



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Facultad de
ESTOMATOLOGÍA

EXACTITUD DE MODELOS DEFINITIVOS IMPRESOS SEGÚN TIPOS DE
ESCÁNERES

ACCURACY OF FINAL PRINTED MODELS ACCORDING TO SCANNER
TYPES

TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE SEGUNDA
ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN REHABILITACIÓN ORAL

AUTOR

GIULLIANA MAYRA RUIZ COLLAO

ASESOR

ADRIANA STEPHANY ECHEVARRIA GOCHE

LIMA - PERÚ

2025

ASESOR DE TRABAJO ACADÉMICO

Mg. Esp. Adriana Stephany Echevarria Goche

Departamento Académico de Odontología Social

ORCID: 0000-0001-6182-3164

Fecha de aprobación: 18 de Septiembre del 2025

Calificación: Aprobado

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y a mis padres, por ser mi guía y fortaleza.

Gracias a su amor y apoyo incondicional que siempre me han brindado en cada paso que he logrado en mi desarrollo profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Peruana Cayetano Heredia y cada uno de los docentes que han sido pilares en mi formación de la especialidad con sus valiosas enseñanzas y compromiso brindado.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

La autora declara no tener ningún conflicto de interés.

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

El egresado(a):

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	RUIZ COLLAO GIULLIANA MAYRA

Perteneiente al programa de SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN REHABILITACIÓN ORAL, autor del trabajo titulado: EXACTITUD DE MODELOS DEFINITIVOS IMPRESOS SEGÚN TIPOS DE ESCÁNERES, el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el TÍTULO DE SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN REHABILITACIÓN ORAL bajo la modalidad de TRABAJO ACADÉMICO.

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

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	ECHEVARRIA GOCHE ADRIANA STEPHANY	Estomatología	Asesor

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

- El documento presenta un porcentaje de similitud de 13%, según el reporte emitido por el software Turnitin® (identificador de entrega: trn:oid:::1:3352116897; fecha de entrega: 26-09-2025).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: Lima, 26 de septiembre del 2025

Firma del asesor
N° DNI: 44905624
ORCID: 0000-0001-6182-3164



TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
Resumen	
Abstract	
I. Introducción	1
II. Objetivos	3
III. Materiales y métodos	4
IV. Resultados esperados	10
V. Conclusiones	11
VI. Referencias bibliográficas	12
VII. Presupuesto y cronograma	15
Anexos	

RESUMEN

Introducción: La impresión 3D con resina se está utilizando cada vez más en odontología debido a la rapidez, versatilidad y precisión que brinda esta tecnología, sin embargo, existen variables que pueden influir en la exactitud en el producto final siendo la orientación de la impresión la variable menos estudiada, asimismo la que puede influir significativamente en el resultado final. **Objetivo:** Analizar la exactitud de modelos definitivos con diversos ángulos de orientación utilizando escáner intraoral y de laboratorio. **Materiales y métodos:** El estudio será transversal, experimental e in vitro. La muestra será determinada según el estudio piloto con 5 especímenes por grupo para evaluar la orientación de la impresión, exactitud y tipos de escáneres. Los resultados esperados no solo proporcionarán información relevante a los odontólogos en la toma de decisiones sobre el flujo digital en su práctica clínica además el paciente sería beneficiado en la disminución de tiempo clínico y número de citas. También al obtener modelos impresos definitivos más exactos mejoraría la tasa de éxito y supervivencia de las prótesis instaladas. Se evaluará a través de las pruebas de Student y prueba de ANOVA de un factor para la comparación de grupos y si no tuvieran distribución normal la prueba de U Mann-Whitney y Kruskal Wallis. **Conclusiones:** Este estudio resalta la importancia del grado de orientación de impresión en la exactitud de los modelos impresos definitivos.

Palabras clave: exactitud, orientación, escáner intraoral, escáner de laboratorio, impresora 3D

ABSTRACT

Introduction: Resin 3D printing is increasingly being used in dentistry due to the speed, versatility, and precision offered by this technology. However, there are variables that can influence the accuracy of the final product, with print orientation being the least studied variable and the one that can significantly influence the final result. **Objective:** Analyze the accuracy of final models with various orientation angles using intraoral and laboratory scanners. **Materials and methods:** The study will be cross-sectional, experimental, and in vitro. The sample will be determined according to the pilot study with five specimens per group to evaluate the orientation of the impression, accuracy, and types of scanners. The expected results will not only provide relevant information to dentists in making decisions about the digital workflow in their clinical practice, but the patient will also benefit from a reduction in clinical time and number of appointments. Furthermore, obtaining more accurate final printed models would improve the success rate and survival of the prostheses installed. The evaluation will be carried out using Student's t-test and one-way ANOVA for group comparison, and if they do not have a normal distribution, the Mann-Whitney U test and Kruskal Wallis test will be used. **Conclusions:** This study highlights the importance of the degree of impression orientation in the accuracy of final printed models.

Keywords: accuracy, orientation, intraoral scanner, laboratory scanner, 3D printer

I. INTRODUCCIÓN

En la última década, la implementación del flujo digital en odontología ha experimentado un crecimiento sustancial, alcanzando estándares de exactitud altamente confiables. Este desarrollo tecnológico ha favorecido una reducción significativa en los tiempos operatorios, ha optimizado la experiencia y el confort del paciente, ha posibilitado la obtención de modelos y dispositivos de mayor calidad. Asimismo, ha contribuido a disminuir las complicaciones protésicas tradicionalmente asociadas a las propiedades físicas y dimensionales de los materiales empleados en las técnicas de impresión convencionales.

El flujo digital se inicia con la obtención de datos tridimensionales mediante diversas modalidades de registro, entre las que se incluyen la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), la tomografía espiral multicorte, la resonancia magnética y el escaneo intraoral, extraoral y facial (1). Una vez adquirida esta información, son procesados en un software de diseño asistido por computadora, que permite su edición y modelado tridimensional mediante diversas herramientas digitales. El diseño resultante se materializa posteriormente mediante técnicas de manufactura, ya sea a través del fresado de distintos materiales restauradores o mediante tecnologías de impresión 3D, utilizadas para la producción de modelos físicos y/o restauraciones protésicas (1,2).

El uso de resinas de impresión está siendo más usada en el campo odontológico debido a la rapidez en la confección de los modelos, su elevada resolución y precisión, así como la obtención de superficies lisas y detalles estructurales de alta definición (2). La impresión de modelos de resina 3D, se puede utilizar para fabricar

diferentes tipos de restauraciones dentales, incluidas las coronas definitivas (3). La estereolitografía es la técnica de impresión 3D más antigua y utilizada, su principio se basa en la acción de un láser de radiación ultravioleta que polimeriza de manera secuencial la resina líquida, capa por capa. En este proceso, cada capa se solidifica en el plano XY, mientras la plataforma de construcción desciende progresivamente en el eje Z para permitir la incorporación de nueva resina y su posterior curado. La adhesión lograda entre capas a través de la fotopolimerización confiere al modelo final una resistencia mecánica adecuada (4-6).

En la impresión tridimensional, diversos factores pueden afectar la precisión y la veracidad de los modelos, lo que repercute directamente en la exactitud de los modelos obtenidos. Entre las principales variables se incluyen: la tecnología, la impresora, el material conformando el trinomio de fabricación, así como el protocolo de impresión utilizado por el operador, dentro del cual aspectos como la orientación de la impresión resultan determinantes (7-12). Esta última variable ha sido la menos investigada, pero no resulta menos relevante, dado que comprender cómo las decisiones del operador durante la manipulación de una impresora 3D dental pueden influir en el resultado de los modelos obtenidos, esto permitiría avanzar hacia la estandarización de los protocolos de impresión, con el objetivo de optimizar la precisión obtenida. En ese sentido, la pregunta de investigación del presente estudio in vitro es: ¿Cuál es la importancia de la exactitud de modelos definitivos impresos según tipos de escáneres?

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la exactitud de modelos definitivos impresos según la orientación de la impresión y tipos de escáneres.

Objetivos Específicos:

1. Evaluar la exactitud de la impresión de modelos definitivos con una impresora dental 3D utilizando escáner intraoral.
2. Evaluar la exactitud de la impresión de modelos definitivos con una impresora dental 3D utilizando escáner de laboratorio.
3. Comparar la exactitud en la impresión de modelos definitivos con una impresora 3D con angulaciones de 0°, 22.5°, 45°, 67.5° y 90° utilizando escáner intraoral y de laboratorio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de estudio

El presente estudio es transversal, experimental e in vitro.

Población

Estará conformada por todos los modelos tipodont maxilar superior que se impriman para la ejecución del estudio.

Muestra

Se obtendrá un modelo tipodont de maxilar superior como modelo maestro. El tamaño de la muestra se determinará después de realizar un estudio piloto tomando como referencia el estudio realizado por Maneiro et al. (4) en el 2023 el cual realizó dicho estudio piloto con 5 especímenes por grupo para un nivel de confianza del 95%, utilizando la desviación estándar de 0.05. Este estudio empleará 5 grupos.

Muestreo

No probabilístico

Criterios de selección

Criterios de inclusión

- Modelo maestro superior con 8 piezas dentarias totalmente íntegro.
- Modelos impresos con el nuevo diseño que incluye los cilindros de 10mm altura y 10mm diámetro ubicados en los segundos molares, los primeros

premolares y los incisivos centrales superiores de ambos lados, y con la angulación de 0°, 22.5°, 45°, 67.5° y 90°.

- Modelos impresos en resina completos y que hayan seguido un adecuado proceso de post curado.

Criterios de exclusión

- Modelos impresos con burbujas y otras fallas durante el proceso de impresión lavado y secado.

Variables

En el presente estudio, la orientación de la impresión es la variable independiente y se medirán con valores mayores a 0 mientras que la exactitud es dependiente. Los tipos de escáneres es la variable independiente, cuyos indicadores serían el escáner intraoral y escáner de laboratorio (Anexo 1).

Técnicas y procedimientos

El tipodont maxilar será digitalizado mediante un escáner de laboratorio, y el archivo obtenido se procesará con el software CAD EXOCAD. En el entorno digital, se eliminarán los segundos molares, los primeros premolares y los incisivos centrales superiores de ambos lados, los cuales serán sustituidos por cilindros posicionados perpendicularmente al plano oclusal. Con esta modificación se generará un archivo STL, que posteriormente será impreso para obtener el modelo maestro.

Dicho modelo maestro será nuevamente escaneado utilizando dos dispositivos distintos: un escáner de laboratorio y un escáner intraoral. De este procedimiento se obtendrán dos archivos STL que conformaron dos grupos de estudio. Cada grupo se subdivide en cinco subgrupos en función de la orientación de impresión: 0°, 22.5°, 45°, 67.5° y 90°.

La confección de las muestras se llevará a cabo con una impresora de polimerización en cuba (DPP) empleando resina polimérica. Todas las impresiones serán realizadas por un operador con más de diez años de experiencia clínica y formación en Rehabilitación Oral. Con el fin de garantizar la estandarización, se mantendrán parámetros constantes en el software de control (Chitubox), variando únicamente la orientación según el subgrupo. Los soportes generados automáticamente por el programa serán conservados con una densidad del 80% y diámetros de contacto de 1,2 mm y 0,7 mm. Para mantener la ubicación fija en la plataforma de impresión, cada muestra será fabricada de manera individual. En total serán producidas 10 muestras por subgrupo.

Posteriormente, todas las muestras seguirán un protocolo uniforme de postprocesamiento. El lavado se efectuará en una unidad especializada (Anycubic Wash & Cure) durante 10 minutos con alcohol isopropílico al 99%, seguido de secado y fotopolimerización en la misma unidad durante 6 minutos. Tras este proceso, los soportes serán retirados con un instrumento cortante y las muestras se almacenarán en un contenedor opaco a temperatura constante de 24 °C.

Cada modelo será digitalizado nuevamente con un escáner intraoral (Virtuo Vivo, Straumann) en un plazo no mayor a 24 horas tras la impresión, siguiendo las

recomendaciones del fabricante. El equipo se calibrará previamente de acuerdo con las instrucciones oficiales. Los archivos STL obtenidos serán empleados para el análisis comparativo.

La evaluación entre el archivo de referencia y los modelos experimentales serán realizados mediante distancias euclidianas y cálculo del error cuadrático medio (RMS) en el software Geomagic Wrap (v.2017; 3D Systems). Para ello, se posicionarán cilindros virtuales en los marcadores del modelo de referencia, definiendo sus ejes longitudinales y planos coronales, a partir de los cuales serán efectuadas cinco mediciones lineales y cuatro angulares. Los mismos procedimientos serán aplicados a cada archivo experimental.

El error RMS se calculará considerando como referencia el archivo CAD. La alineación con los STL experimentales será efectuada inicialmente mediante un ajuste automático y posteriormente a través de una alineación por áreas comunes. Para homogeneizar los modelos, se eliminarán 3 mm de la base en todos los especímenes, evitando así distorsiones derivadas de los soportes y asegurando la uniformidad en la altura. El error RMS será determinada en la misma región de análisis, aplicando la siguiente fórmula:

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})^2}{n}}$$

Donde “X1,i” son los datos de referencia, “X2,i” son los datos del escaneo y “n” representará el número de puntos evaluados.

En esta investigación, la veracidad se definirá como el grado de concordancia entre el modelo de referencia y los modelos escaneados, mientras que la precisión será interpretada como la reproducibilidad de las mediciones dentro de cada grupo, expresada mediante la desviación estándar (DE).

Plan de análisis

Se realizará una base de datos en hoja de cálculo Microsoft Excel 2013 donde se registrará toda la información recolectada y posteriormente esta será exportada al programa SPSS 20.0 (Statistical Package for the Social Sciences) para el análisis.

Se realizará un control de calidad de data de manera aleatoria para verificar el tipo de variable y la plausibilidad.

El análisis univariado para las variables cuantitativas se realizará dependiendo de la distribución de datos, se obtendrán tanto las medidas de tendencia central (media o mediana) y las medidas de dispersión (desviación estándar o rango intercuartílico).

En el análisis bivariado, si tuvieran distribución normal, se evaluará a través de las pruebas t de Student y prueba de ANOVA de un factor, y si no tuvieran distribución normal, la prueba de U Mann-Whitney y Kruskal-Wallis. El estudio usará un nivel de significancia ($\alpha < 0.05$) y los intervalos de confianza al 95%.

Consideraciones éticas

Se realizará la inscripción en el SIDISI (Sistema Descentralizado de Información y Seguimiento a la Investigación), se presentará el certificado del curso de Conducta

Responsable en Investigación, emitido por el CITIPROGRAM. Asimismo, se realizará el estudio luego de recibir la aprobación del Comité Institucional de Ética (CIE) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH) y de la Unidad Integrada de Gestión de Investigación, Ciencia y Tecnología (UIGICT) de las Facultades de Medicina, de Estomatología y de Enfermería.

IV. RESULTADOS ESPERADOS

Desde una perspectiva teórica, esta investigación contribuirá a los odontólogos que utilizan constantemente el flujo digital en su práctica clínica y a los que están interesados en tener más conocimiento sobre este, de las diferentes variables que están relacionadas a la exactitud de los modelos impresos, la cual depende de la tecnología, la impresora y las resinas seleccionadas, así como los parámetros de impresión y los procedimientos de postprocesamiento.

Clínicamente, el proyecto proporcionará información relevante para la toma de decisiones del profesional que incorpora el flujo digital en sus tratamientos odontológicos sobre considerar con mayor escrutinio la elección de la orientación de la impresión y los tipos de escáneres que utilizará para la obtención de modelos definitivos impresos más exactos para así evitar sesgos y repeticiones en los tratamientos a pacientes ya que eso conllevaría a pérdidas de presupuesto y retrasos en los tiempos operatorios.

El paciente sería favorecido en la disminución del tiempo clínico requerido para el tratamiento y la reducción del número de citas al consultorio, lo que se traduciría en una optimización del tiempo invertido y beneficio económico del paciente. Del mismo modo, una mayor precisión de los modelos impresos definitivos en ángulos específicos podría favorecer la tasa de éxito y la supervivencia de las prótesis instaladas, prolongando su tiempo de funcionamiento en meses. Se espera que estas variables sean objetivo de evaluación en investigaciones futuras.

V. CONCLUSIONES

En conclusión, este trabajo académico nos ayuda a resaltar la importancia del grado de orientación de impresión y los tipos de escáneres a utilizar para la exactitud de los modelos impresos definitivos que se obtendrán, eso facilitará al profesional en la toma de decisiones para hacer más eficiente su práctica clínica odontológica. Del mismo modo, esta investigación mencionará información relevante sobre el trinomio de fabricación (tecnología, impresora y material), las cuales son variables que influyen en los resultados para un flujo digital de trabajo exitoso y un paciente conforme con sus tratamientos realizados.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Zitzmann NU, Matthisson L, Ohla H, Joda T. Digital Undergraduate Education in Dentistry: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 May 7;17(9):3269.
2. Alharbi N, Osman RB, Wismeijer D. Factors Influencing the Dimensional Accuracy of 3D-Printed Full-Coverage Dental Restorations Using Stereolithography Technology. *Int J Prosthodont*. 2016 Sep-Oct;29(5):503-10.
3. Revilla-León M, Supaphakorn A, Barmak AB, Rutkunas V, Kois JC. Influence of print orientation on the intaglio surface accuracy (trueness and precision) of tilting stereolithography definitive resin-ceramic crowns. *J Prosthet Dent*. 2023 Apr 25: S0022-3913(23)00186-5.
4. Revilla-León M, Fry E, Supaphakorn A, Barmak AB, Kois JC. Manufacturing accuracy of the intaglio surface of definitive resin-ceramic crowns fabricated at different print orientations by using a stereolithography printer. *J Prosthet Dent*. 2023 May 26: S0022-3913(23)00267-6.
5. Maneiro Lojo J, Alonso Pérez-Barquero J, García-Sala Bonmatí F, Agustín-Panadero R, Yilmaz B, Revilla-León M. Influence of print orientation on the accuracy (trueness and precision) of diagnostic casts manufactured with a daylight polymer printer. *J Prosthet Dent*. 2023.5.
6. Etemad-Shahidi Y, Qallandar OB, Evenden J, Alifui-Segbaya F, Ahmed KE. Accuracy of 3-dimensionally printed full-arch dental models: A systematic review. *J Clin Med*. 2020 Oct 20;9(10):3357.

7. Della Bona A, Cantelli V, Britto VT, Collares KF, Stansbury JW. 3D printing restorative materials using a stereolithographic technique: a systematic review. *Dent Mater.* 2021 Feb;37(2):336-350. doi: 10.1016/j.dental.2020.11.030.
8. Németh A, Vitai V, Czumbel ML, Szabó B, Varga G, Kerémi B, Hegyi P, Hermann P, Borbély J. Clear guidance to select the most accurate technologies for 3D printing dental models - A network meta-analysis. *J Dent.* 2023 Jul; 134:104532. doi: 10.1016/j.jdent.2023.104532.
9. Ko J, Bloomstein RD, Briss D, Holland JN, Morsy HM, Kasper FK, Huang W. Effect of build angle and layer height on the accuracy of 3-dimensional printed dental models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2021 Sep;160(3):451-458.e2. doi: 10.1016/j.ajodo.2020.11.039.
10. Alghauli MA, Almuzaini SA, Aljohani R, Alqutaibi AY. Impact of 3D printing orientation on accuracy, properties, cost, and time efficiency of additively manufactured dental models: a systematic review. *BMC Oral Health.* 2024 Dec 26;24(1):1550. doi: 10.1186/s12903-024-05365-5.
11. Salazar Rios AL, Kesterke MJ, Pylant GD 3rd, Barmak AB, Kontogiorgos ED, Revilla-León M. Effect of print orientation, storage conditions, and storage time on intaglio surface accuracy of implant surgical guides fabricated by using a stereolithography technology. *J Prosthet Dent.* 2025 Jul;134(1):179-186. doi: 10.1016/j.prosdent.2023.08.016.
12. ElShebiny T, Matthaios S, Menezes LM, Tsolakis IA, Palomo JM. Effect of printing technology, layer height, and orientation on assessment of 3D-

printed models. J World Fed Orthod. 2024 Aug;13(4):169-174. doi:
10.1016/j.ejwf.2024.03.006.

VII. PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA

Presupuesto

Descripción	P. Unitario S/	Cantidad	Total S/
Laptop	3000.00	1	3000.00
Movilidad			80.00
Office 365	99.00	1	99.00
			S/ 3179.00

Cronograma

Actividades	Agosto 2025	Septiembre 2025	Octubre 2025	Noviembre 2025	Diciembre 2025
Presentación del proyecto	x	x			
Aprobación de proyecto en CIEI			x		
Recolección de datos				x	
Procesamiento de datos				x	
Análisis de los resultados					x
Informe final					x
Envío a publicación en revista internacional indexada					x

ANEXOS

Anexo 1. Cuadro de operacionalización de variable

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	TIPO	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	VALORES
Exactitud de modelos definitivos	Es la cualidad de ser preciso y correcto en el cumplimiento de una medida, cálculo, descripción o afirmación. En términos generales, se refiere a la conformidad con la realidad o con un estándar establecido.	Promedio de error RMS.	0° 22.5° 45° 67.5° 90°	Cuantitativa	Megapascales	De Razón	$[-\infty, +\infty]$
Orientación de impresión	Se refiere a la posición en la que un modelo tridimensional es dispuesto dentro del software de impresión antes de ser fabricado con una impresora 3D. Esta orientación puede afectar la precisión y calidad de la impresión final.	Grado de inclinación del eje de los modelos sobre la plataforma de impresión.	-	Cualitativa	0: 0° 1: 22.5° 2: 45° 3: 67.5° 4: 90°	Nominal	[0-4]

<p>Tipo de escáner</p>	<p>Es un dispositivo electrónico que reproduce en imágenes 3D, las estructuras anatómicas de la cavidad oral. Se utilizará escáner de laboratorio marca 3shape modelo E3 con año de fabricación 2022 y escáner intraoral marca Virtuo Vivo (Straumman, Suiza) modelo 2023 con año de fabricación 2022.</p>	<p>Se utilizará escáner de laboratorio marca 3shape modelo E3 con año de fabricación 2022 y escáner intraoral marca Virtuo Vivo (Straumman, Suiza) modelo 2023 con año de fabricación 2022.</p>	<p>-</p>	<p>Cualitativa</p>	<p>0: Laboratorio 1: Intraoral</p>	<p>Nominal</p>	<p>[0-1]</p>
------------------------	--	---	----------	--------------------	--	----------------	--------------