

**REPÚBLICA DOMINICANA  
UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA  
UNIDAD DE POSTGRADOS DE ODONTOLOGÍA**



**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FRACTURA ANTE FUERZAS  
FLEXURALES DE RESTAURACIONES FIJAS MÚLTIPLES FABRICADAS CON  
RESINA 3D PARA RESTAURACIONES PERMANENTES: ESTUDIO IN VITRO**

**ESTUDIANTES**

Dra. Camila Báez

Dr. Carlos De Oleo

**ASESOR DE CONTENIDO**

Dr. José Manuel Rodríguez Amaro

**DOCENTE TITULAR**

Dra. Fadwa Canahuate

Los conceptos emitidos en el presente proyecto de investigación son de la exclusiva responsabilidad de los estudiantes.

Santo Domingo, Distrito Nacional  
27 de Abril 2024

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, quiero agradecerle a Dios, por permitirme dar este gran paso y guiarme en todo momento durante este proceso. Sobre todo, por darme la fuerza y la resistencia para continuar en los momentos difíciles.

A mis padres, Domingo Báez y Luz Rodríguez, por darme la oportunidad continuar elevando mis estudios y por el apoyo que me brindaron durante todo este trayecto. Gracias por confiar en mis decisiones y no dejarme caer en mis momentos más difíciles.

A mis hermanos, Luis Domingo y Jorge Miguel, gracias por ser parte de mi vida y por estar presentes en cada momento de esta.

A mis amigas, Priscilla, Laura, Noelis, Christy y Delfra, por estar presente durante esta travesía. Gracias por escucharme y ser soporte durante los buenos y malos momento. Por estar siempre presente en momentos de incertidumbre y ser sostén para seguir adelante siempre.

A mi amigo, compañero de tesis y maestría, Carlos, por su acompañamiento durante este trayecto, su trabajo en conjunto y por soportar mis exigencias durante este trabajo. Te deseo muchos éxitos en tu vida profesional y espero que desempeñes cada labor con ética y dignidad.

**Camila Báez Rodríguez**

Quiero dedicar este logro a Dios que siempre ha sido mi guía y quien me permitió dar este gran paso. Gracias Dios por ser mi sustento y estar conmigo en mis peores y mejores momentos, por darme fuerza cuando ya no la tenía y por ayudarme a enfrentarme a momentos difíciles y sobre todo salir victorioso.

A mi padre, José Almánzar por apoyarme incondicionalmente en todos mis proyectos y sobre todo darme su amor incondicional.

A mi madre, Matilde De Oleo por ser mi guía y el ángel que me cuida desde cielo.

A la Sra. Antonia Abreu, por ser un pilar fundamental en todo este trayecto, siempre brindándome su amor y cuidado y más que una amiga ser como una madre para mí.

A mi amiga, Feng Ho que siempre ha estado en cada etapa de mi vida brindando su amor y su apoyo.

A mi amiga, compañera de tesis y maestría, Camila Báez, gracias porque formaste parte de todo este trayecto por ser más que una colega, una gran amiga. A todos mis compañeros de maestría y docentes porque todos pusieron un granito de arena para que esto pueda ser posible.

**Carlos De Oleo**

## **AGRADECIMIENTOS**

Ante todo, a Dios, por mantenernos con salud y darnos la sabiduría y la fortaleza para terminar este trayecto.

A nuestros padres, por darnos la oportunidad de seguir elevando nuestros estudios profesionales. Así mismo, a los demás familiares, amigos y allegados que han creído en nosotros y nos han apoyado en este camino.

A la Universidad Iberoamericana, a la unidad de Postgrado de Odontología, así como a cada uno de sus docentes, que han puesto a disposición todos sus conocimientos y esfuerzo para nuestra formación y aprendizaje.

A nuestros asesores, el Dr. José Manuel Rodríguez y la Dra. Fadwa Canahuate, por su guía y acompañamiento en la realización de este trabajo de investigación y durante toda la maestría.

Al Dr. Henry Adames, perteneciente al Centro de Investigación en Biomateriales y Odontología (CIBO- UNIBE), por recibirnos y facilitarnos la recolección de datos para esta investigación en dicho centro, así como a todo el personal que colaboró con nosotros en el mismo.

Por último y no menos importante, a todos nuestros compañeros, por esta etapa de estudios universitarios que culminamos, todas las experiencias y momentos vividos, y las amistades que nos llevamos.

## RESUMEN

### Evaluación de la resistencia a la fractura de restauraciones fijas múltiples fabricadas con resina 3d para restauraciones permanentes: estudio in vitro

---

*Báez C y De Oleo C*

**Objetivo:** Esta investigación tuvo como objetivo principal determinar la resistencia a la fractura de las resinas de uso definitivo en restauraciones fijas múltiples fabricadas con resina 3D para restauraciones permanentes.

**Métodos y técnicas:** Se llevó a cabo un estudio de tipo experimental mediante el uso del equipo Universal Testing Machine MTI-2K utilizando resinas de uso definitivo 3D VarseoSmile Crown Plus y Saremco Crowntec. La muestra consistió en 50 puentes de 2 unidades divididos en 25 de cada resina. Estos fueron sometidos a la máquina hasta su punto de quiebre

**Resultados:** Se evidenció que el punto de quiebre más común de estas restauraciones fue el centro para un 56% y un 42% en distal. Al hablar de resistencia a la fractura la media fue de  $5.35 \pm 2.19$  Megapascales Al correlacionar las variables tipo de resina con resistencia a la fractura se pudo observar que la resina Saremco Crowntec® de la marca comercial Saremco obtuvieron en promedio una resistencia a la fractura superior a la VarseoSmile Crown Plus® de la marca Bego por 2 MPa de diferencia.

**Conclusión:** Hubo relación estadísticamente significativa entre el tipo de resina utilizada y la resistencia a la fractura demostrando que si son de diferentes calidad. Se concluye que tienen buena resistencia, pero se debe elegir correctamente la marca comercial

---

**Palabras clave:** Coronas 3D de uso definitivo, resistencia a la fractura, prótesis sobre implantes

## ABSTRACT

### Evaluation of the fracture resistance of multiple fixed restorations manufactured with 3D resin for permanent restorations: in vitro study

*Báez C and De Oleo C*

---

**Aim:** The main objective of this research was to determine the fracture resistance of resins for definitive use in multiple fixed restorations manufactured with 3D resin for permanent restorations.

**Methods and techniques:** An experimental study was carried out using the Universal Testing Machine MTI-2K equipment using 3D VarseoSmile Crown Plus and Saremco Crowntec definitive use resins. The sample consisted of 50 2-unit bridges divided into 25 of each resin. These were subjected to the machine until their breaking point

**Results:** It was evident that the most common break point of these restorations was central for 56% and distal for 42%. When talking about fracture resistance, the average was  $5.35 \pm 2.19$  Megapascals. When correlating the resin type variables with fracture resistance, it was observed that the Saremco Crowntec® resin from the Saremco trademark obtained on average a higher fracture resistance. to the VarseoSmile Crown Plus® from the Bego brand for a 2 MPa difference.

**Conclusion:** There was a statistically significant relationship between the type of resin used and fracture resistance, demonstrating that they are of different quality. It is concluded that they have good resistance, but the commercial brand must be chosen correctly.

---

**Keywords:** 3D crowns for permanent use, fracture resistance, implant prostheses

## ÍNDICE

	Páginas
<b>DEDICATORIA.....</b>	2
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	4
<b>RESUMEN.....</b>	5
<b>ABSTRACT.....</b>	6
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	11
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....</b>	13
<b>2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	13
<b>2.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	13
<b>2.3 JUSTIFICACIÓN.....</b>	15
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	16
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
<b>4. MARCO TEÓRICO.....</b>	17
4.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	17
4.2 REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	20
4.2.1 IMPRESORAS 3D.....	20
4.2.2 TIPOS DE RESINA PARA IMPRESORA 3D.....	25
4.2.3 RESINAS DE USO DEFINITIVO.....	28
4.2.4 RESISTENCIA A LA FRACTURA.....	30
<b>5. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	32
<b>6. MATERIAL Y MÉTODO.....</b>	33
6.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
6.2 TIPO DE ESTUDIO.....	33
6.3 MÉTODO DEL ESTUDIO.....	33
6.4 CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	33

6.5 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.....	34
6.6 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	34
6.7 VARIABLES.....	34
6.8 PROCEDIMIENTO.....	34
6.9 FUENTE DE INFORMACIÓN.....	36
6.10 TRATAMIENTO DE LOS DATOS.....	37
<b>7. RESULTADOS.....</b>	<b>38</b>
<b>8. DISCUSIÓN.....</b>	<b>39</b>
<b>9. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>44</b>
<b>10. RECOMENDACIONES Y PROSPECTIVA.....</b>	<b>45</b>
<b>11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>46</b>
<b>12. ANEXOS</b>	<b>50</b>
ANEXO 1. FICHA DE RECOLECCIÓN	

## LISTA DE TABLAS

	<b>Página</b>
<b>TABLA 1.</b> DESCRIPTIVA DE LAS RESINAS Y RESISTENCIA A LA FRACTURA	38
<b>TABLA 2.</b> CORRELACIÓN DE RESISTENCIA A LA FRACTURA	39
<b>TABLA 3.</b> CORRELACIÓN DE PUNTO DE QUIEBRE Y TIPO DE RESINA	40

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>FIGURA 1.</b> IMPRESORA 3D	22
<b>FIGURA 2.</b> COMPONENTES DE UNA IMPRESORA 3D	24
<b>FIGURA 3.</b> TIPOS DE IMPRESORA 3D	25
<b>FIGURA 4.</b> RESISTENCIA FLEXURAL	31
<b>FIGURA 5.</b> RESISTENCIA A LA FRACTURA	31
<b>FIGURA 6.</b> DISEÑO DE PLACA DE ACERO, DISEÑO DE PRÓTESIS EXOCAD Y PRUEBAS	35

## **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**

La odontología digital se refiere al uso de tecnologías que simplifiquen y mejoren los diferentes procedimientos que se realizan en la consulta dental. En ese sentido, hace tiempo que la odontología es digital partiendo desde el uso de una radiografía hasta el uso de la fotografía (que en esencia es un medio digital). Sin embargo, a lo que se le conoce popularmente como odontología digital es a la incorporación en la consulta de las últimas tecnologías que digitalicen y alteren el flujo que tradicionalmente tomaría varias citas. En la actualidad, se continúan haciendo avances tecnológicos que permiten optimizar los procesos en general para lograr cambios en la sonrisa incluso en una misma cita. Un renglón que ha evolucionado mucho es la creación de equipos y materiales que permitan la confección de prótesis dentales sin necesidad de tercerizar en un laboratorio profesional mediante la elaboración de objetos a través de impresiones 3D (1).

En la actualidad son imprescindibles los conocimientos y la aplicación sobre la odontología digital sin importar el área de especialidad bucal ya que esto asegura la selección de tratamiento y materiales correctos. Estas tecnologías han llegado para innovar y agilizar procedimientos orales los cuales tienen la posibilidad de ser más exactos en comparación con el pasado. A pesar de que en un principio solo un selecto grupo podía tener equipos tipo CAD-CAM, hoy en día los precios han disminuido lo suficiente para ser alcanzables. Cada vez es más común que un consultorio disponga de impresora 3D y en algunos casos incluso fresadoras pequeñas de consulta (2).

La resina 3D ha evolucionado tanto que ya no solo se utiliza de manera provisional o para uso calcinable, sino que se ha introducido al mercado resinas de uso definitivo. Sin embargo, la amplia variedad de opciones puede traer consigo el uso incorrecto de este material o que se elija una casa comercial menos eficiente. La intención principal de este estudio es comparar la resistencia a la fractura flexural de dos resinas 3D de uso definitivo que son la VarseoSmile Crown Plus® y la Saremco Crowntec® las cuales son las opciones comerciales más utilizadas en la actualidad para este fin (3). El objetivo principal de este estudio es proporcionar una evaluación

precisa de la capacidad de VarseoSmile Crown Plus® y Saremco Crowntec® para resistir cargas funcionales mediante la evaluación de la resistencia a la fractura flexural. La información recopilada en este estudio servirá como base para tomar decisiones clínicas informadas sobre la idoneidad de este material en restauraciones dentales.

## **CAPÍTULO 2:**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

#### **2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Entre los avances logrados, la tecnología de impresión 3D ha ganado relevancia en la fabricación de restauraciones dentales. En un inicio se hablaba solamente del uso de estas para uso temporal debido a su fragilidad, pero a pesar de lo anteriormente expuesto, se ha reformulado su composición a tal punto que existen ahora opciones de uso definitivo. Dos opciones que existen populares son la resina 3D VarseoSmile Crown Plus® y la Saremco Crowntec®, las cuáles han emergido como una opción prometedora para restauraciones permanentes. A pesar del creciente interés en esta tecnología y material, existe una limitada base de evidencia científica que respalde su uso clínico en restauraciones fijas múltiples (4).

La resistencia a la fractura es una variable crítica para evaluar su viabilidad y durabilidad a largo plazo. El odontólogo debe de tomar una decisión consciente de si verdaderamente este producto es un tratamiento efectivo en la práctica clínica ya que si se fractura con facilidad involucraría varias citas con el paciente e incluso perder la confianza de este por una restauración que quizás en otro material hubiese durado años sin problemas. A su vez, podría suceder que el profesional de la salud elija una marca comercial que sea de uso definitivo, pero de calidad inferior en comparación a otras casas comerciales. En este contexto, es esencial llevar a cabo un estudio exhaustivo de evaluación in vitro para analizar la resistencia flexural de las restauraciones fijas múltiples fabricadas con la resina 3D VarseoSmile Crown Plus® y Saremco Crowntec®.

Esta evaluación proporcionará información crítica sobre la capacidad de estas restauraciones para soportar las fuerzas masticatorias y resistir las fracturas, lo que es esencial para su implementación clínica exitosa y la toma de decisiones informadas en la odontología restauradora moderna. Por lo tanto, este estudio se propone abordar la falta de evidencia científica sólida en relación con la resistencia a la fractura de las restauraciones hechas con la resina 3D de uso definitivo. Esto nos conduce a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la resistencia a la fractura de las

resinas de uso definitivo en restauraciones fijas múltiples fabricadas con resina 3D para restauraciones permanentes?

## **2.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

- ¿Existen diferencias en cuanto a la resistencia a la fractura de las resinas 3D VarseoSmile Crown Plus® y Saremco Crowntec®?
- ¿Cuál es el área que más se fractura de las resinas 3D VarseoSmile Crown Plus® y Saremco Crowntec®?
- ¿Cumplen con la resistencia a la fractura de acuerdo al fabricante las resinas 3D VarseoSmile Crown Plus® y Saremco Crowntec®?

## 2.3 JUSTIFICACIÓN

La odontología es una ciencia que se mantiene en constante evolución y crecimiento creando más avances a medida que pasa el tiempo. Esto es sobre todo cierto para la odontología digital la cual constituye una serie de equipos, materiales y softwares que permiten facilitar los procesos que se hacen de manera análogas y aportar mayor precisión. Esta tecnología lleva ya varias décadas desarrollándose pero que en un principio su acceso era muy difícil debido a los elevados costos (5). El uso de resinas 3D en la odontología ha ido en incremento a tal punto que cobra gran importancia su uso debido a las múltiples indicaciones que tiene. La implementación de resinas 3D para coronas definitivas tiene relativamente poco tiempo en el mercado y existe poca documentación al respecto. Es por esta razón que esta investigación se justifica y es importante ya que se logrará arrojar datos de qué tan buenas opciones son, en cuanto a resistencia a la fractura, dos de las marcas comerciales más relevantes (6).

Este estudio será provechoso para la comunidad odontológica debido a que permitirá saber si en efecto las coronas impresas son opciones viables para ofertar a un menor costo para los pacientes en comparación a zirconia o disilicato de litio. Los beneficios de la odontología digital son varios como lo son el marketing digital que se logra con los pacientes al poder mostrarles digitalmente su situación actual, cómo sería su resultado final e incluso lograr restauraciones definitivas en una misma cita siendo algo que muchos pacientes buscan. A nivel local no se ha realizado un estudio con la temática planteada e incluso internacionalmente existen pocas investigaciones. Es por esta razón que la elaboración de un estudio con estos objetivos es relevante, actual e importante.

## **CAPÍTULO 3:**

### **OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL**

Determinar la resistencia a la fractura de las resinas de uso definitivo en restauraciones fijas múltiples fabricadas con resina 3D para restauraciones permanentes.

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

- Comparar la resistencia a la fractura de las resinas 3D VarseoSmile Crown Plus® y Saremco Crowntec® .
- Determinar el área que más se fractura de las resinas 3D VarseoSmile Crown Plus® y Saremco Crowntec® .
- Verificar la resistencia a la fractura de acuerdo al fabricante las resinas 3D VarseoSmile Crown Plus® y Saremco Crowntec® .

## **CAPÍTULO 4:**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **4.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS**

En el año 2023, se llevó a cabo un estudio con el objetivo de investigar la resistencia a la fractura y al desgaste de coronas impresas utilizando las marcas Crowntec y Varseosmile Crown Plus, en comparación con coronas fresadas. El enfoque principal fue evaluar el rendimiento de estos productos en condiciones simuladas, para proporcionar una comprensión más profunda de su durabilidad y resistencia. El diseño experimental incluyó la fabricación de coronas sobre implantes, las cuales fueron escaneadas antes y después de ciclos de termociclado. Este procedimiento permitió superponer las imágenes y analizar visualmente el desgaste experimentado por las coronas a lo largo del tiempo. Además, se llevaron a cabo pruebas de resistencia a la fractura utilizando una máquina universal de prueba para evaluar la capacidad de cada tipo de corona para resistir fuerzas externas. Los resultados obtenidos revelaron que las coronas impresas, en particular las de las marcas Crowntec y Varseosmile Crown Plus, mostraron un mayor desgaste en comparación con las coronas fresadas. A pesar de esta diferencia en el desgaste, los puntajes de resistencia a la fractura fueron comparables entre las coronas impresas y fresadas. Estos hallazgos proporcionan valiosa información para profesionales de la odontología al considerar las opciones de fabricación de coronas, destacando la importancia de evaluar tanto el desgaste como la resistencia a la fractura al seleccionar materiales para aplicaciones odontológicas específicas (7).

En una investigación llevada a cabo en el año 2022, se propuso realizar una comparación entre resinas destinadas al uso provisional y una resina diseñada para uso definitivo. En este estudio, se evaluaron las resinas Crowntec, Temporary C&B y Permanent Bridge. Se imprimieron un total de 30 coronas para cada grupo de resinas, las cuales fueron sometidas a cargas mediante una máquina equipada con una punta cónica en un ensayo de prueba universal. Los resultados obtenidos revelaron un

rendimiento significativamente superior en la resina de uso permanente en comparación con aquellas destinadas al uso provisional. La probabilidad de supervivencia, evaluada bajo condiciones de carga específicas, fue notablemente más alta, alcanzando un impresionante 35% de mejora en términos de resistencia y durabilidad. Estos hallazgos sugieren que la resina de uso permanente demostró ser más dura y resistente a las tensiones mecánicas, lo que la posiciona como una opción más fiable y duradera en comparación con las resinas de uso provisional. Este estudio no solo arroja luz sobre las diferencias de rendimiento entre estas resinas, sino que también proporciona información valiosa para la toma de decisiones en la selección de materiales en el ámbito odontológico (8).

El estudio llevado a cabo por Abdulkareem et al. (9) en el año 2023 se propuso evaluar y comparar la adaptación marginal y la resistencia a la fractura de coronas fabricadas mediante técnicas de impresión y fresado. Para ello, se elaboraron un total de 30 coronas, dividiéndolas en dos grupos fresados, utilizando los materiales Vita Enamic y Cerasmart, y un grupo impreso mediante la tecnología VarseoSmile Crown Plus. En el análisis de la adaptación marginal, se empleó un microscopio para observar detalladamente la interacción entre las coronas y las estructuras circundantes. De manera complementaria, se evaluó la resistencia a la fractura mediante pruebas con una máquina universal. Los resultados revelaron que las coronas fabricadas mediante impresión 3D exhibieron la mejor adaptación marginal y una resistencia a la fractura comparable a las coronas fresadas, sin presentar diferencias estadísticamente significativas. Estos hallazgos sugieren que la tecnología de impresión 3D, en este caso, representada por VarseoSmile Crown Plus, no solo logró una adaptación marginal notable, sino que también demostró una resistencia a la fractura equiparable a las coronas fresadas utilizando Vita Enamic y Cerasmart. Este resultado respalda la viabilidad y la eficacia de las técnicas de impresión 3D en la fabricación de coronas dentales, destacando su capacidad para ofrecer resultados clínicamente relevantes en términos de ajuste y durabilidad.

La investigación llevada a cabo por Prause et al. (10) en el año 2023 buscaba comparar las propiedades mecánicas de coronas impresas en 3D destinadas a uso definitivo. Para ello, se utilizaron 50 discos fabricados con resina nanohíbrida, resina impresa en 3D para uso definitivo y polímero infiltrado de cerámica. La evaluación de

estas propiedades se realizó mediante el uso de una máquina de prueba hidráulica, aplicando fuerzas en puntos específicos hasta que se produjo la fractura del disco. Los resultados obtenidos revelaron que la resina fresada mostró la mejor resistencia a la fractura, mientras que la resina impresa en 3D exhibió el rendimiento más débil, con una resistencia promedio de 83.6 MPa. Este hallazgo sugiere que, en términos de propiedades mecánicas, la resina impresa en 3D para uso definitivo no alcanzó los niveles de resistencia observados en las resinas fresadas y el polímero infiltrado de cerámica. Como conclusión, los autores sugieren que la resina impresa en 3D destinada a uso definitivo debería considerarse más adecuada para aplicaciones temporales o provisionales, ya que presenta propiedades mecánicas insuficientes en comparación con las opciones fresadas. Estos resultados resaltan la importancia de la evaluación cuidadosa de las propiedades mecánicas al seleccionar materiales para restauraciones dentales definitivas, señalando áreas de mejora necesarias en la tecnología de impresión 3D para lograr aplicaciones clínicas más amplias y exitosas.

El estudio realizado por Suksuphan et al. (11) se centró en la observación de la adaptación marginal y la resistencia a la fractura de coronas dentales, tanto impresas como fresadas. En esta investigación, se elaboraron 90 coronas destinadas a molares, dividiéndolas en dos grupos: Vita Enamic y VarseoSmile. El análisis se llevó a cabo utilizando un microscopio para evaluar la adaptación marginal antes de la cementación de las coronas, y la resistencia a la fractura se midió utilizando una máquina de prueba equipada con una punta cónica. Los resultados revelaron que las coronas impresas exhibieron una adaptación marginal superior en comparación con las coronas fresadas. Sin embargo, se observó que las coronas impresas se fracturaron con valores de fuerza de carga relativamente bajos. A pesar de esta diferencia en la resistencia a la fractura, los autores concluyeron que ambas opciones, ya sea impresas o fresadas, son igualmente viables, ya que la diferencia no fue estadísticamente significativa. Esta conclusión subraya la idea de que la elección entre coronas impresas y fresadas puede depender de factores adicionales, como la adaptación marginal y la resistencia a la fractura, y que la decisión final debe basarse en consideraciones clínicas y las necesidades específicas del paciente. Este estudio contribuye al cuerpo de conocimientos en la selección de métodos de fabricación en odontología, destacando la importancia de evaluar múltiples aspectos para tomar decisiones informadas y personalizadas en la práctica clínica.

Este estudio llegó a la conclusión alentadora de que las coronas impresas destinadas a uso definitivo exhiben una mejor adaptación marginal en comparación con las restauraciones fresadas, manteniendo al mismo tiempo una resistencia a la fractura similar. Este hallazgo contradice investigaciones previas que sugerían que las resinas impresas podían tener una menor resistencia. Los investigadores realizaron un análisis detallado en 10 coronas sobre implantes, aplicando puntos de presión variables para determinar las áreas que presentaban mayor resistencia. Uno de los factores clave que emergió de estos resultados fue la influencia del tipo de cementación, el cual afectó de manera más significativa a las coronas fresadas. Este hallazgo resalta la importancia de considerar no solo el método de fabricación, sino también las variables externas, como el proceso de cementación, al evaluar la calidad y durabilidad de las restauraciones dentales. Estos resultados prometedores sugieren que las coronas impresas pueden ser una opción viable y eficaz para aplicaciones definitivas, desafiando percepciones previas sobre la resistencia de las resinas impresas. Este tipo de avances contribuye a la evolución continua de la tecnología de impresión 3D en odontología, ofreciendo alternativas más sólidas y precisas en la fabricación de restauraciones dentales definitivas (12).

## **4.2 REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **4.2.1 IMPRESORAS 3D**

La impresora 3D ha transformado la práctica odontológica, ofreciendo una herramienta innovadora que se adapta a diferentes necesidades odontológicas como la creación de prótesis dentales entre otros. En el ámbito odontológico, estas impresoras posibilitan la generación de modelos tridimensionales precisos facilitando la planificación de tratamientos y la producción de prótesis dentales que antes solo se podían obtener mediante procedimientos largos de varios días. El sistema CAD-CAM ha estado presente en el ámbito odontológico durante más de tres décadas, desempeñando un papel crucial, especialmente en áreas como la prótesis y la cirugía.

Aunque su presencia ha sido constante, su adopción generalizada por parte de los odontólogos ha experimentado un notable aumento en tiempos más recientes (13).

Este fenómeno se atribuye principalmente a la disponibilidad de equipos más accesibles y fáciles de utilizar, lo que ha facilitado el acceso a esta tecnología. Hasta hace relativamente poco, la integración cotidiana del CAD-CAM en la práctica odontológica se veía limitada por la complejidad y los costos elevados de los equipos. Sin embargo, con el avance de la tecnología, la introducción de escáneres intraorales e impresoras 3D ha marcado un cambio significativo. Estos dispositivos permiten la digitalización de diversos procesos, destacándose, por ejemplo, en la creación de prótesis dentales de manera más eficiente y precisa (13).

La evolución de estos instrumentos ha propiciado un cambio relevante en numerosos procedimientos odontológicos, ofreciendo una precisión superior en comparación con los métodos tradicionales. En la actualidad, esta revolucionaria tecnología se ha expandido a todas las especialidades odontológicas, marcando un antes y un después en la forma en que se abordan y ejecutan diversos tratamientos. Este avance tecnológico no solo ha optimizado la eficiencia clínica, sino que también ha elevado los estándares de atención al paciente, consolidándose como un pilar fundamental en el arsenal de herramientas de la odontología moderna (14).

Aunque diversas investigaciones sugieren que las impresoras 3D aún no alcanzan la calidad de los métodos convencionales, su consideración como una excelente solución radica en su capacidad para hacer que los procesos sean más eficientes y rápidos. Esta tecnología, aunque puede no superar en calidad en algunos casos, se destaca por su versatilidad. La eficacia y la rapidez son elementos fundamentales que hacen que las impresoras 3D sean valiosas en el ámbito odontológico (14).

## Imagen 1. Impresora 3D



**Fuente:** Ackuretta. SOL dental 3D printer. Disponible en: <https://ackuretta.com/products/sol-dental-3d-printer>

En situaciones de pérdida o daño, la capacidad de volver a imprimir la rehabilitación o el modelo tantas veces como sea necesario proporciona una flexibilidad sin igual. Este atributo no solo acelera los procesos, sino que también representa un enfoque más rentable y menos propenso a desperdicios en comparación con los métodos tradicionales. La adopción de impresoras 3D en la fabricación de prótesis ha transformado la experiencia clínica al reducir la cantidad de citas necesarias. La impresión digital ofrece una precisión excepcional, eliminando la necesidad de numerosas pruebas que son comunes en el método análogo convencional. Al optimizar la eficiencia y minimizar los procedimientos redundantes, estas impresoras se posicionan como una herramienta revolucionaria en la odontología moderna, destacando por su capacidad para mejorar significativamente la calidad y la rapidez en la entrega de servicios dentales (15).

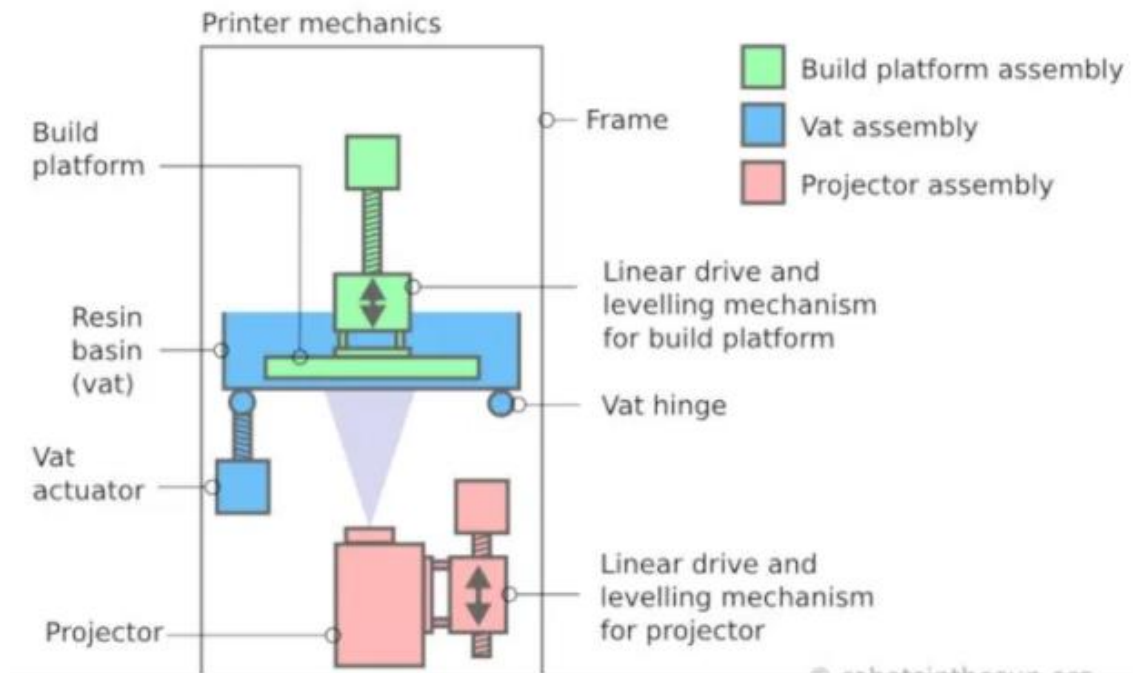
La aplicación de la tecnología de impresión 3D en odontología no se limita exclusivamente a las prótesis dentales; se extiende también a la creación de guías quirúrgicas para implantes dentales, modelos de estudio, de entrenamiento, ortodoncia invisible e incluso endodoncia. Esta versatilidad ha contribuido a una mayor eficiencia en los procedimientos dentales, disminuyendo los tiempos de producción y mejorando la precisión de los resultados. . Las impresiones de modelos 3D son más exactas que las tradicionales y presentan la ventaja de bajos costos al punto en que un dentista puede tener una impresora 3D en su consulta. En resumen,

la impresión 3D en odontología representa un avance significativo que beneficia tanto a los profesionales como a los pacientes, al ofrecer soluciones personalizadas y de alta calidad (2).

Las impresoras 3D, desde otra perspectiva, incorporan una variedad de componentes internos cuya configuración varía según la técnica utilizada para la impresión. Estos componentes comúnmente abarcan una plataforma de construcción, un tipo específico de proyector o fuente de luz, un tanque de resina y una estructura externa que alberga y coordina estos elementos. La plataforma de construcción sirve como la base sobre la cual se construye el objeto tridimensional, y su diseño y movilidad están adaptados al método de impresión específico. El proyector o fuente de luz desempeña un papel crucial en la solidificación de la resina, siendo su tipo determinante en la tecnología de impresión utilizada. El tanque de resina contiene el material base que se solidificará capa por capa para formar el objeto final. La estructura externa proporciona soporte y alineación precisa de los diversos componentes durante el proceso de impresión (16).

Existen distintos métodos para llevar a cabo la impresión 3D, y las diferencias entre ellos radican en cómo se proyecta la luz y la velocidad con la que se realiza el proceso. Algunos de estos métodos incluyen la estereolitografía (SLA), el procesamiento digital de luz (DLP) y la tecnología de pantalla de cristal líquido (LCD). Cada uno de estos enfoques tiene sus propias características y aplicaciones específicas, pero comparten la estructura básica mencionada anteriormente. Hay tres métodos distintos mediante los cuales una impresora puede llevar a cabo la impresión 3D y las diferencias entre ellos está en la forma en que se proyecta la luz y en la velocidad con la que se realiza el proceso. La técnica SLA (estereolitografía) utiliza rayos láser dirigidos por espejos para solidificar secciones específicas de la resina en el tanque (10).

## Imagen 2. Componentes de una impresora 3D



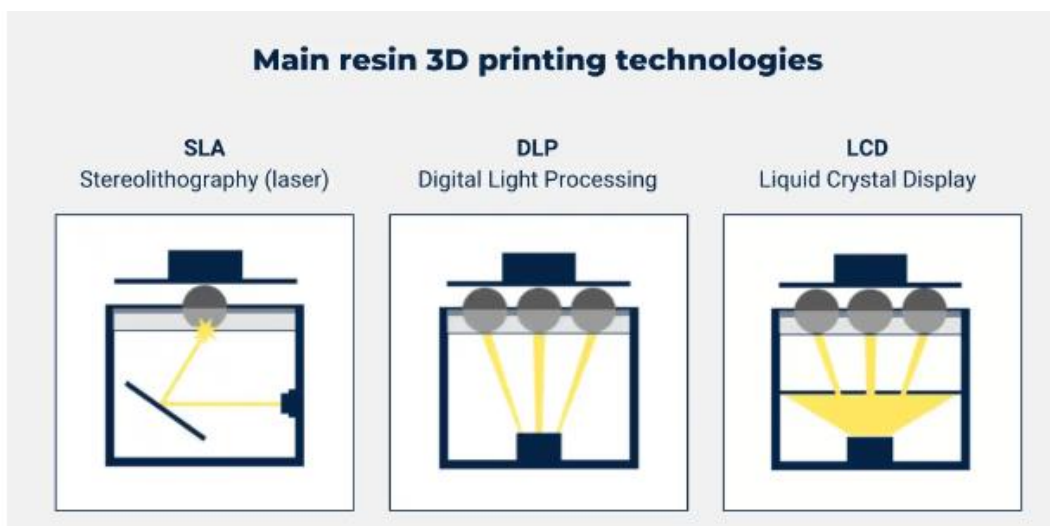
**Fuente:** FoxDoc. Photopolymer Resin 3D Printing Comparison: SLA vs DLP vs LCD. Disponible en: <https://facfox.com/docs/kb/photopolymer-resin-3d-printing-comparison-sla-vs-dlp-vs-lcd>

El proceso de impresión 3D utilizando tecnología SLA (estereolitografía) implica la solidificación de capas sucesivas de resina fotosensible mediante un láser ultravioleta. Después de que cada capa se solidifica, la plataforma de impresión se eleva para permitir la aplicación de la siguiente capa, repitiendo este proceso hasta completar la impresión del objeto tridimensional. Aunque esta tecnología ofrece una alta precisión y detalles finos en los objetos impresos, las impresoras SLA tienden a ser más costosas tanto en términos de la inversión inicial como de los materiales utilizados. Por otro lado, la técnica DLP (Procesamiento Digital de Luz) comparte similitudes con la tecnología SLA, pero en lugar de un láser, utiliza un proyector de luz para solidificar las capas de resina fotosensible. Este enfoque también opera con la elevación de la plataforma después de cada capa. Aunque es comparable en términos de calidad de impresión, la tecnología DLP puede ofrecer una velocidad de impresión ligeramente mayor en comparación con SLA (16).

Finalmente, la tecnología LCD (Pantalla de Cristal Líquido) representa una opción más asequible. En este método, se utilizan paneles LCD para controlar la exposición de luz ultravioleta a la resina. En lugar de utilizar un proyector o láser, la

pantalla LCD apaga píxeles específicos donde no se requiere la solidificación de la resina. A pesar de ser más accesible en términos de costos, las impresoras LCD pueden tener una velocidad de impresión más baja en comparación con las tecnologías SLA y DLP. Cada una de estas tecnologías tiene sus propias ventajas y desventajas, y la elección entre ellas dependerá de factores como el presupuesto, la velocidad de impresión requerida y la precisión deseada. En general, mientras que las impresoras SLA y DLP son conocidas por ofrecer una alta calidad de impresión, la tecnología LCD tiende a ser más asequible, aunque puede ser más lenta (16).

**Imagen 3.** Tipos de impresora 3D



**Fuente:** Zongheng. What is SLA, DLP and LCD. Disponible en: <https://www.zongheng3d.com/what-are-sla-dlp-and-lcd/>

#### 4.2.2 TIPOS DE RESINA PARA IMPRESORA 3D

La introducción de la resina 3D ha generado una auténtica revolución en el campo odontológico, consolidándose como un componente esencial en la confección de prótesis dentales y productos personalizados. Esta sustancia, fotosensible y con cadenas cortas de carbono, experimenta un proceso innovador de fotocurado selectivo que se ajusta perfectamente a las exigencias de la impresión 3D en odontología. Su aplicación no solo posibilita la creación de modelos tridimensionales altamente precisos, sino que también facilita la producción eficiente de prótesis dentales de alta calidad. La versatilidad de la resina 3D se manifiesta en su capacidad para adaptarse a diversas tecnologías de impresión, como SLA, DLP y LCD. Esta

diversidad ofrece a los profesionales odontológicos opciones flexibles en términos de velocidad y costos, permitiéndoles seleccionar el enfoque que mejor se adapte a sus necesidades y preferencias (17).

Este avance no solo ha optimizado la eficiencia del proceso, sino que también ha mejorado significativamente la calidad, durabilidad y estética de los dispositivos protésicos resultantes. La aplicación de resinas 3D no se limita a un único propósito, ya que en la actualidad se dispone de una amplia gama de variantes diseñadas para diferentes usos, como coronas provisionales, definitivas, prótesis totales, entre otros. Este espectro diversificado de opciones permite a los profesionales odontológicos personalizar aún más sus tratamientos, brindando a los pacientes soluciones adaptadas a sus necesidades específicas y elevando el estándar de atención en el campo de la odontología (18).

El futuro continúa ya que se esperan innovaciones importantes con respecto a las resinas que logrará hacer difícil la elección entre un material impreso o fresado como lo son las resinas infundadas con zirconia. A su vez, se espera la introducción de resinas de alta transparencia con una gran carga cerámica. Este desarrollo representará un cambio estético fundamental en la impresión 3D. En segundo lugar, se espera la llegada de materiales de ultra alta resistencia proporcionados por diferentes marcas comerciales. Estos elevarán las resinas impresas a nuevos estándares en cuanto resistencia a la fractura y resistencia a la flexión. Esto consolidará aún más la impresión 3D como la solución definitiva para las restauraciones definitivas (18).

Las resinas empleadas en la impresión 3D se componen de una compleja amalgama de elementos, entre los que destacan los monómeros, oligómeros, fotoiniciadores y aditivos. Cada uno de estos componentes desempeña un papel esencial en la formulación de las resinas, permitiendo la creación de una amplia gama de formas, características y colores que son fundamentales en la fabricación de productos mediante esta tecnología innovadora. En este contexto, los monómeros y oligómeros se erigen como la piedra angular de la resina al constituir la base polimérica. Estos elementos desempeñan un papel crucial al proporcionar la estructura molecular necesaria para el proceso de solidificación durante el fotocurado.

La interacción dinámica entre estos compuestos determina las propiedades físicas y químicas de la resina resultante, influyendo directamente en su capacidad para adoptar formas específicas y adquirir características deseadas (19).

Los fotoiniciadores, por otro lado, desempeñan una función clave al catalizar la reacción de polimerización cuando la resina se expone a la luz ultravioleta. Este proceso activa la transformación de los monómeros y oligómeros, llevándolos de un estado líquido a una estructura sólida y estable. Por último, los aditivos complementan la formulación al proporcionar propiedades adicionales, como resistencia a la abrasión, flexibilidad o incluso la capacidad de adoptar colores específicos. La combinación precisa de estos elementos permite a los fabricantes de resinas personalizar sus formulaciones para satisfacer requisitos específicos de aplicaciones, brindando así una versatilidad sin igual en la impresión 3D y posibilitando la creación de productos con características técnicas y estéticas excepcionales. Los fotoiniciadores, por otro lado, son agentes sensibles a la luz que inician la reacción de polimerización al ser expuestos a la luz ultravioleta durante la impresión 3D (19).

En última instancia, los aditivos desempeñan un papel fundamental al ser ingredientes adicionales que se incorporan con el fin de ajustar propiedades específicas en las resinas, tales como viscosidad, flexibilidad o color. Esta inclusión estratégica de aditivos proporciona la versatilidad necesaria para adaptar las resinas a una variedad de aplicaciones y requisitos, asegurando así que puedan cumplir con estándares específicos en distintos campos, incluyendo el ámbito odontológico. La combinación precisa de estos componentes se vuelve esencial para lograr resinas con características óptimas, permitiendo su implementación exitosa en diversos contextos. Además de la resina estándar, que se destaca por su alta resolución y capacidad para reproducir detalles finos, existen otros tipos de resinas que abordan necesidades particulares. Las resinas de ingeniería, por ejemplo, son ideales para la creación de prototipos de productos debido a sus propiedades específicas. En el campo odontológico, las resinas dentales han sido diseñadas para satisfacer los requisitos específicos de este ámbito, brindando soluciones precisas y duraderas para la fabricación de prótesis y modelos. Asimismo, se encuentran resinas especializadas, como las de guía quirúrgicas o de placas miorelajantes. A su vez, las resinas cerámicas también han ganado prominencia, ofreciendo opciones que se adaptan a

aplicaciones que requieren propiedades cerámicas específicas en la impresión 3D. Esta diversidad de resinas demuestra la capacidad de esta tecnología para satisfacer una amplia gama de necesidades en diferentes industrias, gracias a la adaptabilidad y personalización proporcionadas por la combinación única de monómeros, oligómeros, fotoiniciadores y aditivos (20).

#### **4.2.3 RESINAS DE USO DEFINITIVO**

Las resinas 3D destinadas a la fabricación de coronas definitivas en odontología han emergido como una opción innovadora y altamente funcional. Estas resinas están formuladas con una combinación de monómeros, oligómeros, fotoiniciadores y aditivos específicos para garantizar propiedades mecánicas y estéticas óptimas. Estas resinas ofrecen ventajas significativas en comparación con los métodos tradicionales de fabricación de coronas. La impresión 3D permite una mayor precisión en la reproducción de la anatomía dental, lo que resulta en coronas con muy buen ajuste y una distribución uniforme de la carga durante la masticación. Además, ofrece un factor clave que es el hecho de poder hacer la misma corona exactamente igual cuantas veces sean necesarias, en poco tiempo y a menor costo que una de zirconia (21).

Otro beneficio clave radica en la eficiencia del proceso. La tecnología de impresión 3D reduce los tiempos de producción, permitiendo la entrega rápida de coronas definitivas y, por ende, mejorando la experiencia del paciente al minimizar los plazos de espera. La combinación de precisión, estética y eficiencia convierte a las resinas 3D en una opción atractiva y prometedora para la fabricación de coronas dentales definitivas pero que en la actualidad cuenta con poca base científica y de estudios que demuestren su efectividad a largo plazo. Las investigaciones disponible han explorado la precisión de detalles anatómicos, resistencia a la fractura, biocompatibilidad y duración en boca de las mismas. Sigue siendo un tema novedoso ya que de lo que más estudios hay es sobre el uso de coronas provisionales impresas (12).

La consideración de la toxicidad y la biocompatibilidad de las resinas es esencial, especialmente cuando se utilizan para crear prótesis dentales. La capacidad

de una resina para mantener su integridad después de la esterilización es muy importante para garantizar la seguridad del paciente. Aspectos como la estructura interna y los componentes de la resina son determinantes en su toxicidad y en cómo responde a los diversos cambios que pueden ocurrir en la boca. En este contexto, existen resinas específicamente diseñadas para su uso en la cavidad oral, considerando los requisitos de biocompatibilidad y estabilidad después de la esterilización (22).

En la actualidad, se encuentran disponibles resinas que poseen un notable contenido cerámico, lo que les permite competir en términos de calidad con las restauraciones fresadas. Un desarrollo innovador que se vislumbra para el futuro es la introducción de resinas 3D impregnadas con zirconia, un avance que promete alcanzar niveles nuevos de resistencia a la fractura. Esta evolución representa un giro significativo en la tecnología de materiales dentales, ya que estas resinas no solo ofrecen resistencia superior al desgaste, sino que también establecen nuevos estándares en la industria de los nanohíbridos cerámicos. La integración de zirconia en resinas 3D apunta a superar las limitaciones previas y proporcionar restauraciones dentales que no solo sean estéticamente atractivas, sino también excepcionalmente duraderas. Esta combinación de materiales busca brindar a los pacientes soluciones de calidad a largo plazo, destacando no solo por su resistencia a las fracturas sino también por su capacidad para resistir el desgaste a lo largo del tiempo. Este avance no solo abre nuevas posibilidades en términos de resistencia y durabilidad, sino que también marca un hito en la evolución de los materiales dentales, permitiendo a los profesionales de la odontología ofrecer opciones más avanzadas y efectivas a sus pacientes. La constante búsqueda de mejoras en la calidad y la longevidad de las restauraciones dentales respalda la evolución constante de la tecnología en este campo, beneficiando directamente la salud y la satisfacción de los pacientes.

#### 4.2.4 RESISTENCIA A LA FRACTURA

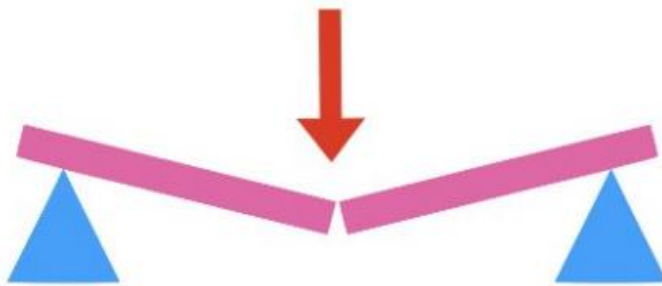
En la actualidad se reconoce que las prótesis impresas 3D pueden tener una resistencia a la fractura inferior en comparación con las prótesis elaboradas a los métodos convencionales o fresados, aunque aún cumplen con los criterios mínimos requeridos. A la hora de elegir el tipo de resina un factor determinante es la resistencia a la fractura debido en situaciones como bruxismo entre otras variables que pueden facilitar que se fracture más fácil (23). La resistencia puede verse afectada por la dirección en la cual se imprime algo pudiendo favorecer fracturas. La unión entre las capas impresas se vincula con la porosidad entre una capa y otra, así como con la contracción del material durante el proceso de polimerización. En respuesta a estos desafíos, se han desarrollado resinas específicas para aplicaciones como la impresión de dientes. Estas resinas han sido objeto de comparación con dientes prefabricados, y los estudios han revelado que poseen una resistencia al desgaste similar. La investigación en este campo busca constantemente optimizar la resistencia y durabilidad de las prótesis impresas 3D, abordando aspectos como la calidad de la unión entre capas y la contracción del material (24).

La resistencia a la flexión ha sido destacada en diversas investigaciones, a menudo presentándose como el parámetro crucial, aunque en muchos casos este enfoque podría interpretarse más como una estrategia de mercadeo que como un criterio técnico. Este valor se ha promocionado como la medida definitiva para comparar la dureza de diferentes materiales dentales, convirtiéndose en el estándar esencial para determinar su calidad. Sin embargo, un estudio reciente ha desafiado esta perspectiva al explorar la relación entre la alta resistencia flexural y el éxito clínico. Contrariamente a la creencia común, los resultados de este estudio revelaron que la resistencia a la flexión no guardaba una correlación significativa con el éxito clínico de los materiales dentales evaluados (25).

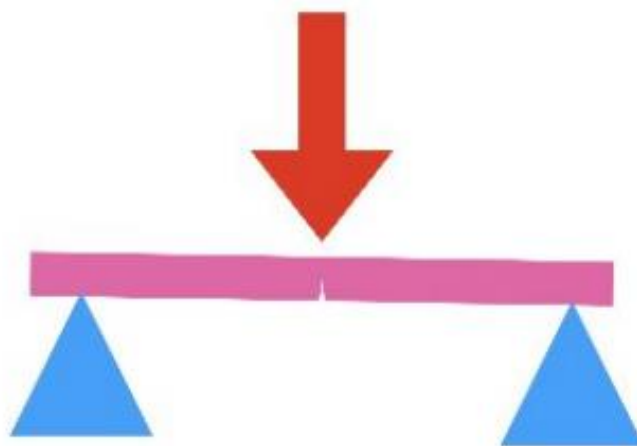
En lugar de basarse únicamente en la resistencia a la flexión como indicador principal, los investigadores observaron que la verdadera correlación con los resultados tanto clínicos como de laboratorio, en términos de la capacidad de supervivencia de los materiales, estaba directamente vinculada a la resistencia a la fractura. Este hallazgo desafía la noción convencional y destaca la importancia de

reconsiderar el énfasis exclusivo en la resistencia a la flexión como indicador de calidad. La resistencia a la fractura emerge como un factor más relevante en la evaluación de la durabilidad y el rendimiento clínico de los materiales dentales. Este cambio de enfoque puede tener implicaciones significativas en la selección y evaluación de materiales para aplicaciones odontológicas, subrayando la necesidad de una comprensión más holística de los factores que realmente contribuyen al éxito clínico a largo plazo (25).

**Imagen 4. Resistencia flexural**



**Imagen 5. Resistencia a la fractura**



**Fuente:** Renne W, Defee M. 3D Printing in restorative dentistry. Modern Optimized Dentistry (25)

## **CAPÍTULO 5:**

### **HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

**H:** No existe diferencia significativa al comparar la resistencia a la fractura de las coronas de uso definitivo realizadas con VarseoSmile Crown Plus® y Saremco Crowntec®.

**H<sub>n</sub>:** Existe diferencia significativa al comparar la resistencia a la fractura de las coronas de uso definitivo realizadas con VarseoSmile Crown Plus® y Saremco Crowntec®.

**H<sub>1</sub>:** Las coronas impresas con las resinas 3D VarseoSmile Crown Plus® y Saremco Crowntec® tienen la misma resistencia a la fractura.

## **CAPÍTULO 6: MATERIAL Y MÉTODO**

### **6.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Con el fin de responder a la pregunta de investigación, se diseñó una investigación experimental. Mediante el uso del equipo Universal Testing Machine MTI-2K del Centro de Investigación en Biomateriales y Odontología (CIBO), UNIBE con una prueba 3-point bending test que midió la resistencia flexural de restauraciones múltiples impresas con resina de uso de definitivo con las resinas 3D VarseoSmile Crown Plus® y Saremco Crowntec®.

### **6.2 TIPO DE ESTUDIO**

Este estudio fue de tipo comparativo entre las restauraciones múltiples impresas con la resina 3D VarseoSmile Crown Plus® y con la resina 3D Saremco Crowntec®. Se puede decir que este estudio fue comparativo debido a que, se compararon dos productos distintos y a su vez descriptivo de fuente primaria, ya que los datos fueron obtenidos directamente por los investigadores y no mediante fichas o registros que asimismo fueron descritos, tal y como son.

### **6.3 MÉTODO DEL ESTUDIO**

El método de estudio que se utilizó fue de análisis, ya que se basó en realizar los procedimientos experimentales sometiendo la información recaudada.

### **6.4 CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

Dentro de los criterios de inclusión que se tomaron en cuenta para realizar esta investigación están:

- Restauraciones impresas de 3 unidades sobre implantes elaboradas con las resinas 3D VarseoSmile Crown Plus® y Saremco Crowntec®.

## **6.5 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

Para este estudio no existieron criterios de exclusión, ya que todos los objetos seleccionados para los estudios cumplían con los criterios de inclusión, debido a que fueron diseñados y realizados bajo los mismos parámetros.

## **6.6 POBLACIÓN Y MUESTRA**

En esta investigación se utilizó un muestreo no probabilístico, donde se realizaron 50 puentes de 3 unidades sobre implantes, divididos en 25 con resina 3D VarseoSmile Crown Plus® y 25 Saremco Crowntec®.

## **6.7 VARIABLES**

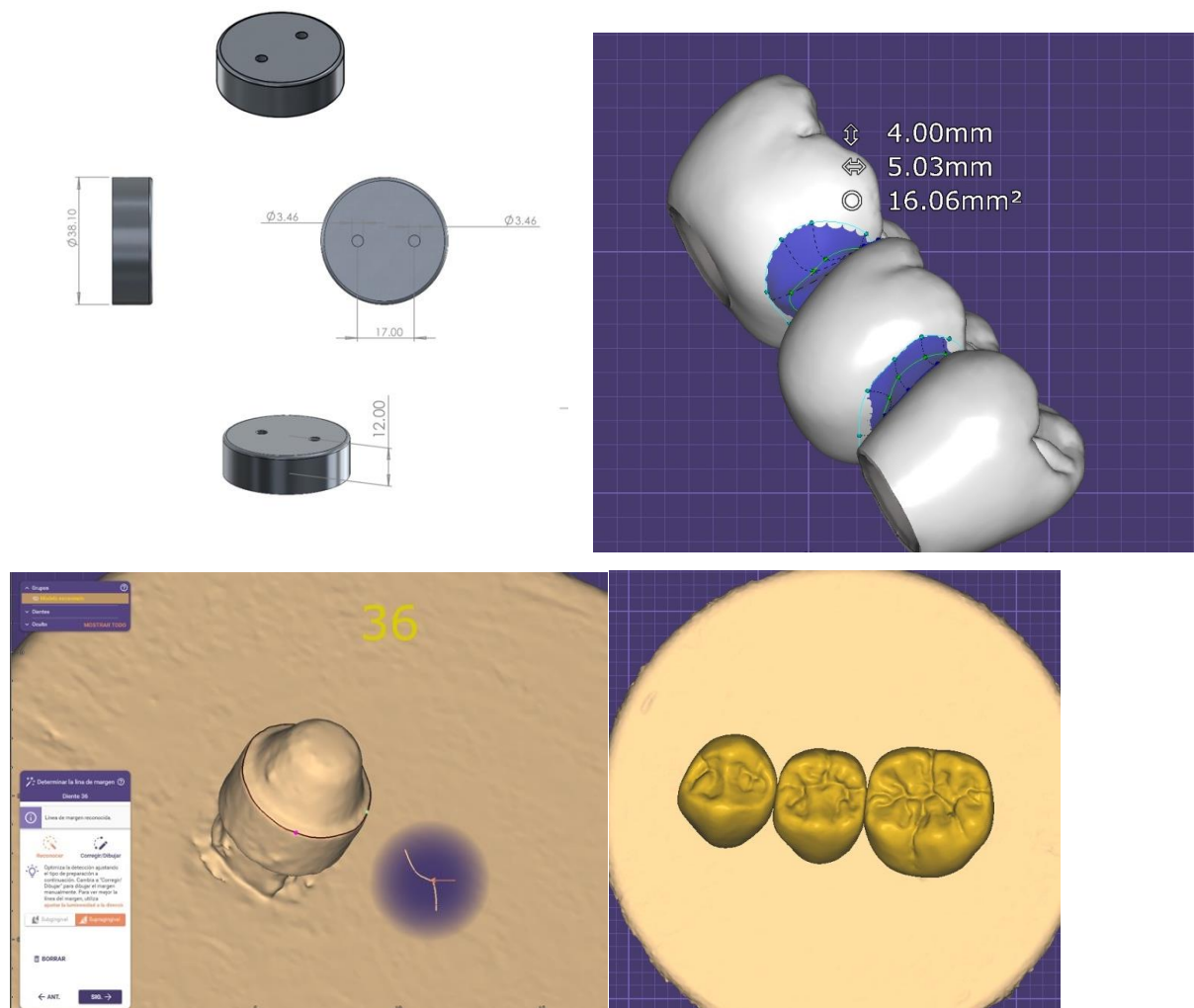
La variable dependiente principal fue la resistencia flexural, sin embargo, la variable independiente fueron los dos tipos de resina 3D que se utilizaron, en este caso, VarseoSmile Crown Plus® y Saremco Crowntec®.

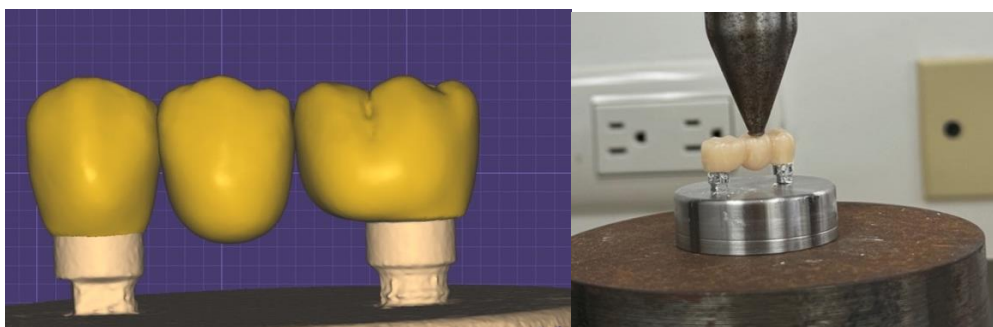
## **6.8 PROCEDIMIENTO**

Para llevar a cabo esta investigación, se confeccionó un bloque de acero fresado diseñado en el software CAD, SolidWorks®, Velizy- Villacoublay, Francia, con dos agujeros, donde se colocaron dos análogos de pilares para prótesis múltiples de tipo minipilares de la marca Neodent, Curitiba, Brasil. Se colocó un opacador para escanear el bloque junto con los análogos con el escáner de mesa Medit T300® de la marca Medit, Seoul, Corea del Sur. Posteriormente se realizó el diseño del puente mediante el software CAD Exocad®, Darmstadt, Alemania, de las piezas 44, 45 y 46, siendo el 45 un pónico, se aseguró que los conectores tuvieran las mismas medidas

de diámetro. Este diseño fue impreso 50 veces con la impresora 3D DentiQ de la marca Ackuretta®, Taipei, Taiwán con la resina VarseoSmile Crown Plus® de la marca Bego, Bremen, Alemania y la misma cantidad con la resina Saremco Crowntec® de la marca Saremco, Rebstein, Suiza. Los análogos de molar fueron arenados y se procedió a cementar las restauraciones con el cemento temporal a base de óxido de zinc sin eugenol Temp- Bond® de la marca Kerr, California, Estados Unidos.

**Imagen 6.** Diseño de placa de acero, diseño de prótesis exocad y pruebas.





**Fuente:** autoría propia

La muestra se midió con el equipo MTI-2K, suministrado por el Centro de Investigación y Biomateriales (CIBO) de UNIBE . En este equipo se colocaron cada uno de los puentes y se realizó una compresión con la punta cónica en el pónico hasta la fractura de la estructura. Posterior a recolectar esta información, se realizó un análisis estadístico para comparar los resultados obtenidos de ambas resinas. Una vez terminada la sesión de la fase experimental de nuestro estudio, se procedió a analizar la data que nos proveyó la MTI-2K. Cada uno de los puentes que fueron sometidos a compresión, donde se obtuvo su propia data a la cual se le calculó la media. La fuerza máxima de compresión se calculó en Newton, por lo tanto estos datos se convirtieron en Megapascales para estandarizar los resultados. Para convertir en Megapascales, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Resistencia compresiva (MPa)} = \frac{\text{Fuerza ejercida (N)}}{\text{Área de la prótesis (mm}^2\text{)}}$$

Cabe resaltar que, para realizar esta investigación no fue necesaria la aprobación del Comité de Ética.

## 6.9 FUENTE DE INFORMACIÓN

Para llevar a cabo esta investigación se elaboró una ficha de recolección de información (Anexo 1). La misma estaba encabezada con la información y logo de la Universidad Iberoamericana (UNIBE), seguido del título de la investigación, las personas involucradas y los acápites necesarios para la recolección de las variables del estudio. El primer acápite fue el código, que fue utilizado para identificar el puente que estuvo siendo evaluado y luego, la resina que se utilizó para obtener el puente

evaluado. Se describió la medida de fuerza compresiva que recibió el puente estudiado hasta fracturarse. A su vez, se seleccionó el área en fracturarse primero.

## **6.10 TRATAMIENTO DE LOS DATOS**

Para el uso electrónico se utilizó una MacBook Pro-2016, con el paquete de Microsoft Office 365 para obtener acceso a Microsoft Word y a Microsoft Excel. Los datos fueron archivados en tablas de Excel. Para el análisis estadístico, se utilizó SPSS Statistics versión 22. Se realizó la Prueba Chi- cuadrado, donde se consideró el nivel de significancia del 5% ( $p \leq 0.05$ ) para los cruces de variables cuantitativas. Para los cruces de variables cuantitativa con cualitativa se utilizó T- student con valor de P menor o igual a 0.05.

## CAPÍTULO 7

### RESULTADOS

**Tabla 1.** Descriptiva de las resinas y resistencia a la fractura

<i>Variable</i>		<i>N</i>	<i>%</i>
<i>Tipo de resina</i>	VarseoSmile Crown Plus®	25	50%
	Saremco Crowntec®	25	50%
	<i>Total</i>	<i>50</i>	<i>100%</i>
	Mesial	1	2%
<i>Punto de quiebre</i>	Centro	28	56%
	Distal	21	42%
	<i>Total</i>	<i>50</i>	<i>100%</i>
	Mínimo	2.65 MPa	
<i>Resistencia a la fractura</i>	Máximo	13.37 MPa	
	Media	5.35 MPa	
	Desviación estándar	2.19	

**Fuente:** Evaluación de la resistencia a la fractura de restauraciones fijas múltiples fabricadas con resina 3D para restauraciones permanentes: estudio in vitro

#### Interpretación

En la siguiente tabla se observa que se evaluaron un total de 50 muestras divididas equitativamente entre las resinas VarseoSmile Crown Plus® y Saremco Crowntec®. Se evidenció que el punto de quiebre más común de estas restauraciones fue el centro para un 56% y un 42% en distal. Al hablar de resistencia a la fractura la media fue de  $5.35 \pm 2.19$  Megapascales.

**Tabla 2.** Correlación de resistencia a la fractura

VARIABLE	TIPO DE RESINA	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR DE P
RESISTENCIA A LA FRACTURA	VarseoSmile	4.60 MPa	1.43	0.015
	Crown Plus®			
	Saremco	6.10 MPa	2.57	
	Crowntec®			

**Fuente:** Evaluación de la resistencia a la fractura de restauraciones fijas múltiples fabricadas con resina 3d para restauraciones permanentes: estudio in vitro

### Interpretación

Al correlacionar las variables tipo de resina con resistencia a la fractura se pudo observar que la resina Saremco Crowntec® de la marca comercial Saremco obtuvieron en promedio una resistencia a la fractura superior a la VarseoSmile Crown Plus® de la marca Bego por 2 MPa de diferencia. Lo anterior se evidenció también al realizar el análisis estadístico de T- Student donde el valor de 0.015 indica que es estadísticamente significativo.

**Tabla 3.** Correlación de punto de quiebre y tipo de resina

VARIABLE		MESIAL	CENTRO	DISTAL	VALOR DE P			
TIPO DE RESINA	VarseoSmile Crown Plus®	0	0.0%	12	42.9%	13	61.9%	0.25
	Saremco Crowntec®	1	100%	16	57.1%	8	38.1%	
	Total	1	100%	28	100%	21	100%	

**Fuente:** Evaluación de la resistencia a la fractura de restauraciones fijas múltiples fabricadas con resina 3d para restauraciones permanentes: estudio in vitro

### Interpretación

En cuanto a la relación que existe entre el punto de quiebre y el tipo de resina no se obtuvo valor estadísticamente significativo de Chi cuadrado. Se observó solo una corona fracturada por mesial de la marca Saremco, y esta tiene también más tendencia a fracturarse por el centro (57.1%). La resina VarseoSmile Crown Plus® se fractura más comúnmente por distal (61.9%), seguido que por el centro (42.9%).

## CAPÍTULO 8

### DISCUSIÓN

Esta investigación se llevó a cabo con la finalidad de dar respuesta al objetivo planteado que fue de evaluar la resistencia a la fractura de restauraciones fijas múltiples. Se evaluaron un total de 50 muestras divididas equitativamente entre dos resinas de uso definitivo que se encuentran en el mercado (VarseoSmile Crown Plus® y Saremco Crowntec®). Se encontró una resistencia promedio a la fractura de 5.35 Mpa, donde la Saremco Crowtec® fue la más resistente de las dos demostrando una relación estadísticamente relevante entre el tipo de resina y la facilidad de quiebre de las mismas. A su vez, se observó que las prótesis se fracturaban mayoritariamente por el centro. Al llevar a cabo la investigación, se observaron fortalezas y debilidades de esta, como por ejemplo fue una fortaleza llevar a cabo un tema novedoso que a la fecha cuenta con pocas investigaciones y donde se siguieron buenos protocolos para asegurar el éxito del estudio. Asimismo, se contó con variables de poco estudio, como por ejemplo la zona en la que frecuentemente se fractura. Una debilidad fue el hecho de hacer pruebas in vitro debido al poco tiempo, puesto a que, sería interesante el comportamiento de las resinas colocadas en pacientes.

De acuerdo con VarseoSmile Crown Plus®, sus restauraciones tienen una resistencia a la fractura de 116 a 150 MPa esto dista de nuestros resultados, ya que encontramos tan solo 4.60 MPa una diferencia significativa. En un estudio publicado por la misma marca comercial donde evaluaron la resistencia a la fractura de su resina en pilares sobre implantes. Se evaluaron un total de 32 especímenes, una cantidad similar a la estudiadas por nosotros de 25, que fueron a su vez divididos en dos grupos equitativos donde una parte recibió termociclado para simular el proceso de estar en boca. El protocolo fue similar al nuestro dónde en una base de acero se colocó el aditamento y la corona para ejercer diferentes fuerzas hasta la fractura de la corona. Aquí se observó una media de 389.04 Newton mientras que nosotros observamos un promedio de 310 Newton un valor similar (4).

Observar los resultados en Newton similares, pero MPa distintos nos afirmó que las condiciones en las cuales fueron evaluadas fueron distintas y que

probablemente lo publicado por el fabricante diste de la realidad y en especial en condiciones reales con pacientes. A pesar de esto, es importante saber que ya colocado en boca las condiciones cambian y entran otros factores en juego, por lo que, podría ser mayor la fuerza que una persona deba ejercer para romper este tipo de restauraciones en especial cuando se considera que hasta zirconia se puede fracturar en condiciones no favorables. Las restauraciones impresas definitivas siguen siendo una opción que ofrece la facilidad de reimprimir en caso de que se fracture.

Por otra parte, una investigación publicada por Diken et al. (7) fue de carácter similar al nuestro donde tuvieron por objetivo comparar los resultados de resistencia a la fractura de las resinas Saremco Crowntec® y VarseoSmile Crown Plus® con coronas fresadas. Luego de fabricar las coronas fueron cementadas en bases de titanio atornilladas para posteriormente, someter a ciclos de termociclado. Observaron una resistencia a la fractura para Saremco Crowntec® de 535 Mpa y para VarseoSmile Crown Plus® de 587 MPa, siendo ambas inferiores a las coronas fresadas. En nuestro caso VarseoSmile Crown Plus®, fue de 4.6 y Saremco Crowntec® de 6.1 siendo muy diferentes los resultados, pero en especial porque para los investigadores VarseoSmile Crown Plus® obtuvo mejor desempeño mientras que para nosotros fue lo contrario.

En la literatura consultada existen pocas investigaciones donde se comparen o estudie la resistencia a la fractura de coronas impresas con resinas de uso definitivo, lo cual representa una limitación para la comparación de resultados ya que, sigue siendo un tema muy novedoso. Tradicionalmente los estudios de restauraciones impresas se basan en el uso provisional de las mismas y en la actualidad se han ido introduciendo otros tipos de resinas que vienen, por ejemplo infusionadas con zirconia, lo cual ha abierto aún más las posibilidades de lo que puede durar en boca una restauración impresa. Además, existen otras variables muy importantes que afecta al éxito clínico de la misma como la adaptación marginal.

Estas informaciones impulsaron a la elaboración de una investigación por Donmez et al. (12) quienes observaron precisamente la adaptación marginal y resistencia a la fractura de restauraciones impresas con resinas de uso definitivo en implantes. Los autores digitalizaron pilares prefabricados donde hicieron el diseño de

un primer premolar que fue impreso 40 veces con la resina Saremco Crowntec® y fresado con Vita Enamic®. La adaptación fue evaluada posterior a la cementación de dichas coronas con microscopios para medir en micrones si existía una separación o no. Estadísticamente fue relevante el tipo de material en cuánto a la adaptación marginal ya que, las coronas impresas obtuvieron un mejor resultado de fidelidad y sellado en esta zona. Encontraron que la resistencia a la fractura entre ambos grupos fue similar, lo cual representó un resultado muy positivo ya que, en general las impresas fueron la mejor opción. Otro aporte de este estudio fue el de resaltar que el tipo de fractura más común era la por el centro al igual que el nuestro dónde este tipo de fracturas no son reparables al ser catastróficas. El dato de donde se rompe la corona era interesante de estudiar para nosotros precisamente por esto, debido a que podría arrojar información sobre la probabilidad de poder hacer o no algún tipo de reparación. Al elaborar el estudio expandimos los límites de indicación por el fabricante y por esta razón existe una resistencia flexural distinta, se recomienda la elaboración de estudios comparativos con resinas de mayor resistencia flexural para evaluar el resultado de las mismas.

## **CAPÍTULO 9**

### **CONCLUSIÓN**

Al terminar la investigación se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- Se determinó una resistencia flexural promedio de 5.35 mPA para los 50 casos estudiados. Se observó que la resina Saremco Crowntec® tiene una mejor resistencia flexural al promediar  $6.10 \pm 2.57$  mPA.
- Hubo relación estadísticamente significativa entre el tipo de resina utilizada y la resistencia a la fractura demostrando que si son de diferentes calidad.
- El punto de quiebre más común de las coronas impresas es el centro seguido de distal y el menos frecuente mesial.
- Se tiene evidencias para aceptar la hipótesis nula ya que se encontró diferencia estadísticamente significativas.

## **CAPÍTULO 10**

### **RECOMENDACIONES Y PROSPECTIVA**

Para futuras investigaciones sobre la resistencia flexural de restauraciones impresas con resinas 3D se recomienda el uso de otras resinas de uso definitivo como la Rodin® Sculpture 2.0, la VarseoSmile® TriniQ® u otras que surjan con mayores valores de resistencia flexural, de las cuáles hay poca información debido que fueron introducidas recientemente en el mercado. Esta investigación puede ser comparando los resultados con la resina Saremco Crowntec® ya que, en nuestro caso obtuvo la mejor resistencia a la fractura o evaluando su resistencia de manera individual.

De igual forma, se recomienda la elaboración de un estudio con prótesis impresas de uso definitivo colocadas en pacientes y dar seguimiento durante un período aceptable de tiempo para evaluar el desempeño en condiciones reales.

# CAPÍTULO 11

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pradíes Ramiro G. Odontología digital: el futuro es ahora. SCO [Internet] 2017 [citado 15 Sept 2023]. Disponible en: <https://solucionesclnicasenodontologia.com/wp-content/uploads/2020/01/MONOGRAFICO-DIC-2017.pdf>
2. Garcia PP, da Costa RG, Calgaro M, Ritter AV, Correr GM, da Cunha LF et al. Digital smile design and mock-up technique for esthetic treatment planning with porcelain laminate veneers. J Conserv Dent [Internet] 2018 [citado 15 Sept 2023];21(4). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6080190/>
3. Leiva N, Carranza F, I. S. Estereolitografía en Odontología: Revisión bibliográfica. Odontología Sanmarquina [Internet]. 2017 [citado 15 Sept 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15381/os.v20i1.13542>
4. Bego. VarseoSmile Crown [Internet] [citado 15 Sept 2023];. Disponible en: [https://www.bego.com/fileadmin/user\\_downloads/Mediathek/3D-Druck/Scientific-Studies/VarseoSmileCrown-plus/EN/de\\_81022\\_0003\\_br\\_en.pdf](https://www.bego.com/fileadmin/user_downloads/Mediathek/3D-Druck/Scientific-Studies/VarseoSmileCrown-plus/EN/de_81022_0003_br_en.pdf)
5. Delgado D, Galdames A. Utilización de sistemas de rehabilitación digital CAD/CAM en redes de atención privada de Santiago en el año 2018. Universidad Finis Terrae [Tesis] 2018 [citado 15 Sept 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uft.cl/xmlui/bitstream/handle/20.500.12254/1598/Delgado-Inzulza%202018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
6. Inside Dental Technology. The Printed Crown [Internet] 2022 [citado 3 Oct 2023]. Disponible en: <https://www.aegisdentalnetwork.com/idt/2022/07/the-printed-crown>
7. Diken A, Demirel M, Borga M, Orkun E, Firat T, Ozcan M. Comparison of wear and fracture resistance of additively and subtractively manufactured screw-retained, implant-supported crowns. Journal of Prosthetic Dentistry [Internet] 2023 [citado 14 dic 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022391323004183>
8. Atria P, Bordin D, Marti F, Vivekanan V, Conejo J, Benalcazar E et al. 3D-printed resins for provisional dental restorations: comparison of mechanical and biological

- properties. J Esthet Dent [Internet] 2022 [citado 14 dic 2023]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/358744913\\_3D -  
printed resins for provisional dental restorations Comparison of mechanical  
and biological properties](https://www.researchgate.net/publication/358744913_3D_-_printed_resins_for_provisional_dental_restorations_Comparison_of_mechanical_and_biological_properties)
9. Abdulkareem M, Al-Shamma A. Marginal adaptation and fracture resistance of 3D printed and CAD/CAM milled definitive resin matrix ceramic crowns. Int J Comput Dent [Internet] 2023 [citado 14 dic 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37823542/>
  10. Prause E, Malgaj T, Kocjan A, Beurer F, Hey J, Jevnikar P et al. Mechanical properties of 3D-printed and milled composite resins for definitive restorations: an in vitro comparison of initial strength and fatigue behavior. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry [Internet] 2023 [citado 14 dic 2023]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jerd.13132>
  11. Suksuphan P, Krajangta N, Padipatvuthikul P, Wasanapiarngpong T, Rakmanee T. Marginal adaptation and fracture resistance of milled and 3D-printed CAD/CAM hybrid dental crown materials with various occlusal thicknesses. Journal of Prosthodontic Research [Internet] 2023 [citado 14 dic 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37438119/>
  12. Borga Donmez M, Okutan Y. Marginal gap and fracture resistance of implant-supported 3D-printed definitive composite crowns: an in vitro study. Journal of Dentistry [Internet] 2022 [citado 14 dic 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35803388/>
  13. Goodacre BJ, Goodacre CJ, Baba NZ, Kattadiyil MT. Comparison of denture base adaptation between CAD–CAM and conventional fabrication techniques. J Prosthet Dent [Internet] 2016 [citado 3 Oct 2023]; 116 (2). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27112416/>
  14. Neumeier TT, Neumeier H. Digital immediate dentures treatment: a clinical report of two patients. J Prosthet Dent [Internet] 2016 [citado 3 Oct 2023]; 116 (3). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27061629/>
  15. Abad-Coronel C. Odontología digital: una realidad cada vez menos virtual. Mouth [Internet] 2017 [citado 3 Oct 2023]; 2 (1). Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/349347861\\_Odontologia\\_digital\\_una\\_re  
alidad\\_cada\\_vez\\_menos\\_virtual](https://www.researchgate.net/publication/349347861_Odontologia_digital_una_realidad_cada_vez_menos_virtual)

16. FoxDoc. Photopolymer Resin 3D Printing Comparison: SLA vs DLP vs LCD [Internet] [citado 3 Oct 2023]. Disponible en: <https://facfox.com/docs/kb/photopolymer-resin-3d-printing-comparison-sla-vs-dlp-vs-lcd>
17. WhipMix. Open vs closed 3D printers and the FDA [Internet] 2019 [citado 10 Nov 2023]. Disponible en: <https://info.whipmix.com/open-vs-closed-3d-printers-and-the-fda>
18. Quan H, Zhang T, Xu H, Luo S, Nie J, Zhu X. Photo-curing 3D printing technique and its challenges. *Bioactive Materials* [Internet] 2020 [citado 10 Nov 2023]; 6 (6). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452199X19300714>
19. Mourino G. Odontología digital en la clínica diaria. *RAAO* [Internet] 2021 [citado 10 Nov 2023]. Disponible en: <https://www.ateneo-odontologia.org.ar/articulos/lxv01/articulo06.pdf>
20. Anuradha B, Mensudar R, Venkatesh A, Mary GP, Prevalikka P. Digital dentistry- the future. *International Journal of Medicine and Health Profession Research* [Internet] 2017 [citado 13 Dic 2023]; 4 (2). Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/349519470\\_DIGITAL\\_DENTISTRY\\_-THE\\_FUTURE](https://www.researchgate.net/publication/349519470_DIGITAL_DENTISTRY_-THE_FUTURE)
21. Mourino G. Odontología digital en la clínica diaria. *RAAO* [Internet] 2021 [citado 13 Dic 2023]. Disponible en: <https://www.ateneo-odontologia.org.ar/articulos/lxv01/articulo06.pdf>
22. Puskar T, Trifkovic B, Durovic D, Kojic V, Jevremovic A, Mirkovic S et al. In vitro citotoxicity assessment of 3D printed polymer based epoxy resin intended for use in dentistry. *Vojnosanitetski pregled* [Internet] 2017 [citado 13 Dic 2023]. Disponible en: <https://repository.cardiffmet.ac.uk/bitstream/handle/10369/9509/Eggbeer%20am.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
23. Chung Y-J, Park J-M, Kim T-H, Ahn J-S, Cha H-S, Lee J-H. 3D Printing of resin material for denture artificial teeth: chipping and indirect tensile fracture resistance. *Materials* [Internet] 2018 [citado 13 Dic 2023]; 11 (10). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6213768/>
24. 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. JPD [Internet] 2022 [citado 13 Dic 2023].

Disponible en: [https://www.thejpd.org/article/S0022-3913\(22\)00481-4/fulltext](https://www.thejpd.org/article/S0022-3913(22)00481-4/fulltext)

25. Renne W, Defee M. 3D Printing in restorative dentistry. Modern Optimized Dentistry [Internet] 2023 [citado 13 dic 2023]; Disponible en: <https://www.themodininstitute.com/3d-printing-in-restorative-dentistry-ebook/>

# CAPÍTULO 12

## ANEXOS

**Anexo 1:** Ficha de recolección de información

Código: \_\_\_\_\_

**REPÚBLICA DOMINICANA  
UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA  
UNIDAD DE POSTGRADOS DE ODONTOLOGÍA**



### **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FRACTURA DE RESTAURACIONES FIJAS MÚLTIPLES FABRICADAS CON RESINA 3D PARA RESTAURACIONES PERMANENTES: ESTUDIO IN VITRO**

**Autores:** Báez C, De Oleo C

- 1. Tipo de resina utilizada**
  - a) VarseoSmile Crown Plus
  - b) Saremco Crowntec
- 2. Resistencia a la fractura:** \_\_\_\_\_MPa
- 3. Punto de quiebre:**
  - a) Mesial
  - b) Centro
  - c) Distal