



Universidad  
**Norbert Wiener**

Powered by **Arizona State University**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA**

**Tesis**

Evaluación de cambios de precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental con estructuras de prótesis fija: un estudio in vitro

**Para optar el Título Profesional de  
Cirujano Dentista**

**Presentado por:**


**Autora:** Lazaro Prudencio, Jhenny Medalit

**Asesor:** Dr. Gómez Carrión, Christian Esteban

**Código ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9698-3176>

**Lima – Perú**

**2024**

 Universidad Norbert Wiener	DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA Y DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN		
	CÓDIGO: UPNW-GRA-FOR-033	VERSIÓN: 01 REVISIÓN: 01	FECHA: 18/11/2023

Yo, Lazaro Prudencio Jhenny Medalit egresada de la Facultad de Ciencias de la Salud y Escuela Académico Profesional de Odontología de la Universidad privada Norbert Wiener declaro que el trabajo académico **“EVALUACIÓN DE CAMBIOS DE PRECISIÓN DIMENSIONAL Y ADAPTACIÓN MARGINAL DE MODELOS FABRICADOS EN IMPRESORAS 3D DENTAL CON ESTRUCTURAS DE PRÓTESIS FIJA: UN ESTUDIO IN VITRO”** Asesorado por el docente Mg. Esp. C.D. Gómez Carrión Christian Esteban, con N.º DNI 41540958 y código ORCID 0000-0001-9698-3176, tiene un índice de similitud de 09 (NUEVE) % con código ID: **oid:14912:287200232** verificable en el reporte de originalidad del software Turnitin.

Así mismo:

1. Se ha mencionado todas las fuentes utilizadas, identificando correctamente las citas textuales o paráfrasis provenientes de otras fuentes.
2. No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquella señalada en el trabajo.
3. Se autoriza que el trabajo puede ser revisado en búsqueda de plagios.
4. El porcentaje señalado es el mismo que arrojó al momento de indexar, grabar o hacer el depósito en el Turnitin de la universidad y,
5. Asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión en la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas del reglamento vigente de la universidad.



Firma de autor  
 Nombres y apellidos de la egresada  
 Lazaro Prudencio Jhenny Medalit  
 DNI: 46995256



Firma  
 Nombres y apellidos del Asesor  
 Mg. Esp. C.D. Gómez Carrión Christian Esteban  
 DNI: 41540958

Lima, 18 de noviembre del 2023.

## **Tesis**

“Evaluación de cambios de precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental con estructuras de prótesis fija: un estudio *in vitro*”

### **Línea de investigación**

Salud y bienestar

### **ASESOR**

Dr. Esp. GÓMEZ CARRIÓN CHRISTIAN ESTEBAN

### **Código ORCID:**

0000-0001-9698-3176

## **MIEMBROS DEL JURADO**

**Presidenta:**

**Secretaria:**

**Vocal:**

### **Dedicatoria**

El presente trabajo de investigación va dedicado a mi madre por enseñarme que con esfuerzo y perseverancia todo es posible. Y a mi hermana Hilda por brindarme todo su apoyo incondicional asumiendo el rol de madre y padre a la vez.

## **Agradecimiento**

Agradezco principalmente a la universidad privada Norbert Wiener y a mi asesor de tesis Dr. Esp. Gómez Carrión Christian Esteban por todo su apoyo y conocimiento en mi investigación.

Mi agradecimiento también al T.D. Daniel Valverde por todos sus consejos y apoyo durante estos largos 10 años.

## Índice general

Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento .....	v
Índice general .....	vi
Índice de tablas.....	ix
Índice de figuras .....	x
Resumen .....	xi
Abstract .....	xi
Introducción .....	xiii
<b>CAPÍTULO I. EL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema .....	4
1.2.1. Problema general.....	4
1.2.2. Problemas específicos .....	4
1.3. Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1. Objetivo general .....	4
1.3.2. Objetivos específicos .....	4
1.4. Justificación de la investigación .....	5
1.4.1. Teórica .....	5
1.4.2. Metodológica .....	5
1.4.3. Práctica.....	6
1.4.4. Social.....	6
1.5. Limitaciones de la investigación.....	6
1.5.1. Temporal .....	6
1.5.2. Espacial .....	7
1.5.3. Recursos .....	7
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEORICO .....</b>	<b>8</b>
2.1 Antecedentes de la investigación.....	8
2.2 Bases teóricas.....	18
2.2.1 Avance tecnológico del CAD-CAM .....	18
2.2.1.1 Fases del procesamiento del sistema CAD-CAM .....	19
2.2.1.2 Ventajas y desventajas del sistema CAD-CAM .....	21
2.2.2 Escaneado e impresión digital intraoral .....	22
2.2.2.1 Escáner Intraoral.....	23

2.2.2.2 Clasificación del escáner intraoral (EI) .....	23
2.2.3 Impresoras 3D Dental.....	24
2.2.3.1 Impresoras 3D en Odontología .....	25
2.2.3.2 Propiedades de las impresoras 3D Dental .....	29
2.3 Formulación de hipótesis.....	33
2.3.1 Hipótesis general.....	33
2.3.2 Hipótesis específicas.....	33
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>35</b>
3.1 Método de la investigación.....	35
3.2 Enfoque de la investigación.....	35
3.3 Tipo de investigación.....	35
3.4 Diseño de la investigación.....	36
3.5 Población, muestra y muestreo .....	36
3.5.1 Población.....	36
3.5.2 Muestra.....	37
3.5.3 Muestreo.....	37
3.6 Variables y operacionalización.....	37
3.7 Técnica e instrumentos de datos .....	38
3.7.1 Técnica .....	38
3.7.2 Descripción de instrumentos .....	40
3.7.3 Validación .....	40
3.7.4 Confiabilidad.....	40
3.8 Plan de procesamiento y análisis de datos.....	41
3.9 Aspectos éticos .....	41
<b>CAPÍTULO IV. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>42</b>
4.1 Resultados.....	42
4.1.1 Análisis descriptivo de resultados .....	42
4.1.2 Prueba de hipótesis.....	46
4.1.2.1 Hipótesis general.....	46
4.1.2.2 Hipótesis específicas .....	48
4.1.3 Discusión de resultados .....	55
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>63</b>
5.1 Conclusiones.....	63
5.2 Recomendaciones .....	63
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>65</b>



<b>ANEXOS .....</b>	<b>72</b>
Anexo N°1: Matriz de consistencia.....	72
Anexo N°2: Instrumento de recolección de datos .....	73
Anexo N°3: Constancia de exoneración.....	77
Anexo N°4: Validación de instrumento .....	78
Anexo N°5: Análisis Inter- Evaluador .....	81
Anexo N°6: Constancia de ejecución.....	83
Anexo N°7: Constancia de calibración .....	84
Anexo N°8: Constancia 3D.....	85
Anexo N°8: Fotografías .....	86

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Estadísticos descriptivos de la precisión dimensional de las piezas dentales en la impresora LCD Anycubic.....	42
<b>Tabla 2.</b> Estadísticos descriptivos de la precisión dimensional de las piezas dentales en la impresora SLA Form2.....	43
<b>Tabla 3.</b> Estadísticos descriptivos de la adaptación marginal de las piezas dentales en la impresora LCD Anycubic.....	44
<b>Tabla 4.</b> Estadísticos descriptivos de la adaptación marginal de las piezas dentales en la impresora SLA Form2.....	45
<b>Tabla 5.</b> Prueba de normalidad en piezas dentales.....	46
<b>Tabla 6.</b> Prueba de U de Mann – Whitney en la precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental usando estructuras de prótesis fija.....	47
<b>Tabla 7.</b> Prueba de U de Mann – Whitney en la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD usando estructura de prótesis fija.....	49
<b>Tabla 8.</b> Prueba de U de Mann – Whitney en la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructura de prótesis fija.....	50
<b>Tabla 9.</b> Prueba de U de Mann – Whitney en la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructura de prótesis fija.....	51
<b>Tabla 10.</b> Prueba de U de Mann – Whitney en la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija.....	53
<b>Tabla 11.</b> Prueba de U de Mann – Whitney en la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija.....	54
<b>Tabla 12.</b> Magnitud de los coeficientes (CCI).....	81
<b>Tabla 13.</b> Variabilidad Inter-Evaluador – Variable Precisión Marginal.....	81
<b>Tabla 14.</b> Variabilidad Inter-Evaluador – Variable Adaptación marginal.....	82

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Promedio y desviación estándar de la precisión dimensional de las piezas dentales en la impresora LCD Anycubic.....	42
<b>Figura 2.</b> Promedio y desviación estándar de la precisión dimensional de las piezas dentales en la impresora SLA Form2.....	43
<b>Figura 3.</b> Promedio y desviación estándar de la adaptación marginal de las piezas dentales en la impresora LCD Anycubic.....	44
<b>Figura 4.</b> Promedio y desviación estándar de la adaptación marginal de las piezas dentales en la impresora SLA Form2.....	45
<b>Figura 5.</b> Promedio de la precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental usando estructuras de prótesis fija.....	47
<b>Figura 6.</b> Promedio de la Precisión Dimensional de Modelos de Prótesis Dentales Fabricados en Impresora LCD.....	49
<b>Figura 7.</b> Promedio de la Precisión Dimensional de Modelos de Prótesis Dentales Fabricados en Impresora SLA.....	50
<b>Figura 8.</b> Promedio de la Precisión Dimensional de Modelos de Prótesis Dentales Fabricados en Impresora LCD y SLA.....	52
<b>Figura 9.</b> Mediana de la Adaptación marginal de Modelos de Prótesis Dentales Fabricados en Impresora SLA.....	53
<b>Figura 10.</b> Promedios de la Adaptación marginal de Modelos de Prótesis Dentales Fabricados en Impresora LCD y SLA.....	54

## Resumen

La investigación tuvo como objetivo evaluar las diferencias entre precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental usando estructuras de prótesis fija. La metodología corresponde a un método hipotético deductivo, con enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con un diseño experimental *in vitro*. La muestra estuvo constituida por 120 modelos (60 modelos para impresora LCD) (60 modelos para impresora SLA). Se empleó dos tipos impresoras 3D (LCD y SLA) y el software Dental System de 3Shape para la evaluación del sellado marginal con la estructura de prótesis fija y la distorsión dimensional de los modelos impresos. Los resultados permitieron evidenciar que existen diferencias en la precisión dimensional y la adaptación marginal entre las impresoras LCD y SLA para distintas dimensiones de las piezas dentales. En la impresora LCD, en la sección Cérvico-Oclusal 3.4, se registró una precisión dimensional de aproximadamente  $0.0439 \pm 0.055$  mm y una adaptación marginal de  $0.147 \pm 0.051$  mm. En contraste, en la impresora SLA, en la sección Mesio-Distal 3.4, se obtuvo una precisión dimensional de alrededor de  $0.1162 \pm 0.031$  mm y una adaptación marginal de  $0.110 \pm 0.031$  mm. En este contexto, se concluye que existen variaciones notables en la precisión dimensional y adaptación marginal en los modelos fabricados a través de impresoras 3D aplicadas a la creación de prótesis fijas dentales ( $p \leq 0.05$ ).

**Palabras clave:** Avance tecnológico del CAD-CAM, Escaneado e impresión digital intraoral, Impresoras 3D Dental

## Abstract

The research aimed to evaluate the differences in dimensional precision and marginal adaptation of models manufactured in 3D dental printers using fixed prosthesis structures. The methodology adopted a hypothetical-deductive method, with a quantitative, applied design and an in vitro experimental approach. The sample comprised 120 models (60 for LCD printers and 60 for SLA printers). Two types of 3D printers (LCD and SLA) and the 3Shape Dental System software were used to assess the marginal fit with the fixed prosthesis structure and the dimensional distortion of the printed models. The results showed variations in dimensional precision and marginal adaptation between LCD and SLA printers for different dental piece dimensions. For the LCD printer, in the Cervico-Occlusal 3.4 section, a dimensional precision of approximately  $0.0439 \pm 0.055$  mm and a marginal adaptation of  $0.147 \pm 0.051$  mm were observed. In contrast, with the SLA printer in the Mesio-Distal 3.4 section, a dimensional precision of about  $0.1162 \pm 0.031$  mm and a marginal adaptation of  $0.110 \pm 0.031$  mm were obtained. In this context, it is concluded that notable variations exist in dimensional precision and marginal adaptation in models produced through 3D printers applied to fixed dental prostheses ( $p \leq 0.05$ ).

**Keywords:** CAD-CAM Technological Advancement, Intraoral Scanning and Digital Printing, Dental 3D Printers

## **Introducción**

La evaluación de la precisión dimensional y la adaptación marginal en modelos producidos por impresoras 3D en odontología constituye un proceso esencial para garantizar la excelencia en la fabricación de prótesis dentales. La impresión 3D, también conocida como fabricación aditiva (AM), ha emergido como un paradigma innovador en la industria odontológica, destacándose por su capacidad para generar prótesis y dispositivos dentales altamente personalizados. Este método revolucionario presenta una serie de ventajas significativas en comparación con la fabricación sustractiva, como la reducción de residuos de material y la capacidad de imprimir múltiples modelos simultáneamente. Este análisis detallado resulta esencial para garantizar la entrega de dispositivos de la más alta calidad, cumpliendo con los estándares exigidos por los profesionales de la salud dental y los pacientes.

En el presente informe se detalla la progresión de la investigación en cinco secciones específicas. En la primera sección, se aborda la problemática vinculada a las variables de investigación a nivel internacional, nacional y local, además de presentar la justificación del estudio y los aspectos que limitan su alcance. La segunda sección se concentra en el marco teórico, que comprende los antecedentes de la investigación y los principios teóricos que respaldan las variables. La tercera sección se enfoca en los principios metodológicos que respaldan el tipo, enfoque y diseño de la investigación, detallando las características de la tecnología y las herramientas utilizadas para la recolección de datos. En el cuarto segmento, se exponen los resultados, así como el análisis inferencial y el tratamiento de los datos recolectados. Por último, la quinta sección contiene las conclusiones y recomendaciones del investigador, junto con las referencias citadas en el informe y una serie de anexos que complementan y respaldan el procedimiento de recolección de dato

## **CAPÍTULO I. EL PROBLEMA**

### **1.1. Planteamiento del problema**

El crecimiento tecnológico ha tenido un gran impacto en diferentes áreas y esto no ha sido ajeno a la odontología; a mitad de la década de los 80 empezó a surgir la tecnología CAD – CAM al que se denomina Diseño Asistido por Computadora y Manufactura Asistida por Computadora. Este nuevo método permitió reemplazar el diagnóstico y procesado en el laboratorio que se hacía en 2 dimensiones, y trasladarlo a 3 dimensiones mejorando notablemente el tiempo de trabajo con el paciente, reduciendo algunos errores que se presentan en una impresión analógica por parte del especialista, así como errores en el laboratorio dental. Sin embargo, tiene un costo económico mayor y se necesita de otros equipos y materiales para complementar al trabajo digital (1).

Esta tecnología sirvió como puerta de entrada a nuevos equipos que se complementaron para mejorar el flujo de trabajo digital. Así surgió el escáner para odontología, los doctores Wermer Mormann y Marco Brandestini desarrollaron el primer escáner intraoral (IOS) destinado para emplearse en la odontología restauradora, el cual posteriormente fue mejorando sus funciones. El uso de esta herramienta mejora la experiencia del paciente durante la consulta evitando materiales de impresión que pueden ocasionar un efecto nauseoso, así mismo, permite al especialista traspasar toda la morfología bucal hacia el CAD (diseño asistido por computadora) donde se diseñará la prótesis requerida, la cual posteriormente se envía al CAM (manufactura asistido por computadora) para la elaboración del mismo (2).

Por otro lado, los equipos CAD - CAM también cuentan con sus propios escáneres de mesa habitualmente empleados en el laboratorio dental, permitiendo que el procedimiento se realice a partir del uso de un modelo maestro con yeso extra duro con el que se fabricará

la prótesis; ambos tipos de escáner generan un archivo denominado STL (lenguaje de teselación estándar), el cual contiene los datos del modelo de yeso o de la propia boca del paciente, y posteriormente se enviará al CAD (3).

Si bien el uso de moldes elaborados a partir de yeso extraduro conforma una práctica tradicional en la odontología, presenta diversos riesgos o desventajas como la eventual fractura del yeso, la alteración dimensional del material de impresión, incluyendo el hecho de que las condiciones en las que se prepara el yeso pueden alterar significativamente la elaboración de las prótesis, prolongando el tiempo de rehabilitación. Es así que a mediados de la década de los 80 Charles Hull creó la impresión 3D, misma que no tardó en adaptarse al área odontológica, lo que derivó en la formulación de sendas guías quirúrgicas a fin de seguirse en el proceso de colocación de implantes dentales, elaboración de modelos de trabajo y de estudio, aparatos de ortodoncia y actualmente la elaboración de prótesis dentales con resinas biocompatibles (4).

Las impresoras 3D aplicadas al entorno odontológico poco a poco tienen mejores estándares de calidad, de tal forma que incluso ya están reemplazando a los dispositivos CAM, toda vez que pueden reproducir formas más complejas. La impresión 3D es conocida también como fabricación aditiva (AM), la cual tiene entre sus ventajas el hecho de que reduce la pérdida de material y permite la impresión de varios modelos a la vez en comparación a la fabricación sustractiva (5). Existen diversos tipos de impresoras 3D cuyas aplicaciones odontológicas son de lo más variadas, entre las cuales se encuentran las Impresoras 3D de Sinterización Selectiva por láser (SLS), Impresoras 3D por Estereolitografía (SLA), Impresoras 3D por Inyección, que funcionan mediante la inyección de polímeros e Impresoras 3D por deposición de material fundido (FDM) (6). Los diferentes tipos resinas que cada una de ellas emplean tienen un uso específico de acuerdo al tipo de estructura que se va a imprimir, por lo que cada una de estas resinas



tienen diferentes características y propiedades, entre las cuales se identifican la resistencia y el módulo de flexibilidad. La distorsión de los modelos fabricados en impresoras 3D es variable cuando se compara con modelos fresados en CAD CAM o modelos de yeso extra duro, algunos estudios refieren que esta distorsión estará sujeto al tipo de impresora 3D y la resina que se emplee para su fabricación (7,8).

En relación al uso de estas tecnologías en la actualidad, ni siquiera a nivel mundial existen cifras que revelen la cantidad de dentistas que se encuentran familiarizados con el uso de las mismas, a lo que se añade el hecho de que la elección de las herramientas de fabricación de moldes mediante impresión 3D varían de un odontólogo a otro (9). Si bien en el Perú poco a poco se van adaptando estas nuevas tecnologías, los dos actores que trabajan en el sector dental, consultorio dental y laboratorio de prótesis dental, aún trabajan de manera conjunta pero el primero realiza la impresión del modelo dental del paciente, con lo que en el laboratorio se desarrolla el patrón de yeso, con lo que el proceso es largo y caro; sin embargo, el uso de tecnologías 3D puede culminar esta metodología de trabajo al acelerar los procesos (10).

Actualmente no se tienen datos exactos sobre las resinas que se emplean para la elaboración de modelos impresos, a lo que se añade el hecho de que no hay suficientes estudios que comparen modelos digitales impresos para prótesis fija. Por lo tanto, este estudio tiene como finalidad evaluar la precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental con estructuras de prótesis fija.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuáles son las diferencias entre la precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental usando estructuras de prótesis fija?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es la diferencia sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD usando estructuras de prótesis fija?
- ¿Cuál es la diferencia sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija?
- ¿Cuál es la diferencia sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija?
- ¿Cuál es la diferencia sobre la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija?
- ¿Cuál es la diferencia sobre la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar las diferencias entre precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental usando estructuras de prótesis fija.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar las diferencias sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD usando estructuras de prótesis fija.

- Determinar las diferencias sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija.
- Determinar las diferencias sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija.
- Determinar las diferencias sobre la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija.
- Determinar las diferencias sobre la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija.

#### **1.4. Justificación de la investigación**

##### **1.4.1. Teórica**

En relación a la importancia y justificación teórica del estudio, mediante la presente investigación se logró entender los lineamientos técnicos y teóricos de la impresión 3D aplicada al área odontológica, especialmente la fabricación de modelos de resina y confección de estructuras de prótesis fijas, además de las fortalezas y debilidades de dicha tecnología en el territorio peruano; en síntesis, se pudo incrementar el aporte teórico existente a nivel de la tecnología de impresoras 3D y los diferentes materiales biocompatibles que emplean.

##### **1.4.2. Metodológica**

En el ámbito metodológico, al escanear un modelo dental o tipodonto y evaluar sus datos técnicos para detectar posibles variaciones en la precisión dimensional y adaptación marginal a través de estructuras de prótesis fija, los resultados numéricos obtenidos serán comparables con investigaciones futuras que tengan objetivos similares.

### **1.4.3. Práctica**

Se adquirieron nuevos conocimientos de utilidad práctica para cirujanos dentales interesados en el uso de la tecnología 3D, la cual está siendo cada vez más común para lograr resultados superiores en la reducción de posibles variaciones en la precisión dimensional y adaptación marginal. Esto se logra gracias al empleo de modelos dentales o tipodonto, lo que representa una mejora sustancial en la calidad de los resultados obtenidos.

### **1.4.4. Social**

En términos sociales, se anticipa que los resultados obtenidos se conviertan en puntos de referencia para investigaciones posteriores que evalúen la efectividad del uso de tecnologías cada vez más integradas en la práctica odontológica. El objetivo es proporcionar a las profesionales opciones de tratamiento respaldadas por evidencia científica, lo que garantiza la idoneidad de la atención al paciente y, en consecuencia, mejora su calidad de vida.

## **1.5. Limitaciones de la investigación**

### **1.5.1. Temporal**

El estudio se desarrolló en la segunda mitad del año 2022, lo que a su vez generó una serie de condiciones que pudieron limitar el estudio, tales como el poco tiempo para acceder a las muestras o especímenes, además del hecho de que en los últimos cinco años existen pocos estudios previos que puedan ser empleados como antecedentes directos, con lo que una búsqueda de la información adecuada contemplaría un rango temporal más amplio.

### **1.5.2. Espacial**

Una de las limitaciones encontradas estuvo relacionada con la disponibilidad de antecedentes sólidos que pudieran ser incluidos en la sección de antecedentes nacionales. En el contexto peruano, la falta de investigaciones similares dificultó en parte la comparación de los resultados con el panorama académico local, lo que limitó el contraste de los hallazgos con el contexto específico del país.

### **1.5.3. Recursos**

Todos los recursos utilizados en la ejecución de la investigación fueron financiados exclusivamente por el investigador. Esta situación planteó la posibilidad de que, en ausencia de dichos recursos, se dificulte la continuidad de los procedimientos experimentales, lo que a su vez podría haber comprometido la obtención de los resultados de la investigación.

## CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

### 2.1 Antecedentes de la investigación

Soo, et al., (2021) desarrollaron su investigación con el fin de “*examinar la precisión dimensional de los modelos impresos en 3D preparados para de tres prótesis dentales fias, especialmente en las áreas marginales y de contacto proximal*”. El modelo dental preparado se escaneó con un escáner de escritorio, con cuyos archivos de referencia se fabricaron modelos de prueba mediante técnicas de procesamiento de luz digital (DLP), impresión Multi-Jet (MJP) y aparatos de estereolitografía (SLA). Se calcularon la exactitud (veracidad y precisión) de los modelos impresos en 3D en planos 3D y las desviaciones de cada punto medido en los planos bucolingual y mesiodistal, y la rugosidad de la superficie de los modelos impresos en resina. Tras el análisis 3D general, MJP mostró una precisión significativamente mayor (veracidad) que las técnicas DLP y SLA; sin embargo, no hubo ninguna diferencia estadísticamente significativa en la precisión. Para las desviaciones en los márgenes del diente molar y la distancia al contacto proximal, MJP mostró resultados significativamente precisos; sin embargo, para el diente premolar, no hubo diferencia significativa entre los grupos. Los mapas en color en 3D de los modelos impresos mostraron contracción bucolingual, mientras que la rugosidad de la superficie de los modelos fabricados mediante la técnica MJP se observó como la más baja. La precisión de los modelos de resina impresos en 3D mediante técnicas DLP, MJP y SLA mostró un rango clínicamente aceptable para usar como modelo de trabajo para la fabricación de prótesis dentales. A partir de ello los investigadores concluyeron que la precisión de los modelos de resina impresos en 3D mediante técnicas DLP, MJP y SLA mostró un rango clínicamente aceptable para ser usados como modelo de trabajo para la fabricación de prótesis dentales (11).

**Herpel, et al., (2021)** desarrollaron su estudio con el fin de “*comparar la precisión de las prótesis dentales de prueba fresadas e impresas en 3D en cinco laboratorios internacionales*”, para lo cual se seleccionó como referencia el archivo de construcción de una prótesis completa removible maxilar. Se imprimieron en 3D ocho prótesis dentales de prueba en cada uno de los cinco centros. Cada laboratorio usó su propia impresora (Objet260 Connex, Stratasys; MAX, Asiga; Anycubic Photon, Anycubic 3D; PRO2, Asiga y cara Print 4.0, Kulzer) junto con su propio material, configuración de impresión, posprocesamiento y parámetros de fotopolimerización. En el centro 2, se fresaron ocho prótesis dentales de prueba para que sirvieran como punto de referencia (PrograMill PM7, Ivoclar Vivadent). Las dentaduras fueron escaneadas y alineadas con el archivo de referencia utilizando algoritmos de mejor ajuste. La precisión geométrica se analizó utilizando el valor cuadrático medio (veracidad) y la desviación estándar (precisión) de las desviaciones de malla absolutas distribuidas. Se compararon los valores medios de los cinco juegos de dentaduras postizas impresas y el juego único de dentaduras postizas fresadas. Los resultados mostraron que las prótesis fresadas tuvieron una veracidad media de  $65 \pm 6 \mu\text{m}$  y una precisión media de  $48 \pm 5 \mu\text{m}$ . Por lo tanto, fueron significativamente más precisas que las dentaduras impresas en 3D en cuatro de cinco centros. En números absolutos medios, la impresión 3D fue menos cierta que el fresado entre 17 y 89  $\mu\text{m}$  y menos precisa entre 8 y 66  $\mu\text{m}$ . A partir de ello concluyeron que, aunque el fresado sigue siendo la técnica de referencia para la precisión, las diferencias entre las dentaduras postizas fresadas e impresas en 3D no fueron significativas para un centro de impresión. Además, el rendimiento general de la impresión 3D en todos los centros estuvo dentro de un rango clínicamente aceptable para las prótesis de prueba.

**Emir, et al., (2021)** desarrollaron su investigación con el fin de “*comparar la precisión de los modelos de arco completo impresos en dos tecnologías de impresión 3D diferentes*”. Para ello se fabricó un modelo maestro del maxilar inferior con forma de herradura utilizando el software RapidForm XOR2, el cual tenía 6 dientes pilares tallados con una altura de 10 a 15 mm con 6° de convergencia y 1 mm en el hombro cervical simulando un diente vital tallado (piezas 3.7, 3.5, 3.3, 4.3, 4.5 y 4.7). Se realizaron 20 impresiones en total del modelo maestro utilizando dos impresoras 3D: de procesamiento de luz directa (DLP) y Polyjet (n=20), posteriormente se procedió a escanear los modelos impresos usando un escáner de referencia (Escáner 3D de luz LED azul estructurada industrial) para obtener los archivos digitales STL, se superpusieron con el archivo STL del modelo maestro, mientras que para comparar la exactitud se utilizó el software de análisis Geomagic Control 3D, además de mapas de color para estimar las desviaciones tridimensionales de la superficie de todos los modelos. El análisis estadístico se llevó a cabo con un nivel de significancia del 95% mediante el uso del software estadístico SPSS. Como resultado se obtuvo que la fidelidad media de los modelos fabricados en las impresoras DLP fue de 46 +- 9.86  $\mu\text{m}$ , mientras que los modelos fabricados en Polyjet fue de 51+- 5,11  $\mu\text{m}$ . Aun con estos resultados no se obtuvieron diferencias significativas cuando se comparó las medidas de fidelidad, por otro lado, sí se hallaron diferencias significativas en cuanto a la exactitud de los modelos, siendo la precisión media de los modelos fabricados en DLP de 43 +- 13,77  $\mu\text{m}$ , y el de los modelos fabricados en Polyjet fue de 54 +- 8,65  $\mu\text{m}$ . Como resultado final se encontró que los modelos que se fabricaron con la impresora DLP fueron significativamente más precisos en comparación con los modelos fabricados en Polyjet. (p<0,001); concluyéndose que las impresoras 3D empleadas en el estudio evidenciaron diferencias significativas en cuanto a la exactitud al medirse los arcos completos; por



otro lado, pese a que los modelos fabricados en las impresoras de DLP mostraron mejor confiabilidad que los modelos hechos en Polyjet, ambos son aceptados clínicamente permitiendo usarse para la elaboración de prótesis fija (12).

**Teramoto, et al., (2020)** se plantearon el objetivo de *“determinar si existe distorsión de las dimensiones, utilizando tecnologías de impresión 3D FDM, SLA y DLP en comparación con modelos de yeso tradicional para su aplicación clínica en Odontología”*, para lo cual seleccionaron cinco modelos de estudio fabricados en yeso, los cuales se sometieron a un escaneo 3D, luego estos modelos se imprimieron mediante el uso de 3 tecnologías para ser evaluados. Así, encontraron que los órganos dentarios 11, 14 y 16 generados mediante el sistema DLP tenían una correlación de 0.8-1.0, mientras que con el sistema SLA la correlación observada fue de -0.1-1.0, las correlaciones del sistema FDM se encontraron en un rango de 0.8-1.0. A nivel de las mediciones milimétricas tanto de la anchura premolar, molar superior e inferior en los modelos DLP, FDM, yeso y SLA se encontró que el sistema DLP presentó una correlación de 1.0, en el sistema SLA el rango observado osciló entre 0.9-1.0, mientras que en el sistema FDM el rango osciló entre 0.15-0.46. Ante ello concluyeron que los modelos digitales tuvieron variaciones a nivel de su tamaño en relación con las medidas obtenidas vía calibrador en los modelos impresos, sobre todo al compararse con aquellos modelos impresos con la tecnología FDM, pese a que incluso de las dimensiones fueron similares a nivel del terminado; deduciéndose el uso de las tecnologías antes mencionadas es recomendable siempre y cuando no se necesite tanta precisión a nivel del terminado y el acabado, por lo que si es que se necesita una mayor definición es mejor emplear tecnologías como el DLP y SLA para imprimir los modelos (13).

**Jang, et al., (2020)** desarrollaron su estudio con el fin de *“evaluar el ajuste de las prótesis dentales fijas de 3 unidades fabricados en moldes impresos en 3D realizados*

*mediante procesamiento de luz digital e investigar la aplicabilidad clínica de la impresión 3D*". Se utilizó un modelo de resina del maxilar superior y se preparó para realizar una prótesis dental fija de 3 piezas usando como pilares al primer premolar superior derecho y al primer molar superior derecho, el tallado de los dientes de resina tenía la terminación cervical en forma de bisel de 360° y 1,2 mm de profundidad. Luego se duplicó el modelo usando resina epoxi (Modralit 3K; Dreve Dentamid GmbH) para obtener el modelo maestro, escaneándose el modelo para obtener los datos digitales que sirvieron como base de referencia. Posteriormente se realizaron impresiones de viscosidad dual al modelo maestro usando yeso extraduro tipo IV (FujiRock; GC), el cual se escaneó usando un escáner de referencia y los datos se convirtió a archivo de teselación estándar (STL). Para la fabricación del modelo impreso en 3D se escaneó el modelo maestro usando un escáner intraoral, se convirtió a archivo STL y se fabricó 10 modelos usando una impresora de modelos dentales 3D (3Dent; EnvisionTEC GmbH), una vez obtenido los modelos se procedió a digitalizar usando un escáner de referencia para obtener los archivos STL. Las estructuras dentales de prótesis fija se diseñaron en un software CAD. Luego el diseño se exportó al software CAM para fresarse usando una fresadora de 5 ejes. Una vez listos las estructuras se escanearon con el uso del escáner de referencia y se obtuvo un archivo STL. Posteriormente se superpuso el escaneado de la estructura de prótesis fija hacia el modelo maestro para verificar la precisión para usarlo como base. Luego se superpuso el escaneado de la estructura de prótesis fija hacia los STL de los modelos fabricados de resina y a los modelos escaneados de yeso. Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) bidireccional para verificar las posibles diferencias significativas entre los dos grupos. Dentro de los resultados el ANOVA bidireccional evidenció diferencias significativas en ambos grupos con respecto a los valores de la raíz cuadrada media (RMS) en el margen y en la

zona interna. ( $P < 0,001$ ). Por otro lado, no hubo diferencias significativas sobre los valores de la raíz cuadrada media marginal ( $P = 0,762$ ) en las zonas divididas en pónico y no pónico. En el resultado del grupo de los modelos virtuales digitales, los valores de la raíz cuadrada media fueron significativamente más altos que el grupo de los escaneados de yeso tipo IV ( $p < 0,001$ ). Los autores concluyen que el ajuste de las estructuras dentales de prótesis fija realizados a través de modelos fabricados en impresoras 3D fue menor que los modelos de yeso tipo IV; sin embargo, son resultados clínicamente aceptables, por lo tanto este estudio indica que los modelos fabricados en estas impresoras pueden usarse clínicamente pero debería usarse impresoras 3D que cumplan criterios de calidad (14).

**Reis, et al., (2020)** se plantearon el objetivo de “*comparar la exactitud y precisión de las impresoras 3D utilizadas para obtener modelos de prótesis dentales fijas*”. Para ello se realizó un modelo maestro de un canino superior hecho a base de resina acrílica con preparación para una corona, el cual posteriormente se digitalizó usando un escáner de referencia el cual se usó como base de referencia, una vez obtenido los datos STL se fabricaron modelos del canino superior a través de 4 diferentes tipos de impresoras 3D, posteriormente se volvieron a escanear usando un escáner de alta precisión para obtener los archivos STL. Estos datos se superpusieron a los STL empleados para imprimir los modelos, para medir las discrepancias de las mediciones se usó el método de Hausdorff, y posteriormente para clasificar cualitativamente de acuerdo a la ubicación (vestibular, incisal, mesial, distal y lingual). Así mismo, también se usó el mapa de diferencia de color para verificar si existe desajuste en la superficie. El resultado del estudio mostró que la discrepancia media de la impresora 3D RapidShape P40 fue de  $52,97 \pm 20,48$ , Asiga MAX fue de  $68,27 \pm 43,53$ , Varseo  $62,22 \pm 56,21$  y por último para la impresora Fotón fue de  $80,03 \pm 28,67$ ; por lo tanto, no había diferencia significativa en la precisión

( $p=0.314$ ), no obstante, la exactitud fue diferente entre las cuatro impresoras 3D ( $P=0.015$ ). Finalmente se concluyó que las impresoras tienen una exactitud diferente sin embargo son clínicamente aceptables (15).

**Choi, et al., (2019)** desarrollaron su estudio con el fin de “*evaluar la precisión de los modelos dentales fabricados mediante métodos de impresión convencionales, de fresado y tridimensionales en 3D*”. Se usó un modelo de tipodonto maxilar de dentición completa, del cual las piezas 1.6, 1.1, 2.4 y 2.6 estaban talladas para tener como base de referencia. La pieza 1.6 tenía la preparación para incrustación clase dos de Black, la pieza 1.1 estaba tallada para recibir una sola corona y las piezas 2.4 y 2.6 fueron talladas para ser pilares de una estructura de prótesis fija de 3 piezas. Luego el modelo de referencia se clasificó en cuatro grupos: el primer grupo fue un modelo de yeso convencional que se obtuvo a través de una impresión convencional, el segundo grupo fue un modelo de yeso molido (MIL) y se digitalizó usando un escáner intraoral, posteriormente se envió la información al CAM para fabricarlos usando bloques de yeso en la fresadora de cinco ejes. El tercer grupo fue de Estereolitografía (SLA), estos modelos se fabricaron a través de la impresora SLA 3D usando un polímero con un espesor de 50  $\mu\text{m}$ . El cuarto grupo estuvo constituido por modelos fabricados mediante el procesamiento de luz digital (DLP) en una impresora 3D. Una vez obtenidos todos los modelos, se procedió a escanear los modelos usando un escáner de referencia para obtener los datos STL que sirvieron para superponer hacia el dato STL del modelo de referencia y así verificar la exactitud de las arcadas; por otro lado para el análisis de los dientes tallados se superpuso la información STL entre los modelos de referencia realizando la alineación de mejor ajuste ( $n=10$ ) y finalmente, para la evaluación cuantitativa y cualitativa entre los modelos de referencia y los experimentales se usó el mapa de diferencia de color y los valores de la raíz cuadrada media (RMS), mientras

que los análisis estadísticos se llevaron a cabo a través de la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de U de Mann-Whitney con corrección de Bonferroni. Como resultado en la medición del arco completo, el valor de la raíz cuadrada media de la exactitud en los modelos de yeso convencional fue significativamente menor en comparación con los otros grupos ( $p < 0.05 / 6 = 0.008$ ), mientras que en los grupos MIL, S3P Y D3P no se evidenciaron diferencias significativas ( $p > 0.05 / 6 = 0.008$ ). En cuanto a la exactitud de los dientes tallados de todos los grupos, el valor de la raíz cuadrada media de los modelos convencionales era significativamente menor a diferencia de los otros grupos ( $p < 0.05 / 6 = 0.008$ ) y entre los grupos MIL (modelos de yeso molido) y S3P no se mostró diferencia significativa ( $p > 0.05 / 6 = 0.008$ ) mientras que el valor de la raíz cuadrada del grupo S3P fue significativamente menor que el grupo D3P en cuanto a los dientes tallados con excepción de la pieza dental con preparación para incrustación ( $p < 0.05 / 6 = 0.008$ ). Por consiguiente, se concluyó que los modelos de yeso obtenidos de manera convencional evidenciaron una mayor exactitud en comparación con los modelos de yeso fresados digitalmente y los que se fabricaron en las impresoras 3D. Así mismo, el grupo de modelos impresos mediante la técnica SLA y los modelos fresados tenían una fidelidad similar cuando se comparó la exactitud de las arcadas completas y los dientes tallados, finalmente los modelos de yeso fresados tuvieron una mayor precisión en comparación con los modelos impresos en 3D (16).

**Jin, et al., (2019)** desarrollaron su estudio con el fin de “*Evaluar la exactitud (veracidad y precisión) de modelos de réplica dentales producidos mediante el uso de materiales fotopoliméricos en la fabricación aditiva*”. Se empleó un modelo tipodon superior de arco completo, luego con el uso de siliconas pesada y fluida se obtuvieron 10 modelos de yeso tipo IV que serían para el grupo control o referencia, mientras que el grupo experimental se desarrolló mediante el uso de un escáner intraoral, con el que

se escanearon los modelos de referencia para obtener los datos digitales mediante un archivo STL. Se procedió a fabricar 10 modelos estereolitograficos (SLA) usando como material una resina líquida fotoendurecible y otros 10 modelos más en una impresora 3D Polyjet usando un polímero acrílico como material. Una vez completos todos los modelos se procedieron a escanear usando un escáner de mesa para obtener los datos STL. A continuación, se superpusieron los archivos STL de los datos referenciales con los datos obtenidos de un escáner a través un software de análisis 3D llamado método de mejor ajuste a fin de medir la precisión y fidelidad. Por otro lado, para cuantificar la precisión y veracidad se utilizó el valor cuadrático medio (RMS). En cuanto al análisis estadístico se realizó con IBM SPSS Statistics 21, también usaron pruebas de Shapiro-Wilk y la prueba de Levene, y por último se realizó un análisis de varianza de una vía para valorar la significancia estadística de todos los grupos. Los resultados de veracidad de los modelos de todos los grupos mostraron que sí hay diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ); pero cuando se comparó la veracidad entre los grupos de modelos convencionales de yeso tipo IV y el grupo SLA no hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ). En el resultado de la comparación de la precisión, si evidenció diferencias estadísticamente significativas en los tres grupos ( $p < 0.05$ ), estos resultados se confirmaron con las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene ( $p > 0.05$ ). En conclusión, los modelos realizados en impresoras 3D hechos de resina líquida fotocurable (SLA) no muestran una mejor veracidad en comparación con los modelos de yeso tipo IV. Por otro lado, sobre la precisión de los modelos de resina fotopolimérica, estos tuvieron un mejor resultado a diferencia de los modelos del grupo de yeso tipo IV, por todo esto se concluye que los modelos fabricados en impresoras 3D SLA de resina fotopoliméricos son aceptados para usarse clínicamente (17).

**Rebong, et al., (2018)** desarrollaron su investigación con el objetivo de “*Evaluar la precisión dimensional de modelos producidos por modelos de deposición fundida (FDM), Polijet y Estereolitografía (SLA) comparándolos con modelos de yeso tradicionales.* Para ello emplearon 12 modelos elaborados con yeso de ortodoncia, los cuales cumplían con los criterios de inclusión luego del tratamiento maxilar y mandibular de los archivos clínicos de ortodoncia de la Universidad de Indiana. Se escanearon los moldes de yeso, obteniéndose un archivo de Estereolitografía el cual se envió al CAM para posteriormente imprimir en 3 tipos de impresoras 3D: Makerbot Replicator (FDM), 3DSystems SLA 6000 (SLA) y Objet Eden500 (Polyjet), utilizando un calibre digital para obtener medidas tanto en los modelos originales de yeso como en los modelos de resina impresa. Tras el análisis comparativo se encontró que no existía una diferencia significativa entre los modelos impresos en 3D y los modelos de yeso en la mayoría de los parámetros; sin embargo, la FDM fue significativamente más alta en promedio que los modelos de yeso en el plano mixto maxilar izquierdo (MxL-MP) y el ancho intermolar mandibular (Md-IMW). Polyjet fue significativamente mayor en promedio que los modelos de yeso en ancho intercanino maxilar (Mx-ICW), ancho intercanino mandibular (Md-ICW) y plano mixto mandibular izquierdo (MdL-MP). Polyjet fue significativamente menor en promedio que los modelos de yeso en el plano vertical superior derecho (MxR-vertical), plano vertical superior izquierdo (MxL-vertical), plano anteroposterior mandibular derecho (MdR-AP), plano vertical mandibular derecho (MdR-vertical) y plano vertical izquierdo mandibular (MdL-vertical). El SLA fue significativamente más alto en promedio que los modelos de yeso en MxL-MP, Md-ICW y sobremordida. El SLA fue significativamente menor en promedio que los modelos de yeso en MdR-vertical y MdL-vertical. Cuando se comparó los modelos de resina entre sí se halló que los modelos FDM tuvo una diferencia

significativamente menor con el yeso para Mx-ICW que Polyjet ( $P = .0203$ ) y SLA ( $P = .0139$ ), donde FDM midió más bajo que el yeso mientras que Polyjet y SLA midieron más que el yeso, pero Polyjet y SLA fueron no diferentes entre sí ( $p = 0,83$ ). Los autores encontraron que existen diferencias estadísticamente significativas de  $\pm 0,35$  mm entre los modelos de yeso, FDM, SLA y Polyjet, mientras que los modelos FDM tenían la menor cantidad de diferencias y eran más capaces de replicar modelos de yeso y por último, los modelos SLA y Polyjet mostraron una tendencia a la expansión para las mediciones intra e interarcadas y una tendencia a la contracción en el plano vertical (2).

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Avance tecnológico del CAD-CAM**

La tecnología CAD-CAM (Diseño asistido por computadora y Fabricación asistida por computadora) surge en la década de los ochenta para revolucionar la odontología de la mano de tres especialistas que ayudaron en el desarrollo y procesamiento de este sistema que permite fabricar las prótesis dentales a través de un software de diseño con una máquina fresadora que materializará lo que se diseña.

Todo inicia con el Dr. Duret en 1971, quien de manera experimental fue desarrollando estructuras de prótesis fija funcionales, posteriormente desarrolló el sistema Sopher System<sup>R</sup> que sirvió como punto de partida para los nuevos sistemas CAD-CAM. Luego el Dr Moermann desarrolló el sistema CEREC System<sup>R</sup>, utilizándolo exclusivamente en el consultorio odontológico para la fabricación directa de una incrustación a través de un escaneo intraoral fabricándose todo en un mismo día.

Por último, el Dr Andersson fue quien desarrolló el sistema Procera System<sup>R</sup> junto con los fabricantes de Nobel Biocare<sup>R</sup> para la fabricación de carillas dentales



de composite en CAD-CAM. Esta tecnología ha mejorado a través de los años junto con el desarrollo de nuevos materiales que se usan con este sistema y que seguirán mejorando (18).

Con el desarrollo de nuevos tratamientos en odontología, el uso del sistema Cad-Cam ha ido ampliando su uso como es el caso de la implantología permitiendo fabricar guías quirúrgicas guiadas para la colocación de implantes dentales; entre ellos tenemos al sistema Simplant<sup>R</sup>, NobelGuide<sup>R</sup>, Navigator<sup>R</sup> entre otros. También se viene desarrollando en gran aumento en el tratamiento ortodóntico (18).

### **2.2.1.1 Fases del procesamiento del sistema CAD-CAM**

Actualmente estos sistemas tienen diferentes formas para recopilar los datos de los dientes pilares y almacenarlos digitalmente en el CAD, en comparación del CAM donde la fresadora que fabricara la prótesis dental consta básicamente de 4 a 5 ejes para una mejor reproducción de este. Es decir, el sistema CAD-CAM permite el escaneado de los tallados dentales a través de un escáner intraoral o un escáner de mesa para luego diseñar la prótesis y enviar toda la información hacia la fresadora para la fabricación de las coronas. Este sistema consta de las siguientes fases:

- **Fase de almacenamiento de datos:** Los datos se pueden obtener a través del escaneado directo del diente pilar en boca o también podría ser de una impresión del diente pilar tallado. Para el diseño de las coronas se pueden realizar a partir de un encerado de tipo diagnóstico de la futura estructura protésica. Por otro lado estos datos digitales se obtienen con el uso de un escáner de mesa que viene junto con todo el sistema CAD-CAM o también se obtiene a través de un escáner intraoral o extraoral, sin embargo cuando se realiza con un escáner intraoral se tiene que tener en cuenta el medio oscuro en el que está y la posibilidad de

acumulación de saliva que podrían alterar la obtención de los datos y que esto lleva a una mala adaptación de la prótesis teniendo que repetirse (19).

- **Fase de diseño asistido por ordenador (CAD):** Cada sistema de Cad-Cam viene con un software único que lo diferencia de otros sistemas, es en este software donde se diseñara la prótesis dental. Dentro de las características del software vienen incorporado diferentes elementos como articulador virtual donde permitirá dar movimientos funcionales a la estructura o también se incluye el reconocimiento facial para mejorar la parte estética de las restauraciones (19).
- **Fase de fabricación (CAM):** Es en esta fase donde se materializará el diseño que se realizó en el CAD. La técnica de fabricación de las prótesis dentales puede darse a través de dos métodos: Fabricación aditiva y fabricación sustractiva (19).

**Fabricación Aditiva:** En esta técnica donde el material seleccionado se va acumulando poco a poco hasta completar la estructura, también se presentan tres opciones según el material a emplear; la primera opción es la deposición de material fundido que a través de un cabezal se va agregando el material fundido (plástico o metal) y se va formando la estructura a través de capas que van endureciendo, la segunda opción es la agregación de un material granular donde de forma selectiva se va uniendo en capas y que se sinterizan por láser, por último está la opción de fotopolimerización, que es un tipo de impresión 3D llamado Estereolitografía, donde se utiliza resina líquida que se va fotopolimerizando por capas hasta lograr el diseño completo de la prótesis (19).

**Fabricación sustractiva (CAM):** En esta técnica se va eliminando material de algún bloque usando fresas calibradas o a través de rayos láser hasta completar la prótesis. Este fresado se realiza en máquinas de cuatro o cinco ejes para lograr mejores

movimientos y permitir desgastar zonas que requieran mayor detalle. Para esta técnica se emplean bloques o discos de cerámica u otra aleación que vienen pre-sinterizado o en algunos casos de resinas totalmente sinterizados que son escogidos según el caso. El uso de bloques cerámicos pre-sinterizados tiene la ventaja de generar un menor desgaste a las fresas calibradas de las fresadoras, pero este material obliga al uso de un horno para completar la sinterización y compactación de este para terminar la estructura. Otros materiales disponibles en bloques o discos que se usan para fresar las estructuras pueden ser de Titanio, cobalto-cromo y las nuevas resinas acrílicas reforzadas (19).

#### **2.2.1.2 Ventajas y desventajas del sistema CAD-CAM**

El sistema Cad-Cam ha significado introducir nuevos y mejores materiales para las restauraciones dentales como también mejorar significativamente el tiempo de trabajo y reducir costos, por tal motivo su uso se justifica porque mejorará los resultados que se obtienen cuando se emplea el método tradicional. Las ventajas de este sistema son variadas:

- a) Empleo de nuevos materiales: los materiales que se han desarrollado para la elaboración de las prótesis no se alteran cuando se manipulan porque son de alta resistencia además de su composición variada que permite una mejor funcionalidad estética.
- b) La fabricación en este sistema supone una reducción en la mano de obra pudiendo ser elaborado por el mismo odontólogo o un solo técnico dental.
- c) Los materiales empleados son mucho más estéticos por lo tanto se puede realizar en dientes pilares donde se haya realizado un menor desgaste al diente.

- d) Reducción de costos y tiempo en el procedimiento de impresión de los dientes tallados evitándose el uso de siliconas, yesos entre otros.
- e) Permitirá un mayor control de calidad y precisión de la restauración requiriendo menos correcciones en boca.

Por otro lado, el sistema presenta los siguientes inconvenientes:

- Principalmente se menciona al alto costo de inversión para poder adquirir estos equipos.
- Demandará un mayor tiempo de preparación para aprender a controlar el software por parte del odontólogo y técnico dental, también conocer qué tipo de material usar en cada caso según se requiera (19).

### **2.2.2 Escaneado e impresión digital intraoral**

Con el uso cada vez más frecuente de los sistemas CAD/CAM en odontología se fue desarrollando nuevas técnicas y equipos para mejorar el flujo digital, tal es el caso del escáner intraoral que permite recopilar y transmitir todos los datos de boca al CAD a través de un archivo STL (20). Las ventajas de esta impresión permiten dejar atrás procedimientos de toma de impresión que resultan incómodos para el paciente, ya sea por la poca tolerancia de los materiales dentales dentro de la cavidad oral o alguna discapacidad motora que dificulte su autonomía. Además, se evita errores que se dan en el procedimiento del vaciado con yeso a las impresiones dentales y los cambios volumétricos que pueden alterar a la fabricación de las prótesis dentales. Otra ventaja es la reproducción y visualización inmediata del escaneado intraoral permitiendo corregir errores en el tallado si fuese necesario. El almacenamiento del escaneado se denomina archivo STL que se almacena el tiempo necesario y no variara su forma (19).

Por otro lado, este método también trae consigo algunos inconvenientes como son el aspecto económico elevado para adquirir el escáner, además del hecho de que las indicaciones para el tallado de los dientes tienen que ser a nivel del margen gingival o supra gingival para evitar la acumulación de saliva (19).

#### **2.2.2.1 Escáner Intraoral**

El escáner intraoral fue desarrollado por el Dr. Werner Mörmann y Marco Brandestini, este dispositivo se compone de tres partes: cámara manual (hardware), ordenador y un software; fueron formulados en la década de 1980 cuando los escáneres estaban destinados a usarse sólo en tratamientos restauradores, sin embargo el día de hoy han ido mejorando su calidad de reproducir a detalles toda la superficie del medio bucal y los tallados dentales a través de un haz de luz e interpretando la geometría del objeto.

A través del tiempo surgieron diferentes tipos de escáneres intraorales divididos en dos grupos: en el primero se encuentran los escáneres directos (in office) que sirven para realizar el escáner intraoral, el diseño y el fresado de la restauración en el mismo instante de la consulta, se destaca principalmente al sistema CEREC AC<sup>R</sup> (Sirona Dental Systems) y el sistema Casredream<sup>R</sup>. Mientras que el segundo grupo se denominan escáneres indirectos (out office) porque se envía el escaneado intraoral al laboratorio dental para que el técnico dental realice el diseño y fresado de la prótesis dental (21).

#### **2.2.2.2 Clasificación del escáner intraoral (EI)**

La tecnología de los escáneres intraorales se clasifica en dos tipos: Escáner de tecnología fotográfica y Escáner de tecnología de video

- Escáner intraoral de tecnología fotográfica: la obtención de los datos estructurales de la superficie bucal se da a través de imágenes por separado. El campo de visión de la cámara de estos escáneres es reducido, tienen forma de un cono, por lo que limita la recopilación de datos en una sola imagen por lo tanto se tiene que tomar la misma imagen de una zona en varias oportunidades para obtener toda la información. Una vez realizado el escaneado de toda la zona, se continúa con el procedimiento de alineamiento donde se va fusionar todas las imágenes obtenidas para obtener el modelo digital completo.<sup>18</sup>
- Escáner intraoral de tecnología de video: Estos escáneres funcionan como una cámara de video donde obtienen los datos a través de la grabación de la superficie bucal donde se trabajará (21).

### **2.2.3 Impresoras 3D Dental**

Para imprimir modelos y piezas a utilizarse en la práctica odontológica se emplean siliconas de condensación y adición, las cuales juntamente con los moldes de yeso se caracterizan por poseer una adecuada precisión y gran versatilidad de aplicaciones. Al momento de plantear una comparación es indispensable tomar en consideración el material con el que se trabajará la impresión en 3D, toda vez que un material con las condiciones idóneas suele tener una adecuada estabilidad dimensional, lo que le permite mantener sus propiedades físicas como tamaño y forma durante un lapso temporal que oscila entre las 24 y 48 horas sin presentar mayores variaciones. Así, las siliconas por adición se caracterizan por poseer una mayor estabilidad, toda vez que las contracciones físicas que pudiesen experimentar se llegan a producir tan solo durante el transcurso de los 3 primeros minutos tras la desinserción; lo que incluso se compensa debido al hecho de que el material de vaciado se expande, gracias al hecho de que en la mayor parte de las aplicaciones se utiliza yeso de tipo IV, mismo que llega a tener una

estabilidad dimensional del 99.8% tras la ya mencionada contracción; así, el material presenta una adecuada precisión (22). Es así como, a continuación, se muestran las principales ventajas que ofrece la impresión 3D en el ámbito de la odontología.

Una de las ventajas más importantes lo constituye la velocidad, la cual se mide en base al total del tiempo necesario para procesar el producto final, el grado de automatización de los equipos, su configuración por defecto o personalizada. Sin embargo, la impresión en 3D también permite que los procesos sean eficientes, toda vez que al conocer el proceso de impresión en relación con el tiempo que ello tarda se observa que la relación costo – beneficio es la mejor (22).

### **2.2.3.1 Impresoras 3D en Odontología**

En el ámbito de la odontología, los actores involucrados (profesionales, técnicos, clínicas y laboratorios) cada vez buscan más opciones relacionadas con el manejo de materiales mediante el uso de impresoras 3D, toda vez que los avances en los mismos han permitido el acceso a nuevos materiales con altos estándares de calidad, los cuales se pueden producir casi a una escala industrial, sin que ello implique adecuados estándares de control y prueba, por lo que son alternativas estandarizadas susceptibles de ser empleadas en la creación de las más exigentes soluciones de tratamiento, las cuales son de ayuda al profesional odontológico en el proceso de diseño y construcción de dispositivos capaces de ser empleados en la práctica odontológica gracias a su adecuada calidad y consistencia.

En ese contexto, los distintos softwares que operan a nivel de la creación de formas y moldes dentales capaces de ser impresos mediante el uso de tecnología 3D, forman parte del cada vez más complejo mundo de la odontología digital; razón por la cual el profesional del área odontológica puede incluso desarrollar un proceso de

verificación debidamente controlada a fin de duplicar lo más fielmente posible la cavidad oral del paciente, sin generar en este mayor incomodidad (22).

### **Impresión 3D en Ortodoncia**

La creación de moldes para el tratamiento de ortodoncia ha dependido casi siempre del uso de impresiones en alginato que no necesariamente eran las más precisas, mismas que luego se trasvasaban en un molde de yeso; con estos moldes se podían fabricar aparatos de ortodoncia tales como protectores bucales, expansores de arco, espaciadores y retenedores de acrílico, los cuales se producían tras un laborioso proceso productivo en el que se ponía a prueba la experiencia del especialista para asegurar que el paciente tendría un óptimo tratamiento (23).

Sin embargo, con la aparición de nuevas tecnologías de 3D el mencionado proceso se puede desarrollar con una mayor eficiencia. Así, para obtener el molde en un inicio se comienza con un escaneo al interior de la cavidad oral, cuya forma final se remite al laboratorio en donde se inspecciona para poderlo convertir en una fiable representación 3D de la boca. Posteriormente los modelos en 3D son impresos con una calidad de precisión que permite su uso como parte del proceso productivo de la variedad de productos de ortodoncia previamente enumerada; a lo que se añade el hecho de que incluso el producto final se puede entregar en el transcurso de solamente unas cuantas horas al paciente (24).

A esto se añade el hecho de que en promedio los tratamientos de ortodoncia implican el uso de un registro que en algunos casos puede llegar a superar los 10 años, situación que en términos del almacenamiento de bloques de yeso se hace relativamente difícil al disminuir el espacio disponible; sin embargo, mediante el uso de escaneos intraorales se puede sustituir el almacenamiento físico de los



modelos por un almacenamiento en servidor que incluso también permite imprimir en 3D de manera rápida el modelo deseado (25).

### **Impresoras 3D en Implantología**

Frente a casos en los que el paciente necesita que se reemplacen los dientes perdidos evitando cualquier pérdida de la dentición sana con la que cuenta en su cavidad oral, las alternativas no eran las más idóneas ya que el procedimiento implicaba el reemplazo mediante el desdentado parcial de los dientes sanos en el afán de otorgar al paciente una prótesis fija plural (26). Este procedimiento incluso se realizaba de manera rudimentaria o con guías quirúrgicas hechas en moldes de yeso, las cuales inicialmente habrían sido perforadas para que el cirujano dental las tome como guías; sin embargo y gracias a la aplicación de técnicas derivadas de la digitalización y el uso de tomografía CBCT, la cirugía guiada puede ser realizada de manera sencilla y predecible (27).

Así, en todo procedimiento quirúrgico el primer paso implica explorar la boca del paciente mediante una Tomografía Computarizada de Haz Cónico a fin de obtener la mayor información posible, cuyo registro se guarda mediante un archivo DICOM en el que se visualiza una representación anatómica del paciente, el cual se conecta con un software de apoyo y guía en cirugía, mediante el cual el profesional coloca de manera virtual que le servirá para desarrollar una serie de pruebas que garanticen el mejor resultado posible (28); una vez que el implante y su ubicación están alineados, junto con el escaneo intraoral o modelo escaneado ópticamente, están integrados y superpuestos para convertirse en un código abierto archivo sucinto STL (28). Este último archivo se puede exportar a la impresora 3D a fin de que en esta se genere la guía que posteriormente se ajustará al motor dental a fin de acceder al lugar en el que se ubicará el implante,

posteriormente el material de soporte se desecha y permitiendo obtener una guía precisa con un orificio para guiar el motor durante el procedimiento. Así, estas guías se pueden imprimir de manera individual cuando el especialista lo desee o en grupos mediante un ciclo de impresión, lo que permite que el especialista tenga la posibilidad de emplear el sistema de implantes necesario y con las características que el paciente solicita (28).

### **Impresoras en 3D en prótesis fija**

Las impresoras 3D disponibles en el campo odontológico para fabricación de modelos se usan para la confección de restauraciones como la prótesis parcial fija, se clasifican en 4 tipos de tecnología de impresión: Estereolitografía (SLA) , sinterización selectiva por láser (SLS) , inyección y deposición de material fundido (FDM), siendo las tecnologías predominantes en odontología son la SLA y la DLP (29).

### **Nuevos usos de las impresoras 3D Dental**

Debido que estas herramientas tecnológicas son versátiles y tienen una gran variedad de aplicaciones en el contexto odontológico, se pueden crear las siguientes piezas:

- Modelos educativos tipo Geller.
- Coronas provisionales con máximo ajuste cervical.
- Cubetas individuales.
- Pruebas de estructuras y bases protésicas antes del enmuflado final.
- Patrones calcinables para prótesis fija.
- Arcos de Young.
- Partes dañadas del instrumental (28).

### **2.2.3.2 Propiedades de las impresoras 3D Dental**

Entre las características de las impresoras 3D objeto del presente estudio, se tienen las siguientes:

#### **1. Impresora de Modelado por deposición fundida (FDM)**

Funcionan mediante la superposición de capas en orden ascendente, las cuales se forman cuando un filamento termoplástico se calienta hasta alcanzar un estado semilíquido y se va extruyendo a través de un cabezal en forma de gotas ultrafinas. Otorga una menor resolución de detalles en comparación a SLS SLA y DLP. Mayormente usado para imprimir estructuras simples, que no requieran una gran exactitud de detalle. Entre sus ventajas se tiene la posibilidad de esterilizar el producto final con óxido de etileno, peróxido de hidrógeno o radiación gamma; además, presenta un bajo costo de producción (30).

#### **2. Impresora de Sinterizado por Laser (SLS)**

Su tecnología se basa en la fusión de pequeñas partículas en polvo mediante el uso de láser, en mayor medida se emplea polvo de Nylon o poliamidas con una liviana carga de fibra de vidrio, lo que la hace resistente a condiciones casi extremas (31). Su mayor ventaja radica en el hecho de que es resistente al impacto y a altas temperaturas; sin embargo también presenta dificultades a nivel de una pérdida de material que ronda el 30%, lo que no las hace prácticas para una producción a pequeña escala, y además la impresión podría ser más limpia (30).

### **3. Impresión directa en metal DMP o DMLS**

Mediante esta tecnología se imprimen aleaciones metálicas desde un archivo CAD, combinando partículas de metal con un láser de alta presión que aglutina varias capas de material, esto permite producir piezas con alta complejidad y precisión (30).

### **4. Impresora de Estereolitografía (SLA)**

Implica la transformación de un fotopolímero líquido en un patrón sólido tras su activación con luz ultravioleta, formando capa tras capa de material (32), lo que a su vez permite que se formen objetos pequeños, pero con buenos detalles, los cuales se pueden producir de forma masiva sin prácticamente tener desperdicio de material. Por otro lado, indefectiblemente necesita de un soporte sólido, y además el producto final no soporta adecuadamente las altas temperaturas (30).

### **5. Impresora de procesamiento digital por luz (DLP)**

También implica la transposición de un fotopolímero líquido activado con el uso de un proyector de luz que solidifica el material en forma de bloques rectangulares proyectados en resina, con más velocidad que el SLA y permitiendo también la impresión de una gran cantidad de objetos, aunque los acabados se restringen a las texturas de los bloques rectangulares, requiriendo también de soportes especiales (30).

### **6. Impresora de Liquid Crystal (LCD)**

Tiene su origen en la estereolitografía, pero en lugar de utilizar un láser utiliza una serie de pantallas LCD UV como fuente de luz. La luz de los paneles LCD planos brilla directamente en el área que se construye, de forma paralela. La calidad de

impresión la impresora LCD depende de su densidad, es decir que, si presenta mayores píxeles, la calidad de impresión será mejor (33).

## **7. Impresora de polímeros mediante INKJET (Polyjet-MJP Multijet printing)**

Emplea una tecnología mediante la cual dos materiales se solidifican cuando entran en contacto con luz ultravioleta, aunque la resina fotopolimerizable está contenida en cartuchos y se deposita mediante cabezales antes de ser polimerizados. Por ello permite obtener impresiones con detalles muy precisos y con una resolución menor a los 0.016mm, su costo es relativamente bajo al igual que el tiempo necesario, aunque suele ser lento si se compara con el SLA y DLP (34).

## **Materiales para impresoras 3D**

Existen diversos materiales para la impresión 3D, con diferentes características y fines prácticos, entre los cuales se tienen:

Filamento de ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno): Dado que se obtiene mediante FDM no permite la reproducción de detalles pequeños por lo que no es muy recomendable en la práctica odontológica, pese a que tiene adecuadas propiedades mecánicas por lo que se suele usar en prototipos educativos. El material necesario es relativamente barato por lo que es el segundo más usado, teniendo un punto de fusión por debajo de los 230°C, emana gases nocivos pero se pueden usar modificaciones como el ABS-M30i que a su vez es biocompatible y permite la esterilización (35).

Filamento PLA (Ácido Poliláctico): Ácido poliláctico empleado en la impresión FDM, lo que hace que sea fácil de imprimir, permitiendo un alto margen de error por lo que es el material más usado. Se imprime a 170°C con una velocidad de 30-90 mm/seg; no emana gases nocivos pero tampoco soporta bajas temperaturas (se descompone 50-60°) (35).

Resinas Fotopolimerizables Liquidas: Se usan con las técnicas SLA y DLP, están constituidas de fotopolímeros que se vuelven sólidos tras su contacto con la luz, permite una correcta reproducción de detalles casi sin defectos, y cuenta con versiones que son biocompatibles, correctas propiedades mecánicas y una buena terminación, excelente para odontología (35).

- Ceras: para la impresión mediante inyección por cartuchos, material moldeable y prensable.
- PMMA (Polimetilmetacrilato): Tecnología FDM, viene en filamentos. Es un material resistente que soporta altas temperaturas, su aspecto es translúcido casi transparente.
- Cerámica: Se puede obtener mediante el sistema SLS, como impresión en sí hoy en día está en desarrollo (35). El puente de zirconio es de material cerámico, que en forma de dióxido de zirconio ( $ZrO_2$ ) se utiliza para materiales de estructura como las prótesis dentales fijas. Desde el punto de vista estética como funcional, el zirconio ha representado un movimiento significativo en el mundo de la odontología, subrayando su color blanco, translucidez, maleabilidad y alta resistencia, propiedades que lo hacen apto para la fabricación de porcelana, lo que le ha dado validez para sustituir a las aleaciones y porcelanas utilizadas previamente, tanto en la ortodoncia como en las prótesis dentales (36).

### **1. Cantidad de modelos por impresión**

La cantidad estará en función a la relación proporcional con el tamaño de la impresora, dependiendo de la plataforma de impresión, si es grande o pequeña de ello se deduciría un mayor o menor volumen de impresión (35).

## **2. Tiempo de impresión**

Varía en función de las propiedades de la impresora pero también del material, aunque se ha observado que en las impresoras de escritorio una mayor velocidad implica una reducción en la reproducción de detalles (35).

## **3. Acabado final – Fotopolimerización**

Casi todas las impresoras de escritorio no cuentan con un pulidor final dado que están enfocadas a la creación de la estructura, aunque también es importante un post curado que permita contar las propiedades mecánicas adecuadas y la eliminación de monómeros tóxicos. El lavado final es algo muy simple y el retiro de estructuras de soporte se realiza con instrumental incluido con cada impresora (espátulas, por ejemplo) (35).

### **2.3 Formulación de hipótesis**

#### **2.3.1 Hipótesis general**

**Hi:** Existen diferencias significativas entre la precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental usando estructuras de prótesis fija.

**Ho:** No existen diferencias significativas entre la precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental usando estructuras de prótesis fija.

#### **2.3.2 Hipótesis específicas**

**Hi<sup>1</sup>:** Existen diferencias significativas sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD usando estructuras de prótesis fija.

**H<sub>0</sub>:** No existen diferencias significativas sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD usando estructuras de prótesis fija.

**H<sub>i</sub><sup>2</sup>:** Existen diferencias significativas sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija.

**H<sub>0</sub>:** No existen diferencias significativas sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija.

**H<sub>i</sub><sup>3</sup>:** Existen diferencias significativas sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija.

**H<sub>0</sub>:** No existen diferencias significativas sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija.

**H<sub>i</sub><sup>4</sup>:** Existen diferencias significativas sobre la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija.

**H<sub>0</sub>:** No existen diferencias significativas sobre la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija.

**H<sub>i</sub><sup>5</sup>:** Existen diferencias significativas sobre la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija.

**H<sub>0</sub>:** No existen diferencias significativas sobre la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija.



## **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**

### **3.1 Método de la investigación**

Para efectos de la presente investigación se hizo uso del método hipotético deductivo, toda vez que la evidencia confirmatoria de la hipótesis general se deriva de una serie de predicciones particulares (37), por lo que el desarrollo del estudio permitió evaluar si es que existen cambios precisión dimensional y adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras 3D dental usando estructuras de prótesis fija, mediante el desarrollo de pruebas experimentales que permitan entender una serie de hipótesis específicas.

### **3.2 Enfoque de la investigación**

Se optó por un enfoque cuantitativo, el cual es definido como aquel conocimiento que deriva de la experiencia empírica del investigador y los hechos que este observa y pone a prueba mediante la experimentación (38); por ende, para alcanzar los objetivos del estudio se registraron las características de los modelos fabricados en impresoras 3D.

### **3.3 Tipo de investigación**

La investigación fue de tipo aplicada en la medida que los resultados estuvieron orientados a resolver un problema (39); de tal modo, los hallazgos obtenidos sirvieron para entender los lineamientos teóricos de la impresión 3D de modelos de estructuras de prótesis fijas, las características del uso de dicha tecnología en el ámbito odontológico.

### **3.4 Diseño de la investigación**

El desarrollo de la investigación se evaluó en base al diseño experimental *in-vitro*, en la medida que las variables objeto de estudio se manipularon de forma deliberada, a fin de entender estadísticamente las consecuencias generadas a partir de la antes mencionada manipulación, todo ello en un contexto controlado por el investigador (40).

### **3.5 Población, muestra y muestreo**

#### **3.5.1 Población**

La población de esta investigación fueron modelos de la arcada inferior fabricados en dos diferentes impresoras 3D dental, los cuales se obtuvieron de un modelo maestro con preparación dentaria para una estructura de prótesis fija de tres piezas (3.4-3.6).

La población estuvo constituida por el total de elementos a analizarse y que comparten una serie de características homogéneas (41), es así que para efectos de la investigación se emplearon 30 modelos por cada impresora, dando un total de 60 modelos.

#### **Criterios de inclusión**

- Escaneados con buena visibilidad de la terminación cervical de los tallados.
- Escaneados que no presentan adaptación de las paredes axiales de la preparación dentaria.
- Piezas dentarias tallados con hombro tipo chanfer.

#### **Criterios de exclusión**

- Escaneado de modelos que presenten irregularidades en la preparación dentaria.
- Escaneado de modelos que generen retención.
- Escaneado de dientes adyacentes incompletos

### 3.5.2 Muestra

La muestra de esta investigación estuvo conformada por 60 modelos para ambas impresoras que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión, dando un total de 120 modelos a analizarse.

### 3.5.3 Muestreo

El tipo de muestreo empleado fue no probabilístico por conveniencia, el cual permitió que el investigador tenga la capacidad de seleccionar los casos que crea conveniente de ser incluidos en la investigación (42).

## 3.6 Variables y operacionalización

Variables	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Dimensión	Escala Valorativa (Niveles o rango)
PRECISIÓN Dimensional	Se medirá a través de superposición de archivos STL	-	Cérvico -oclusal Mesio - distal	Razón	mm
Adaptación Marginal	Distancia presente entre la terminación cervical del diente y el margen de la estructura o restauración.	-	Hombro marginal (tallado) y de la cofia (terminación cervical)	Razón	mm
Impresoras 3D	Dispositivos capaces de reproducir un objeto sólido tridimensional mediante la adición de material, cuyo diseño se realiza en computadora.	-	-	Nominal	LCD Y SLA

### **3.7 Técnica e instrumentos de datos**

#### **3.7.1 Técnica**

Para alcanzar el objetivo final de investigación se hizo uso de una serie de técnicas para la recolección de datos, con lo que se fabricaron modelos mediante dos tipos impresoras 3D (LCD y SLA) obtenidos desde un modelo Tipodont parcial de la arcada inferior con dos dientes tallados con una preparación de hombro chamfer a 0.5mm supra gingival, que fueron pilares para recibir una estructura de prótesis fija de tres piezas (3.4-3.6) confeccionadas bajo la técnica de fusión selectiva por láser (SLM), las cuales a su vez se emplearon para verificar la adaptación marginal en los modelos impresos a través del Software 3Shape Dental System R. El modelo de Tipodont fue escaneado y posteriormente impreso, para evaluar la variable precisión dimensional de los modelos impresos en los que se utilizó el mismo software 3Shape Dental System R mediante la función de superposición de imágenes de los archivos STL, obtenidos de los escaneados de los modelos fabricados digitalmente, sobre el escaneado del modelo maestro midiendo en sentido mesio-distal y cervico-oclusal.

En primer lugar, se realizaron 60 impresiones del modelo maestro según las recomendaciones del fabricante, de manera que, para obtener una polimerización completa, la impresión se realizó en grupos de 4 modelos que tuvo una duración de 2 horas con 30 minutos y 4 horas con 40 minutos, luego pasó por un lavado de alcohol isopropílico durante 10 minutos y finalmente se colocaron en el horno de fotocurado durante media hora. Finalmente se retiró la base.

Después del almacenamiento, los modelos fueron digitalizados con un escáner de mesa y se guardaron como archivos STL (Standard Tessellation Language) que es un

lenguaje estandarizado para representación de archivos tridimensionales mediante polígonos triangulares en forma de teselas.

La fabricación de los modelos impresos en 3D se tuvo dos grupos: El primero de 30 impresiones con la impresora LCD y el segundo grupo impresiones con la impresora SLA. Se escanearon todos los modelos impresos con el mismo escaner de mesa 3SHAPE usado para el escaneo del modelo maestro. Los archivos STL creados se utilizaron para realizar la primera medición de la distorsión dimensional mediante superposición o alineamiento con el modelo maestro en sentido mesio-distal y cérvico-oclusal de las piezas talladas, las medidas se expresaron en milímetros para el llenado de los datos.

En la segunda medición, se diseñó una estructura metálica de 3 piezas (pieza 3.4; pilar, pieza 3.5; pónico y pieza 3.6 es pilar) elaborado en el laboratorio de 3D WORK mediante el diseño de cad cam y la técnica de impresión láser en aleación cobalto-cromo.

La estructura de prótesis fija se colocó en todos los modelos impresos para comprobar el asentamiento y sellado en toda la circunferencia para luego escanearlos. Se compararon todos los modelos y se llenaron los datos en la ficha de recolección.

Para determinar la precisión dimensional, se midió a través de la superposición de archivos STL, midiendo en sentido mesio-distal y cervico-oclusal. En el caso de la adaptación marginal, se midió la distancia presente entre la terminación cervical del diente y el margen de la estructura o restauración. Una vez obtenidas las medidas se pasaron a una base de datos en el programa de Excel y el análisis estadístico se realizó mediante el software estadístico Stata 16.1 (StataCorp).

Una vez obtenidas las medidas se pasó a realizar el análisis de los datos según los

objetivos propuestos.

### **3.7.2 Descripción de instrumentos**

La evaluación del sellado marginal con la estructura de prótesis fija y la distorsión dimensional de los modelos impresos se realizó con el software Dental System de 3Shape, la cual presenta las siguientes características:

El software Dental SystemR, permite una amplia variedad de servicios protésicos aplicables a la fabricación de alineadores dentales transparentes usados en el tratamiento ortodóntico, diseño de sonrisa en el tratamiento estético dental, guías quirúrgicas para los tratamientos con implantes dentales, férulas entre otras. Cuenta con un sistema abierto para realizar diseños, biblioteca con diferentes sistemas de implantes dentales, y también tiene compatibilidad con escáneres intraorales, diferentes modelos de fresadoras y los diferentes modelos de impresoras 3D de otras casas dentales. Finalmente, todos los datos obtenidos mediante el uso de las ya mencionadas herramientas se registraron en una ficha de recolección de datos que se anexa al final del documento.

### **3.7.3 Validación**

La ficha de recolección de datos se validó mediante la estrategia de del juicio de expertos, los cuales dictaminaron que se cumple con los criterios básicos para contener los datos provenientes de las herramientas antes mencionadas.

### **3.7.4 Confiabilidad**

La confiabilidad se estipuló a partir de la adaptación de los instrumentos de recolección de datos que se emplearon en los estudios de Rungrojwittayakul, et al., (2019) (43) y Jang, et al., (2020) (14).

### **3.8 Plan de procesamiento y análisis de datos**

Luego de obtener los datos del estudio se envió a una base de datos en el programa de Excel para analizar las variables y realizar los gráficos. El análisis estadístico se realizó con un nivel de significancia del 95% mediante el software estadístico Stata 16.1 (StataCorp).

Tras desarrollar los procedimientos detallados en la sección de técnicas, los datos obtenidos del software Dental System R fueron traspasados a una hoja de cálculo en Excel, a fin de obtener las variables de estudio y así desarrollar los gráficos descriptivos. Por último, el análisis inferencial se desarrolló mediante el uso del software estadístico Stata 16.1 (StataCorp) con un nivel de significancia del 95%.

### **3.9 Aspectos éticos**

Para garantizar la idoneidad del estudio, tanto en términos del contenido teórico como los resultados empíricos derivados del desarrollo de las técnicas y el uso de los instrumentos de recolección de datos, su contenido se rigió en base a los formatos de citación y referenciación que garanticen el respeto de los derechos de autor que protegen los contenidos teóricos empleados; además, mediante la consulta del juicio de expertos se pudo determinar que el instrumento cumple con los criterios técnicos que garanticen la fidelidad y exactitud de los instrumentos. Por último, todos los criterios previamente mencionados fueron sometidos a los fundamentos del Comité de Ética de la Universidad Norbert Wiener para su exoneración de revisión de proyecto de investigación y su respectivo reglamento.

## CAPÍTULO IV. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

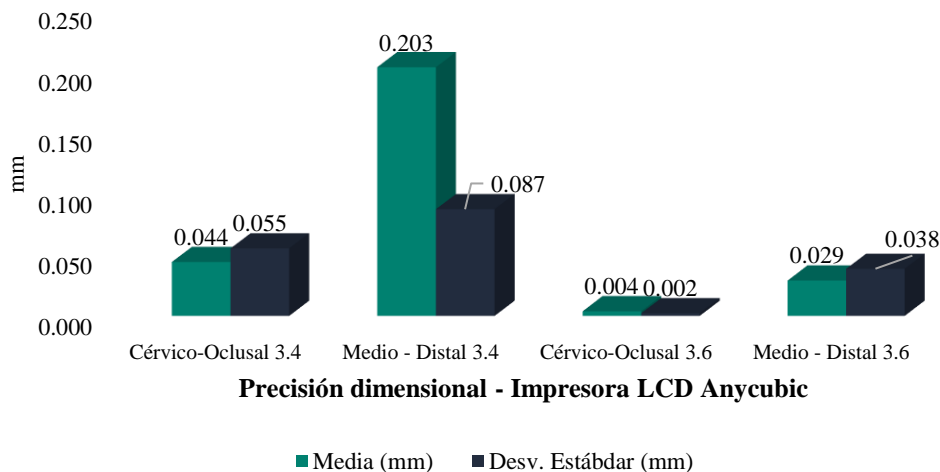
### 4.1 Resultados

#### 4.1.1 Análisis descriptivo de resultados

**Tabla 1.** Estadísticos descriptivos de la precisión dimensional de las piezas dentales en la impresora LCD Anycubic.

Precisión dimensional en impresora LCD Anycubic	N	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)
Cérvico-Oclusal 3.4	30	0.001	0.191	0.044	0.055
Medio - Distal 3.4	30	0.047	0.337	0.203	0.087
Cérvico-Oclusal 3.6	30	0.001	0.008	0.004	0.002
Medio - Distal 3.6	30	0.001	0.142	0.029	0.038

**Figura 1.** Promedio y desviación estándar de la precisión dimensional de las piezas dentales en la impresora LCD Anycubic.



Basándome en los resultados descriptivos de la precisión dimensional de las piezas de la impresora LCD Anycubic, se puede apreciar que, en la pieza Cérvico-Oclusal 3.4, la precisión dimensional varía entre 0.001 y 0.191 mm, con una media de 0.044 mm y una desviación estándar de 0.055 mm ( $0.044 \pm 0.055$ ). En relación con las piezas Medio - Distal 3.4, se identifica una variabilidad de 0.047 a 0.337 mm, con una media de 0.203 mm y una desviación estándar de 0.087 mm ( $0.203 \pm 0.087$ ). En cuanto a las piezas Cérvico-Oclusal 3.6, la variación se encuentra entre 0.001 y 0.008 mm, con una media de

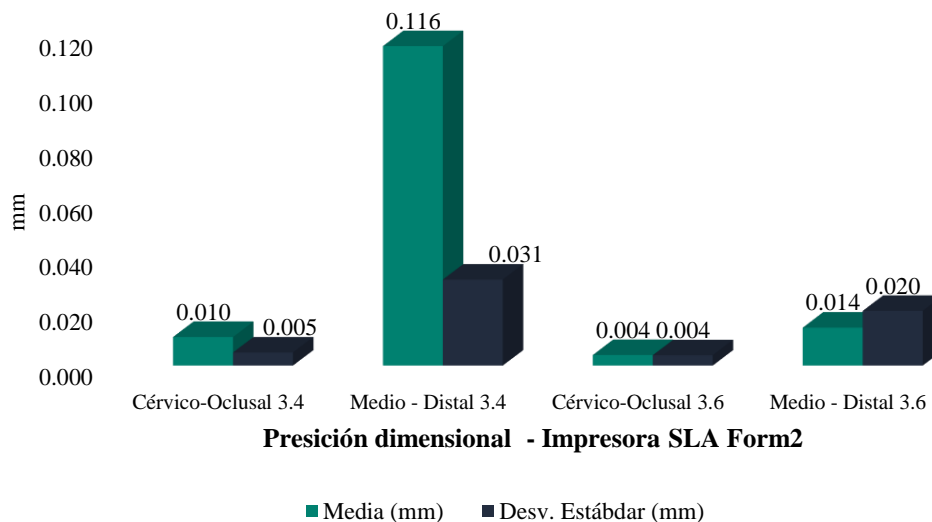


0.004 mm y una desviación estándar de 0.002 mm ( $0.004 \pm 0.002$ ). Por último, para las piezas Medio - Distal 3.6, la precisión dimensional oscila entre 0.001 y 0.142 mm, con una media de 0.029 mm y una desviación estándar de 0.038 mm ( $0.029 \pm 0.038$ ).

**Tabla 2.** Estadísticos descriptivos de la precisión dimensional de las piezas dentales en la impresora SLA Form2.

Precisión dimensional en impresora SLA Form2	N	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)
Cérvico-Oclusal 3.4	30	0.001	0.018	0.010	0.005
Medio - Distal 3.4	30	0.044	0.201	0.116	0.031
Cérvico-Oclusal 3.6	30	0.001	0.017	0.004	0.004
Medio - Distal 3.6	30	0.001	0.091	0.014	0.020

**Figura 2.** Promedio y desviación estándar de la precisión dimensional de las piezas dentales en la impresora SLA Form2.



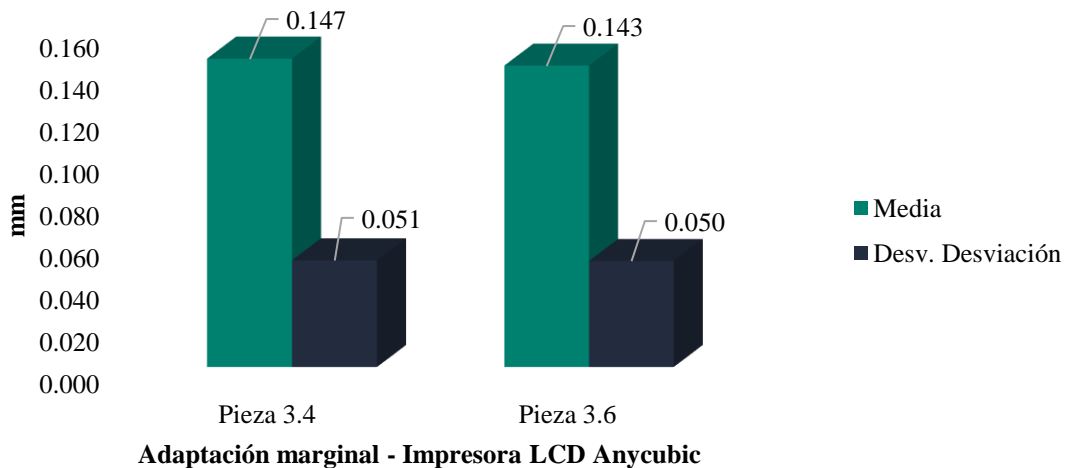
Basándome en los resultados descriptivos de la precisión dimensional de las piezas de la impresora SLA Form2, se puede apreciar que, en la pieza Cérvico-Oclusal 3.4, la precisión dimensional varía entre 0.001 y 0.018 mm, con una media de 0.010 y una desviación estándar de 0.005 mm ( $0.010 \pm 0.005$ ). En relación con las piezas Medio - Distal 3.4, se identifica una variabilidad de 0.044 a 0.201 mm, con una media de 0.116 y una desviación estándar de 0.031 mm ( $0.116 \pm 0.031$ ). En cuanto a las piezas Cérvico-Oclusal 3.6, la variación se encuentra entre 0.001 y 0.017 mm, con una media de 0.004 mm y una desviación estándar de 0.004 mm ( $0.004 \pm 0.004$ ). Por último, para las piezas

Medio - Distal 3.6, la precisión dimensional oscila entre 0.001 y 0.091 mm, con una media de 0.014 mm y una desviación estándar de 0.020 mm ( $0.014 \pm 0.020$ ).

**Tabla 3.** Estadísticos descriptivos de la adaptación marginal de las piezas dentales en la impresora LCD Anycubic.

<b>Adaptación marginal - Impresora LCD Anycubic</b>					
Impresora LCD Anycubic	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Estándar
Pieza 3.4	30	0.10	0.20	0.147	0.051 mm
Pieza 3.6	30	0.10	0.20	0.143	0.050 mm

**Figura 3.** Promedio y desviación estándar de la adaptación marginal de las piezas dentales en la impresora LCD Anycubic.

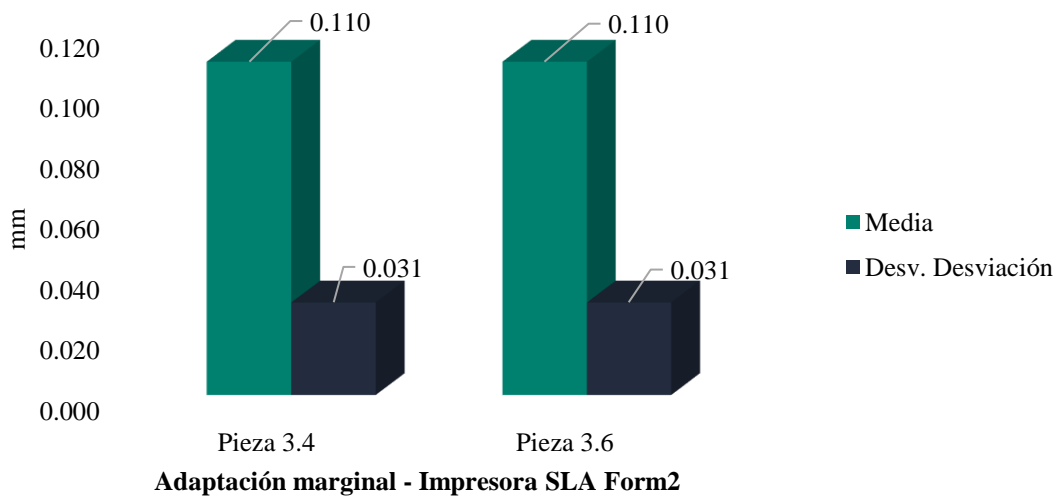


En base a los resultados, para la categoría Pieza 3.4, la adaptación marginal de las piezas dentales impresas con la impresora LCD Anycubic varía entre 0.10 y 0.20 mm, con una media de 0.147 mm y una desviación estándar de 0.051 mm ( $0.147 \pm 0.051$ ). Por otro lado, en la categoría Pieza 3.6, la adaptación marginal también oscila entre 0.10 y 0.20 mm, con una media ligeramente más baja de 0.143 mm y una desviación estándar de 0.050 mm ( $0.143 \pm 0.050$ ). Estos hallazgos indican que ambas categorías exhiben una adaptación marginal dentro de un rango estrecho, implicando una consistencia en la precisión de la impresión para las mediciones de adaptación marginal en las piezas dentales.

**Tabla 4.** Estadísticos descriptivos de la adaptación marginal de las piezas dentales en la impresora SLA Form2.

Adaptación marginal - Impresora SLA Form2	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Pieza 3.4	30	0.10 mm	0.20 mm	0.11 mm	0.031 mm
Pieza 3.6	30	0.10 mm	0.20 mm	0.11 mm	0.031 mm

**Figura 4.** Promedio y desviación estándar de la adaptación marginal de las piezas dentales en la impresora SLA Form2.



Desde los resultados presentados, se observa que, en la categoría Pieza 3.4 de la impresora SLA Form2, la adaptación marginal de las piezas dentales impresas varía entre 0.10 y 0.20 mm, con una media de 0.110 mm y una desviación estándar de 0.031 mm ( $0.110 \pm 0.031$ ). Asimismo, para la categoría Pieza 3.6, se encuentra una variabilidad similar, con una adaptación marginal también entre 0.10 y 0.20 mm, y una media de 0.110 mm, junto con una desviación estándar de 0.031 mm ( $0.110 \pm 0.031$ ). Estos hallazgos indican que ambas categorías presentan una consistencia notable en la precisión de la adaptación marginal en las piezas dentales impresas con la impresora SLA Form2, indicando un rendimiento estable y predecible en la impresión.

## 4.1.2 Prueba de hipótesis

### Prueba de normalidad

**Ho:** Las medidas de las piezas dentales tienen distribución normal.

**Ha:** Las medidas de las piezas dentales no tienen distribución normal.

**Prueba Estadística:** Kolmogorov – Smirnov

**Nivel de significancia:** 5%

### Regla de decisión:

- Si  $p \leq 0.05$ ; Se rechaza la hipótesis nula.
- Si  $p > 0.05$ ; No se rechaza la hipótesis nula.

**Tabla 5.** Prueba de normalidad en piezas dentales.

Pieza	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Cérvico-Oclusal 3.4	0.343	60	0.000
Mesio - Distal 3.4	0.191	60	0.000
Cérvico-Oclusal 3.6	0.178	60	0.000
Medio - Distal 3.6	0.330	60	0.000
Desadaptación marginal 3.4	0.450	60	0.000
Desadaptación marginal 3.6	0.458	60	0.000

De la tabla, se puede observar que, con un nivel de significancia del 5%, existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y concluir que las medidas de las piezas dentales no siguen una distribución normal. Por consiguiente, se ha adoptado un enfoque no paramétrico y se ha empleado la prueba estadística U de Mann-Whitney para examinar posibles diferencias significativas entre las diversas piezas dentales.

### 4.1.2.1 Hipótesis general

**Hi:** Existen diferencias significativas entre la precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental usando estructuras de prótesis fija.

**Ho:** No existen diferencias significativas entre la precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental usando estructuras de prótesis fija.

**Nivel de significancia:** 5%

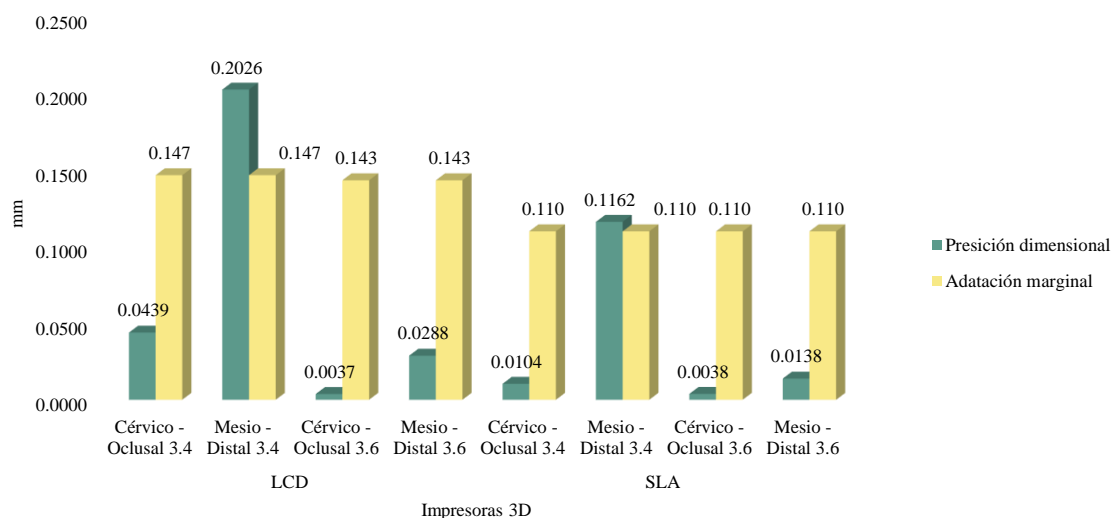
**Regla de decisión:**

- Si  $p \leq 0.05$ ; Se rechaza la hipótesis nula.
- Si  $p > 0.05$ ; No se rechaza la hipótesis nula.

**Tabla 6.** Prueba de U de Mann – Whitney en la precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental usando estructuras de prótesis fija.

Impresora	Pieza	Precisión dimensional (mm)	Adaptación marginal (mm)	p - valor
LCD	Cérvico - Oclusal 3.4	0.0439 ± 0.055	0.147 ± 0.051	0.000
	Mesio - Distal 3.4	0.2026 ± 0.087	0.147 ± 0.051	0.031
	Cérvico - Oclusal 3.6	0.0037 ± 0.002	0.143 ± 0.050	0.000
	Mesio - Distal 3.6	0.0288 ± 0.038	0.143 ± 0.050	0.000
SLA	Cérvico - Oclusal 3.4	0.0104 ± 0.005	0.110 ± 0.031	0.000
	Mesio - Distal 3.4	0.1162 ± 0.031	0.110 ± 0.031	0.023
	Cérvico - Oclusal 3.6	0.0038 ± 0.004	0.110 ± 0.031	0.000
	Mesio - Distal 3.6	0.0138 ± 0.020	0.110 ± 0.031	0.000

**Figura 5.** Promedio de la precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental usando estructuras de prótesis fija.



De la tabla, se aprecia que, para la impresora LCD, en el Cérvico-Oclusal 3.4, se observa una precisión dimensional de aproximadamente  $0.0439 \pm 0.055$  mm y una adaptación marginal de  $0.147 \pm 0.051$  mm. En Mesio-Distal 3.4, la precisión dimensional es de alrededor de  $0.2026 \pm 0.087$  mm, mientras que la adaptación marginal es de  $0.147 \pm 0.051$  mm. Por otro lado, para el Cérvico-Oclusal 3.6, la precisión dimensional es de aproximadamente  $0.0037 \pm 0.002$  mm y la adaptación marginal es de  $0.143 \pm 0.050$  mm. En el Mesio-Distal 3.6, la precisión dimensional es de alrededor de  $0.0288 \pm 0.038$  mm, y la adaptación marginal es de  $0.143 \pm 0.050$  mm. En cambio, para el caso de la impresora SLA, para la dimensión Cérvico-Oclusal 3.4, la precisión dimensional es de alrededor de  $0.0104 \pm 0.005$  mm y la adaptación marginal es de  $0.110 \pm 0.031$  mm. En el Mesio-Distal 3.4, la precisión dimensional es de aproximadamente  $0.1162 \pm 0.031$  mm, mientras que la adaptación marginal es de  $0.110 \pm 0.031$  mm. Mientras tanto, en el Cérvico-Oclusal 3.6, la precisión dimensional es de alrededor de  $0.0038 \pm 0.004$  mm y la adaptación marginal es de  $0.110 \pm 0.031$  mm. En el Mesio-Distal 3.6, la precisión dimensional es de aproximadamente  $0.0138 \pm 0.020$  mm y la adaptación marginal es de  $0.110 \pm 0.031$  mm. Estas diferencias en los valores de media y desviación estándar entre las impresoras y las diferentes dimensiones y piezas indican una variabilidad significativa en la precisión dimensional y la adaptación marginal, respaldada por los valores de p asociados. Se puede concluir que, en este contexto, existen diferencias significativas en la precisión dimensional y la adaptación marginal entre los modelos fabricados en impresoras 3D dental utilizando estructuras de prótesis fija.

#### **4.1.2.2 Hipótesis específicas**

##### **Hipótesis específica 1**

**Hi<sup>1</sup>:** Existen diferencias significativas sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD usando estructuras de prótesis fija.

**Ho<sup>1</sup>:** No existen diferencias significativas sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD usando estructuras de prótesis fija.

**Nivel de significancia:** 5%

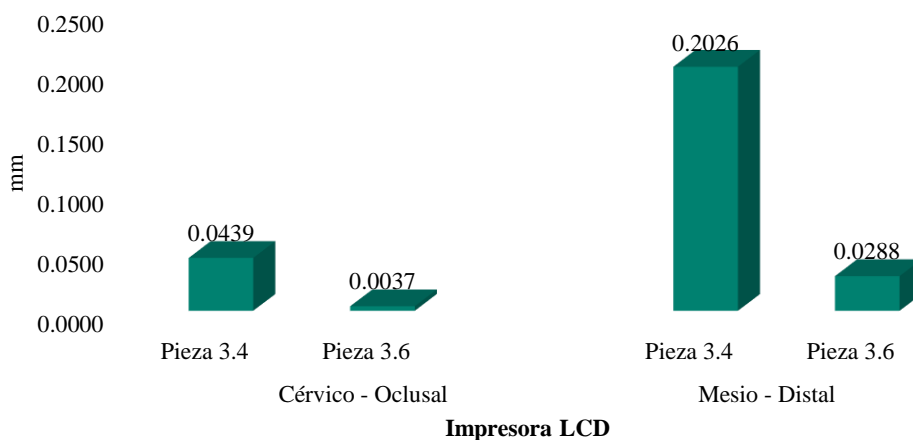
**Regla de decisión:**

- Si  $p \leq 0.05$ ; Se rechaza la hipótesis nula.
- Si  $p > 0.05$ ; No se rechaza la hipótesis nula.

**Tabla 7.** Prueba de U de Mann – Whitney en la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD usando estructura de prótesis fija.

Impresora LCD	Promedio	p-valor
Cérvico - Oclusal (mm)	Pieza 3.4	0.0439
	Pieza 3.6	0.0037
Mesio - Distal (mm)	Pieza 3.4	0.2026
	Pieza 3.6	0.0288

**Figura 6.** Promedio de la Precisión Dimensional de Modelos de Prótesis Dentales Fabricados en Impresora LCD.



En base a los resultados, la prueba U de Mann-Whitney indican claramente la presencia de diferencias significativas en la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD con estructuras de prótesis fija. Tanto en la dimensión Cérvico-Oclusal como en Mesio-Distal, se observan valores de p extremadamente bajos (0.000 en ambos casos), lo que demuestra que las diferencias son estadísticamente significativas. Asimismo, se respalda la hipótesis alterna e implica que la calidad y

precisión en la fabricación de prótesis dentales utilizando impresoras LCD con estructuras de prótesis fija son aspectos críticos que deben abordarse.

### Hipótesis específica 2

**Hi<sup>2</sup>:** Existen diferencias significativas sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija.

**Ho<sup>2</sup>:** No existen diferencias significativas sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija.

**Nivel de significancia:** 5%

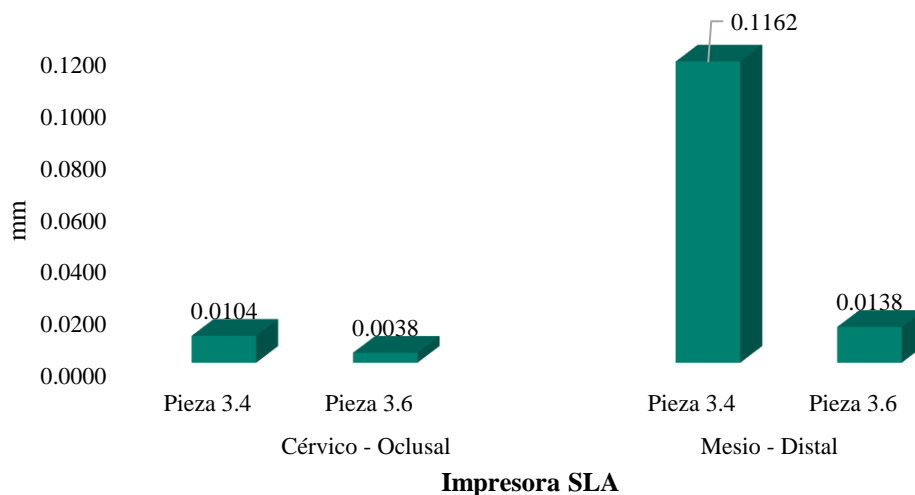
### Regla de decisión:

- Si  $p \leq 0.05$ ; Se rechaza la hipótesis nula.
- Si  $p > 0.05$ ; No se rechaza la hipótesis nula.

**Tabla 8.** Prueba de U de Mann – Whitney en la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructura de prótesis fija.

Impresora SLA	Promedio	p-valor
Cérvico - Oclusal (mm)	Pieza 3.4	0.0104
	Pieza 3.6	0.0038
Mesio - Distal (mm)	Pieza 3.4	0.1162
	Pieza 3.6	0.0138

**Figura 7.** Promedio de la Precisión Dimensional de Modelos de Prótesis Dentales Fabricados en Impresora SLA.





Los resultados extraídos de la tabla revelan el análisis de la prueba de U de Mann-Whitney, el cual indica, con un nivel de significancia del 5%, que existen diferencias significativas en la precisión dimensional de los modelos producidos mediante el uso de impresoras SLA en el contexto de la fabricación de estructuras de prótesis fija. Estas diferencias se presentan en las dimensiones "Cérvico-Oclusal" y "Mesio-Distal", así como entre las piezas 3.4 y 3.6. Por ende, los resultados apuntan a la importancia de considerar minuciosamente la selección de la impresora SLA y la estructura de prótesis, ya que ambas pueden incidir de manera significativa en la precisión dimensional de los modelos impresos en 3D, especialmente al optar por la tecnología adecuada para la manufactura de estructuras de prótesis fija.

### Hipótesis específica 3

**Hi<sup>3</sup>:** Existen diferencias significativas sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija.

**Ho<sup>3</sup>:** No existen diferencias significativas sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija.

**Nivel de significancia:** 5%

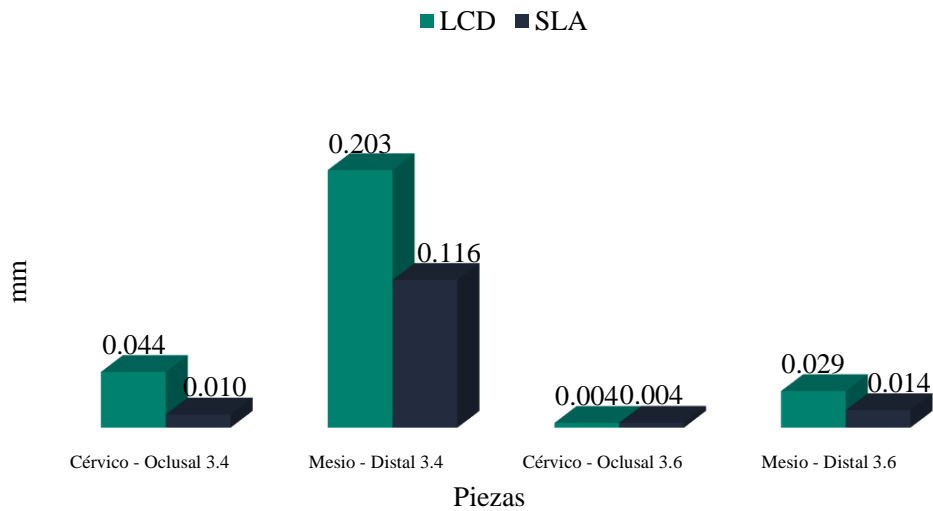
#### Regla de decisión:

- Si  $p \leq 0.05$ ; Se rechaza la hipótesis nula.
- Si  $p > 0.05$ ; No se rechaza la hipótesis nula.

**Tabla 9.** Prueba de U de Mann – Whitney en la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructura de prótesis fija.

Pieza	Promedios		p - valor
	LCD	SLA	
Cérvico - Oclusal 3.4 (mm)	0.044	0.010	0.003
Mesio - Distal 3.4 (mm)	0.203	0.116	0.000
Cérvico - Oclusal 3.6 (mm)	0.004	0.004	0.393
Mesio - Distal 3.6 (mm)	0.029	0.014	0.004

**Figura 8.** Promedio de la Precisión Dimensional de Modelos de Prótesis Dentales Fabricados en Impresora LCD y SLA.



Es notable apreciar que mediante el uso de la prueba de U de Mann-Whitney existen diferencias significativas en la precisión dimensional entre las impresoras LCD y SLA para la mayoría de las configuraciones de piezas. Específicamente, en el Cérvico-Oclusal con la pieza 3.4 y Mesio-Distal con la pieza 3.4 y 3.6, se encontraron diferencias significativas, indicadas por valores de  $p$  inferiores a 0.05. Sin embargo, para el Cérvico-Oclusal con la pieza 3.6, no se observaron diferencias significativas, ya que el valor de  $p$  fue similar para ambas impresoras, esto implican importancia de considerar cuidadosamente las configuraciones específicas al seleccionar la tecnología de impresión 3D más adecuada para la fabricación de estructuras de prótesis fija.

#### **Hipótesis específica 4**

**Hi<sup>4</sup>:** Existen diferencias significativas sobre la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija.

**Ho<sup>4</sup>:** No existen diferencias significativas sobre la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija.

**Nivel de significancia:** 5%

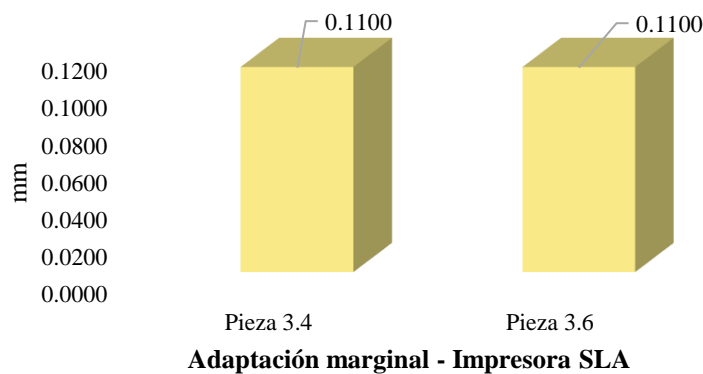
**Regla de decisión:**

- Si  $p \leq 0.05$ ; Se rechaza la hipótesis nula.
- Si  $p > 0.05$ ; No se rechaza la hipótesis nula.

**Tabla 10.** Prueba de U de Mann – Whitney en la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija.

Adaptación marginal - Impresora LSA	Promedio (mm)	p-valor
Pieza 3.4	0.110	1.000
Pieza 3.6	0.110	

**Figura 9.** Mediana de la Adaptación marginal de Modelos de Prótesis Dentales Fabricados en Impresora SLA.



De acuerdo con los resultados presentados en la tabla 10, la cual expone los hallazgos de la prueba de U de Mann-Whitney en la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras SLA utilizando estructuras de prótesis fija, se observa que tanto para la pieza 3.4 como para la pieza 3.6, los promedios de la adaptación marginal son iguales, registrando un valor de 0.1100 mm en ambos casos. Además, el valor de p es de 1.000. Considerando la regla de decisión establecida, implica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) en este escenario específico. Por consiguiente, se concluye que no existen diferencias significativas en la adaptación marginal entre los modelos fabricados en impresoras SLA utilizando estructuras de prótesis fija.

### Hipótesis específica 5

**Hi<sup>5</sup>:** Existen diferencias significativas sobre la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija.

**Ho<sup>5</sup>:** No existen diferencias significativas sobre la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija.

**Nivel de significancia:** 5%

#### Regla de decisión:

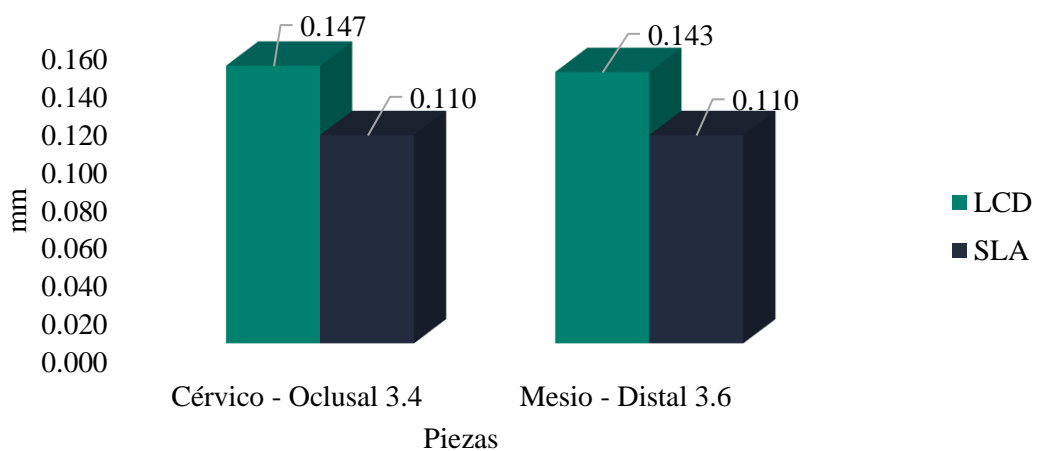
- Si  $p \leq 0.05$ ; Se rechaza la hipótesis nula.
- Si  $p > 0.05$ ; No se rechaza la hipótesis nula.

**Tabla 11.** Prueba de U de Mann – Whitney en la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija.

Pieza	LCD	SLA	p - valor
Cérvico - Oclusal 3.4 (mm)	0.147	0.110	0.002
Mesio - Distal 3.6 (mm)	0.143	0.110	0.004

*Promedios*

**Figura 10.** Promedios de la Adaptación marginal de Modelos de Prótesis Dentales Fabricados en Impresora LCD y SLA.



De la tabla, se muestra los resultados de la prueba de U de Mann-Whitney para comparar la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA utilizando estructuras de prótesis fija. Los valores de p asociados son 0.002 y 0.004 para las piezas Cérvico-Oclusal 3.4 y Mesio-Distal 3.6 respectivamente, lo que indica diferencias significativas en la adaptación marginal entre las impresoras. Al considerar el nivel de significancia del 5% y la regla de decisión establecida, dado que ambos valores de p son menores que 0.05, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0^5$ ). Por lo tanto, los resultados indican la presencia de diferencias significativas en la adaptación marginal entre los modelos fabricados en impresoras LCD y SLA, lo que conlleva la importancia de considerar cuidadosamente la tecnología de impresión 3D al fabricar estructuras de prótesis fija, ya que las diferencias en la adaptación marginal pueden impactar la calidad y el ajuste de las prótesis.

#### **4.1.3 Discusión de resultados**

En el marco de la investigación destinada a examinar las diferencias relacionadas con la precisión dimensional y la adaptación marginal de modelos confeccionados mediante impresoras 3D dental empleando estructuras de prótesis fija, se han identificado distintos patrones. Al considerar la impresora LCD, se destaca que en la dimensión Cérvico-Oclusal 3.4, se logró una precisión dimensional cercana a  $0.0439 \pm 0.055$  mm y una adaptación marginal de  $0.147 \pm 0.051$  mm. En cuanto a la dimensión Mesio-Distal 3.4, se obtuvo una precisión dimensional aproximada de  $0.2026 \pm 0.087$  mm, junto con una adaptación marginal de  $0.147 \pm 0.051$  mm. Por otra parte, al analizar la impresora SLA, se observó que para la dimensión Cérvico-Oclusal 3.4, la precisión dimensional se aproximó a  $0.0104 \pm 0.005$  mm, mientras que la adaptación marginal fue de  $0.110 \pm 0.031$  mm. En relación con la dimensión Mesio-Distal 3.4, se evidenció una precisión

dimensional cercana a  $0.1162 \pm 0.031$  mm y una adaptación marginal de  $0.110 \pm 0.031$  mm. Además, es importante destacar que estas diferencias en los valores medios y en la desviación estándar entre ambas impresoras y para las distintas dimensiones y piezas implican una variabilidad significativa en términos de precisión dimensional y adaptación marginal, lo cual está respaldado por los valores de p correspondientes. A partir de estos resultados, se puede concluir que, en este contexto general, se presentan diferencias significativas en la precisión dimensional y la adaptación marginal entre los modelos fabricados en impresoras 3D dental con el uso de estructuras de prótesis fija. Asimismo, al comparar los resultados, se notó que la impresora LCD presentó una precisión dimensional ligeramente superior en la mayoría de las dimensiones y piezas en comparación con la impresora SLA. A pesar de esta ventaja en la precisión dimensional para la impresora LCD, ambas impresoras exhibieron valores bastante similares en términos de adaptación marginal. Esto implica que, aunque la impresora LCD mostró una pequeña ventaja en la precisión dimensional, ambas impresoras demostraron un rendimiento comparable en lo que respecta a la adaptación marginal. En cambio **Soo, et al., (2021)**, encontró que la técnica de impresión Multi-Jet (MJP) demostró una mayor precisión en comparación con las técnicas de Procesamiento de Luz Digital (DLP) y Aparatos de Estereolitografía (SLA). Aunque la diferencia no alcanzó significancia estadística, se observó una mayor precisión en los márgenes del diente molar y la distancia al contacto proximal al utilizar la técnica MJP. No obstante, para el diente premolar, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos. Los mapas en color en 3D de los modelos impresos revelaron una contracción bucolingual, siendo la rugosidad de la superficie más baja en los modelos fabricados con la técnica MJP. La precisión de los modelos de resina impresos en 3D utilizando técnicas DLP, MJP y SLA se ubicó en un rango clínicamente aceptable para su uso como modelo de trabajo en la fabricación de

prótesis dentales. Basándose en estos hallazgos, los investigadores concluyeron que la precisión de los modelos de resina impresos en 3D mediante las técnicas DLP, MJP y SLA demostró ser adecuada para su aplicación en la práctica clínica relacionada con prótesis dentales. Por otro lado, según **Herpel, et al., (2021)**, descubrieron que las prótesis dentales fresadas mostraron una veracidad promedio de  $65 \pm 6 \mu\text{m}$  y una precisión promedio de  $48 \pm 5 \mu\text{m}$ . Estas prótesis fresadas resultaron ser significativamente más precisas que las dentaduras impresas en 3D en cuatro de los cinco centros de estudio. En términos de cifras absolutas promedio, la impresión 3D demostró una menor veracidad en un rango de 17 a  $89 \mu\text{m}$  y una menor precisión en un rango de 8 a  $66 \mu\text{m}$  en comparación con el fresado. Como resultado, concluyeron que, aunque el fresado sigue siendo la técnica de referencia en términos de precisión, las diferencias entre las prótesis dentales fresadas e impresas en 3D no fueron significativas en uno de los centros de impresión. Además, se observó que el rendimiento general de la impresión 3D en todos los centros se mantuvo dentro de un rango clínicamente aceptable para las prótesis de prueba. Por su parte, **Emir et al., (2021)** analizaron las características de los modelos fabricados en impresoras DLP y Polyjet. Los resultados indicaron que la fidelidad media de los modelos producidos por las impresoras DLP fue de  $46 \pm 9.86 \mu\text{m}$ , mientras que los modelos fabricados en Polyjet mostraron una fidelidad media de  $51 \pm 5.11 \mu\text{m}$ . A pesar de estos resultados, no se encontraron diferencias significativas al comparar las mediciones de fidelidad entre ambos métodos. Por otro lado, sí se observaron diferencias significativas en la precisión de los modelos. La precisión media de los modelos fabricados en DLP fue de  $43 \pm 13.77 \mu\text{m}$ , mientras que la de los modelos fabricados en Polyjet fue de  $54 \pm 8.65 \mu\text{m}$ . Estos resultados implican que los modelos producidos con la impresora DLP fueron considerablemente más precisos en comparación con los modelos fabricados en Polyjet ( $p < 0.001$ ), concluyendo que las impresoras 3D utilizadas

en la investigación presentaron diferencias significativas en cuanto a la precisión al medir los arcos completos. A pesar de que los modelos fabricados en las impresoras DLP demostraron una mayor precisión en comparación con los modelos producidos en Polyjet, ambos métodos son clínicamente aceptables y pueden utilizarse para la elaboración de prótesis fija.

De acuerdo con el primer objetivo específico de la investigación, cuyo propósito fue determinar las diferencias en la precisión dimensional entre los modelos fabricados en impresoras LCD con estructuras de prótesis fija, se encontró que tanto en el Cérvico-Oclusal como el Mesio-Distal, se obtuvieron valores de  $p$  muy bajos (0.000 en ambos casos). Con un nivel de significancia del 5% se llegó a la conclusión que las diferencias observadas son altamente significativas desde un punto de vista estadístico. Una implicación importante de este hallazgo es que la precisión dimensional en la fabricación de modelos utilizando impresoras LCD para estructuras de prótesis fija es altamente confiable y precisa. En el estudio realizado por **Jang et al., (2020)**, se superpusieron los escaneos de la estructura de prótesis fija sobre los modelos STL fabricados en resina y los modelos escaneados de yeso. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) bidireccional para investigar posibles diferencias significativas entre ambos grupos. Los resultados del ANOVA bidireccional mostraron diferencias significativas en ambos grupos en términos de los valores de la raíz cuadrada media (RMS) tanto en el margen como en la zona interna. Sin embargo, no se identificaron diferencias significativas en los valores de la raíz cuadrada media marginal ( $p = 0.762$ ) en las áreas divididas en pónico y no pónico. En el grupo de modelos virtuales digitales, los valores de la raíz cuadrada media fueron considerablemente más altos que en el grupo de escaneos de yeso tipo IV ( $p = 0.001$ ). Los autores concluyeron que el ajuste de las estructuras de prótesis dental fija realizado mediante modelos fabricados en impresoras 3D fue ligeramente menor en



comparación con los modelos de yeso tipo IV. A pesar de ello, los resultados obtenidos fueron considerados clínicamente aceptables.

En relación con el segundo objetivo específico, que buscaba determinar las diferencias en la precisión dimensional entre los modelos fabricados en impresoras SLA utilizando estructuras de prótesis fija, el análisis a través de la prueba de U de Mann - Whitney reveló la existencia de diferencias significativas en la precisión dimensional de los modelos producidos con el uso de impresoras SLA en el contexto de la fabricación de estructuras de prótesis fija. Estas diferencias se observaron tanto en las dimensiones Cérvico-Oclusal y Mesio-Distal, como en las piezas 3.4 y 3.6. Los valores promedio obtenidos para Cérvico – Oclusal fueron de 0.0104 y 0.0038 en las piezas 3.4 y 3.6, respectivamente. Por otro lado, para la dimensión Mesio – Distal, los valores promedio fueron de 0.1162 y 0.0138, respectivamente. De acuerdo con **Jin et al. (2019)**, los resultados revelaron diferencias estadísticamente significativas en la veracidad de los modelos de todos los grupos ( $p < 0.05$ ). Asimismo, al comparar la precisión entre los tres grupos, se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ). En síntesis, los modelos fabricados en impresoras 3D utilizando resina líquida fotocurable (SLA) no presentaron una mayor veracidad en comparación con los modelos hechos de yeso tipo IV. No obstante, en términos de precisión, los modelos elaborados con resina fotopolimérica mostraron un mejor desempeño en contraste con los modelos del grupo de yeso tipo IV. Como consecuencia de estos descubrimientos, se puede afirmar que los modelos confeccionados mediante impresoras 3D SLA y resina fotopolimérica son adecuados para su uso clínico.

En relación con el tercer objetivo específico, centrado en determinar las diferencias en la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA utilizando estructuras de prótesis fija, se encontraron diferencias significativas en el

Cérvico-Oclusal con la pieza 3.4 y Mesio-Distal con la pieza 3.4 y 3.6. Estas diferencias se reflejaron en valores de p inferiores a 0.05, lo que indica una diferencia significativa entre las dos impresoras. Sin embargo, en el Cérvico-Oclusal con la pieza 3.6, no se observaron diferencias significativas, ya que el valor de p fue similar para ambas impresoras, lo que indica la importancia de considerar cuidadosamente las configuraciones específicas al seleccionar la tecnología de impresión 3D más adecuada para la fabricación de estructuras de prótesis fija. En tanto, en este contexto particular, la impresora LCD demostró una precisión ligeramente superior en ciertas configuraciones en comparación con la impresora SLA. En cambio, **Rebong, et al., (2018)**, se concluyó que no había una diferencia sustancial entre los modelos impresos en 3D y los modelos creados a partir de yeso en la mayoría de los parámetros evaluados. También descubrieron que había diferencias estadísticamente significativas de aproximadamente  $\pm 0.35$  mm entre los modelos de yeso, FDM, SLA y Polyjet. Además, observaron que los modelos FDM exhibían la menor cantidad de disparidades y tenían una mayor capacidad para replicar los modelos de yeso. Por otro lado, los modelos SLA y Polyjet mostraron una tendencia a la expansión para las mediciones intra e interarcadas y una tendencia a la contracción en el plano vertical.

En el marco del cuarto objetivo específico, el cual buscaba determinar las posibles diferencias en la adaptación marginal entre los modelos fabricados en impresoras SLA que utilizan estructuras de prótesis fija, los resultados de la prueba de U de Mann-Whitney revelaron que tanto para la pieza 3.4 como para la pieza 3.6, los promedios de la adaptación marginal son idénticos, con un valor registrado de 0.110 mm en ambos casos. Además, el valor de p obtenido fue de 1.000. Por lo tanto, se puede concluir que no se encontraron diferencias significativas en la adaptación marginal entre los modelos elaborados en impresoras SLA utilizando estructuras de prótesis fija. Del mismo modo,

Choi, et al., (2019), encontró como resultado en la medición del arco completo, el valor de la raíz cuadrada media de la exactitud en los modelos de yeso convencional fue significativamente menor en comparación con los otros grupos ( $p < 0.05$ ). En cuanto a la exactitud de los dientes tallados de todos los grupos, el valor de la raíz cuadrada media de los modelos convencionales era significativamente menor a diferencia de los otros grupos ( $p < 0.05$ ) y entre los grupos MIL (modelos de yeso molido) y S3P no se mostró diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) mientras que el valor de la raíz cuadrada del grupo S3P fue significativamente menor que el grupo D3P en cuanto a los dientes tallados con excepción de la pieza dental con preparación para incrustación ( $p < 0.05$ ). por consiguiente, se concluyó que los modelos de yeso obtenidos de manera convencional evidenciaron una mayor exactitud en comparación con los modelos de yeso fresados digitalmente y los que se fabricaron en las impresoras 3D. Asimismo, el grupo de modelos impresos mediante la técnica SLA y los modelos fresados tenían una fidelidad similar cuando se comparó la exactitud de las arcadas completas y los dientes tallados, finalmente los modelos de yeso fresado tuvieron una mayor precisión en comparación con los modelos impresos en 3D.

En relación con el quinto objetivo específico, que tenía como propósito determinar las posibles diferencias en la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA utilizando estructuras de prótesis fija, los resultados revelaron valores de  $p$  de 0.002 y 0.004 respectivamente para las piezas Cérvico-Oclusal 3.4 y Mesio-Distal 3.6. Estos valores indican la presencia de diferencias significativas en la adaptación marginal entre ambas tecnologías de impresión 3D. Por ende, los hallazgos destacan la importancia de considerar minuciosamente la elección de la tecnología de impresión 3D al fabricar estructuras de prótesis fija, ya que las discrepancias en la adaptación marginal podrían influir en la calidad y el ajuste de las prótesis. Por el contrario, **Reis et al., (2020)**

presentaron resultados que mostraban que la discrepancia promedio de la impresora 3D RapidShape P40 fue de  $52,97 \pm 20,48$ , mientras que la Asiga MAX fue de  $68,27 \pm 43,53$ , la Varseo  $62,22 \pm 56,21$ , y finalmente, la impresora Fotón fue de  $80,03 \pm 2867$ . A pesar de no encontrar una diferencia significativa en la precisión ( $p = 0,314$ ), sí se observó una diferencia en la exactitud entre las cuatro impresoras 3D ( $p = 0,015$ ). En última instancia, se llegó a la conclusión de que, si bien las impresoras presentan una precisión diferente, son todas clínicamente aceptables.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

- Se encontraron diferencias significativas entre la precisión dimensional y la adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental utilizando estructuras de prótesis fija.
- Se observaron diferencias significativas en la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD utilizando estructuras de prótesis fija.
- Se identificaron diferencias significativas en la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras SLA utilizando estructuras de prótesis fija.
- Se detectaron diferencias significativas en la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA utilizando estructuras de prótesis fija.
- Se constataron diferencias significativas en la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras SLA utilizando estructuras de prótesis fija.
- Se evidenciaron diferencias significativas en la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA utilizando estructuras de prótesis fija.

### **5.2 Recomendaciones**

- Se recomienda realizar un análisis más detallado de los procesos de fabricación y considerar posibles ajustes en los parámetros de impresión para mejorar la calidad y la precisión de los modelos.
- Se recomienda evaluar y comparar los diferentes tipos de materiales y configuraciones de impresión disponibles en el mercado para optimizar la precisión y lograr resultados más consistentes.

- Se recomienda realizar pruebas exhaustivas de calibración y ajuste de la impresora para asegurar que la precisión se mantenga dentro de los límites aceptables y garantizar la calidad de los modelos producidos.
- Se recomienda comparar detalladamente las especificaciones técnicas de ambas tecnologías de impresión y realizar pruebas de prototipos para determinar la tecnología más adecuada para cada aplicación específica.
- Se recomienda enfocarse en mejorar los procesos de postprocesamiento y ajuste de los modelos para lograr una adaptación más precisa y consistente en las estructuras de prótesis fija.
- Se recomienda realizar evaluaciones comparativas adicionales de las tecnologías de impresión y considerar factores como la calidad del material y los parámetros de impresión para determinar la mejor opción en términos de adaptación marginal y calidad general de los modelos.

## REFERENCIAS

1. Sotto B, Filgueiras A, Gonçalves D, Ferrarez L, De Oliveria M, Freitas T. Aplicabilidade clínica dos avanços da tecnologia CAD-CAM em Odontologia. HU Rev [Internet]. 2018;44(1):29–34. Available from: <https://doi.org/10.34019/1982-8047.2018.v44.13948>
2. Rebong R, Stewart K, Utreja A, Ghoneima A. Accuracy of three-dimensional dental resin models created by fused deposition modeling, stereolithography, and Polyjet prototype technologies: A comparative study. Angle Orthod [Internet]. 2018;88(3):363–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.2319/071117-460.1>
3. Brown G, Currier G, Kadioglu O, Kierl J. Accuracy of 3-dimensional printed dental models reconstructed from digital intraoral impressions. Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet]. 2018;154(5):733–9. Available from: <https://doi.org/doi:10.1016/j.ajodo.2018.06.009>
4. Nestler N, Wesemann C, Spies B, Beuer F, Bumann A. Dimensional accuracy of extrusion- and photopolymerization-based 3D printers: In vitro study comparing printed casts. J Prosthet Dent. 2020;125(1):103–10.
5. Oviedo-Quirós J, Campos-Zumbado J, Hernández-Montoya, D. Lines-Gutiérrez M. 3D printing of stereolithographic models with open protocol. Odovtos-Int J Dent Sc [Internet]. 2020;23(2):421–31. Available from: <http://dx.doi.org/10.15517/ijds.2020.43185>
6. Aly P, Mohsen C. Comparison of the Accuracy of Three-Dimensional Printed Casts, Digital, and Conventional Casts: An In Vitro Study. Eur J Dent [Internet]. 2020;14(2):189–93. Available from: <https://doi.org/10.1055/s-0040-1705243>

7. Kim W. Precisión de los modelos dentales fabricados por el método de fresado CAD/CAM y el método de impresión 3D. *J Oral Res* [Internet]. 2019;7(4):127–31. Available from: <http://dx.doi.org/10.17126/%25x>
8. Kim S, Shin Y, Jung H, Hwang C, Baik H, Cha J. Precision and trueness of dental models manufactured with different 3-dimensional printing techniques. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2018;153(1):144–53. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2017.05.025>
9. Rivera A. Avances y obstáculos existentes en la impresión dental 3D [Internet]. TEQVITA PERÚ. 2021. Available from: <https://teqvita.pe/blogs/impresion-3d/avances-actuales-y-obstaculos-existentes-en-la-impresion-dental-3d>
10. Ricra J. Impresión 3D en el área dental [Internet]. Digital Z 3D. 2020. Available from: <https://www.digitalz3d.com/post/impresión-3d-en-el-área-dental>
11. Soo Y, Seong K, Seong H, Jai K, Joung K. Dimensional accuracy of dental models for three-unit prostheses fabricated by various 3D printing technologies. *Materials (Basel)* [Internet]. 2021;14(6):1–13. Available from: <https://doi.org/10.3390/ma14061550>
12. Emir F, Ceylan G, Ayyıldız S. In vitro accuracies of 3D printed models manufactured by two different printing technologies. *Eur Oral Res* [Internet]. 2021;55(2):80–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.26650/eor.20210060>
13. Teramoto A, Nicolás L, Rojas A, Rodríguez Y. Estudio comparativo de modelos de estudio dentales utilizando diversas impresoras 3D. *ULAMX* [Internet]. 2020;(3):16–22. Available from: [http://portaldeinvestigacion.ula.edu.mx/investigacion/images/pdf/2020/Revista-Digital-\\_ULA-vol.-3.pdf](http://portaldeinvestigacion.ula.edu.mx/investigacion/images/pdf/2020/Revista-Digital-_ULA-vol.-3.pdf)



14. Jang Y, Sim J, Park J, Kim W, Kim H, Kim J. Accuracy of 3-unit fixed dental prostheses fabricated on 3D-printed casts. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2020;123(1):135–42. Available from: <http://dx.doi.org/0.1016/j.prosdent.2018.11.004>
15. Reis B, Portella F, Rivaldo E. Precision and accuracy of four current 3D Printers to achieve models for Fixed Dental Prosthesis. *Acta Odontol Latinoam* [Internet]. 2020;33(1):3–5. Available from: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1852-48342020000100003](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1852-48342020000100003)
16. Choi J, Ahn J, Son K, Huh J. Three-Dimensional Evaluation on Accuracy of Conventional and Milled Gypsum Models and 3D Printed Photopolymer Models. *Materials* (Basel) [Internet]. 2019;12(21). Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/ma12213499>
17. Jin S, Kim D, Kim J, Kim W. Accuracy of Dental Replica Models Using Photopolymer Materials in Additive Manufacturing: In Vitro Three-Dimensional Evaluation. *J Prosthodont* [Internet]. 2019;28(2):e557–62. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/jopr.12928>
18. Alageel O, Wazirian B, Almufleh B, Tamimi F. Fabrication of Dental Restorations Using Digital Technologies: Techniques and Materials [Internet]. Springer; 2019. 55–91 p. Available from: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-15974-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-15974-0_4)
19. Alghazzawi T. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *J Prosthodont Res* [Internet]. 2016;60(2):72–84. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2016.01.003>
20. Bernal C. Aplicaciones del escáner intraoral en las distintas ramas de la

odontología contemporánea. Tesis de titulación, Universidad Autónoma del Estado de México; 2020.

21. Moglioni E, Dal Carlo L, Shulman M, Pasqualini M, Rossi F, Cosma C, et al. Intra-oral scanning and CAD / CAM prosthesis fabrication. *Ann Stomatol (Roma)* [Internet]. 2018;9(4):146–61. Available from: [https://www.researchgate.net/profile/Enrico-Moglioni/publication/360874613\\_Intra-oral\\_scanning\\_and\\_CADCAM\\_prosthesis\\_fabrication/links/628fb0c2c660ab61f846b0cb/Intra-oral-scanning-and-CAD-CAM-prosthesis-fabrication.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Enrico-Moglioni/publication/360874613_Intra-oral_scanning_and_CADCAM_prosthesis_fabrication/links/628fb0c2c660ab61f846b0cb/Intra-oral-scanning-and-CAD-CAM-prosthesis-fabrication.pdf)
22. Schweiger J, Edelhoff D, Güth J. 3D printing in digital prosthetic dentistry: An overview of recent developments in additive manufacturing. *J Clin Med* [Internet]. 2021;10(9):1–24. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/jcm10092010>
23. Tartaglia G, Mapelli A, Maspero C, Santaniello T, Serafin M, Farronato M, et al. Direct 3D printing of clear orthodontic aligners: Current state and future possibilities. *Materials (Basel)* [Internet]. 2021;14(7):1–11. Available from: <https://doi.org/10.3390/ma14071799>
24. Tian Y, Chen C, Xu X, Wang J, Hou X, Li K, et al. A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. *Scanning* [Internet]. 2021;2021:1–19. Available from: <https://doi.org/10.1155/2021/9950131>
25. Sehrawat S, Kumar A, Prabhakar M, Nindra J. The expanding domains of 3D printing pertaining to the speciality of orthodontics. In: *Materials Today: Proceedings* [Internet]. Elsevier; 2022. p. 1611–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.124>
26. Li J, Jansen J, Walboomers F, van den Beucken J. Mechanical aspects of dental

- implants and osseointegration: A narrative review. *J Mech Behav Biomed Mater* [Internet]. 2019;103:1–53. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmbbm.2019.103574>
27. Etajuri EA, Suliman E, Mahmood W, Ibrahim N, Buzayan M, Mohd N. Deviation of dental implants placed using a novel 3d-printed surgical guide: An in vitro study. *Dent Med Probl* [Internet]. 2020;57(4):359–62. Available from: <http://dx.doi.org/10.17219/DMP/123976>
  28. D’haese J, Ackhurst J, Wismeijer D, De Bruyn H, Tahmaseb A. Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontol 2000* [Internet]. 2017;73(1):121–33. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/prd.12175>
  29. Montoya M, Jiménez J, Zapata S, Naranjo M. Exactitud De Impresoras 3D En La Impresión De Modelos Dentales: Estudio Transversal. 2020; Available from: <https://hdl.handle.net/10946/5579>
  30. Fraire C, Chams A, Fraire L, Maluk F. Congruencia entre modelos dentales impresos 3D y el archivo digital de origen: estudio in vitro comparativo de 5 impresoras 3D. *Rev del Círculo Argentino Odontol* [Internet]. 2022;LXXX(231):6–13. Available from: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1391619>
  31. Gauld R, Lucas J, Canga P. Simulación de Sinterizado Selectivo Láser (SLS): Penetración láser en medio granular [Internet]. University of Strathclyde; 2017. Available from: <http://selectivelasersintering.weebly.com/>
  32. Formlabs. Introducción a la impresión 3D por estereolitografía [Internet]. Libro blanco de Formlabs. Formlabs.com; 2020. Available from: <https://solidperfil3d.com/wp-content/uploads/2022/08/WP-ES-Introduccion-a-la->

impresion-3D-por-estereolitografia.pdf

33. Tecnología 3D. Impresoras de resinas fotocurables: Diferencias entre las tecnologías SLA, DLP y LCD [Internet]. 2019. Available from: <https://tresde.pe/diferencias-entre-las-tecnologias-sla-dlp-y-lcd/>
34. Ulloa P, Poblete D. Análisis de impresoras 3D Guía para realizar una correcta elección para el uso clínico odontológico [Internet]. Tesina, Universidad del Desarrollo; 2018. Available from: <https://repositorio.udd.cl/bitstream/handle/11447/2778/Documento.pdf?sequenc>
35. Scribante A, Gallo S, Pascadopoli M, Canzi P, Marconi S, Montasser M, et al. Properties of CAD/CAM 3D Printing Dental Materials and Their Clinical Applications in Orthodontics: Where Are We Now? *Appl Sci* [Internet]. 2022;12(2):1–11. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/app12020551>
36. Aldafeeri H, Abd W, Al-Zordk E, Ghazy M. Marginal Accuracy of Machinable Monolithic Zirconia Laminate Veneers. *IOSR J Dent Med Sci e-ISSN* [Internet]. 2019;18(5):67–74. Available from: <https://doi.org/10.9790/0853-1805176774>
37. Sprenger J. Hypothetico-Deductive Confirmation. *Philos Compass* [Internet]. 2011;6(7):497–508. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1747-9991.2011.00409.x>
38. Ahmadi S. Social Research Methods: Qualitative and Quantitative Approaches. *J Kaji Sos dan Budaya Tebar Sci* [Internet]. 2022;6(1):104–13. Available from: <https://doi.org/10.2307/3211488>
39. Shanti B, Alok S. Handbook of Research Methodology [Internet]. Nueva Delhi: Educreation; 2022. Available from: <https://doi.org/10.1097/00003465->

199001000-00018

40. Hernández R, Mendoza C. Metodología de la investigación. Ciudad de México: Mc Graw Hill; 2018.
41. Sánchez H, Reyes C, Mejía K. Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística [Internet]. Universidad Ricardo Palma. Lima: Vicerrectorado de investigación; 2018. Available from: <https://www.uladech.edu.pe/images/stories/universidad/documentos/manual-interno-metodologia-modificado-2014-uladech.pdf>
42. Otzen T, Manterola C. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. Int J Morphol [Internet]. 2017;1(1):227–31. Available from: <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
43. Rungrojwittayakul O, Kan J, Shiozaki K, Swamidass R, Goodacre B, Goodacre C, et al. Accuracy of 3D Printed Models Created by Two Technologies of Printers with Different Designs of Model Base. J Prosthodont [Internet]. 2019;29(2):124–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/jopr.13107>

## ANEXOS

### Anexo N°1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿Cuáles son las diferencias entre la precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental usando estructuras de prótesis fija?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <p>¿Cuál es la diferencia sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD usando estructuras de prótesis fija?</p> <p>¿Cuál es la diferencia sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija?</p> <p>¿Cuál es la diferencia sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija?</p> <p>¿Cuál es la diferencia sobre la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija?</p> <p>¿Cuál es la diferencia sobre la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Evaluar las diferencias entre precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental usando estructuras de prótesis fija.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>Determinar las diferencias sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD usando estructuras de prótesis fija.</p> <p>Determinar las diferencias sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija.</p> <p>Determinar las diferencias sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija.</p> <p>Determinar las diferencias sobre la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija.</p> <p>Determinar las diferencias sobre la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>Hi: Existen diferencias significativas entre la precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental usando estructuras de prótesis fija.</p> <p>Ho: No existen diferencias significativas entre la precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental usando estructuras de prótesis fija.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>Hi<sup>1</sup>: Existen diferencias significativas sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD usando estructuras de prótesis fija.</p> <p>Ho: No existen diferencias significativas sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD usando estructuras de prótesis fija.</p> <p>Hi<sup>2</sup>: Existen diferencias significativas sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija.</p> <p>Ho: No existen diferencias significativas sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija.</p> <p>Hi<sup>3</sup>: Existen diferencias significativas sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija.</p> <p>Ho: No existen diferencias significativas sobre la precisión dimensional entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija.</p> <p>Hi<sup>4</sup>: Existen diferencias significativas sobre la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija.</p> <p>Ho: No existen diferencias significativas sobre la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras SLA usando estructuras de prótesis fija.</p> <p>Hi<sup>5</sup>: Existen diferencias significativas sobre la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija.</p> <p>Ho: No existen diferencias significativas sobre la adaptación marginal entre modelos fabricados en impresoras LCD y SLA usando estructuras de prótesis fija.</p>	<p><b>Precisión dimensional</b></p> <p><b>Adaptación marginal</b></p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> Básica</p> <p><b>Método:</b> hipotético deductivo</p> <p><b>Nivel:</b> Cuantitativo</p> <p><b>Población y muestra</b> Población: 60 modelos de la arcada inferior fabricados en tres diferentes impresoras 3D. Muestra: 120 modelos finales.</p>

**Anexo N°2: Instrumento de recolección de datos**

**Variable: Precisión dimensional**

<b>Código</b>	<b>Fecha de impresión</b>	<b>Impresora</b>	<b>Pza 3.4 P. Dimensional Cérvico-oclusal (mm)</b>	<b>Pza 3.4 P. dimensional Mesio-distal (mm)</b>	<b>Pza 3.6 P. Dimensional Cervico-oclusal (mm)</b>	<b>Pza 3.6 P. Dimensional Mesio-distal (mm)</b>
01	02/06/2023	LCD Anycubic	0,029	0,207	0,002	0,013
02	02/06/2023	LCD Anycubic	0,065	0,298	0,003	0,084
03	02/06/2023	LCD Anycubic	0,086	0,325	0,007	0,138
04	02/06/2023	LCD Anycubic	0,051	0,268	0,005	0,103
05	02/06/2023	LCD Anycubic	0,152	0,337	0,008	0,142
06	02/06/2023	LCD Anycubic	0,011	0,065	0,001	0,007
07	02/06/2023	LCD Anycubic	0,009	0,076	0,002	0,009
08	02/06/2023	LCD Anycubic	0,006	0,094	0,004	0,011
09	02/06/2023	LCD Anycubic	0,161	0,311	0,006	0,028
10	02/06/2023	LCD Anycubic	0,011	0,119	0,002	0,010
11	02/06/2023	LCD Anycubic	0,114	0,281	0,006	0,072
12	02/06/2023	LCD Anycubic	0,037	0,181	0,003	0,009
13	02/06/2023	LCD Anycubic	0,191	0,331	0,007	0,014
14	02/06/2023	LCD Anycubic	0,159	0,276	0,005	0,019
15	02/06/2023	LCD Anycubic	0,019	0,169	0,004	0,015
16	02/06/2023	LCD Anycubic	0,026	0,185	0,003	0,019
17	04/06/2023	LCD Anycubic	0,008	0,047	0,001	0,007
18	04/06/2023	LCD Anycubic	0,013	0,151	0,002	0,011
19	04/06/2023	LCD Anycubic	0,003	0,216	0,004	0,022
20	04/06/2023	LCD Anycubic	0,010	0,314	0,007	0,008
21	04/06/2023	LCD Anycubic	0,029	0,221	0,005	0,021
22	04/06/2023	LCD Anycubic	0,025	0,245	0,006	0,023
23	04/06/2023	LCD Anycubic	0,001	0,091	0,001	0,001
24	04/06/2023	LCD Anycubic	0,017	0,198	0,003	0,015
25	04/06/2023	LCD Anycubic	0,029	0,268	0,005	0,022
26	04/06/2023	LCD Anycubic	0,009	0,198	0,003	0,007
27	04/06/2023	LCD Anycubic	0,002	0,211	0,001	0,001

28	04/06/2023	LCD Anycubic	0,011	0,179	0,003	0,009
29	04/06/2023	LCD Anycubic	0,018	0,118	0,002	0,013
30	04/06/2023	LCD Anycubic	0,014	0,098	0,001	0,010
01	05/06/2023	SLA Form2	0,012	0,113	0,002	0,009
02	05/06/2023	SLA Form2	0,017	0,138	0,002	0,014
03	05/06/2023	SLA Form2	0,010	0,044	0,001	0,008
04	05/06/2023	SLA Form2	0,018	0,201	0,004	0,091
05	05/06/2023	SLA Form2	0,001	0,087	0,001	0,001
06	05/06/2023	SLA Form2	0,013	0,136	0,004	0,009
07	05/06/2023	SLA Form2	0,015	0,147	0,005	0,012
08	05/06/2023	SLA Form2	0,013	0,108	0,005	0,011
09	05/06/2023	SLA Form2	0,011	0,128	0,003	0,007
10	05/06/2023	SLA Form2	0,008	0,120	0,001	0,005
11	05/06/2023	SLA Form2	0,004	0,092	0,001	0,004
12	05/06/2023	SLA Form2	0,006	0,117	0,004	0,008
13	05/06/2023	SLA Form2	0,015	0,131	0,005	0,011
14	05/06/2023	SLA Form2	0,011	0,127	0,004	0,009
15	05/06/2023	SLA Form2	0,017	0,133	0,007	0,015
16	05/06/2023	SLA Form2	0,009	0,089	0,003	0,007
17	06/06/2023	SLA Form2	0,005	0,052	0,001	0,005
18	06/06/2023	SLA Form2	0,014	0,131	0,015	0,052
19	06/06/2023	SLA Form2	0,010	0,128	0,004	0,009
20	06/06/2023	SLA Form2	0,009	0,119	0,003	0,008
21	06/06/2023	SLA Form2	0,003	0,098	0,001	0,001
22	06/06/2023	SLA Form2	0,010	0,124	0,003	0,008
23	06/06/2023	SLA Form2	0,015	0,134	0,005	0,011
24	06/06/2023	SLA Form2	0,007	0,110	0,001	0,005
25	06/06/2023	SLA Form2	0,004	0,092	0,001	0,002
26	06/06/2023	SLA Form2	0,003	0,057	0,001	0,001
27	06/06/2023	SLA Form2	0,009	0,115	0,001	0,003
28	06/06/2023	SLA Form2	0,013	0,137	0,017	0,065
29	06/06/2023	SLA Form2	0,018	0,152	0,004	0,010
30	06/06/2023	SLA Form2	0,012	0,126	0,006	0,013



**Variable: Adaptación marginal**

<b>Código</b>	<b>Fecha de Escaneado</b>	<b>Impresora</b>	<b>Desadaptación marginal Pza. 3.4</b>	<b>Desadaptación marginal Pza. 3.6</b>	<b>Observaciones: Pza 3.6</b>
01	12/06/2023	LCD Ayncubic	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,5
02	12/06/2023	LCD Ayncubic	0,2	0,2	Desadaptación mesial 0,5
03	12/06/2023	LCD Ayncubic	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,5
04	12/06/2023	LCD Ayncubic	0,2	0,2	Desadaptación mesial 0,5
05	12/06/2023	LCD Ayncubic	0,2	0,1	Desadaptación mesial 0,5
06	12/06/2023	LCD Ayncubic	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,5
07	12/06/2023	LCD Ayncubic	0,2	0,2	Desadaptación mesial 0,5
08	12/06/2023	LCD Ayncubic	0,2	0,2	Desadaptación mesial 0,5
09	12/06/2023	LCD Ayncubic	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,5
10	12/06/2023	LCD Ayncubic	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,5
11	12/06/2023	LCD Ayncubic	0,2	0,2	Desadaptación mesial 0,5
12	12/06/2023	LCD Ayncubic	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,5
13	12/06/2023	LCD Ayncubic	0,2	0,2	Desadaptación mesial 0,5
14	12/06/2023	LCD Ayncubic	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,5
15	12/06/2023	LCD Ayncubic	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,5
16	13/06/2023	LCD Ayncubic	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,5
17	13/06/2023	LCD Ayncubic	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
18	13/06/2023	LCD Ayncubic	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
19	13/06/2023	LCD Ayncubic	0,2	0,2	Desadaptación mesial 0,1
20	13/06/2023	LCD Ayncubic	0,2	0,2	Desadaptación mesial 0,5
21	13/06/2023	LCD Ayncubic	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
22	13/06/2023	LCD Ayncubic	0,2	0,2	Desadaptación mesial 0,5
23	13/06/2023	LCD Ayncubic	0,2	0,2	Desadaptación mesial 0,5
24	13/06/2023	LCD Ayncubic	0,2	0,2	Desadaptación mesial 0,5
25	13/06/2023	LCD Ayncubic	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,5
26	13/06/2023	LCD Ayncubic	0,2	0,2	Desadaptación mesial 0,5
27	13/06/2023	LCD Ayncubic	0,2	0,2	Desadaptación mesial 0,5

28	13/06/2023	LCD Anycubic	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,5
29	13/06/2023	LCD Anycubic	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,5
30	13/06/2023	LCD Anycubic	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,5
01	14/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
02	14/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
03	14/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
04	14/06/2023	SLA Form2	0,2	0,2	Desadaptación mesial 0,5
05	14/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
06	14/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
07	14/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
08	14/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
09	14/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
10	14/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
11	14/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
12	14/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
13	14/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
14	14/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
15	14/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
16	15/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
17	15/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
18	15/06/2023	SLA Form2	0,2	0,2	Desadaptación mesial 0,5
19	15/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
20	15/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
21	15/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
22	15/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
23	15/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
24	15/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
25	15/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
26	15/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
27	15/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
28	15/06/2023	SLA Form2	0,2	0,2	Desadaptación mesial 0,5
29	15/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1
30	15/06/2023	SLA Form2	0,1	0,1	Desadaptación mesial 0,1

## Anexo N°3: Constancia de exoneración



Universidad  
Norbert Wiener

### COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA PARA LA INVESTIGACIÓN

#### CONSTANCIA DE EXONERACIÓN DE REVISIÓN

Lima, 30 de noviembre de 2022

Investigador(a)  
**Jhenny Medalit Lazaro Prudencio**  
Exp. N°: 2514-2022

De mi consideración:

Es grato expresarle mi cordial saludo y a la vez informarle que el Comité Institucional de Ética para la investigación de la Universidad Privada Norbert Wiener (CIEI-UPNW) acuerda la **Exoneración de revisión** del siguiente protocolo de estudio:

- Protocolo titulado: **“EVALUACIÓN DE CAMBIOS DE PRECISIÓN DIMENSIONAL Y ADAPTACIÓN MARGINAL DE MODELOS FABRICADOS EN IMPRESORAS 3D DENTAL CON ESTRUCTURAS DE PROTESIS FIJA: UN ESTUDIO IN VITRO” Versión 01 con fecha 19/11/2022.**

El cual tiene como investigador principal al Sr(a) Jhenny Medalit Lazaro Prudencio.

Es cuanto informo a usted para su conocimiento y fines pertinentes.

Atentamente,



Yenny Marisol Bellido Fuentes  
**Presidenta del CIEI- UPNW**

Avenida Arequipa 440  
Universidad Privada Norbert Wiener  
Teléfono: 706-5555 anexo 3286-3287 Cel. 981000698  
Correo: [comite.etica@uwieneredu.pe](mailto:comite.etica@uwieneredu.pe)

## Anexo N°4: Validación de instrumento



Universidad  
Norbert Wiener

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres del experto: Mg. CD. Esp. Marroquín García, Lorenzo Enrique.  
 1.2 Cargo e Institución donde labora: Docente UPNW.  
 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos.  
 1.4 Autor del Instrumento: Jhenny Medalit Lazaro Prudencio.  
 1.5 Título de la Investigación: Evaluación de cambios de precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental con estructuras de prótesis fija: un estudio in vitro.

#### II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

	CRITERIOS	Deficiente 1	Baja 2	Regular 3	Buena 4	Muy buena 5
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.				X	
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.				X	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad en sus ítems.				X	
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del desarrollo de capacidades cognitivas.				X	
7. CONSISTENCIA	Alineado a los objetivos de la investigación y metodología.				X	
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del estudio				X	
10. PERTINENCIA	El instrumento es adecuado al tipo de Investigación.				X	
<b>CONTEO TOTAL DE MARCAS</b> (realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)					<b>10</b>	
		A	B	C	D	E

$$\text{Coeficiente de Validez} = \frac{(1 \times A) + (2 \times B) + (3 \times C) + (4 \times D) + (5 \times E)}{50} = 0,80$$

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un aspa en el círculo asociado)

Categoría	Intervalo
Desaprobado	[0,00 – 0,60]
Observado	<0,60 – 0,70]
Aprobado	<0,70 – 1,00]

Lima, 24 noviembre del 2022

Firma



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres del experto: Mg. Mariela Villacorta Molina.

1.2 Cargo e Institución donde labora: **DOCENTE TIEMPO COMPLETO UNIVERSIDAD WIENER**

1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos

1.4 Autor del Instrumento: Jhenny Medalit Lazaro Prudencio

1.5 Título de la Investigación: Evaluación de cambios de precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental con estructuras de prótesis fija: un estudio in vitro.

### II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

	CRITERIOS	Deficiente 1	Baja 2	Regular 3	Buena 4	Muy buena 5
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.				X	
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.				X	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad en sus ítems.				X	
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del desarrollo de capacidades cognitivas.				X	
7. CONSISTENCIA	Almeado a los objetivos de la investigación y metodología.				X	
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del estudio				X	
10. PERTINENCIA	El instrumento es adecuado al tipo de Investigación.				X	
CONTEO TOTAL DE MARCAS (realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)						
		A	B	C	D	E

$$\text{Coeficiente de Validez} = \frac{(1 \times A) + (2 \times B) + (3 \times C) + (4 \times D) + (5 \times E)}{50} = 0.8$$

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un aspa en el círculo asociado)

Categoría	Intervalo
Desaprobado	[0,00 – 0,60]
Observado	<0,60 – 0,70]
Aprobado	<0,70 – 1,00]

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: \_\_\_\_\_

22 de noviembre del 2022

Villacorta M.

.....  
Firma

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres del Experto: Mg. Esp. CD. Javier Arauzo Sinche.

1.2 Cargo e Institución donde labora: Docente de la EAP Odontología de la Universidad Norbert Wiener.

1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos.

1.4 Autor del Instrumento: Jhenny Medalit Lazaro Prudencio.

1.5 Título de la Investigación: Evaluación de cambios de precisión dimensional y adaptación marginal de modelos fabricados en impresoras 3D dental con estructuras de prótesis fija: un estudio in vitro.

### II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

	CRITERIOS	Deficiente 1	Baja 2	Regular 3	Buena 4	Muy buena 5
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.				X	
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.				X	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad en sus ítems.				X	
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del desarrollo de capacidades cognitivas.				X	
7. CONSISTENCIA	Alineado a los objetivos de la investigación y metodología.				X	
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del estudio				X	
10. PERTINENCIA	El instrumento es adecuado al tipo de Investigación.				X	
<b>CONTEO TOTAL DE MARCAS</b> (realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)					<b>10</b>	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>

$$\text{Coeficiente de Validez} = \frac{(1 \times A) + (2 \times B) + (3 \times C) + (4 \times D) + (5 \times E)}{50} = 0,80$$

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un aspa en el círculo asociado)

Categoría	Intervalo
Desaprobado <input type="radio"/>	[0,00 – 0,60]
Observado <input type="radio"/>	<0,60 – 0,70]
Aprobado <input checked="" type="radio"/>	<0,70 – 1,00]

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: Aplicable.

Lima, 25 de noviembre del 2022.



Carlos Javier Arauzo Sinche  
Cirujano Dentista  
COP. 24474

Anexo N°5: Análisis Inter- Evaluador

• **COEFICIENTE DE CORRELACIÓN INTRACLASE (CCI)**

**Tabla 12.** Magnitud de los coeficientes (CCI)

Valor	Coefficiente de correlación Intraclass
< 0,40	Baja
0,41 - 0,75	Buena
> 0,75	Muy buena

**Tabla 13.** Variabilidad Inter-Evaluador – Variable Precisión Marginal

Impresora	Pieza dental	n	Experto		Evaluador		ICC	IC 95%	P - VALOR
			Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar			
<b>LCD</b>	Cérvico - Oclusal 3.4	20	0.049	0.058	0.051	0.059	<b>0.9980</b>	(0.994 - 0.999)	0.0000
	Mesio - Distal 3.4	20	0.218	0.088	0.219	0.086	<b>1.0000</b>	(0.999 - 1.000)	0.0000
	Cérvico - Oclusal 3.6	20	0.004	0.002	0.004	0.002	<b>0.9940</b>	(0.984 - 0.998)	0.0000
	Mesio - Distal 3.6	20	0.029	0.036	0.030	0.038	<b>0.9980</b>	(0.995 - 0.999)	0.0000
<b>SLA</b>	Cérvico - Oclusal 3.4	20	0.011	0.005	0.011	0.005	<b>0.9990</b>	(0.996 - 0.999)	0.0000
	Mesio - Distal 3.4	20	0.113	0.036	0.114	0.036	<b>0.9980</b>	(0.995 - 0.999)	0.0000
	Cérvico - Oclusal 3.6	20	0.003	0.003	0.003	0.003	<b>0.9990</b>	(0.997 - 1.000)	0.0000
	Mesio - Distal 3.6	20	0.014	0.021	0.014	0.021	<b>1.0000</b>	(1.000 - 1.000)	0.0000

ICC: Coeficiente de correlación interclase

**Tabla 14.** Variabilidad Inter-Evaluador – Variable Adaptación marginal

Impresora	Pieza dental	n	Experto		Evaluador		ICC	IC 95%
			Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar		
LCD	Desadaptación 3.4	20	0.1500	0.0513	0.1500	0.0513	<b>1.0000</b>	-
	Desadaptación 3.6	20	0.1450	0.0510	0.1450	0.0510	<b>1.0000</b>	-
SLA	Desadaptación 3.4	20	0.1150	0.0366	0.1150	0.0366	<b>1.0000</b>	-
	Desadaptación 3.6	20	0.1150	0.0366	0.1150	0.0366	<b>1.0000</b>	-

*ICC: Coeficiente de correlación interclase*

Basado en los resultados presentados en la Tabla 13 y 14, se evidencia que la gran mayoría de los coeficientes de correlación interclase demostraron valores próximos a la unidad. Consecuentemente, al emplear un nivel de significancia del 5% ( $p < 0,05$ ), se constata que la concordancia demuestra una consistencia notable ( $CCI > 0,75$ ) en las mediciones de las variables de Precisión dimensional y Adaptación marginal. Esta consistencia robusta subraya la fiabilidad y la precisión de las mediciones, reforzando la confianza en la calidad y la exactitud de los resultados obtenidos.



## Anexo N°6: Constancia de ejecución



### CONSTANCIA DE EJECUCION DE PROYECTO DE INVESTIGACION



El que suscribe, T.D. Daniel Jorge Valverde Angulo, GERENTE GENERAL del Laboratorio de Valverde E.I.R.L., Area de Laboratorio Digital DValverde.

#### HACE CONSTAR:

Que la Bachiller Jhenny Medalit Lázaro Prudencio, identificada con DNI 46995256, egresada de la escuela profesional de Odontología de la Universidad Privada Norbert Wiener, ha ejecutado su proyecto de tesis titulado "EVALUACION DE CAMBIOS DE PRECISION DIMENSIONAL Y ADAPTACION MARGINAL DE MODELOS FABRICADOS EN IMPRESORAS 3D DENTAL CON ESTRUCTURA DE PROTESIS FIJA: UN ESTUDIO IN VITRO", realizando la impresión de modelos de resina usando una impresora LCD y otra SLA para las mediciones correspondientes, iniciando el 02 de junio de hasta 23 de junio del 2023 siguiendo los parámetros establecidos bajo supervisión.

Se expide el presente documento a solicitud de la interesada para los fines que vea por conveniente.

20 de Julio del 2023

LABORATORIO DE VALVERDE E.I.R.L.  
RUC: 20553873623

  
Daniel Jorge Valverde Angulo  
GERENTE GENERAL

## Anexo N°7: Constancia de calibración

### CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN

Mediante el presente documento se afirma que el Mg. Esp. CD. Sergio Rocca Camus con COP: 32223 RNE: 03506, realizó la calibración correspondiente de los modelos impresos, realizados en dos tipos de impresoras 3D modelos LCD y SLA, y verificación de la adaptación marginal de los modelos que la bachiller Jhenny Medalit Lázaro Prudencio, midió para comprobar las distorsiones dimensionales y marginales como parte del trabajo de investigación titulado **"EVALUACION DE CAMBIOS DE PRECISION DIMENSIONAL Y ADAPTACION MARGINAL DE MODELOS FABRICADOS EN IMPRESORAS 3D DENTAL CON ESTRUCTURA DE PROTESIS FIJA: UN ESTUDIO IN VITRO"**.

Por lo tanto, se concluye que la calibración presenta validez de contenido y se puede realizar la aplicación de la investigación.

Doy fe de lo antes expuesto.



.....  
**Dr. Sergio Rocca Camus**  
CIRUJANO DENTISTA  
COP. 32223 RNE. 03506  
ESP. REHABILITACIÓN ORAL

---

**Mg. Esp. CD. Sergio Rocca Camus**

## Anexo N°8: Constancia 3D



### CONSTANCIA

La empresa 3D WORKS DENTAL hace constar que la bachiller en Odontología, JHENNY MEDALIT LAZARO PRUDENCIO, realizó en este laboratorio el escaneo, diseño e impresión con fusión selectiva a laser de una estructura metálica para prótesis fija de 3 piezas (3.4-3.6) para una maqueta Tipodont, que corresponden a la tesis de investigación titulada: "EVALUACION DE CAMBIOS DE PRECISION DIMENSIONAL Y ADAPTACION MARGINAL DE MODELOS FABRICADOS EN IMPRESORAS 3D DENTAL CON ESTRUSTUCTURAS DE PROTESIS FIJA: UN ESTUDIO *IN VITRO*", siguiendo los procedimientos adecuados.

Se expide este documento a solicitud de la interesada para los fines que vea por conveniente.

Lima, 29 de Agosto del 2023

( Dra. Ana Maria Sarabia Quiroz)

**Directora Científica**

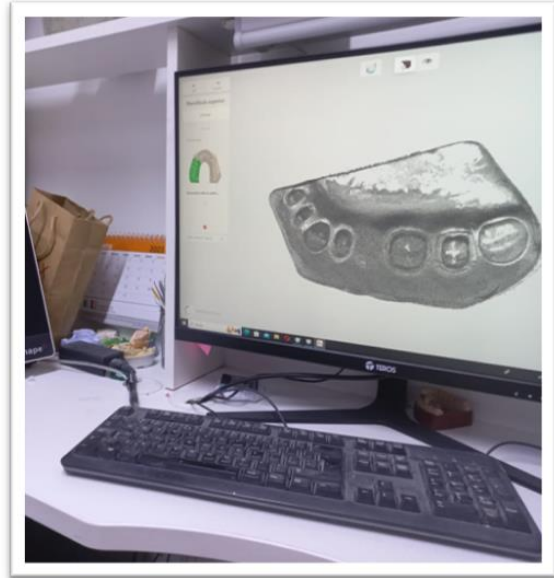
## Anexo N°8: Fotografías

### 1. EQUIPOS

Escáner de mesa



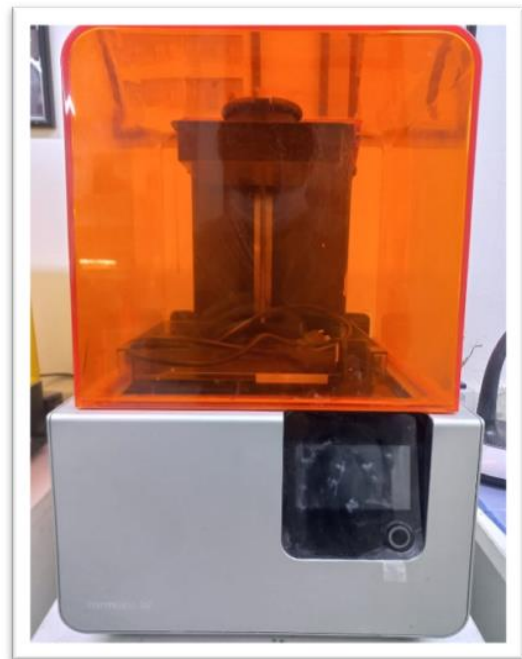
Computadora de mesa



Impresora LCD



Impresora SLA





Horno de fotocurado



Lavadora de resina



Micromotor

## 2. MATERIALES



Tipodont  
(modelo maestro)



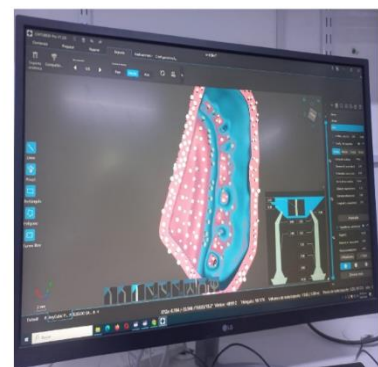
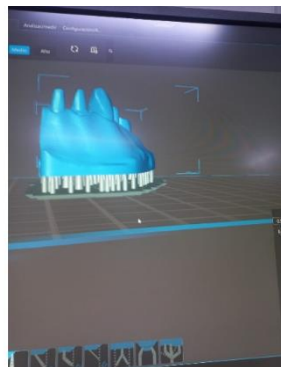
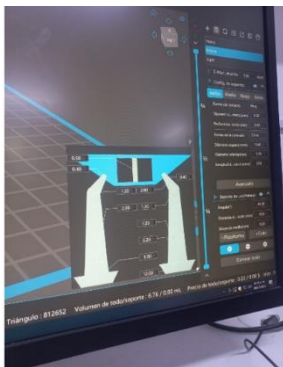
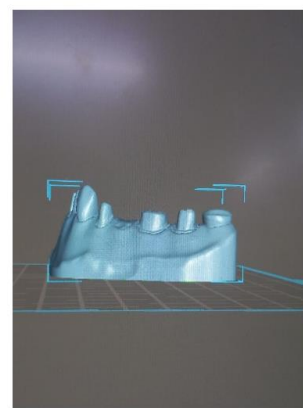
Fresas para desgastar acrílico



Resina fotopolimerizable

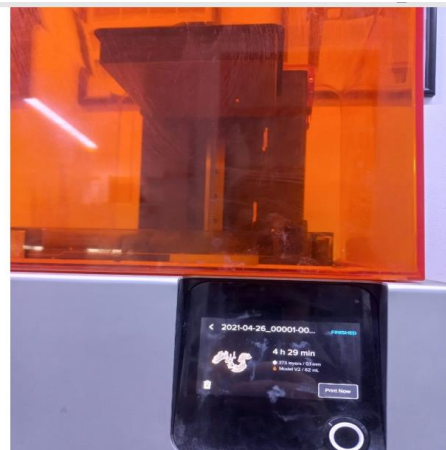
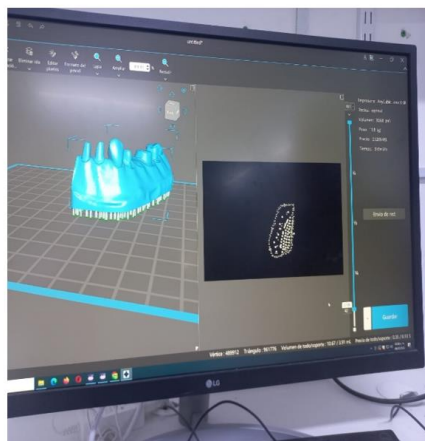
### 3. PROCEDIMIENTO

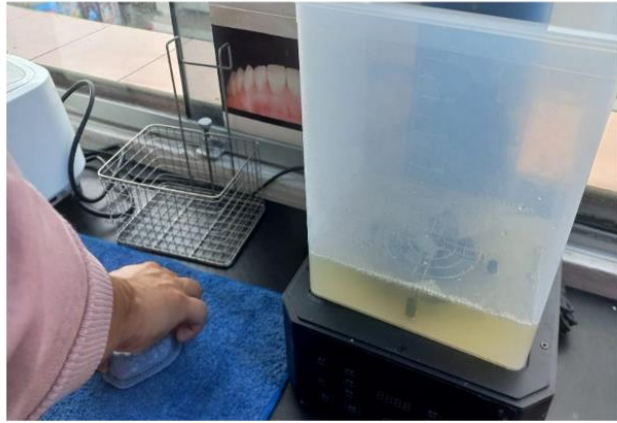
- a) **ESCANEADO DE MODELO MAESTRO E IMPRESIÓN EN IMPRESORA LCD (Anycubic Photon Mono X 6K):** La secuencia del escaneo inicia por el modelo maestro que se convierte a archivo STL donde se seleccionara solo para imprimir el tercer cuadrante. Una vez establecido el cuadrante a imprimir se coloca pines de soporte que ira en la base, se mide el área de impresión y se puede imprimir 4 modelos a la vez que durara 2 horas y 50 minutos. Una vez finalizado se coloca en la lavadora de resina Creality UW-01 con alcohol isopropílico para retirar los restos de resina durante 10 minutos, luego se coloca en el horno de fotopolimerización durante 30 minutos. Finalmente se recorta la base con los pines, obteniendo 30 modelos.



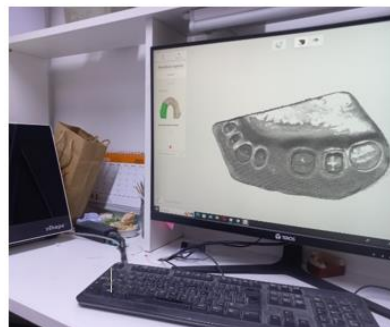
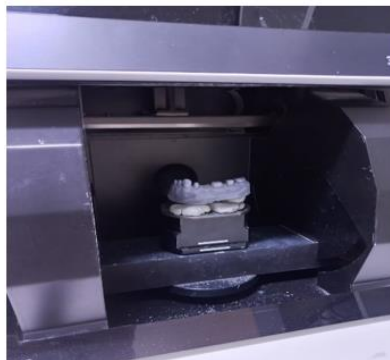


- b) **IMPRESIÓN EN IMPRESORA SLA (Form 2):** Para la impresión en la impresora SLA se utiliza el archivo STL que se creó al escanear inicialmente el modelo maestro. El procedimiento de colocación de pines sobre la base de los modelos es el mismo que se realizó en la impresora LCD. El tiempo de impresión es de 4 horas con 30 minutos y finalmente la secuencia de eliminación de los restos de resina es de 10 minutos y para la fotopolimerización en el horno es de 30 minutos (mismo tiempo en impresora LCD). Se llega a imprimir un total de 30 modelos.

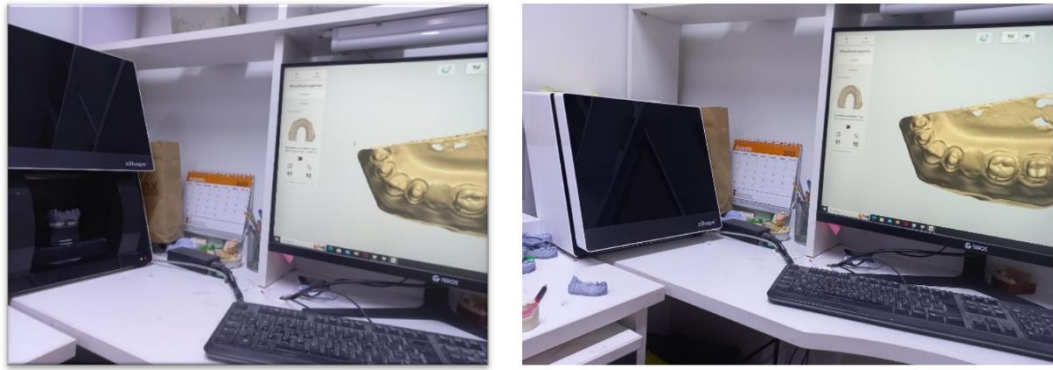




- c) **ESCANEADO DE LOS 60 MODELOS DE LAS IMPRESORAS LCD Y SLA:** El escaneado de todos los modelos se realiza en el mismo escáner de mesa (3SHAPE D1000) que se usó para escanear el modelo maestro. Cada escaneado se guarda en un archivo diferente rotulado en números para posteriormente realizar la superposición con el archivo STL del modelo maestro y calibrar las diferencias de cambios dimensional.







- d) **SUPERPOSICION DE MODELOS IMPRESOS SOBRE ESCANEADO DE MODELO MAESTRO:** Una vez completado el escaneado de los 30 modelos parciales se va realizando la superposición. Para ello se realiza la técnica de 3 puntos de alineamiento que se ubica en ambos modelos (figura 1). En la medición de todos los modelos se encuentra mayor discrepancia de distorsión en el tallado de la pieza 3.3 hacia los incisivos. Por otro lado, en el tallado de la molar 3.6 no se observa distorsión. El sombreado gris de la figura 2 representa el modelo impreso donde refleja distorsión en comparación con el modelo maestro. En la figura 5 se representa en milímetros la distorsión del modelo impreso en sentido mesio-distal.



Figura 1

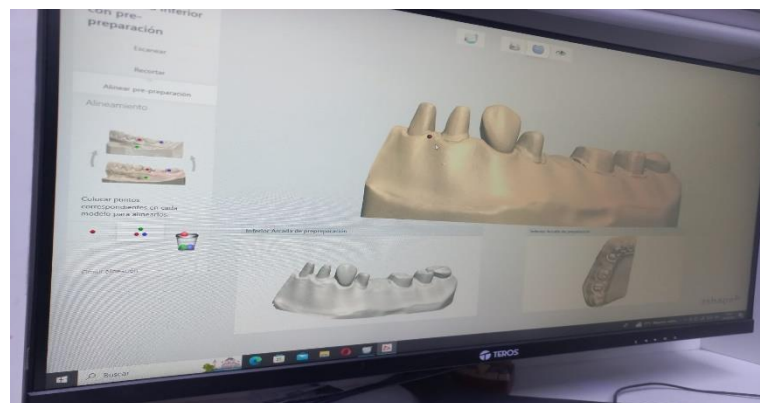
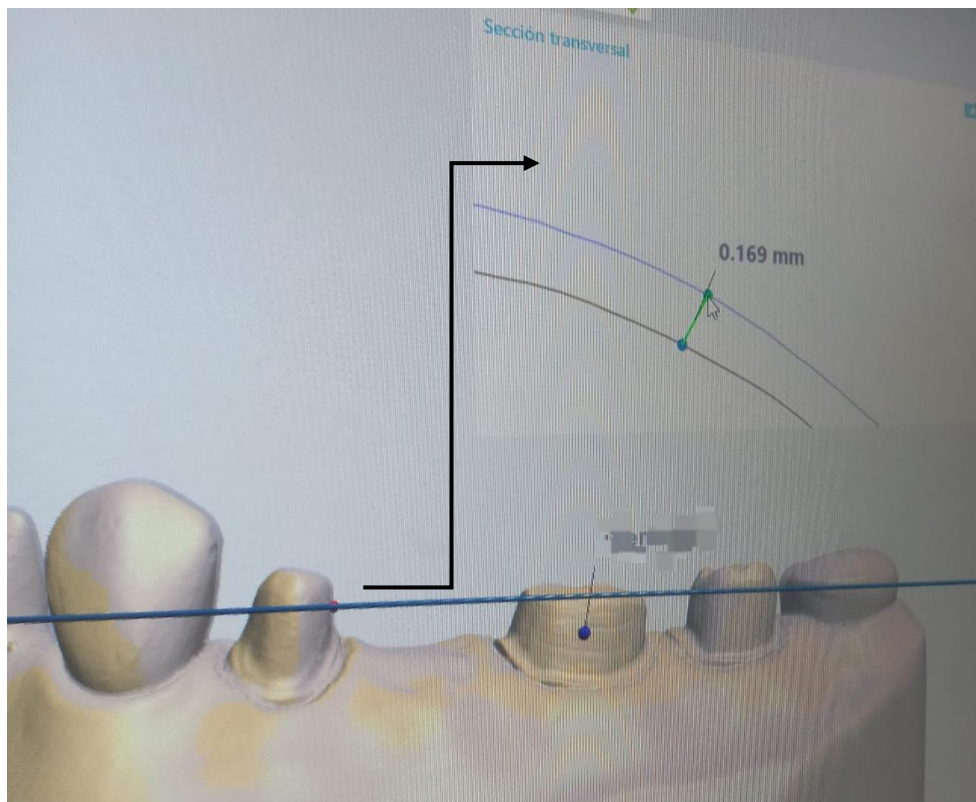
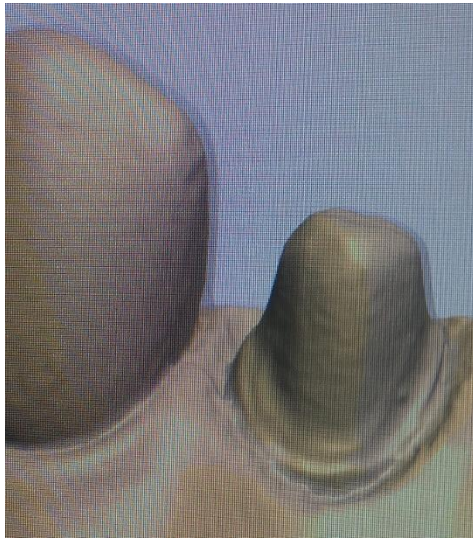


Figura 2



- e) **ESCANEADO DE MODELOS IMPRESOS CON ESTRUCTURAS DE PROTESIS FIJA PARA EVALUAR LA ADAPTACION MARGINAL USANDO UNA ESTRUCTURA DE PROTESIS FIJA METALICA:** la estructura metálica se confeccionó bajo el sistema Cad Cam y el método de impresión fue a través del sistema laser para evitar riesgos de distorsión, el diseño se realizó mediante el escaneado del modelo maestro. Se comprueba que hay un sellado en toda la circunferencia de la preparación de los tallados (figura 3). Posteriormente se verifica en los 60 modelos si hay sellado. Finalmente se escanea nuevamente los todos los modelos con la estructura metálica. Se puede observar que hay sellado marginal con excepción en la zona mesial del tallado pieza tallado 3.6 a diferencia del modelo maestro (figura 4 y 5).



Figura 3

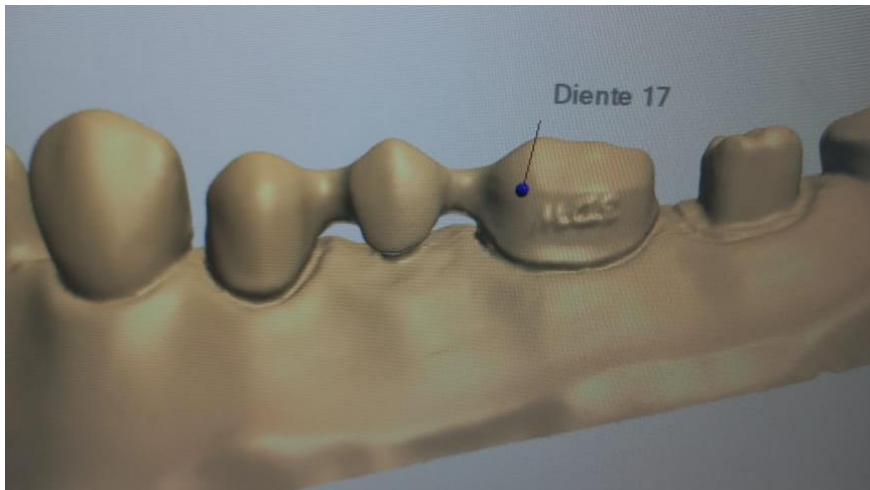


Figura 4

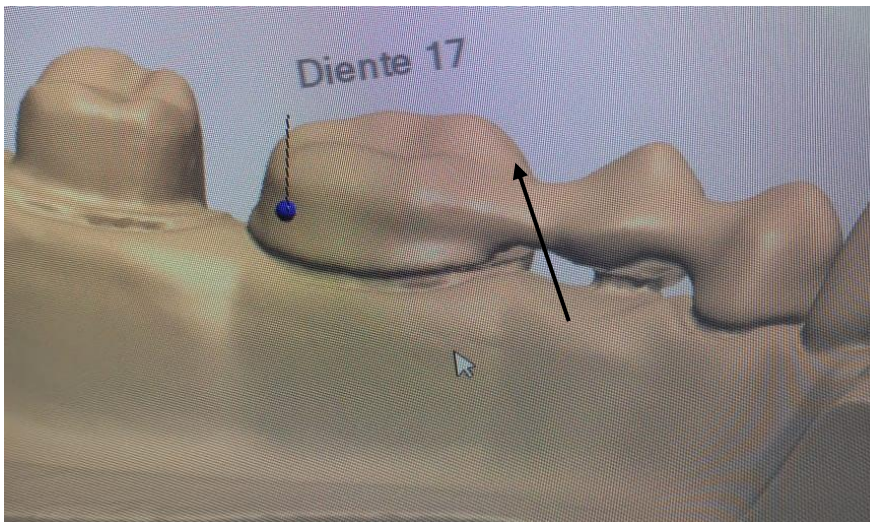


Figura 5

## ● 9% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	<b>repositorio.uwiener.edu.pe</b> Internet	3%
2	<b>repositorio.udd.cl</b> Internet	<1%
3	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Internet	<1%
4	<b>coursehero.com</b> Internet	<1%
5	<b>portaldeinvestigacion.ula.edu.mx</b> Internet	<1%
6	<b>titula.universidadeuropea.es</b> Internet	<1%
7	<b>researchgate.net</b> Internet	<1%
8	<b>tresde.pe</b> Internet	<1%