en este caso, una restauración. Con el avance de la tecnología, las fresadoras han logrado un alto nivel de precisión y detalle, permitiendo la producción de restauraciones dentales muy precisas (13).
- Método aditivo: Según la norma terminológica EN ISO/ASTM 52.900, un proceso de fabricación aditiva es el “proceso de unir materiales para crear objetos a partir de datos de modelos 3D, generalmente capa por capa, a diferencia de los métodos de fabricación sustractivos”. Este enfoque permite la creación de geometrías complejas de manera rápida mediante la adición de material, replicando formas naturales con gran detalle (14). Las impresoras tridimensionales en odontología operan a través de un método aditivo, ofreciendo una amplia gama de aplicaciones que incluyen la creación de modelos diagnósticos, modelos de trabajo, patrones calcinables para bases protésicas, cubetas personalizadas para impresión, planos de relajación, alineadores ortodóncicos, dientes provisionales, entre otros. Recientemente, esta tecnología también se ha utilizado para fabricar prótesis completas, tanto en la base como en los dientes. Además, se emplean en la elaboración de matrices personalizadas transparentes y rígidas para restauraciones temporales como carillas, coronas o puentes, utilizando la técnica de inyección directa. En el campo de la implantología, sus aplicaciones son diversas, abarcando la producción de guías quirúrgicas, cubetas personalizadas, modelos de trabajo sobre implantes y restauraciones temporales. No obstante, se necesita una curva de aprendizaje y un conocimiento adecuado para optimizar los procesos de impresión 3D. (6)(7)(14)(15)(16). Actualmente, la estereolitografía clásica

mediante fuente láser (estereolitografía, SLA) y los denominados procesos de exposición con máscara (procesamiento de luz digital, DLP) son las técnicas más comúnmente usadas. En ambos procesos, el objeto se solidifica por la acción de la luz en una tina de fotopolímero (17).

Tipos de Resinas:

- **Resinas fresables de uso odontológico:** Las resinas compuestas se componen de cargas inorgánicas u orgánicas que se integran en una matriz de resina orgánica, junto con iniciadores, estabilizadores y pigmentos. Las resinas directas se aplican, modelan y polimerizan en la boca del paciente, mientras que las indirectas se elaboran a partir de bloques prepolimerizados que se fresan y polimerizan fuera de la boca, superando algunas limitaciones de las resinas directas, como la contracción durante la polimerización, disminución de los monómeros que pueden ser liberados y mejoras en las propiedades mecánicas. Estas resinas fresables requieren menos pasos de posprocesamiento y pueden ser caracterizadas con colorantes fotopolimerizables para diversas restauraciones, como carillas, incrustaciones, onlays y coronas. La comparación de la fuerza y otras propiedades con bloques cerámicos no ha arrojado un consenso sobre cuál material es superior, por lo que se requieren más estudios, especialmente ensayos clínicos, para determinar el material óptimo para cada aplicación (18).
- **Resinas líquidas para impresión:** En el caso de las resinas utilizadas en impresión 3D para uso intraoral, existe un conjunto limitado de polímeros disponibles y aprobados. Entre las propiedades necesarias para el uso intraoral, se requiere que las resinas sean inodoras, no causen irritación y sean biocompatibles (19). Las resinas fotoiniciables son un grupo de polímeros ampliamente empleados en el proceso de fabricación aditiva. En las máquinas de estereolitografía (SLA), estas resinas son comúnmente utilizadas como material para confeccionar restauraciones, donde se cura

una capa a la vez mediante el uso de luz ultravioleta o láser. Estos polímeros proporcionan una mayor flexibilidad en cuanto a opciones de color y presentan propiedades mecánicas satisfactorias (20). En Odontología, el ácido poliláctico (PLA), la policaprolactona (PCL) y el poliéterétercetona (PEEK) son materiales de impresión 3D relativamente comunes (21).

Propiedades física y químicas de los materiales dentales:

En la práctica clínica odontológica, es crucial que el profesional seleccione con precisión los materiales adecuados para abordar una variedad de situaciones que se presentan. Esta elección requiere un profundo conocimiento de las propiedades físicas y químicas de los materiales disponibles, ya que las restauraciones dentales enfrentan desafíos únicos en el entorno oral en comparación con los dientes naturales.

Por ejemplo, las restauraciones deben resistir cargas repetidas y mantener un ajuste preciso para minimizar el riesgo de desalajo o fracturas. Aunque un material puede cumplir con las propiedades mecánicas necesarias para soportar la carga oclusal, esto no garantiza su durabilidad a largo plazo. Es esencial considerar cómo las propiedades mecánicas de un material influyen en su idoneidad para su uso, ya sea como una solución provisional o como una restauración definitiva, tanto en el corto como en el largo plazo (22).

Dentro de las propiedades más estudiadas se encuentran:

- **Resistencia a la flexión:** mide la respuesta de un material a la flexión y no mide las propiedades fundamentales del material que son la resistencia a la tracción, a la compresión y al corte o cizallamiento. Durante la flexión, están presentes las 3 tensiones fundamentales. La prueba de flexión es una prueba de resistencia de una barra apoyada en cada extremo o un disco delgado apoyado a lo largo de un círculo de soporte inferior bajo una carga estática. La tensión de tracción suele desarrollarse a lo largo de la superficie inferior, que es el lado apoyado de la muestra, y provoca la fractura. Para la muestra en barra, el valor de la tensión de fractura se denomina *resistencia a la flexión*

uniaxial, resistencia a la fricción, resistencia transversal o módulo de rotura. En el caso de la muestra en disco, el valor de la tensión de fractura se denomina *resistencia a la tracción biaxial* (22).

- **Módulo elástico:** también denominado módulo de elasticidad y módulo de Young. Es la resistencia a la deformación elástica de un material por la fuerza que se calcula como la relación entre la tensión elástica y la deformación elástica. Como el módulo de elasticidad representa la relación entre la tensión elástica y la deformación elástica, se puede argumentar que cuanto menor sea la deformación registrada para una tensión determinada, mayor será el valor del módulo. Un material con un gran módulo elástico requiere de mayor fuerza para deformarse, como por ej. la zirconia. El módulo elástico cuantifica el comportamiento elástico. El módulo elástico del esmalte es aproximadamente 3 veces mayor que el de la dentina (esmalte 33,6 GPa y dentina 11,7 GPa). La dentina puede soportar una mayor deformación plástica que el esmalte bajo una carga compresiva antes de que la dentina se fracture. Por lo tanto, el esmalte es un material más rígido y frágil que la dentina. Se dice que los materiales más frágiles tienen menor deformación elástica hasta antes de la fractura. Los menos frágiles tendrán más deformación elástica hasta antes de la fractura (22).
- **Prueba de Dureza Vickers:** En la mineralogía, la dureza relativa de una sustancia se basa en la capacidad de resistir el rayado de la superficie. En la metalurgia y la mayoría de las demás disciplinas, el concepto aceptado de dureza "resistencia a la penetración". En la prueba de Dureza Vickers se utiliza una pirámide de base cuadrada. El cálculo del número de Dureza Vickers (DV o NDV) es el mismo que el número de dureza de Brinell, en el sentido de que la carga se divide entre el área proyectada de la indentación. La prueba es adecuada para determinar la dureza de materiales frágiles. Se ha utilizado para evaluar la dureza de materiales dentales y la estructura dental. (22)
- **Ajuste marginal y ajuste interno de restauraciones:** Un desajuste marginal se puede considerar aceptable cuando es visualmente

imperceptible o no puede detectarse mediante una sonda dental. Los valores de brecha marginal entre 100 y 150 μm se consideran clínicamente aceptables (23). Las restauraciones mal ajustadas harán que el diente sea susceptible a caries secundarias y pulpitis. Un espacio marginal más pequeño ayudará a mantener los dientes libres de caries secundarias y enfermedades periodontales, asegurando así el éxito a largo plazo de los dientes restaurados. El tamaño del espacio puede depender del espesor de la capa de cemento dental. Se han estudiado muchos factores que afectan esta capa, como el diseño de la preparación, el espaciador del muñón, la fuerza de asentamiento, la configuración marginal y la rugosidad de la superficie (24). El ajuste marginal e interno es uno de los criterios clave para el éxito clínico de las restauraciones (25)(26)(27)(28)(29)(30). La adaptación marginal ideal puede producir menos irritación gingival (31) y disolución del cemento (32). Un excelente ajuste interno facilitará el asentamiento de la corona sin comprometer la retención y la resistencia (33). La Especificación No. 8 de la Asociación Dental Americana establece que el espesor de la película de cemento para una restauración de corona no debe ser superior a 25 μm cuando se utiliza un agente cementante Tipo I, o 40 μm con un agente cementante Tipo II (34). Sin embargo, los requisitos clínicos rara vez logra un ajuste en el rango de estas dimensiones. Después de examinar clínicamente más de 1.000 coronas metalocerámicas, McLean y von Fraunhofer (35) informaron que las discrepancias marginales de hasta 120 μm eran aceptables. Otros odontólogos consideran que un ajuste marginal de 100 μm es clínicamente aceptable con respecto a la longevidad de las restauraciones.(36)(37).

Pregunta de investigación

¿Existen diferencias en el comportamiento mecánico en restauraciones indirectas

realizadas en dientes naturales, modelos y/o implantes, elaboradas con polímeros imprimibles versus las elaboradas con resinas maquinadas?

Objetivos

General

Analizar las diferencias de las propiedades mecánicas de restauraciones indirectas elaboradas con polímeros imprimibles versus restauraciones indirectas elaboradas con resinas maquinadas.

Específicos

- Identificar las propiedades mecánicas de restauraciones indirectas elaboradas con polímeros imprimibles, a través de la literatura.
- Identificar las propiedades mecánicas de restauraciones indirectas elaboradas con resinas maquinadas, a través de la literatura.
- Comparar las propiedades mecánicas de las restauraciones indirectas elaboradas con polímeros imprimibles versus resinas maquinadas, según la literatura.

Material y Métodos

Diseño de estudio

El objetivo de este proyecto de tesis es realizar una revisión crítica de la literatura utilizando la estrategia de búsqueda basado en P.I.C.O y la secuencia de análisis PRISMA. Con el propósito de responder a la siguiente pregunta de investigación: “¿Existen diferencias en el comportamiento mecánico en restauraciones indirectas realizadas en dientes naturales, modelos y/o implantes, elaboradas con polímeros imprimibles versus las elaboradas con resinas maquinadas?”

Donde:

- **P:** “Inlay” OR “Onlay” OR “Tooth Crown” OR “CAD-CAM” OR “Polymer” OR “Composite Resin”
- **I:** “3D Printing” OR “Stereolithography”
- **C:** “Milled Restoration” OR “Milling”
- **O:** “Biomechanics” OR “Flexural Strength” OR “Compressive Strength” OR “Shear Strength”

Estrategia de Búsqueda

Para generar la llave de búsqueda que se utilizó en base a P.I.C.O, primero se planteó un problema de investigación, lo que derivó en una pregunta de

investigación. Dicha pregunta busca comparar restauraciones indirectas en dientes naturales elaboradas con polímeros imprimibles con restauraciones indirectas elaboradas con resinas maquinadas. Para P, se seleccionaron los términos "Inlay", "Onlay", "Tooth Crown", "CAD-CAM", "Polymer" y "Composite Resin". Para I, se utilizaron los términos "3D Printing" y "Stereolithography". Para C, se escogieron "Milled Restoration" y "Stereolithography". Finalmente, para O se utilizaron los términos: "Biomechanics ", "Flexural Strength", "Compressive Strength " y "Shear Strength".

La llave de búsqueda que se generó a partir de estos términos fue utilizada para buscar artículos en las bases de datos Pubmed, Scopus y World of Science.

Llave de Pubmed:

Llave	Resultado
("INLAY"[Title/Abstract] OR ("ONLAY"[Title/Abstract] OR "TOOTH CROWN"[Title/Abstract] OR "CAD-CAM"[Title/Abstract]) OR "POLYMER"[Title/Abstract] OR "COMPOSITE RESIN"[Title/Abstract]) AND ("3D PRINTING"[Title/Abstract] OR "STEREOLITHOGRAPHY"[Title/Abstract]) AND ("milled restoration"[Title/Abstract] OR "milling"[Title/Abstract])	119

Llave de Web of Science

Llave	Resultado
AB=(INLAY) OR AB=(ONLAY) OR AB=("TOOTH CROWN") OR AB=("CAD-CAM") OR AB=(POLYMER) OR AB=("COMPOSITE RESIN") AND AB=("3D PRINTING") OR AB=(STEREOLITHOGRAPHY) AND AB=("milled restoration") OR AB=(milling)	103

Llave de Scopus:

Llave	Resultado
(TITLE-ABS-KEY (INLAY) OR TITLE-ABS-KEY (ONLAY) OR TITLE-ABS-KEY ("TOOTH CROWN") OR TITLE-ABS-KEY ("CAD-CAM") OR TITLE-ABS-KEY (POLYMER) OR TITLE-ABS-KEY ("COMPOSITE RESIN")) AND (TITLE-ABS-KEY ("3D PRINTING") OR TITLE-ABS-KEY (STEREOLITHOGRAPHY)) AND (TITLE-ABS-KEY ("MILLED RESTORATION") OR TITLE-ABS-KEY (MILLING))	213

Criterios de inclusión

- Estudios en que se evalúan tanto las resinas imprimibles como las resinas maquinadas, en cuanto a sus propiedades mecánicas.
- Estudios que evalúan de forma individual a las resinas imprimibles y maquinadas en cuanto a pruebas mecánicas.
- Estudios realizados en biomateriales de uso odontológico.

Criterios de exclusión

- Estudios *in vivo*.
- Estudios en donde se evidencian fallas de material previo a la evaluación con pruebas mecánicas.
- Estudios donde los resultados no están bien documentados, explicitados o están ausentes.

Resultados

Una vez efectuada la metodología de búsqueda en las bases de datos definidas y haber seleccionado los artículos asociados a la pregunta de investigación en relación a la estrategia P.I.C.O., se obtuvieron 14 artículos a analizar. Se procedió a la extracción de la información para el análisis de las diversas propiedades mecánicas y no mecánicas de los materiales utilizados para las técnicas de impresiones aditivas y sustractivas (Figura 1).

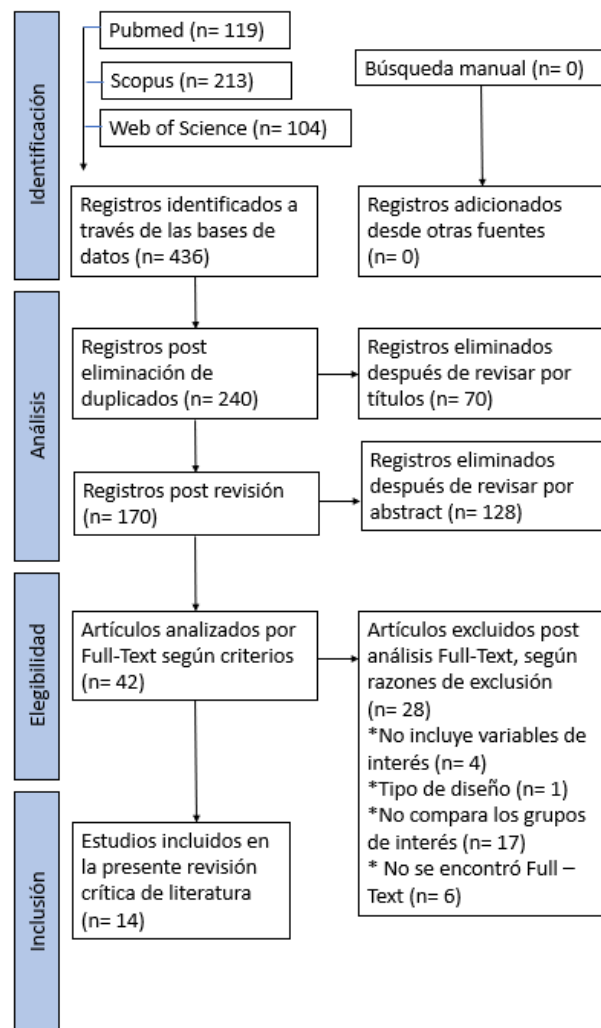


Figura 1: Diagrama PRISMA ejecutado para la pregunta de investigación planteada.

Resistencia flexural

Con respecto a la propiedad mecánica de resistencia a la flexión, las resinas impresas sin fase (V-Print Splint, Dental LT Clear V2 y Dental LT Clear), presentaron los menores valores en esta propiedad; mientras que las resinas fresadas presentaron los valores más altos en esta propiedad (Gráfico 1 y Tabla 1). La excepción fue la resina impresa sin fase Asiga DentaTooth, la cual obtuvo valores similares a las resinas fresadas (Gráfico 1 y Tabla 1). Por otro lado, al comparar las resinas impresas con fase, ya sea las que presentan fase dispersa o en red, se observan valores mayores en esta propiedad al compararlas con las resinas impresas sin fase, exceptuando por la resina Dental LT Clear la cual muestra datos similares a las resinas impresas con fase. (Gráfico 1 y Tabla 1).

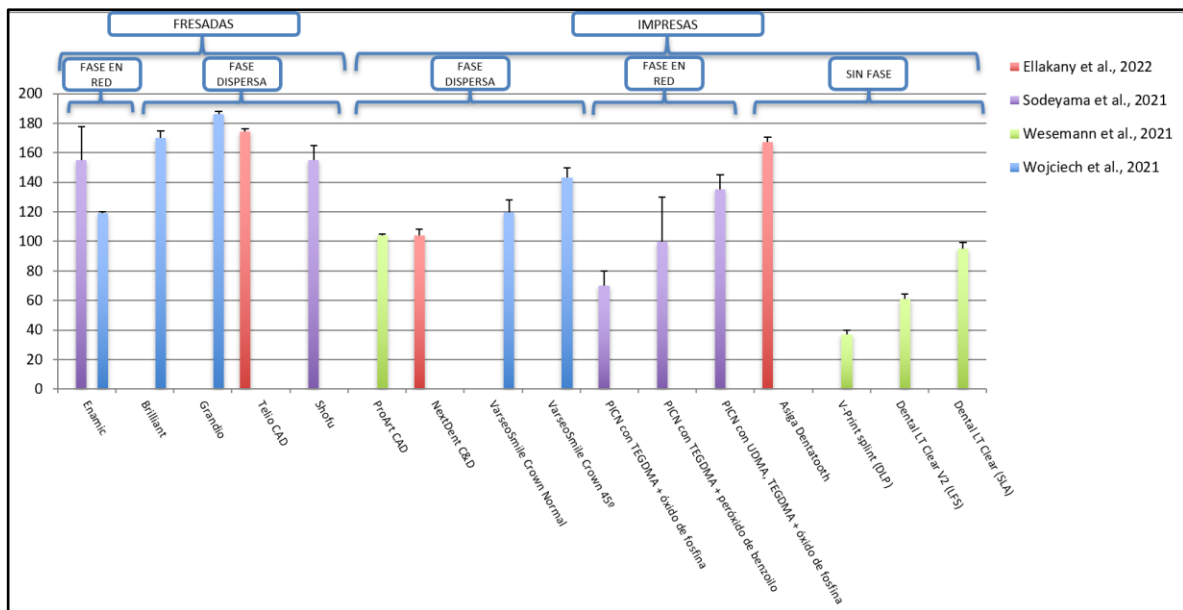


Gráfico 1: Resistencia flexural (MPa)

Autor/año	Título	Tipo de estudio	Materiales estudiados	Tipo de restauraciones	Test	Principales hallazgos
Ellakany et al / 2022 (38)	Influence of CAD/CAM Milling and 3D-Printing Fabrication Methods on the Mechanical Properties of 3-Unit Interim Fixed Dental Prosthesis after Thermo-Mechanical Aging Process	Experimental in vitro	- Telio CAD (Fresada con fase dispersa) - NextDent C&B (Impresa con fase dispersa SLA) - Asiga DentaTooth (Impresa sin fase DLP)	Prótesis fijas plurales con 2 pilares.	Test flexural de 3 puntos.	Hubo diferencias significativas al comparar todos los grupos, siendo los valores mayores para la resina Telio CAD. Al realizar la comparación Post Hoc, hubo diferencias al comparar los grupos Telio CAD con Asiga DentaTooth, pero no hubo diferencias al comparar Asiga DentaTooth con NextDent C&B.
Grzebieluch / 2021 (39)	Printable and Machinable Dental Restorative Composites for CAD/CAM Application- Comparison of Mechanical Properties, Fractographic, Texture and Fractal Dimension Analysis	Experimental in vitro	- Grandio Blocs (Fresada con fase dispersa) - Brilliant Crios (Fresada con fase dispersa) - Enamic Vita (Fresada con fase en red) - VarseoSmile Crown plus (Impresa con fase dispersa DLP)	Barras	Test flexural de 3 puntos.	La resistencia a la flexión de Grandio Blocs fue significativamente mayor en comparación a los otros materiales. Sólo al comparar los dos grupos de VarseoSmile Crown no se encontraron diferencias significativas.
Sodeyama et al / 2021 (40)	Printable Composite Mechanically Compatible with Human Teeth PICN	Experimental in vitro	- PICN + TEGDMA + óxido de fosfina - PICN + TEGDMA + peróxido de benzoilo - PICN + UDMA + TEGDMA + óxido de fosfina - Enamic Vita - Shofu	Prótesis fijas unitarias	No se especifica test de resistencia flexural, pero se realizó análisis tanto en seco como posterior a la inmersión en líquido.	En los 3 grupos de PICN impresos se obtuvieron datos similares, independiente de la inmersión en agua = H-(UD+TE). En los grupos SH hubo una diferencia entre seco y post inmersión.
Wesemann	Polymers for	Experimental	- ProArt CAD splint	Varas de 64 mm x	Test flexural de	Método sustractivo tuvo

et al / 2021 (41)	conventional, subtractive, and additive manufacturing of occlusal devices differ in hardness and flexural properties but not in wear resistance	ntal in vitro	(Impresa con fase dispersa) - Dental LT Clear (Impresa sin fase SLA) - V-Print splint (Impresa sin fase DLP) - Dental LT Clear V2 (Impresa sin fase LFS)	10,2 mm x 3,7 mm.	3 puntos.	valores más altos, seguido por SLA, no encontrando diferencia significativa. El grupo de modelado por inyección fue significativamente mayor que LFS. DLP mostró los valores más bajos.
----------------------	---	---------------	---	-------------------	-----------	---

Tabla 1: Resumen de papers sobre resistencia flexural

Módulo elástico

Al considerar la propiedad de módulo elástico, se observa que la resina fresada con fase de red y las resinas impresas con fase en red presentan magnitudes más elevadas de módulo elástico al ser comparadas con las resinas fresadas con fase dispersa, las resinas impresas con fase dispersa y las sin fase (Gráfico 2 y Tabla 2).

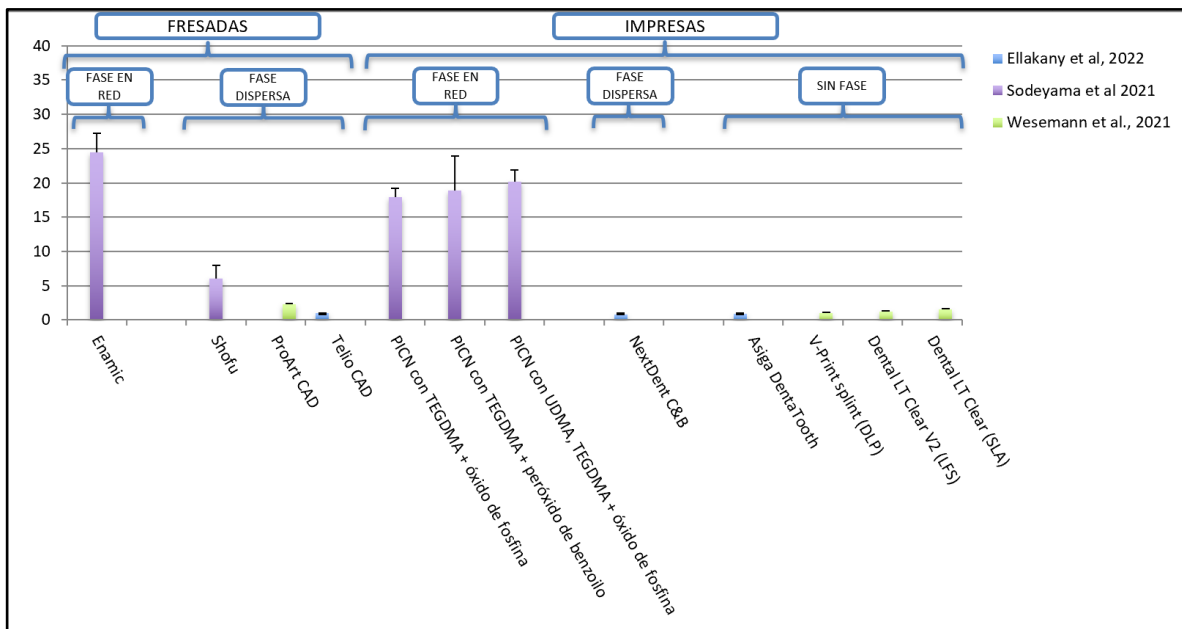


Gráfico 2: Módulo elástico (GPa)

Autor/año	Título	Tipo de estudio	Materiales estudiados	Tipo de restauraciones	Test	Principales hallazgos
Ellakany et al / 2022 (38)	Influence of CAD/CAM Milling and 3D-Printing Fabrication Methods on the Mechanical Properties of 3-Unit Interim Fixed Dental Prosthesis after Thermo-Mechanical Aging Process	Experimental in vitro	<ul style="list-style-type: none"> - Telio CAD (Fresada con fase dispersa) - NextDent C&B (Impresa con fase dispersa SLA) - Asiga DentaTooth (Impresa sin fase DLP) 	Prótesis fijas plurales con 2 pilares y 1 intermedio.	Test flexural de 3 puntos.	Los valores más altos fueron encontrados en el grupo de resina fresada, las más bajas fueron del grupo Impreso SLA, con diferencia significativa entre ambos grupos. Sin diferencia significativa entre los otros grupos a comparar.
Sodeyama et al / 2021 (40)	Printable Composite Mechanically Compatible with Human Teeth	Experimental in vitro	<ul style="list-style-type: none"> - PICN + TEGDMA + óxido de fosfina (L-TE) - PICN + TEGDMA + peróxido de benzoilo (H-TE) - PICN + UDMA + TEGDMA + óxido de fosfina (H-(UD+TE)) - Enamic Vita (EN) - Shofu (SH) 	Prótesis fijas unitarias	No se especifica test de resistencia flexural, pero se realizó análisis tanto en seco como posterior a la inmersión en líquido.	El grupo de Shofu tuvo los valores más bajos, seguido por el grupo L-TE, H-TE, H-(UD+TE) y EN. H-TE y L-TE mostraron una disminución significativa cuando se sumergieron en agua, mientras que H-(UD+TE) no fue alterado.
Wesemann et al / 2021 (41)	Polymers for conventional, subtractive, and additive manufacturing of occlusal devices differ in hardness and flexural properties but not in wear resistance	Experimental in vitro	<ul style="list-style-type: none"> - ProArt CAD splint (Impresa con fase dispersa) - Dental LT Clear (Impresa sin fase SLA) - V-Print splint (Impresa sin fase DLP) - Dental LT Clear V2 (Impresa sin fase LFS) 	Varas de 64 mm x 10,2 mm x 3,7 mm.	Test flexural de 3 puntos.	El grupo sustractivo tuvo valores más altos, seguido de SLA, el cual fue el más alto de todas las resinas imprimibles, pero sin diferencia significativa con LFS. DLP tuvo los valores más bajos, sin diferencia significativa con grupo LFS.

Tabla N°2: Resumen de papers sobre módulo elástico.

Dureza Vickers

Referido a la dureza Vickers, las resinas impresas con fase en red presentan los valores más altos en estos parámetros, seguido por ENAMIC, la cual también presenta una fase en red. Por otro lado, las resinas fresadas con fase dispersa, impresas con fase dispersa e impresas sin fase presentan valores mucho más bajos que las anteriores resinas mencionadas. (Gráfico 3 y Tabla 3).

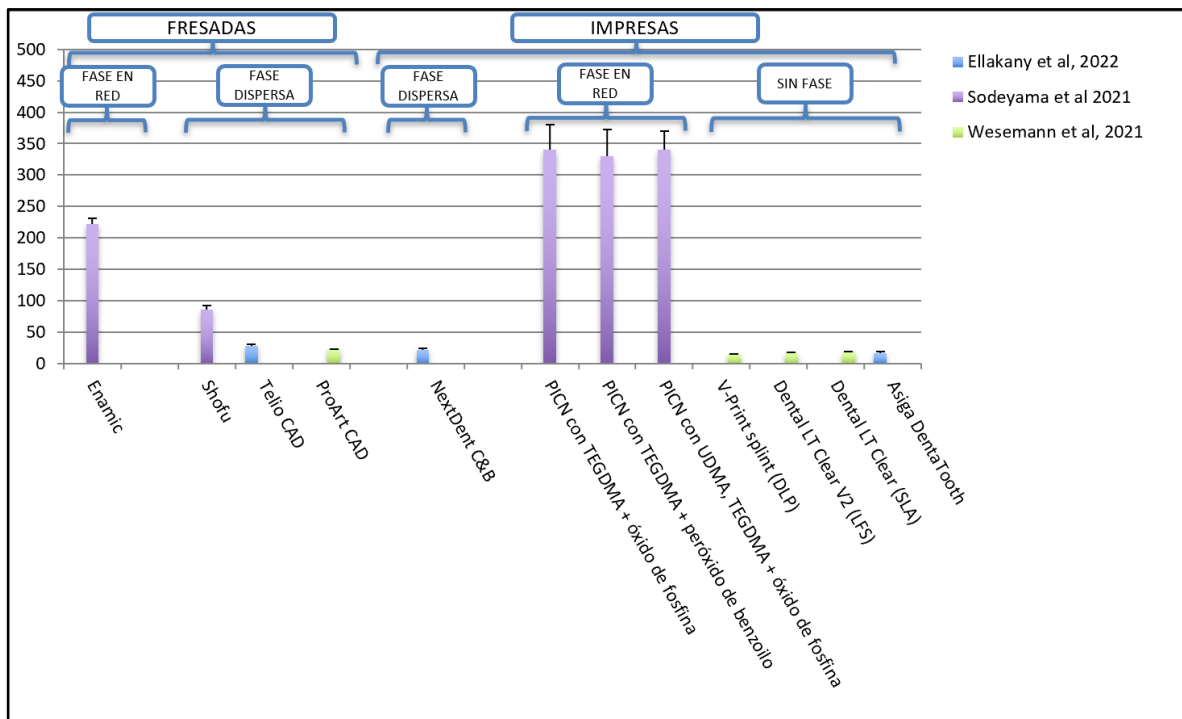


Gráfico 3: Dureza Vickers (HV 2)

<i>Autor/año</i>	<i>Título</i>	<i>Tipo de estudio</i>	<i>Materiales estudiados</i>	<i>Tipo de restauraciones</i>	<i>Test</i>	<i>Principales hallazgos</i>
Ellakany et al / 2022 (38)	Influence of CAD/CAM Milling and 3D-Printing Fabrication Methods on the Mechanical Properties of 3-Unit Interim Fixed Dental Prosthesis after Thermo-Mechanical Aging Process	Experimental in vitro	<ul style="list-style-type: none"> - Telio CAD (Fresada con fase dispersa) - NextDent C&B (Impresa con fase dispersa SLA) - Asiga DentaTooth (Impresa sin fase DLP) 	Prótesis fijas plurales con 2 pilares.	Test de microdureza Vickers	Hubo diferencias significativas entre los materiales estudiados con los valores más altos en las resinas fresadas. En la comparación Post hoc, mostró diferencia significativa entre el grupo fresado y DLP, y no hubo diferencias entre DLP y SLA.
Sodeyama et al / 2021 (40)	Printable Composite Mechanically Compatible with Human Teeth	Experimental in vitro	<ul style="list-style-type: none"> - PICN + TEGDMA + óxido de fosfina (L-TE) - PICN + TEGDMA + peróxido de benzoilo (H-TE) - PICN + UDMA + TEGDMA + óxido de fosfina (H-(UD+TE)) - Enamic Vita (EN) - Shofu (SH) 	Prótesis fijas unitarias	Test de microdureza Vickers	El grupo L-TE mostró un descenso significativo de la dureza superficial al sumergirlo en agua, mientras que los dos grupos de PICN impresos casi no se afectaron. Valores más bajos de dureza Vickers en el grupo SH, tanto seco como posterior a la inmersión; seguido del grupo EN.
Wesemann et al / 2021 (41)	Polymers for conventional, subtractive, and additive manufacturing of occlusal devices differ in hardness and flexural properties but not in wear resistance	Experimental in vitro	<ul style="list-style-type: none"> - ProArt CAD splint (Impresa con fase dispersa) - Dental LT Clear (Impresa sin fase SLA) - V-Print splint (Impresa sin fase DLP) - Dental LT Clear V2 (Impresa sin fase LFS) 	Cuerpos cilíndricos de 32 mm de diámetro y largo de 5,5 mm.	Test de dureza Vickers	El método sustractivo dió los valores mayores de dureza, seguido por modelado por inyección, SLA y LFS, estos últimos no teniendo diferencias significativas. DLP tuvo los valores más bajos.

Tabla 3: Resumen de papers sobre dureza Vickers.

Resistencia a la abrasión

Con respecto a la resistencia a la abrasión, en los estudios analizados se utilizaron simuladores de masticación con distintos tipos de indentadores y a distintos ciclos de masticación. En general, no se observaron diferencias significativas en lo que respecta al volumen ni profundidad del desgaste generado, ya sea para materiales modelados, tallados ni impresos con diversos tipos de impresoras (Tabla 4).

Autor/año	Título	Tipo de estudio / propiedad	Materiales estudiados	Tipo de restauraciones	Test	Principales hallazgos
Park et al / 2018 (42)	Wear resistance of 3D printing resin material opposing zirconia and metal antagonists	Experimental in vitro / Resistencia a la abrasión	- C&B (impresa con fase dispersa DLP) - Vipi Block PMMA Monocolor (Fresada con fase dispersa) - Jet (resina acrílica de autopolimerización)	Paralelepipedos de 15x10x10 mm	Ciclos de masticación con simulador de masticación con identador tipo hemiesfera de 1,5 mm de zirconio y otro con CoCr con fuerza de 5 kgf. Testeo de superficie con escáner de luz LED azul de 3 ejes (calidad) y escáner 3D (cantidad)	Facetas de desgaste de 3 resinas mostraron patrones compresivos y de aplastamiento. En algunas muestras de resina 3D se observaron cracks, y se perdió la unión entre las capas. Superficies de desgaste de los tres materiales se mostraron suave o liso. Resinas talladas fueron dentadas y mostraron homogeneidad. Sin diferencias significativas en la pérdida de volumen.
Wesemann et al / 2020 (41)	Polymers for conventional, subtractive, and additive manufacturing of occlusal devices differ in hardness and flexural properties but not in wear resistance	Experimental in vitro / Resistencia a la abrasión	- ProArt CAD splint (Impresa con fase dispersa) - Dental LT Clear (Impresa sin fase SLA) - V-Print splint (Impresa sin fase DLP) - Dental LT Clear V2 (Impresa sin fase LFS) - PalaXpress (resina moldeada por	Cuerpos cilíndricos de 32 mm de diámetro y largo de 5,5 mm.	Test de desgaste de 2 cuerpos sometidos a ciclos de cargas de 20N y 50N con identador de esmalte en un simulador de masticación	Sin diferencias significativas entre los grupos cuando se utilizaron cargas de 20N ni 50N. Sin diferencias en el desgaste del antagonista en ambos tipos de carga. Profundidad = Después de cargas de 20N, sin

			inyección con fase dispersa)			<p>diferencias entre los grupos, siendo los valores mínimos de profundidad para la resina modelada PalaXpress y los valores más altos para DLP. En cargas de 50N, sin diferencias significativas entre los grupos.</p> <p>Volúmen de desgaste = sin diferencias significativas en cargas de 20N ni 50N.</p>
--	--	--	------------------------------	--	--	---

Tabla 4: Resumen de papers sobre resistencia a la abrasión.

Ajuste marginal

Con respecto al ajuste marginal, se pueden diferenciar estudios que midieron este parámetro mediante restauraciones incorporadas sobre modelos utilizando cementos de resina, mientras que otros no incorporaron estos materiales (3)(43)

En los estudios que hicieron mediciones sin cementación de la restauración en el modelo, se observan datos muy variados con respecto a la distribución de los ajuste y los diversos grupos de resinas, ya sean fresadas o impresas (Gráfico 4 y Tabla 5). La resina impresa con fase dispersa Saremco Print Crowntec presentó los valores de mayor ajuste dentro de todas las resinas analizadas. Cabe destacar que las resinas fresadas Enamic, Brillant Crios y Cerasmart mostraron valores muy cercanos a la resina Saremco Print Crowntec; al igual que las resinas impresas con fase dispersa ZMD-1000B y TNG-GPM101, y la resina sin fase SHERA-cd al ser impresa con tecnología SLA.

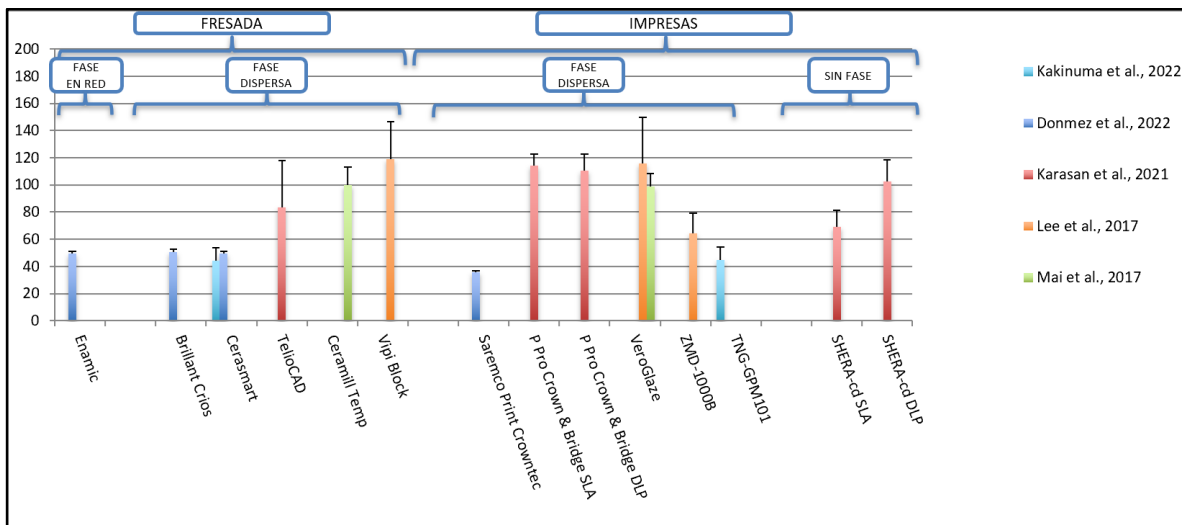


Gráfico 4: Ajuste marginal en pruebas sin cementación (µm)

Cuando se observan los datos de los estudios que midieron ajuste marginal con pruebas en las cuales incorporan la cementación adhesiva, se visualizan valores similares de ajuste interno tanto en las resinas fresadas como en la impresa Saremco Print Crowntec, siendo el valor de mayor ajuste el mostrado en el PEKK fresado con fase dispersa Pekkton Ivory (Gráfico 5 y Tabla 5).

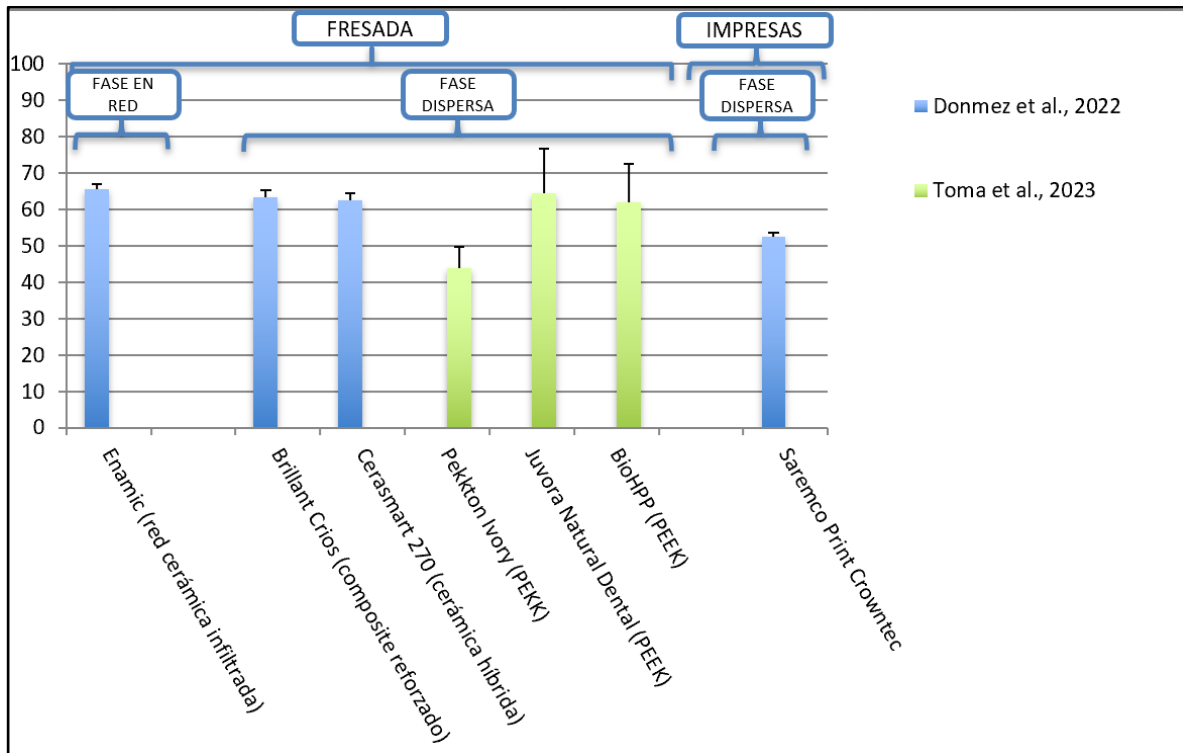


Gráfico 5: Ajuste marginal en pruebas con cementación (μm).

Autor/año	Título	Tipo de estudio	Materiales estudiados	Tipo de restauraciones	Test	Principales hallazgos
Donmez et al / 2022 (3)	Marginal gap and fracture resistance of implant-supported 3D-printed definitive composite crowns: An in vitro study	Experimental in vitro	<ul style="list-style-type: none"> - Saremco Print Crowntec (Impresa con fase dispersa) SP - Brillant Crios (Fresada con fase dispersa) - Vita Enamic (Fresada con fase en red) - Cerasmart 270 (Fresada con fase dispersa) 	Prótesis fijas unitarias implanto soportadas cementadas (análisis antes y después del cementado con Panavia SA Cement Universal)	<p>Análisis a través de Estéreo microscopio bajo magnificación de X6.7.</p> <p>1 muestra por grupo fue analizada usando microscopio electrónico bajo magnificación de X54 a X100.</p>	El tipo de material y la cementación afectaron significativamente los valores de la brecha marginal. Independientemente de la cementación, SP tuvo los valores de gap marginal más bajos, sin diferencias significativas entre las coronas fresadas. La cementación aumentó significativamente los valores del gap marginal. Las coronas de composite impresas en 3D sobre implantes mostraron una mayor adaptación marginal en comparación con las coronas fresadas antes y después de la cementación.
Kakinuma et al / 2022 (44)	Comparison of the accuracy of resin-composite crowns fabricated by three-dimensional printing and milling methods	Experimental in vitro	<ul style="list-style-type: none"> - Cerasmart Prime (Fresada con fase dispersa) - TNG-GPM101 (Impresa con fase dispersa) 	Prótesis fijas no cementadas	<p>Análisis de superposición 3D con pilar digitalizado + PF digitalizada. Análisis con microscopio de</p>	Sin diferencias significativas entre los ajustes marginales en los grupos comparados.

					láser = una PFU de cada grupo fue cementada con G-Cem One EM, se cortaron en sentido bucolingual y analizarla con microscopio.	
Karasan et al, 2021 (45)	Accuracy of Additively Manufactured and Milled Interim 3-Unit Fixed Dental Prostheses	Experimental in vitro	<ul style="list-style-type: none"> - TelioCAD (Fresada con fase dispersa) - P Pro Crown & Bridge SLA (Impresa con fase dispersa) - P Pro Crown & Bridge DLP: (Impresa con fase dispersa) - SHERA-cd SLA (Impresa sin relleno) - SHERA-cd DLP (Impresa sin relleno) 	Prótesis Fija Plurales de 3 unidades (2 pilares y 1 intermedio) no cementadas	Análisis de superposición 3D con pilares digitalizados + prótesis fija plural digitalizada.	Los resultados del ajuste marginal de los grupos SHERA-cd SLA y SHERA-cd DLP fueron similares al grupo TelioCAD y exhibió resultados marginales significativamente mejores que los otros grupos. El tipo de resina mostró una influencia significativa en la adaptación marginal cuando se comparan resinas del método SLA A (SHERA-cd SLA < P Pro Crown & Bridge SLA, p <0,05).
Lee et al / 2017 (46)	Evaluation of internal fit of interim crown fabricated with CAD/CAM milling and 3D printing system	Experimental in vitro	<ul style="list-style-type: none"> - Vipi Block (Fresada con fase dispersa) - VeroGlaze MED620 (Impresa con fase dispersa) - ZMD-1000B (Impresa con fase dispersa) 	Prótesis Fija Unitaria no cementadas	Técnica de la réplica de silicona + microscopio con aumento de X300	Los valores de discrepancia de los 3 grupos mostraron significancia estadística y los grupos de impresión 3D mostraron valores más bajos que el fresado. Se

						aplicó el análisis ANOVA de una vía y se mostró la diferencia estadísticamente significativa en el punto de medida entre el método de fabricación.
Mai et al, 2021 (20)	Fit of interim crowns fabricated using photopolymer-jetting 3D printing	Experimental in vitro	<ul style="list-style-type: none"> - Ceramill Temp (Fresada con fase dispersa) - VeroGlaze (Impresa con fase dispersa) 	Prótesis Fija Unitarias Provisionarias no cementadas	Técnica de la réplica de silicona + microscopio.	Al analizar el ajuste marginal, las discrepancias menores fueron encontradas en las coronas impresas, mientras que las mayores fueron encontradas en las coronas realizadas con método estratificado. Sin diferencias significativas entre los grupos de coronas talladas versus impresas.
Toma et al, 2023 (43)	Micro-CT Marginal and Internal Fit Evaluation of CAD/CAM High-Performance Polymer Onlay Restorations	Experimental in vitro	<ul style="list-style-type: none"> - Pekkton Ivory (PEKK Fresada con fase dispersa) - Juvora Natural Dental (PEEK Fresada con fase dispersa) - BioHPP (PEEK reforzado con partículas cerámicas Fresada con fase dispersa) 	Onlay MOD de diente 3.6 cementados	<p>Análisis con escáner de alta resolución Nikon XT V 160 de las incrustaciones cementadas</p> <p>Tomografía microcomputarizada con cortes sagitales y coronales.</p>	Los valores más bajos de distancia fueron en ajuste marginal en sentido MD (PEKK < PEEK=PEEK reforzado). Para todos los materiales, el punto más alto en desajuste fue en margen lingual: PEKK (116.25+-22.88), PEEK (87.5+-16.39) y PEEK reforzado (101.25+-19). La prueba ANOVA/Friedman de dos vías mostró diferencias significativas para los tres materiales

						cuando se realizó el análisis estadístico para comparar los valores registrados en los puntos de referencia (marginal gap e internal gap).
--	--	--	--	--	--	--

Tabla 5: Resumen de papers sobre ajuste marginal.

Ajuste interno

Con respecto al ajuste interno, la mayoría de los estudios que midieron este parámetro lo realizaron con pruebas en la que no incorporan un cemento de resina. Además de lo anterior, las mediciones se efectuaron en diversos sectores de la preparación cavitaria en correspondencia a la restauración, por lo que se extrajo sólo la información comparable entre los diversos papers en análisis.

Cuando se midió la zona oclusal en las pruebas que no incorporaron cementación, se logra observar que las resinas impresas presentan una tendencia a valores más bajos que las resinas fresadas, en especial al comparar las resinas impresas sin relleno con las resinas fresadas (Gráfico 6 y Tabla 6). Por otro lado, el sistema de impresión SLA mostró una mejor adaptación que los grupos de impresión DLP (Gráfico 6 y Tabla 5).

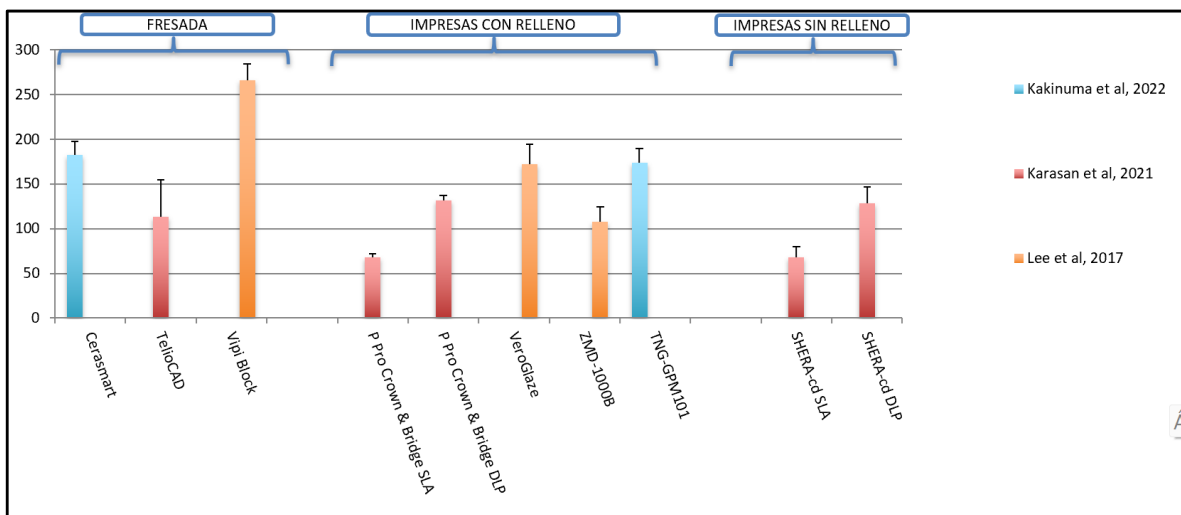


Gráfico 6: Ajuste interno en zona oclusal en pruebas sin cementación (µm)

Cuando se tomaron medidas de la zona axial en las pruebas que no incorporaron cementación, se puede observar que hay una tendencia general a una adaptación similar entre los distintos grupos de resinas, siendo la que presentó un mayor ajuste la resina impresa con relleno VeroGlaze (Gráfico 7 y Tabla 6).

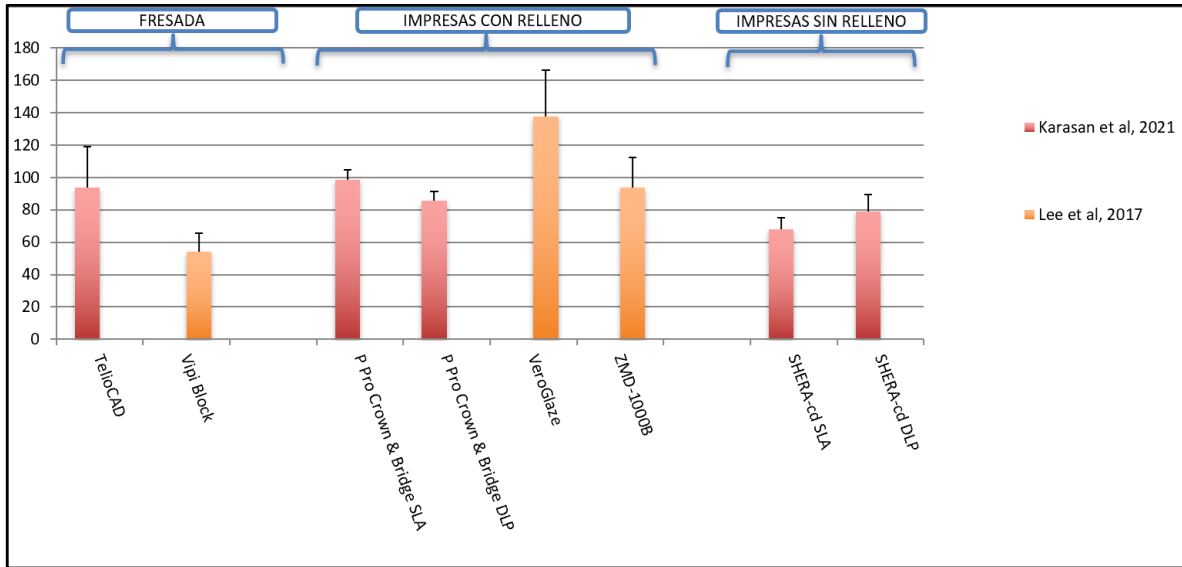


Gráfico 7: Ajuste interno en zona axial en pruebas sin cementación (μm)

Autor/año	Título	Tipo de estudio	Materiales estudiados	Tipo de restauraciones	Test	Principales hallazgos
Kakinuma et al / 2022 (44)	Comparison of the accuracy of resin-composite crowns fabricated by three-dimensional printing and milling methods	Experimental in vitro	- Cerasmart Prime (Fresada con fase dispersa) - TNG-GPM101 (Impresa con fase dispersa)	Prótesis fijas unitarias	Análisis de superposición 3D con pilar digitalizado + prótesis fija digitalizada. Análisis con microscopio de láser = cada corona fue cementada con G-Cem One EM, para luego cortarla de manera bucolingual y analizarla con microscopio.	No se observaron diferencias significativas entre los grupos comparados.
Karasan et al / 2021 (45)	Accuracy of Additively Manufactured and Milled Interim 3-Unit Fixed Dental Prostheses	Experimental in vitro	- TelioCAD (Fresada con fase dispersa) - P Pro Crown & Bridge SLA (Impresa con fase dispersa) - P Pro Crown & Bridge DLP: (Impresa con fase dispersa) - SHERA-cd SLA (Impresa sin relleno)	Prótesis Fija Plurales de 3 unidades (2 pilares y 1 intermediario)	Análisis de superposición 3D con pilares digitalizados + prótesis fija plural digitalizada.	El método de fabricación y el material influyeron en la adaptación interna sobre el muñón del molar. Las resinas obtenidas por SLA mostraron una tendencia a tener un mejor ajuste interno que las DLP, pero sólo arrojó significancia

			- SHERA-cd DLP (Impresa sin relleno)			estadística al aplicar test Mann-Whitney.
Lee et al / 2017 (46)	Evaluation of internal fit of interim crown fabricated with CAD/CAM milling and 3D printing system	Experimental in vitro	- Vipi Block (Fresada con fase dispersa) - VeroGlaze MED620 (Impresa con fase dispersa) - ZMD-1000B (Impresa con fase dispersa)	Prótesis Fija Unitaria	Técnica de la réplica de silicona + microscopio con aumento de X300	Los valores de discrepancia de los 3 grupos mostraron significancia estadística y los grupos de impresión 3D mostraron valores más bajos que el fresado. Se aplicó el análisis ANOVA de una vía y se mostró la diferencia estadísticamente significativa en el punto de medida entre el método de fabricación.
Toma et al, 2023 (43)	Micro-CT Marginal and Internal Fit Evaluation of CAD/CAM High-Performance Polymer Onlay Restorations	Experimental in vitro	- Pekkton Ivory (PEKK Fresada con fase dispersa) - Juvora Natural Dental (PEEK Fresada con fase dispersa) - BioHPP (PEEK reforzado con partículas cerámicas Fresada con fase dispersa)	Onlay MOD de diente 3.6 cementado	Análisis con escáner de alta resolución Nikon XT V 160 de las incrustaciones cementadas Tomografía microcomputarizada con cortes sagitales y coronales.	En ajuste interno, los valores con menor discrepancia fue el ángulo interno de reducción cuspídea vestibular y pared axial, ángulo interno de reducción cuspídea para PEEK, y zona más alta de reducción cúspide vest, pared bucal de reducción cuspídea vestibular y ángulo externo de reducción cusp vest para PEEK reforzado, respectivamente). Los valores más altos fueron para PEKK y PEEK el ángulo cervicoaxial, para

						PEEK reforzado fue el piso cervical. Se mostró diferencias significativas para los tres materiales al comparar Gap interno y marginal.
--	--	--	--	--	--	--

Tabla 6: Resumen de papers sobre ajuste interno.

Estabilidad química

Con respecto a la estabilidad química, en el estudio donde se comparan restauraciones impresas versus fresadas en cuanto a tinciones (47), se demuestra que las restauraciones impresas son más propensas a adquirir tinciones en comparación con las resina fresadas en todos los medios de prueba. Se analizó la remoción de tinciones, donde se demostró ser menos efectivo mediante pulido comparado con blanqueamiento. (Tabla 8)

En el estudio donde se analizó la adherencia bacteriana y fluorescencia, se observó que esto era menor en los materiales fresados de PEKK y TC, comparados con materiales imprimibles. (Tabla 8)

En cuanto a la absorción de agua, según el estudio la resina PICN con componentes comparado con resinas fresables, se obtuvo que las resinas impresas con TEGDMA y óxido de fosfina tuvo una mayor absorción de agua comparado con las resinas fresables, sin embargo, la resina impresa con UDMA TEGDMA y óxido de fosfina presentó menor absorción de agua que la resina fresable. (Tabla 8)

En otro estudio se analizó la liberación de Bisfenol A (BPA) la cual fue detectada en todos los grupos de policarbonatos tanto en saliva artificial como en metanol. En el grupo PMMA sólo fue detectable cuando se sumergió en Metanol. Fue significativo cuando se comparó la cantidad de liberación de BPA al comparar los dos medios de cultivos (metanol>saliva). Las coronas impresas en 3D mostraron la mayor sorción entre los policarbonatos, y su valor no difirió significativamente de la sorción del PMMA. No hubo diferencias significativas en la cantidad de materia extraíble entre los materiales, excepto para las coronas impresas en 3D que mostraron un valor significativamente inferior al de Policarbonato fresada. (Tabla 8)

En otro estudio se analizó las superficies restauraciones de resinas fresadas e impresas, observándose que las primeras presentan superficies internas rugosas , así como diversas irregularidades, en cambio en las superficies internas del PMMA fresado se observaron ranuras paralelas poco profundas sin grietas, mientras que

las superficies exteriores eran más lisas que las de los policarbonatos fresados. Las coronas impresas 3D revelaron una estructura en capas debido a la deposición secuencial del filamento de impresión, además de huecos entre los filamentos incluso en las superficies externas pulidas, junto con pequeños huecos dentro de los filamentos. (Tabla 8)

En cuanto a los valores de sorción, los más bajos fueron obtenidos en policarbonatos tallados, seguido de coronas prefabricadas; mientras que los valores más altos se obtuvieron en policarbonatos impresos y PMMA. (Tabla 8)

Autor/año	Título	Tipo de estudio / propiedad	Materiales estudiados	Tipo de restauraciones	Test	Principales hallazgos
Alharbi et al / 2021 (47)	Stain susceptibility of 3d-printed nanohybrid composite restorative material and the efficacy of different stain removal techniques: An in vitro study	Experimental in vitro / Susceptibilidad a las tinciones y estabilidad de color	- Irix Max (Imprimible con fase dispersa SLA) - Cerasmart (Fresable con fase dispersa)	Carillas de 1 mm	Inmersión en saliva artificial, té o café + Pulido o Blanqueamiento Se estimó, con VITA EasyShade V, el color antes y después de inmersión con fondo blanco y negro. Se calculó DELTA E00.	Existe una interacción estadísticamente significativa entre el efecto de los medios de tinción y los métodos de fabricación en fondos blanco y negro. En el análisis simple se muestra que el DELTA E era significativamente mayor en las restauraciones impresas versus las restauraciones fresadas en todos los medios de prueba. Los cambios de color posterior a inmersión en medios de tinción (café y té) fueron clínicamente inaceptables. En la eficacia del pulido y blanqueamiento, mostró una interacción significativa entre el método de fabricación, medios de tinción y tipo de tratamiento de superficie. El DELTA E de las superficies pulidas fue menor que el de las blanqueadas. Sin

						diferencia significativa del DELTA E en restauraciones fresadas inmersas en café; además de saliva artificial con fresada e impresa.
Bächle et al / 2023 (48)	Bacterial Adhesion on Dental Polymers as a Function of Manufacturing Techniques	Experimental in vitro / Adherencia bacteriana	<ul style="list-style-type: none"> - Telio CAD (PMMA tallable con fase dispersa) TC - Brilliant Crios (resina tallable con fase dispersa) BC - Pekkton Ivory (PEKK fresada con fase dispersa) PEKK - Utaire AKP (AKP fresada sin relleno) AKP - breCAM BioHPP (PEEK fresado con fase dispersa) IM - Vestakeep i4 3DF Printed (PEEK impreso sin relleno FFF) A - Formlabs Permanent Crown, vertical (resina con fase dispersa SLA) MA-V - Formlabs Permanent Crown, horizontal (resina con fase dispersa SLA) MA-H 	Especímenes de 8 mm de diámetro y 2 mm de alto	Se realizó un test de ensayo y cuantificación (Fluorometría) de adherencia bacteriana de S.Mutans y S.Sanguinis.	PEKK y TC mostraron una baja en fluorescencia y adherencia de S mutans al compararse con los otros grupos. Baja adherencia bacteriana en las superficies de PEKK y para TC sólo en las superficies donde se aplicó protocolos de pulido. Sin diferencia significativa entre los grupos tallados, mientras que los metacrilatos impresos si mostraron significancia con alta intensidad de fluorescencia. Hubo datos significativamente más bajos en adhesión de biofilm para AKP al compararlo con BC, así como para los grupos de PEEK elaborados a presión y metacrilatos impresos. Los PEEK elaborados a presión mostraron una significancia alta de

			<ul style="list-style-type: none"> - PEAK (PEEK elaborado por inyección) - breCAM.BioHPP (PEEK elaborado por inyección) - BioHPP (PEEK elaborado a presión) - BioHPP plus (PEEK elaborado a presión) - Vidrio (grupo control) - Sinfony (resina compuesta microhíbrida - grupo control) 			fluorescencia al comprarlos con los grupos controles y los demás grupos. AKP mostró baja adherencia de S sanguíneos en todas las superficies pulidas. MA-V mostró una alta fluorescencia, siendo significativa al compararse con los otros materiales, exceptuando con MA-H y los grupos PEEK elaborados a presión.	
Sodeyama et al / 2021 (40)	Printable Composite Mechanically Compatible Human Teeth	PICN with	Experimental in vitro / Absorción de agua	<ul style="list-style-type: none"> - PICN + TEGDMA + óxido de fosfina polimerizado mediante luz (L-TE) - PICN + TEGDMA + peróxido de benzoilo termopolimerizado (H-TE) - PICN + UDMA + TEGDMA + óxido de fosfina termopolimerizado (H-(UD+TE)) - Enamic Vita (EN) - Shofu (SH) 	Prótesis fijas unitarias	No se especificó	No hubo solubilidad de ningún grupo. L-TE tuvo datos significativamente mayores de absorción de agua al compararse con SH y EN, mientras que H-TE fue comparable con Sh y H-(UD+TE) fue significativamente menor que SH.
Tichy et al / 2021 (49)	Release of bisphenol A from milled and 3D-printed dental		Experimental in vitro / Liberación de Bisfenol A en	- Zirkozahn Temp Premium Flexible (Policarbonato fresada	Prótesis Fija Unitaria	Cromatografía líquida-espectrometría	Liberación de Bisfenol A: Fue detectada liberación de BPA en todos los grupos de policarbonatos tanto en

	<p>polycarbonate materials</p>	<p>diversos medios acuosos</p>	<p>con fase dispersa) ZPF - Tizian Blank Polycarbonate (Policarbonato fresada con fase dispersa) TBP - Zirkozahn Temp Basic (PMMA fresado con fase dispersa) - Makrolon 2805 (Policarbonato impreso sin relleno?)</p>		<p>de masas en tándem</p>	<p>saliva artificial como en metanol. En el grupo PMMA sólo fue detectable en Metanol durante la primera semana. Fue significativo cuando se comparó la liberación de BPA al comparar los dos medios de cultivos (metanol>saliva). La liberación fue más acentuada en el primer día de cultivo, bajando significativamente a la semana y al mes. A los 3 meses, hubo un alza de liberación de BPA, siendo significativo en coronas prefabricadas y TBP en metanol, y ZPF en saliva artificial. Metanol: liberación más alta en el 1er día en policarbonatos tallados de TBP y ZPF, mientras que el grupo 3D mostró una liberación mantenida durante la primera semana. El grupo de PMMA tuvo la más baja liberación, siendo nula al mes y 3 meses. Saliva artificial: La liberación fue mayor en el grupo TBP. En todos los grupos de</p>
--	--------------------------------	--------------------------------	---	--	---------------------------	--

						<p>policarbonatos hubo descenso significativo de la liberación entre el 1er día y la semana, a excepción del grupo 3D. No fue detectada liberación en el grupo PMMA. Los valores de sorción más bajos fueron para los policarbonatos fresados, seguidos de las coronas prefabricadas. Las coronas impresas en 3D mostraron la mayor sorción entre los policarbonatos, y su valor no difirió significativamente de la sorción del PMMA. Sin diferencias significativas en la cantidad de materia extraíble entre los materiales, excepto para las coronas impresas en 3D que mostraron un valor significativamente inferior al de ZPF.</p>
Tichy et al / 2021 (49)	Release of bisphenol a from milled and 3D-printed dental polycarbonate materials	Experimental in vitro / Análisis de superficie y masa post inmersión en medios acuosos	- Zirkonzahn Temp Premium Flexible (Policarbonato fresada con fase dispersa) ZPF - Tizian Blank Polycarbonate (Policarbonato fresada	Prótesis Fija Unitaria	Cálculo de masa y liberación de subproductos previo y posterior a inmersión en saliva artificial	Los resultados del análisis de masa fueron significativos tanto para sorción como para cantidad de material extraíble. Los valores más bajos de sorción fueron en policarbonatos tallados,

		<p>con fase dispersa) TBP</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zirkonzahn Temp Basic (PMMA fresado con fase dispersa) - Makrolon 2805 (Policarbonato impreso sin relleno) - Coronas prefabricadas de policarbonato 		<p>(pesaje en 3 oportunidades: antes de inmersión, después de 3 meses y 3 meses+secado)</p>	<p>seguido de coronas prefabricadas; los valores más altos se obtuvieron en PMMA y policarbonato impreso, siendo significativos al compararlos con los policarbonatos fresados, pero no al comparar ambos grupos. En la liberación de subproductos, no hubo diferencias significativas al comparar los grupos, a excepción de las coronas impresas versus el grupo ZPF.</p>
--	--	---	--	--	---

Tabla 8: Resumen de papers sobre estabilidad química.

Características superficiales

En los artículos que analizan características superficiales de polímeros, se pueden observar diferencias entre los polímeros impresos con tecnología SLA con la DLP, mostrando superficies más lisas y regulares en los polímeros SLA. En los polímeros impresos con DLP se logran divisar las capas de impresión (Tabla 9).

Por otro lado, cuando se comparan PICN impresos versus PICN tallados, se observó un esqueleto similar de sílice y resina infiltrada, pero los impresos mostraron menores tamaños. En lo que respecta al contenido inorgánico, los PICN tallados mostraron una mayor composición inorgánica que los PICN impresos (Tabla 9).

Autor/año	Título	Tipo de estudio / propiedad	Materiales estudiados	Tipo de restauraciones	Test	Principales hallazgos
Karasan et al / 2021 (45)	Accuracy of Additively Manufactured and Milled Interim 3-Unit Fixed Dental Prostheses	Experimental in vitro / Análisis de superficie	<ul style="list-style-type: none"> - TelioCAD (Fresada con fase dispersa) - P Pro Crown & Bridge SLA (Impresa con fase dispersa) - P Pro Crown & Bridge DLP: (Impresa con fase dispersa) - SHERA-cd SLA (Impresa sin relleno) - SHERA-cd DLP (Impresa sin relleno) 	Prótesis Fija Plurales de 3 unidades (2 pilares y 1 intermedio)	Análisis de superficie mediante microscopio electrónico de barrido.	Los especímenes de impresión SLA demostraron una superficie más lisa en comparación con los de impresiones en DLP. En los especímenes de impresiones DLP se lograron ver las capas de impresión, mientras que no fueron visibles en las impresiones SLA.
Sodeyama et al / 2021 (40)	Printable Composite Mechanically Compatible with Human Teeth	Experimental in vitro / Análisis de superficie	<ul style="list-style-type: none"> - PICN + TEGDMA + óxido de fosfina (L-TE) - PICN + TEGDMA + peróxido de benzoilo (H-TE) - PICN + UDMA + TEGDMA + óxido de fosfina (H-(UD+TE) - Enamic Vita (EN) - Shofu (SH) 	Prótesis fijas unitarias	Análisis con microscopio electrónico de barrido.	PICN impresos mostraron una nanoestructura compuesta por un esqueleto de sílice y resina infiltrando, similar al PICN tallado, pero de mucho menor tamaño. Sin diferencia en el contenido inorgánico de los PICN impresos, el cual es significativamente mayor que el grupo SH, pero menor que el EN. No hubo diferencias significativas en la contracción lineal en los grupos de PICN impreso.

Tichy et al / 2021 (49)	Release of bisphenol a from milled and 3D-printed dental polycarbonate materials	Experimental in vitro / Análisis de superficie y masa post inmersión en medios acuosos	<ul style="list-style-type: none"> - Zirkonzahn Temp Premium Flexible (Policarbonato fresada con fase dispersa) ZPF - Tizian Blank Polycarbonate (Policarbonato fresada con fase dispersa) TBP - Zirkonzahn Temp Basic (PMMA fresado con fase dispersa) - Makrolon 2805 (Policarbonato impreso sin relleno) 	Prótesis Unitaria Fija	Análisis de morfología mediante microscopio estéreo SZX10	Coronas talladas mostraron superficies internas rugosas con patrones paralelos en las paredes de la corona y concéntricos a oclusal. Los policarbonatos tallados mostraron zonas de deformación plástica y pequeños cracks, principalmente en la superficie interna de ZPF y TBP. En las superficies internas del PMMA fresado se observaron ranuras paralelas poco profundas sin grietas, mientras que las superficies exteriores eran más lisas que las de los policarbonatos fresados. Las coronas impresas 3D revelaron una estructura en capas resultante de la deposición secuencial del filamento de impresión, además de espacios entre y dentro de los filamentos aún en superficies externas pulidas.
-------------------------	--	--	---	------------------------	---	---

Tabla 9: Resumen de papers sobre características superficiales.

Discusión

Los estudios seleccionados muestran diversas propiedades que involucran la comparación entre resinas impresas y resinas fresadas. Entre estas, se destacan la resistencia flexural, módulo elástico, dureza Vickers, ajuste interno, ajuste marginal y exactitud dimensional.

Los datos de cada una de estas propiedades fueron extraídos a partir de los estudios citados, para analizar las posibles diferencias existentes entre las resinas fresadas y las resinas impresas, al considerarlas como material para la fabricación de restauraciones indirectas definitivas.

Con respecto a la resistencia flexural, las resinas de fase en red (PICN) presentan una menor resistencia flexural que las resinas de fase dispersa, lo que puede ser debido a mayor densidad de material cerámico en las primeras citadas (15). Las formas irregulares y tamaños de relleno inorgánico, para dar mayor volumen de relleno, puede ayudar positivamente a mejorar la resistencia a la flexión y al módulo elástico (50)

Las propiedades mecánicas son inherentes a las características de la matriz y el relleno o “esqueleto” que presente el material. Las resinas de fase en red presentan un esqueleto cerámico que entregaría mayor rigidez a la estructura, disminuyendo su capacidad de resistir fuerzas flexurales, sin fracturarse. Mientras que las resinas de fase dispersa que presentan una estructura interna a base de resina son menos rígidas y más flexibles ante las fuerzas flexurales. (13) (14) (15).

Cuando se investiga el módulo elástico, las resinas fresadas de fase en red (PICN) y las resinas impresas con fase en red exhiben valores notablemente superiores de módulo elástico en comparación con las resinas fresadas con fase dispersa y las resinas impresas sin fase, lo cual podría ser explicado por la gran influencia que presenta la composición microestructural en las propiedades mecánicas y la forma como un esqueleto cerámico refuerza la estructura (47, 50). Esto último se corresponde con los hallazgos al comparar materiales con mayor cantidad de resina

versus los cerámicos, encontrando valores más elevados de módulo elástico en las cerámicos debido a su composición y estructura molecular, en especial las cerámicas con fase cristalina, la cual presenta moléculas más ordenadas (51) El estudio realizado por Lucszanzy et. al (52) sugiere que los PICN, como el material ENAMIC, presentan un módulo elástico más elevado pero una resistencia a la flexión menor en comparación con los materiales de relleno disperso, los cuales contienen un mayor componente polimérico ayudando a distribuir y dispersar mejor las fuerzas. Estos hallazgos coinciden con la investigación de Cui et. al (53), quienes concluyeron que en los PICN, la fase en red contribuye al módulo elástico en lugar de influir en la resistencia a la flexión. Asimismo, señalaron que la ductilidad de la matriz podría explicar el aumento en la tenacidad a la fractura.

En lo que respecta a la dureza Vickers, se encontró que las resinas de fase en red, tanto impresas como fresadas, presentan una mayor dureza Vickers en comparación con las resinas de fase dispersa. Esta diferencia en la dureza puede influir en la resistencia al desgaste y la estabilidad de las restauraciones a lo largo del tiempo. Por otra parte, los menores valores de dureza Vickers los presentan las resinas impresas sin fase, lo que puede deberse a estructura dimensional que presenta cada resina.

Un factor a considerar en la estabilidad superficial de las resinas, es el tipo de relleno y la proporción de relleno. El estudio de Alamoush (54), expone que los bloques de resina fresada tienen distintas microestructuras entre ellos, además de variabilidad en su cantidad de relleno, lo que genera diferencias significativas al comparar su propiedades mecánicas. El porcentaje de relleno tiene un rol más determinante que lo que conforma su microestructura en las resinas de fase dispersa. Por otra parte, las resinas de fase en red / PICN presentan mayores valores de microdureza y módulo elástico al compararse con otros los bloques de resina CAD/CAM de fase dispersa, lo que se podría deber a su proceso de confección, en donde se fabrica un esqueleto cerámico de alta estabilidad superficial, al que se le infiltran polímeros de resina (54).

En el estudio de Grzebieluch et. al (39) se compara, entre otras propiedades, la microdureza medida a través de dureza Vickers, tanto de resinas fresadas como de resinas impresas. Plantean que existe una correlación positiva ($R = 0.822$) entre el relleno del material (por volumen) y la microdureza. Es decir, la microdureza será mayor en materiales con mayor cantidad de relleno.

Por otro lado, en el estudio de Berli et. al. 2020, donde se compararon múltiples propiedades mecánicas, se encontró que todas las propiedades mecánicas estudiadas tienen mayores valores en promedio en los materiales inyectados y fresados que las resinas impresas, incluyendo los valores de dureza Vickers.(55)

Cuando se analiza el parámetro de ajuste interno, las restauraciones con polímeros imprimibles mostraron un ajuste superior en comparación con las resinas maquinadas. Este mejor ajuste interno en las restauraciones impresas puede atribuirse a la tecnología de impresión 3D que permite una mayor precisión en la fabricación de las restauraciones. Además, al comparar las tecnologías SLA con la DLP, se encontró un mejor ajuste en las restauraciones fabricadas con SLA, lo cual puede ser explicado debido a que, al fotocurar cada capa al mismo tiempo mediante un proyector como fuente de luz, puede generar una contracción mayor y fenómeno escalonado en cuerpos más amplio al compararlo con la tecnología SLA, la cual utiliza un láser para polimerizar punto por punto de manera más controlada y completa en grosor (56).

En las resinas fresadas tenemos talladores con distinta cantidad de ejes y angulaciones que deben lograr la conformación adecuada de la restauración, pudiendo haber mayores distorsiones que al realizarse de forma aditiva. (57) Sumado a lo anterior, el diámetro de las fresas es un factor importante para conseguir una superficie idéntica al diseño, por lo que las zonas donde hay ángulos dentro y fuera de la restauración son las que más distorsión tienen en este tipo de métodos (56).

En cuanto al ajuste marginal, sólo se encontraron estudios que incluyen resinas de fase dispersa y fase en red.

En el estudio de Thakare et. al (57) se evaluó el ajuste interno y el ajuste marginal de coronas provisionales, confeccionadas tanto de forma fresada como por medio de impresión. En la fabricación por el método sustractivo, tenemos el uso de fresas que fabrican la rehabilitación por medio del tallado utilizando fresas. Estas fresas tienen un cierto tamaño y rango de acción que deben considerarse como limitantes al momento de la fabricación de las restauraciones. Se plantea el ejemplo de que si hay zonas filosas o rugosas éstas no pueden recrearse utilizando métodos sustractivos. De este modo, la geometría del objeto debe “ajustarse” para el fresado.

Dentro de las conclusiones del estudio se plantea que los métodos CAD/CAM fresados tendrían mayores distorsiones en cuanto al ajuste interno y marginal por 4 factores principales: el diámetro de las fresas utilizadas en las talladoras, la alta velocidad del corte, la excesiva vibración y el calor que esta produce, y la excesiva presión y estrés mecánico.

Otros estudios arrojan similares resultados, como el de Mai Hang-Nga et al. (58) , en donde evaluaron el ajuste interno y marginal de coronas fabricadas por medio del método aditivo, con impresoras de resina 3D, y de coronas fabricadas de forma sustractiva, obteniendo mejores resultados en el primer grupo. (58) Además, se evidencian estudios tales como el de Donmez et al. (2022) (3) en donde se realizaron comparaciones en el ajuste marginal obtenido en coronas definitivas de resina impresa y de coronas confeccionadas con métodos sustractivos. En ambos estudios se concluye que el ajuste marginal obtenido en las coronas realizadas de forma impresa es mayor.

En lo referido a la estabilidad química y su relación con las características superficiales, las restauraciones impresas mostraron una mayor probabilidad de tinciones y adherencia bacteriana al compararlas con las restauraciones fresadas, lo cual puede ser explicado debido a que, al imprimir restauraciones, se van formando diversas capas lo que genera microespacios y una menor conversión monómero a polímero, lo que contribuiría a la incorporación de pigmentos y/o bacterias (59)(60). Por otro lado, los bloques usados para las técnicas fresadas son fabricados a altas presiones y con métodos de polimerización complementarios,

como lo es el uso de calor o vitrificación por láser, lo cual generaría superficies más pulidas, una mayor polimerización y menor cantidad de espacios (59)(60). Se ha observado que la reducción de la distancia entre las diversas capas, orientación más horizontal de la restauración al momento de imprimir, el uso de tecnología de impresión SLA versus la DLP y la aplicación de mayores tiempos de postcurado afectarían a reducir la susceptibilidad de tinción y de adherencia bacteriana en los polímeros impresos, lo cual se explicaría debido a que se reducirían los espacios y se mejoraría la polimerización de las resinas impresas (61)(62).

En lo que respecta a la estabilidad en medios líquidos, las restauraciones impresas de resinas que contenían como monómero UDMA en conjunto con TEGDMA, a las cuales se les complementó la polimerización mediante calor, presentaron una menor absorción de agua y solubilidad al ser comparadas con las resinas fresadas convencionales y las resinas impresas en base sólo a monómero TEGDMA polimerizado sólo por luz, lo cual puede ser explicado por el tratamiento térmico que se aplicó al esqueleto de sílice más los monómeros, previo y posterior a la infiltración de TEGDMA y UDMA, ayudaría a mejorar la formación de polímeros, produciendo restauraciones más estables tanto física como químicamente (40).

La incorporación de de TEGDMA a una red de UDMA genera una mayor conversión monómero a polímero, reduciría el estrés de contracción y la solubilidad. Ésto se debe a que el TEGDMA es un monómero de bajo peso molecular, flexible y con baja solubilidad, contribuiría a una demora en la fase pre Gel y la formación de dobles enlaces (63)(64). Además de lo anterior, el uso de TEGDMA más UDMA genera núcleo no muy rígidos facilitando la movilidad de las moléculas, promoviendo a movimiento segmentario de los radicales hasta etapas posteriores de la conversión permitiendo mayores grados de conversión monómero a polímero lo que ayudaría a la estabilidad en medios acuosos (64). La incorporación de UDMA ayudaría a aumentar la viscosidad y las propiedades mecánicas (40).

Por otro lado, cuando se compararon policarbonatos tallados versus impresos, se observó una menor sorción, siendo una explicación el método de confección de los bloques tallables se realiza a presión y con métodos de polimerización accesorios,

en comparación a la elaboración de capas de los polímeros impresos que puede generar espacios y mayor cantidad de radicales libres debido a una más baja conversión monómero a polímero (59)(60).

Conclusiones

La comparación entre polímeros imprimibles y resinas fresadas para restauraciones indirectas definitivas destaca diversas propiedades a considerar en la elección del material. Las resinas de fase en red tienen menor resistencia flexural pero mayor dureza Vickers que las de fase dispersa. El módulo elástico varía dependiendo del

tipo de resina, siendo superior en las de fase en red. La elección entre ambos métodos debe basarse en las propiedades específicas requeridas para cada caso clínico, considerando la resistencia flexural, dureza, ajuste y módulo elástico.

Las resinas impresas tienen un ajuste interno vertical superior al compararse con las resinas fresadas, en especial en restauraciones elaboradas con tecnología SLA.

Con respecto a las resinas impresas versus las fresadas, hay una tendencia a mejores ajustes internos en sentido vertical de las resinas impresas, pero presentan mayor susceptibilidad a las tinciones, adherencia bacteriana y sorción.

Se necesitan más estudios clínicos para una evaluación completa. Además, se destaca la necesidad de abordar variables específicas en futuras investigaciones, como la longevidad y respuesta biológica de las restauraciones.

Se sugiere que futuros estudios aborden de manera exhaustiva las distintas propiedades mecánicas y clínicas, así como la calidad a largo plazo de las restauraciones fabricadas con resinas impresas y fresadas, para una toma de decisiones más informada en la práctica clínica.

Referencias Bibliográficas

- (1) Della Bona A, Cantelli V, Britto VT, Collares KF, Stansbury JW. 3D printing restorative materials using a stereolithographic technique: a systematic review. *Dental Materials* [Internet]. 2021 Feb 1;37(2):336–50. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S010956412030350X?via%3Dihub>

- (2) Corazza PH, de Castro HL, Feitosa SA, Kimpara ET, Della Bona A. Influence of CAD-CAM diamond bur deterioration on surface roughness and maximum failure load of Y-TZP-based restorations. *American Journal of Dentistry* [Internet]. 2015 Apr 1;28(2):95–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26087575/>
- (3) Donmez MB, Okutan Y. Marginal gap and fracture resistance of implant-supported 3D-printed definitive composite crowns: An in vitro study. *Journal of Dentistry* [Internet]. 2022 Sep 1;124:104216. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35803388/>
- (4) Stansbury JW, Idacavage MJ. 3D printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities. *Dental Materials* [Internet]. 2016 Jan;32(1):54–64. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0109564115004145>
- (5) Barazanchi A, Li KC, Al-Amleh B, Lyons K, Waddell JN. Additive Technology: Update on Current Materials and Applications in Dentistry. *Journal of Prosthodontics*. 2016 Sep 23;26(2):156–63.
- (6) Xia J, Li Y, Cai D, Shi X, Zhao S, Jiang Q, et al. Direct resin composite restoration of maxillary central incisors using a 3D-printed template: two clinical cases. *BMC Oral Health* [Internet]. 2018 Sep 20;18(1). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6149011>
- (7) Revilla-León M, Fountain J, Piedra Cascón W, Özcan M, Zandinejad A. Workflow description of additively manufactured clear silicone indexes for injected provisional restorations: A novel technique. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2019 Mar 4;31(3):213–21.
- (8) Daher R, Ardu S, di Bella E, Krejci I, Duc O. Efficiency of 3D-printed composite resin restorations compared with subtractive materials: Evaluation of fatigue behavior, cost, and time of production. *The Journal of Prosthetic Dentistry* [Internet]. 2022 Nov 1;S0022-3913(22)004814. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36333176/>
- (9) Maniewicz S, Imamura Y, El Osta N, Srinivasan M, Müller F, Chebib N. Fit and retention of complete denture bases: Part I - Conventional versus CAD-

- CAM methods: A clinical controlled crossover study. *The Journal of Prosthetic Dentistry* [Internet]. 2022 Sep 15;S0022-3913(22)004656. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36116950/>
- (10) Kihara H, Sugawara S, Yokota J, Takafuji K, Fukazawa S, Tamada A, et al. Applications of three-dimensional printers in prosthetic dentistry. *Journal of Oral Science* [Internet]. 2021 Jun 29;63(3):212–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34078769/>
- (11) Wadhvani V, Sivaswamy V, Rajaraman V. Surface roughness and marginal adaptation of stereolithography versus digital light processing three-dimensional printed resins: An in-vitro study. *Journal of Indian Prosthodontic Society* [Internet]. 2022;22(4):377–81. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36511072/>
- (12) Atria PJ, Bordin D, Marti F, Nayak VV, Conejo J, Benalcázar Jalkh E, et al. 3D -printed resins for provisional dental restorations: Comparison of mechanical and biological properties. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2022 Feb 20;34(5):804–15.
- (13) Braian M, Jönsson D, Kevci M, Wennerberg A. Geometrical accuracy of metallic objects produced with additive or subtractive manufacturing: A comparative in vitro study. *Dental Materials*. 2018 Jul;34(7):978–93.
- (14) Tahayeri A, Morgan M, Fugolin AP, Bompolaki D, Athirasala A, Pfeifer CS, et al. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dental Materials* [Internet]. 2018 Feb;34(2):192–200. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0109564117304475>
- (15) Rebong RE, Stewart KT, Utreja A, Ghoneima AA. Accuracy of three-dimensional dental resin models created by fused deposition modeling, stereolithography, and Polyjet prototype technologies: A comparative study. *The Angle Orthodontist*. 2018 Mar 6;88(3):363–9.
- (16) Chung YJ, Park JM, Kim TH, Ahn JS, Cha HS, Lee JH. 3D Printing of Resin Material for Denture Artificial Teeth: Chipping and Indirect Tensile Fracture Resistance. *Materials* (Basel, Switzerland) [Internet].

2018;11(10):1798.

Available

from:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30248955>

- (17) Schweiger J, Edelhoff D, Güth JF. 3D Printing in Digital Prosthetic Dentistry: An Overview of Recent Developments in Additive Manufacturing. *Journal of Clinical Medicine*. 2021 May 7;10(9):2010.
- (18) Sulaiman TA. Materials in digital dentistry—A review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2020 Jan 13;32(2):171–81.
- (19) Linders PWJ. Setting Standards: ISO 13485: Challenges in Achieving High-Level Structure Compliance. *Biomedical Instrumentation & Technology*. 2020 Jan;54(1):68–70.
- (20) Barazanchi A, Li KC, Al-Amleh B, Lyons K, Waddell JN. Additive Technology: Update on Current Materials and Applications in Dentistry. *Journal of Prosthodontics*. 2016 Sep 23;26(2):156–63.
- (21) Huang G, Wu L, Hu J, Zhou X, He F, Wan L, et al. Main Applications and Recent Research Progresses of Additive Manufacturing in Dentistry. Faot F, editor. *BioMed Research International* [Internet]. 2022 Feb 24 [cited 2022 Jul 12];2022:1–26. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8894006/>
- (22) Anusavice KJ, Gutiérrez,F, Joaquín Sánchez Y Castillo, Phillips RW, Al E. *La Ciencia de los materiales dentales de Phillips*. México: McGraw-Hill Interamericana; 1998.
- (23) Wang CJ, Millstein PL, Nathanson D. Effects of cement, cement space, marginal design, seating aid materials, and seating force on crown cementation. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1992 Jun;67(6):786–90.
- (24) KOKUBO Y, OHKUBO C, TSUMITA M, MIYASHITA A, VULT VON STEYERN P, FUKUSHIMA S. Clinical marginal and internal gaps of Procera AllCeram crowns. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2005 Jul;32(7):526–30.
- (25) Akova T, Ucar Y, Tukay A, Balkaya MC, Brantley WA. Comparison of the bond strength of laser-sintered and cast base metal dental alloys to porcelain. *Dental Materials*. 2008 Oct;24(10):1400–4.

- (26) Witkowski S, Komine F, Gerds T. Marginal accuracy of titanium copings fabricated by casting and CAD/CAM techniques. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2006 Jul;96(1):47–52.
- (27) Limkangwalmongkol P, Chiche GJ, Blatz MB. Precision of Fit of Two Margin Designs for Metal-Ceramic Crowns. *Journal of Prosthodontics*. 2007 Jul;16(4):233–7.
- (28) SAKRANA AA. In vitro evaluation of the marginal and internal discrepancies of different esthetic restorations. *Journal of Applied Oral Science*. 2013 Dec;21(6):575–80.
- (29) Weaver JD, Johnson GH, Bales DJ. Marginal adaptation of castable ceramic crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1991 Dec;66(6):747–53.
- (30) Nakamura T, Nonaka M, Maruyama T. In vitro fitting accuracy of copy-milled alumina cores and all-ceramic crowns. *The International Journal of Prosthodontics* [Internet]. 2000 [cited 2024 May 3];13(3):189–93. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11203630/>
- (31) VALDERHAUGW J, BIRKELAND JM. Periodontal conditions in patients 5 years following insertion of fixed prostheses. *Journal of Oral Rehabilitation*. 1976 Jul;3(3):237–43.
- (32) Goldman M, Laosonthorn P, White RR. Microleakage—Full crowns and the dental pulp. *Journal of Endodontics*. 1992 Oct;18(10):473–5.
- (33) Martins LM, Lorenzoni FC, Melo AO de, Silva LM da, Oliveira JLG de, Oliveira PCG de, et al. Internal fit of two all-ceramic systems and metal-ceramic crowns. *Journal of Applied Oral Science*. 2012 Apr;20(2):235–40.
- (34) [A.D.A. specification No. 8 for dental zinc phosphate cement]. Ch'ikwa Kijae Hakhoe Chi The Journal of the Korea Research Society for Dental Materials [Internet]. 1967 Sep 1 [cited 2024 May 3];2(3):64–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5238106/>
- (35) McLean JW, von F. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *British Dental Journal*. 1971 Aug;131(3):107–11.
- (36) Fransson B, Øilo G, Gjeitanger R. The fit of metal-ceramic crowns, a clinical study. *Dental Materials*. 1985 Oct;1(5):197–9.

- (37) Kashani HG, Khera SC, Gulker IA. The effects of bevel angulation on marginal integrity. *Journal of the American Dental Association* (1939) [Internet]. 1981 Dec 1 [cited 2024 May 3];103(6):882–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6947008/>
- (38) Ellakany P, Fouda SM, Mahrous AA, AlGhamdi MA, Aly NM. Influence of CAD/CAM Milling and 3D-Printing Fabrication Methods on the Mechanical Properties of 3-Unit Interim Fixed Dental Prosthesis after Thermo-Mechanical Aging Process. *Polymers*. 2022 Sep 30;14(19):4103.
- (39) Grzebieluch W, Kowalewski P, Grygier D, Rutkowska-Gorczyca M, Kozakiewicz M, Jurczyszyn K. Printable and Machinable Dental Restorative Composites for CAD/CAM Application—Comparison of Mechanical Properties, Fractographic, Texture and Fractal Dimension Analysis. *Materials* [Internet]. 2021 Aug 29;14(17):4919. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8434230/>
- (40) Sodeyama MK, Ikeda H, Nagamatsu Y, Masaki C, Hosokawa R, Shimizu H. Printable PICN Composite Mechanically Compatible with Human Teeth. 2021 May 12;100(13):1475–81.
- (41) Wesemann C, Spies BC, Sterzenbach G, Beuer F, Kohal R, Wemken G, et al. Polymers for conventional, subtractive, and additive manufacturing of occlusal devices differ in hardness and flexural properties but not in wear resistance. *Dental Materials*. 2021 Mar;37(3):432–42.
- (42) Park JM, Ahn JS, Cha HS, Lee JH. Wear Resistance of 3D Printing Resin Material Opposing Zirconia and Metal Antagonists. *Materials*. 2018 Jun 20;11(6):1043.
- (43) Toma FR, Moleriu LC, Porojan L. Micro-CT Marginal and Internal Fit Evaluation of CAD/CAM High-Performance Polymer Onlay Restorations. *Polymers*. 2023 Mar 30;15(7):1715.
- (44) KAKINUMA H, IZUMITA K, YODA nobuhiro, EGUSA H, SASAKI K. Comparison of the accuracy of resin-composite crowns fabricated by three-dimensional printing and milling methods. *Dental Materials Journal*. 2022;

- (45) Karasan D, Legaz J, Boitelle P, Mojon P, Fehmer V, Sailer I. Accuracy of Additively Manufactured and Milled Interim 3-Unit Fixed Dental Prostheses. *Journal of Prosthodontics*. 2022 Mar;31(S1):58–69.
- (46) Lee WS, Lee DH, Lee KB. Evaluation of internal fit of interim crown fabricated with CAD/CAM milling and 3D printing system. *The Journal of Advanced Prosthodontics*. 2017;9(4):265.
- (47) Alharbi N, Alharbi A, Osman R. Stain Susceptibility of 3D-Printed Nanohybrid Composite Restorative Material and the Efficacy of Different Stain Removal Techniques: An In Vitro Study. *Materials*. 2021 Sep 27;14(19):5621.
- (48) Bächle J, Merle C, Hahnel S, Rosentritt M. Bacterial Adhesion on Dental Polymers as a Function of Manufacturing Techniques. *Materials (Basel, Switzerland)* [Internet]. 2023 Mar 16 [cited 2024 May 3];16(6):2373. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36984253/>
- (49) Tichy A, Simkova M, Schweiger J, Bradna P, Güth JF. Release of Bisphenol A from Milled and 3D-Printed Dental Polycarbonate Materials. *Materials*. 2021 Oct 7;14(19):5868.
- (50) Ilie N. Microstructural dependence of mechanical properties and their relationship in modern resin-based composite materials. 2021 Nov 1;114:103829–9.
- (51) ALVES DE LUCENA M, RELVAS A, LEFRANÇOIS M, VENÍCIO AZEVEDO M, SOTELO P, SOTELO L. Resin matrix ceramics – mechanical, aesthetic and biological properties. *RGO - Revista Gaúcha de Odontologia*. 2021;69.
- (52) Lucsanszky IJR, Ruse ND. Fracture Toughness, Flexural Strength, and Flexural Modulus of New CAD/CAM Resin Composite Blocks. *Journal of Prosthodontics*. 2019 Nov 19;29(1):34–41.
- (53) Cui B, Li J, Wang H, Lin Y, Shen Y, Li M, et al. Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic (sodium aluminum silicate) composites for dental restoration. *Journal of Dentistry*. 2017 Jul;62:91–7.

- (54) Alamoush RA, Silikas N, Salim NA, Al-Nasrawi S, Satterthwaite JD. Effect of the Composition of CAD/CAM Composite Blocks on Mechanical Properties. *BioMed Research International*. 2018 Oct 23;2018:1–8.
- (55) Berli C, Thieringer FM, Sharma N, Müller JA, Dedem P, Fischer J, et al. Comparing the mechanical properties of pressed, milled, and 3D-printed resins for occlusal devices. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2020 Jan;
- (56) Son K, Lee JH, Lee KB. Comparison of Intaglio Surface Trueness of Interim Dental Crowns Fabricated with SLA 3D Printing, DLP 3D Printing, and Milling Technologies. *Healthcare*. 2021 Aug 3;9(8):983.
- (57) Thakare A, Ramesh S, Patil V, Meenakshi S, Ramu R, Byakodi R. Comparative evaluation of internal and marginal fit of interim crowns fabricated by CAD/CAM milling and two different 3D printing systems - An in vitro study. *Materials Today: Proceedings*. 2022 Apr;
- (58) Mai HN, Lee KB, Lee DH. Fit of interim crowns fabricated using photopolymer-jetting 3D printing. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2017 Aug;118(2):208–15.
- (59) Shin JW, Kim JE, Choi YJ, Shin SH, Nam NE, Shim JS, et al. Evaluation of the Color Stability of 3D-Printed Crown and Bridge Materials against Various Sources of Discoloration: An In Vitro Study. *Materials (Basel, Switzerland)* [Internet]. 2020 Nov 26;13(23):5359. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33255922/>
- (60) Arwa Dagherery. Color Stability, Gloss Retention, and Surface Roughness of 3D-Printed versus Indirect Prefabricated Veneers. *Journal of functional biomaterials*. 2023 Sep 28;14(10):492–2.
- (61) Lee EH, Ahn JS, Lim YJ, Kwon HB, Kim MJ. Effect of layer thickness and printing orientation on the color stability and stainability of a 3D-printed resin material. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2022 Feb;
- (62) Lee EH, Ahn JS, Lim YJ, Kwon HB, Kim MJ. Effect of post-curing time on the color stability and related properties of a tooth-colored 3D-printed resin material. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2022 Feb;126:104993.

- (63) Szczesio-Wlodarczyk A, Kopacz K, Szyrkowska-Jozwik MI, Sokolowski J, Bociong K. An Evaluation of the Hydrolytic Stability of Selected Experimental Dental Matrices and Composites. *Materials*. 2022 Jul 20;15(14):5055.
- (64) Fugolin AP, de Paula AB, Dobson A, Huynh V, Consani R, Ferracane JL, et al. Alternative monomer for BisGMA-free resin composites formulations. *Dental Materials* [Internet]. 2020 Jul 1 [cited 2023 Apr 20];36(7):884–92. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0109564120301068?via%3Dihub>