



Facultad De Ciencias de la Salud

Postgrado De Rehabilitación Oral Y Prótesis Implantoasistida.

Tema:

**Comparación In Vitro De La Estabilidad Dimensional De Modelos Definitivos
Obtenidos Para La Reproducción Del Sellado Periférico De Pacientes Parcialmente
Edéntulos Mediante Técnica De Escaneo Digital.**

**Trabajo De Titulación Para La Obtención Del Título De Especialidad En
Rehabilitación Oral E Implanto Asistida**

Presentado Por:

Melissa Joselyn Yanez Gamarra

Tutor:

Dr. Danny España Naranjo

Quito, enero de 2026

Resumen

Introducción: La exactitud y estabilidad dimensional de los modelos definitivos constituye un factor crítico en la rehabilitación protésica, especialmente en pacientes parcialmente edéntulos, donde la correcta reproducción del sellado periférico influye directamente en la adaptación y estabilidad de las prótesis removibles. **Objetivo:** Contribuir con evidencia científica sobre la precisión y estabilidad dimensional de los modelos definitivos obtenidos mediante escaneo digital, con énfasis en la reproducción del sellado periférico en pacientes parcialmente edéntulos, fortaleciendo el sustento científico del flujo digital dentro de la odontología restauradora. **Materiales y métodos:** Estudio experimental, in vitro y comparativo, utilizando modelos patrón de arcadas parcialmente edéntulas correspondientes a las clases I y III de Kennedy, en maxilar superior e inferior, que actuaron como referencia absoluta (gold standard). Los modelos fueron escaneados con distintos sistemas de escaneo intraoral y se evaluaron variables geométricas lineales, superficiales y volumétricas mediante análisis estadístico descriptivo e inferencial no paramétrico.

Resultados: La distancia entre planos y el volumen no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas de escaneo ($p > 0,05$); sin embargo, se identificaron diferencias estadísticamente significativas en las variables superficie, altura estimada, anchura y longitud ($p < 0,05$), evidenciando comportamientos dimensionales distintos según el sistema de escaneo utilizado. **Discusión y conclusiones:** Los resultados indican que, si bien los sistemas de escaneo intraoral presentan un comportamiento global comparable en términos de tamaño general del modelo, existen diferencias relevantes en la reproducción de dimensiones geométricas específicas, las cuales deben considerarse en la selección del escáner intraoral para optimizar la adaptación y el desempeño funcional de las prótesis removibles.

Palabras clave: ESCANEEO INTRAORAL; PRECISIÓN DIMENSIONAL; SELLADO PERIFÉRICO; PRÓTESIS REMOVIBLE; ODONTOLOGÍA DIGITAL

Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

Melissa Joselyn Yanez Gamarra

C.I: 1207489624

Dedicatoria

A **Dios**, por ser mi guía y darme la fortaleza necesaria para no rendirme y culminar este logro tras dos años y medio de esfuerzo y aprendizaje.

A **mis padres**, por su amor incondicional, paciencia y sacrificios, por creer en mí y sostenerme en cada momento de este camino.

A **mis abuelas Concepción y Carmen**, por sus oraciones, su amor y apoyo constante, que fueron un pilar fundamental durante todo este proceso.

A **mis tías y tíos**, por estar presentes y acompañarme con su apoyo sincero.

A **mis hermanos**, a quienes amo profundamente y deseo que en el futuro alcancen metas aún más grandes, superándose y cumpliendo cada uno de sus sueños.

A **mis amigos, pacientes, compañeros de clase y docentes**, por su confianza, enseñanzas y por contribuir de manera significativa a mi formación académica y personal.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento. Este logro también es de ustedes.

Índice

Resumen	2
Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos	4
Dedicatoria	5
Índice	6
Índice De Figuras.....	8
Índice De Tablas	9
Resumen	10
Abstract.....	11
Introducción.....	11
Metodología.....	13
Estructura de la base de datos y modelos patrón	16
Caracterización dimensional de los modelos patrón.	16
Organización de la base de datos e integración de los archivos de escaneo	17
Hallazgos	19
Análisis estadístico descriptivo	19
Variable distancia entre planos.....	19

Variable superficie	21
Variable volumen	23
Variable altura estimada.....	25
Variable anchura	27
Variable longitud.....	29
Análisis estadístico inferencial	30
Evaluación de supuestos estadísticos	30
Evaluación de la normalidad de las variables.....	31
Comparación entre sistemas de escaneo intraoral.	32
Análisis post hoc e interpretación comparativa.	34
Interpretación post hoc basada en análisis descriptivo.	34
Variables sin diferencias estadísticamente significativas.	35
Interpretación clínica y relevancia de los hallazgos	36
Interpretación clínica de las variables con diferencias significativas	36
Variables sin diferencias significativas y su implicación clínica.....	37
Implicaciones para la selección del sistema de escaneo	37
Discusión	38
Conclusiones.....	40
Referencias.....	42

Índice De Figuras

Figura 1. Modelos escaneados con MEDIT i700.....	14
Figura 2. Modelos escaneados con SHINING 3D	15
Figura 3. Modelos escaneados con 3SHAPE TRIOS	15
Figura 4. Distancia entre planos por escáner intraoral.....	20
Figura 5. Distribución de la distancia entre planos por escáner intraoral	21
Figura 6. Distribución de la superficie por escáner intraoral.....	22
Figura 7. Distribución del volumen por escáner intraoral	24
Figura 8. Distribución de la altura estimada por escáner intraoral	26
Figura 9. Distribución de la anchura por escáner intraoral	28
Figura 10. Distribución de la longitud por escáner intraoral	30

Índice De Tablas

Tabla 1. Dimensiones de los modelos patrón	16
Tabla 2: Variables y Descripción.....	18
Tabla 4. Estadística descriptiva de la distancia entre planos por escáner intraoral	20
Tabla 5. Estadística descriptiva de la superficie por escáner intraoral	22
Tabla 6. Estadística descriptiva del volumen por escáner intraoral	24
Tabla 7. Estadística descriptiva de la altura estimada por escáner intraoral.....	26
Tabla 8. Estadística descriptiva de la anchura por escáner intraoral	28
Tabla 9. Estadística descriptiva de la longitud por escáner intraoral.....	29
Tabla 10. Resultados del test de Shapiro Wilk por variable y escáner intraoral.....	31
Tabla 11. Resultados del test de Kruskal Wallis por variable	33

**COMPARACIÓN IN VITRO DE LA ESTABILIDAD DIMENSIONAL DE
MODELOS DEFINITIVOS OBTENIDOS PARA LA REPRODUCCIÓN DEL
SELLADO PERIFÉRICO DE PACIENTES PARCIALMENTE EDÉNTULOS
MEDIANTE TÉCNICA DE ESCANEEO DIGITAL.**

Melissa Joselyn Yanez Gamarra

melissa_yg92@hotmail.com

Resumen

La exactitud y estabilidad dimensional de los modelos definitivos son determinantes en la rehabilitación protésica, especialmente en pacientes parcialmente edéntulos, donde la adecuada reproducción del sellado periférico influye en la adaptación y estabilidad de las prótesis removibles. El objetivo del presente estudio fue comparar, bajo un diseño experimental in vitro, la estabilidad dimensional de modelos obtenidos mediante distintos sistemas de escaneo intraoral en arcadas parcialmente edéntulas clases I y III de Kennedy. Se utilizaron modelos patrón como referencia, los cuales fueron escaneados con los sistemas 3Shape TRIOS, MEDIT i700 y Shining 3D, evaluando variables geométricas lineales, superficiales y volumétricas. El análisis estadístico incluyó pruebas descriptivas y la prueba de Kruskal Wallis, tras verificarse el incumplimiento del supuesto de normalidad. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en superficie, altura estimada, anchura y longitud ($p < 0,05$), mientras que no se observaron diferencias en variables globales como distancia entre planos y volumen. Se concluye que, aunque los sistemas de escaneo intraoral presentan un comportamiento comparable en dimensiones generales, existen variaciones en la reproducción de dimensiones específicas asociadas al sellado periférico, las cuales pueden tener implicaciones clínicas en la adaptación protésica.

Palabras clave: escaneo intraoral; precisión dimensional; sellado periférico; prótesis removible; odontología digital.

Abstract

Dimensional accuracy and stability of definitive dental models are critical factors in prosthetic rehabilitation, particularly in partially edentulous patients, where accurate reproduction of the peripheral seal directly influences the adaptation and stability of removable prostheses. The aim of the present study was to compare, under an in vitro experimental design, the dimensional stability of models obtained using different intraoral scanning systems in Kennedy Class I and III partially edentulous arches. Reference models were used as the gold standard and were scanned using the 3Shape TRIOS, MEDIT i700, and Shining 3D systems, evaluating linear, surface, and volumetric geometric variables. Statistical analysis included descriptive tests and the Kruskal–Wallis test after verification of non-normal data distribution. The results showed statistically significant differences in surface area, estimated height, width, and length ($p < 0.05$), while no differences were observed in global variables such as plane-to-plane distance and volume. It is concluded that, although intraoral scanning systems exhibit comparable behavior in general dimensions, variations exist in the reproduction of specific dimensions related to the peripheral seal, which may have clinical implications for prosthetic adaptation.

Keywords: intraoral scanning; dimensional accuracy; peripheral seal; removable prosthodontics; digital dentistry.

Introducción

La obtención de modelos dentales precisos constituye un elemento fundamental en la práctica odontológica, especialmente en la rehabilitación protésica, ya que la exactitud dimensional influye directamente en la adaptación, estabilidad y funcionalidad de las prótesis removibles (Vimos, 2025). Tradicionalmente, la elaboración de modelos ha dependido de técnicas convencionales de impresión que involucran una secuencia de pasos críticos toma de impresión, vaciado, fraguado y manipulación susceptibles a variaciones dimensionales

acumulativas. Estas variaciones pueden estar condicionadas por las propiedades fisicoquímicas de los materiales y por la técnica y experiencia del operador, lo que introduce un margen de error capaz de comprometer el resultado clínico final (Celi et al., 2024).

En las últimas décadas, la incorporación de tecnologías digitales ha transformado de manera sustancial los flujos de trabajo en odontología. El desarrollo de los escáneres intraorales ha permitido la captura directa de la anatomía oral en modelos tridimensionales digitales, eliminando varios pasos intermedios propios de los métodos convencionales (Roig & Gagliani, 2021). Este avance ha generado un creciente interés en la evaluación de la exactitud y reproducibilidad de los sistemas de escaneo digital, particularmente en situaciones clínicas complejas como las arcadas parcialmente edéntulas, donde la ausencia de referencias dentarias continuas puede dificultar la captura precisa de la geometría (Osorio et al., 2021).

La precisión dimensional del escaneo intraoral no depende únicamente de la tecnología empleada, sino también de factores anatómicos y morfológicos propios del modelo escaneado. La extensión del área edéntula, la complejidad de las superficies mucosas y la morfología de las estructuras de soporte influyen de forma significativa en la fidelidad de la digitalización (Osorio, 2020). En este contexto, la clasificación de Kennedy representa un marco clínico relevante, ya que las diferencias entre las clases I y III reflejan variaciones sustanciales en la distribución y extensión de los espacios edéntulos, lo que puede afectar el desempeño de los sistemas de escaneo intraoral (Espinoza et al., 2023).

Diversos estudios han comparado técnicas convencionales y digitales, destacando ventajas de los flujos digitales como la reducción de pasos clínicos y de laboratorio, una mayor comodidad para el paciente y una potencial mejora en la estabilidad dimensional a largo plazo (Nieto, 2023). En el ámbito de la prótesis removible, la reproducción fiel de las dimensiones del modelo es crítica para garantizar un adecuado sellado periférico y una correcta adaptación de la base protésica. Pequeñas discrepancias en variables como

superficie, altura, anchura o longitud pueden generar alteraciones clínicas relevantes que afectan la estabilidad y el confort del paciente (Erickson, 2021).

En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo analizar y comparar el comportamiento dimensional de modelos obtenidos mediante diferentes sistemas de escaneo intraoral, utilizando como referencia modelos patrón de arcadas parcialmente edéntulas correspondientes a las clases I y III de Kennedy, tanto en maxilar superior como inferior. Se evalúan múltiples variables geométricas lineales, superficiales y volumétricas mediante una base de datos estructurada y el uso de técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales no paramétricas, seleccionadas tras la verificación de los supuestos estadísticos. La hipótesis plantea que existen diferencias en la reproducción dimensional de determinadas variables geométricas entre los sistemas de escaneo intraoral evaluados, especialmente aquellas asociadas a la complejidad morfológica y a la extensión de las áreas edéntulas, con el fin de aportar evidencia científica para una selección clínica más informada en prótesis removable.

Metodología

El presente estudio se diseñó como una investigación experimental, *in vitro* y comparativa, orientada a evaluar la exactitud y estabilidad dimensional de modelos obtenidos mediante escaneo intraoral, con énfasis en la visibilidad y delimitación del sellado periférico en modelos tridimensionales. Previamente al estudio principal, se realizó una prueba piloto utilizando el escáner intraoral Shining 3D Aoralscan Elite, con el objetivo de optimizar la detección digital de los márgenes periféricos. La marcación inicial con lápiz de grafito 2H no fue adecuadamente capturada debido al brillo y bajo contraste de la resina. Por ello, se aplicó Cavex ScanSpray para matificar la superficie y mejorar la reflectancia óptica, evaluándose posteriormente marcadores rojo, negro y azul. El marcador azul mostró la mayor nitidez, contraste y fidelidad geométrica, estableciéndose como protocolo definitivo.

La muestra estuvo constituida por cuatro modelos patrón de arcadas parcialmente

edéntulas, correspondientes a la clasificación de Kennedy (clases I y III), tanto en maxilar superior como inferior, los cuales actuaron como referencia absoluta (Gold standard). Previo a la digitalización, los modelos fueron sometidos a una caracterización dimensional exhaustiva, incluyendo mediciones lineales, ortogonales, de superficie y volumen. Los modelos fueron escaneados utilizando escáneres intraorales de diferentes marcas (3Shape TRIOS, MEDIT i700, y Shining 3D Aoralscan Elite), todos basados en tecnologías de luz estructurada o videoescaneo continuo. El protocolo de escaneo fue estandarizado para todos los dispositivos, siguiendo movimientos continuos y lentos, distancia óptica constante, secuencia oclusal–lingual/palatina–vestibular y registro de mordida en máxima intercuspidadación.

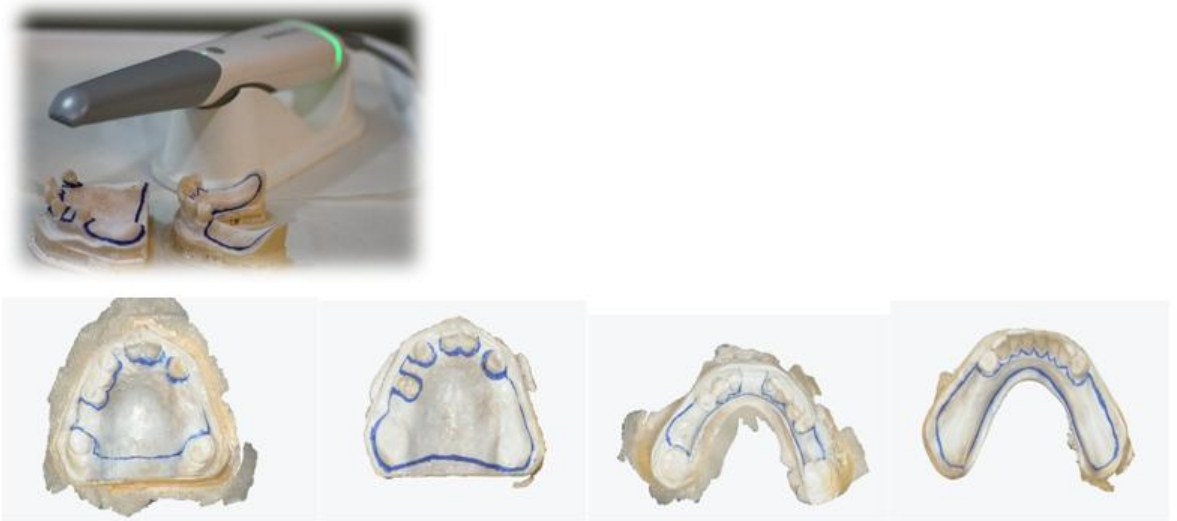
Los datos obtenidos fueron organizados en una base de datos estructurada y sometidos a un control de calidad riguroso, que incluyó exploración descriptiva, evaluación de valores atípicos y análisis de consistencia intra-escáner, garantizando la validez y reproducibilidad de los resultados previos al análisis estadístico.

Figura 1. Modelos escaneados con MEDIT i700



Nota: elaboración propia

Figura 2. Modelos escaneados con SHINING 3D



Nota: elaboración propia

Figura 3. Modelos escaneados con 3SHAPE TRIOS



Nota: elaboración propia

Estructura de la base de datos y modelos patrón

Caracterización dimensional de los modelos patrón.

La caracterización dimensional de los modelos patrón constituye un paso esencial en estudios experimentales in vitro orientados a evaluar la exactitud y estabilidad dimensional, ya que el modelo maestro actúa como referencia absoluta (Gold standard) frente a la cual se cuantifican las desviaciones geométricas. En este estudio se utilizaron cuatro modelos patrón de arcadas parcialmente edéntulas, correspondientes a las clases I y III de Kennedy en maxilar superior e inferior, diseñados y medidos bajo condiciones controladas para establecer una base métrica estable.

Los modelos fueron caracterizados mediante variables geométricas que describen su morfología global y aspectos relevantes para el sellado periférico, incluyendo distancias lineales y ortogonales, superficie, volumen y dimensiones estimadas de altura, anchura y longitud. Las mediciones mostraron una adecuada consistencia geométrica interna, con mayores extensiones lineales, superficiales y volumétricas en los modelos de clase I y en los modelos superiores, reflejando una mayor complejidad geométrica. Esta caracterización integral proporciona un marco de referencia robusto y reproducible para la evaluación posterior del desempeño de los sistemas de escaneo intraoral.

Tabla 1. Dimensiones de los modelos patrón

Variable	Modelo maestro inferior clase I	Modelo maestro superior clase I	Modelo maestro inferior clase III	Modelo maestro superior clase III
Distancia entre planos (mm)	72,833	63,899	57,574	53,396
Distancia al plano personal (mm)	0,943	0,857	4,127	1,682
Distancia ortogonal en el	72,827	63,893	57,426	53,369

plano (mm)				
Superficie (mm²)	11632,231	13710,475	8558,511	13508,876
Volumen (mm³)	12242,566	13988,474	8856,309	13861,033
Altura estimada (mm)	27,191	27,947	21,097	26,902
Anchura (mm)	54,434	60,543	51,85	61,062
Longitud (mm)	78,657	71,243	73,437	72,794

Nota: elaboración propia

La caracterización dimensional detallada de los modelos patrón permite establecer un marco de referencia sólido para el análisis estadístico posterior. Al documentar de forma precisa las dimensiones lineales, superficiales y volumétricas de cada modelo, se garantiza que las desviaciones observadas en los modelos digitalizados puedan atribuirse al proceso de escaneo y no a inconsistencias del modelo base.

Sobre esta base métrica estandarizada, el siguiente paso consiste en describir la estructura de la base de datos y la integración de la información proveniente de los distintos escáneres intraorales, lo que permitirá avanzar hacia el análisis descriptivo y comparativo de los resultados.

Organización de la base de datos e integración de los archivos de escaneo

La correcta organización de la base de datos es un elemento clave en estudios experimentales que involucran múltiples fuentes de medición, repeticiones y variables geométricas, ya que una estructura inadecuada puede introducir sesgos analíticos, dificultar la aplicación de pruebas estadísticas y comprometer la reproducibilidad de los resultados. Por ello, antes de realizar el análisis descriptivo e inferencial, resulta indispensable definir de manera explícita la arquitectura de la base de datos.

En el presente estudio, la información dimensional fue obtenida a partir de cuatro modelos patrón previamente caracterizados, los cuales fueron escaneados de forma repetida mediante tres sistemas de escaneo intraoral (3Shape TRIOS, MEDIT i700 y Aoralscan Elite). Para cada escáner se generaron archivos independientes que contienen múltiples mediciones asociadas a los mismos modelos, preservando la trazabilidad de los datos y facilitando el

control de calidad previo a su integración.

Cada archivo incluyó variables dimensionales equivalentes a las registradas en los modelos patrón, garantizando la comparabilidad directa entre los datos de referencia y los modelos digitalizados. Posteriormente, los datos fueron organizados bajo un esquema relacional, asignando identificadores únicos para el modelo, la clase de Kennedy, el tipo de escáner y la repetición. Esta estructura permitió analizar de manera independiente la variabilidad intra-escáner e inter-escáner, así como realizar comparaciones globales y estratificadas conforme a los objetivos y al diseño experimental del estudio.

Tabla 2: Variables y Descripción

Variable	Descripción
ID modelo	Identificador del modelo patrón
Clase Kennedy	Clase I o III
Arcada	Superior / Inferior
Escáner	3Shape TRIOS / MEDIT i700 / Shining 3D
Repetición	Número de escaneo (1–10)
Distancia entre planos (mm)	Medición lineal
Distancia plano personal (mm)	Medición perpendicular
Distancia ortogonal (mm)	Distancia proyectada
Superficie (mm ²)	Área total del modelo
Volumen (mm ³)	Volumen total
Altura estimada (mm)	Dimensión vertical
Anchura (mm)	Dimensión transversal
Longitud (mm)	Dimensión longitudinal

Nota: elaboración propia

La organización estructurada de la base de datos y la integración sistemática de los archivos generados por cada escáner garantizan la coherencia y trazabilidad de la información utilizada en el estudio. Este enfoque permite preservar la independencia de las observaciones, evaluar la variabilidad intra-sistema y establecer comparaciones válidas entre tecnologías de escaneo digital. Una vez consolidada esta arquitectura de datos, el siguiente paso metodológico consiste en realizar el control de calidad y el análisis descriptivo inicial, con el objetivo de explorar la distribución de las mediciones, identificar posibles valores atípicos y evaluar la consistencia interna de los datos antes de aplicar pruebas estadísticas inferenciales.

Hallazgos

Análisis estadístico descriptivo

El análisis estadístico descriptivo constituye la primera etapa de evaluación cuantitativa de los datos del estudio y tiene como objetivo describir de manera sistemática el comportamiento de las variables dimensionales medidas en los modelos escaneados. Este análisis permite identificar tendencias generales, niveles de dispersión y patrones preliminares asociados a cada sistema de escaneo intraoral, proporcionando una comprensión inicial de la estructura de los datos antes de la aplicación de pruebas estadísticas inferenciales.

En este estudio, el análisis descriptivo se desarrolló de forma organizada por variables geométricas, evaluando de manera individual cada dimensión relevante para la estabilidad dimensional y el sellado periférico. Para cada variable se documentó la preparación de los datos y se presentaron los resultados descriptivos mediante tablas y figuras integradas en el texto, facilitando una interpretación clara y ordenada de los resultados.

Variable distancia entre planos.

La distancia entre planos es una variable lineal global que permite evaluar la estabilidad dimensional general de los modelos obtenidos mediante escaneo digital, ya que resume diferencias geométricas de gran escala entre los modelos escaneados y los modelos patrón. Su análisis constituye un punto de partida adecuado para el estudio descriptivo, al ofrecer una primera aproximación cuantitativa al comportamiento dimensional de los distintos sistemas de escaneo intraoral.

Las mediciones fueron obtenidas directamente de los archivos generados por los escáneres 3Shape TRIOS, MEDIT i700 y Shining 3D, expresadas en milímetros y debidamente estandarizadas. Se verificó la trazabilidad de cada registro respecto al modelo patrón y la repetición correspondiente, sin identificarse valores faltantes ni registros duplicados. El análisis descriptivo se realizó mediante el cálculo de la media, desviación

estándar, valores mínimo y máximo, permitiendo describir la magnitud central de la variable y la dispersión asociada a cada sistema de escaneo. En la Tabla 4 se presentan los resultados descriptivos correspondientes a la distancia entre planos para cada escáner intraoral.

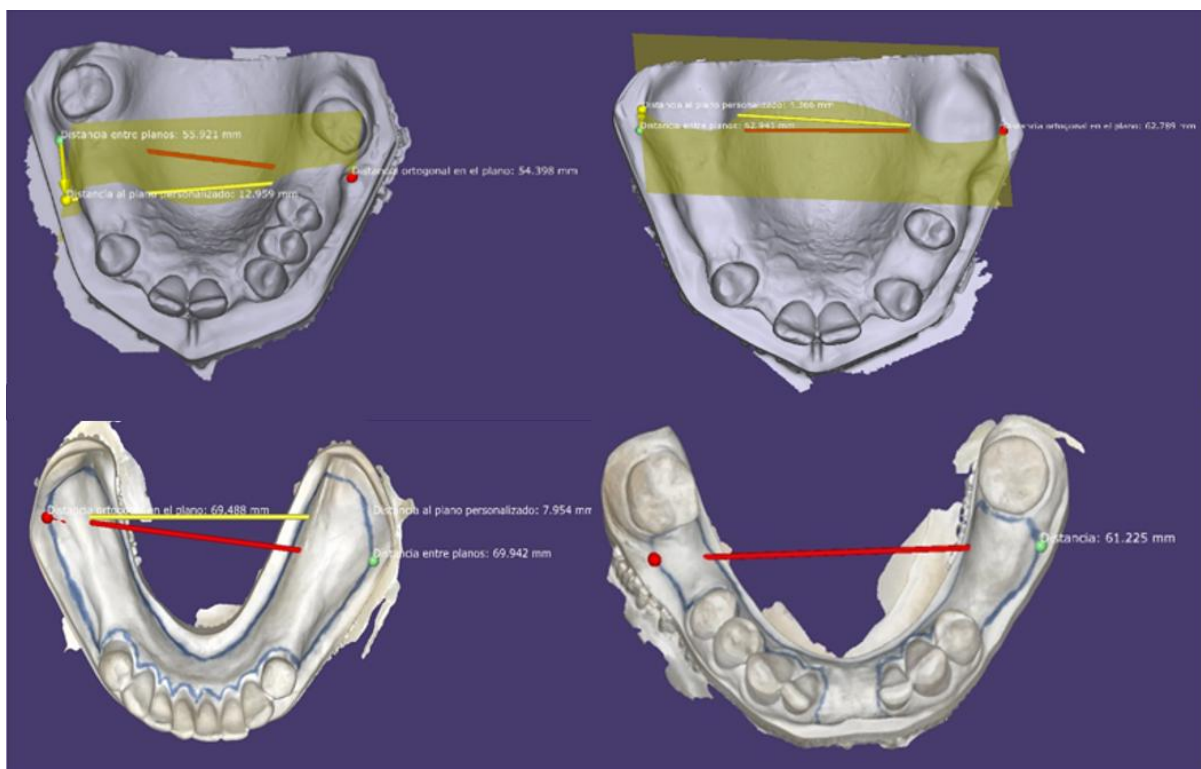
Tabla 3. Estadística descriptiva de la distancia entre planos por escáner intraoral

Escáner	Media (mm)	Desviación estándar (mm)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)
3Shape				
TRIOS	62,298	5,017	55,304	71,352
MEDIT i700	61,77	4,834	54,272	69,644
Shining 3D	61,207	4,139	55,062	67,501

Nota: elaboración propia

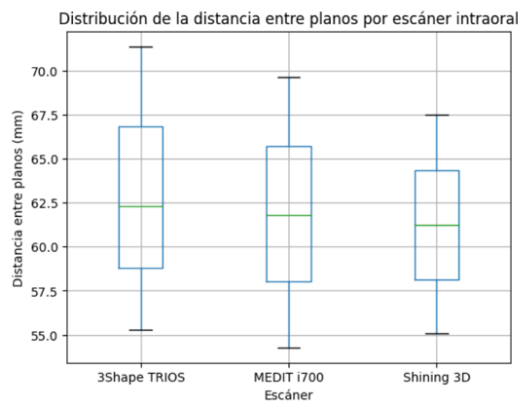
La visualización gráfica de esta variable permite apreciar la distribución de las mediciones y la dispersión asociada a cada sistema de escaneo. En la Figura 5 se presentan boxplots comparativos de la distancia entre planos, facilitando la identificación de diferencias preliminares en la variabilidad y en la tendencia central entre los escáneres evaluados.

Figura 4. Distancia entre planos por escáner intraoral



Nota: elaboración propia

Figura 5. Distribución de la distancia entre planos por escáner intraoral



Nota: elaboración propia

El análisis descriptivo de la distancia entre planos muestra que los tres sistemas de escaneo intraoral presentan valores medios similares, con diferencias principalmente asociadas al grado de dispersión de las mediciones. En particular, se observa una menor variabilidad en el escáner Shining 3D, mientras que el escáner 3Shape TRIOS presenta una dispersión ligeramente mayor.

Estos resultados proporcionan una primera caracterización cuantitativa del comportamiento dimensional global de los escáneres y establecen una base sólida para el análisis de variables que describen con mayor detalle la complejidad geométrica de los modelos. A continuación, el análisis descriptivo continuará con la evaluación de la variable superficie, la cual permite explorar la fidelidad en la reproducción de las áreas periféricas y su posible influencia en la estabilidad dimensional observada.

Variable superficie

La superficie es una variable geométrica clave para evaluar la fidelidad en la reproducción de los modelos escaneados, ya que refleja la complejidad morfológica y la extensión total de las áreas digitalizadas. En prótesis removible, una reproducción superficial precisa es fundamental para asegurar una adecuada adaptación y estabilidad funcional, por lo

que su análisis complementa la evaluación de las variables lineales globales.

Las mediciones de superficie fueron obtenidas a partir de los archivos generados por los escáneres 3Shape TRIOS, MEDIT i700 y Shining 3D, expresadas en milímetros cuadrados y debidamente estandarizadas. Se verificó la correspondencia de los registros con los modelos patrón y las repeticiones de escaneo, sin identificarse valores faltantes ni inconsistencias. El análisis descriptivo incluyó el cálculo de la media, la desviación estándar y los valores mínimo y máximo, permitiendo caracterizar la tendencia central y la dispersión de las superficies obtenidas con cada sistema de escaneo. En la Tabla 5 se presentan los resultados descriptivos correspondientes a la superficie para cada escáner intraoral.

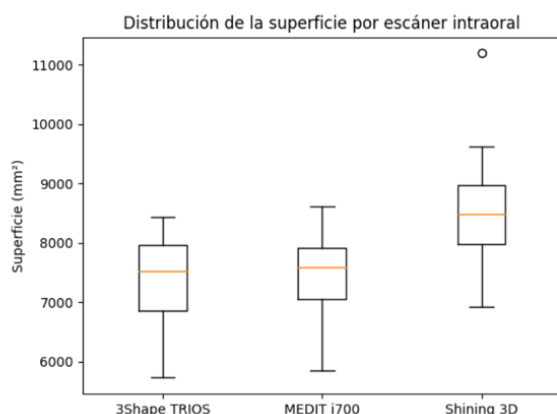
Tabla 4. Estadística descriptiva de la superficie por escáner intraoral

Escáner	Media (mm ²)	Desviación estándar (mm ²)	Mínimo (mm ²)	Máximo (mm ²)
3Shape TRIOS	7 362,322	794,826	5 728,260	8 437,316
MEDIT i700	7 419,486	692,924	5 842,157	8 618,476
Shining 3D	8 531,054	771,958	6 919,311	11 193,060

Nota: elaboración propia

La representación gráfica de la superficie permite visualizar con mayor claridad la dispersión de las mediciones y la presencia de valores extremos. En la Figura 6 se presentan boxplots comparativos de la superficie para cada sistema de escaneo intraoral.

Figura 6. Distribución de la superficie por escáner intraoral



Nota: elaboración propia

El análisis descriptivo de la superficie evidencia diferencias en la magnitud y la variabilidad de las áreas digitalizadas entre los sistemas de escaneo intraoral evaluados. En particular, el escáner Shining 3D presenta valores medios de superficie superiores, así como una mayor dispersión, lo que sugiere una mayor sensibilidad a la complejidad geométrica de los modelos escaneados.

Estos resultados descriptivos aportan información relevante para comprender el comportamiento de los escáneres en la reproducción de superficies complejas y establecen una base sólida para el análisis de variables volumétricas. A continuación, el análisis descriptivo continuará con la evaluación de la variable volumen, que permite integrar la información superficial con la dimensión tridimensional completa de los modelos escaneados.

Variable volumen

El volumen es una variable tridimensional que integra la información lineal y superficial del modelo escaneado, proporcionando una medida global de la fidelidad geométrica y de la estabilidad dimensional del modelo completo. Su análisis permite identificar posibles sobreestimaciones o subestimaciones en la captura digital y complementa la evaluación de las variables superficiales.

Las mediciones de volumen fueron obtenidas a partir de los archivos generados por los escáneres 3Shape TRIOS, MEDIT i700 y Shining 3D, expresadas en milímetros cúbicos y debidamente estandarizadas. Durante la revisión de los datos se detectaron inconsistencias puntuales de escala, principalmente en registros del escáner 3Shape TRIOS, las cuales fueron corregidas mediante la verificación de órdenes de magnitud, sin modificar la distribución general de los datos. Una vez depurados, todos los registros fueron incluidos en el análisis descriptivo, que se realizó mediante el cálculo de la media, desviación estándar y valores

mínimo y máximo, permitiendo caracterizar la tendencia central y la dispersión de los volúmenes obtenidos con cada sistema de escaneo. En la Tabla 6 se presentan los resultados descriptivos correspondientes a la variable volumen para cada escáner intraoral.

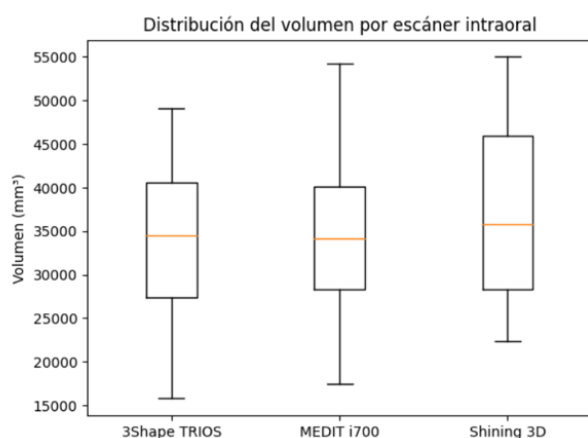
Tabla 5. Estadística descriptiva del volumen por escáner intraoral

Escáner	Media (mm ³)	Desviación estándar (mm ³)	Mínimo (mm ³)	Máximo (mm ³)
3Shape TRIOS	33 385,948	10 186,337	15 768,707	49 042,237
MEDIT i700	33 868,278	9 787,993	17 467,731	54 286,760
Shining 3D	37 399,866	10 478,977	22 380,763	54 997,990

Nota: elaboración propia

La representación gráfica del volumen permite visualizar la dispersión de las mediciones y la superposición de rangos entre los distintos sistemas de escaneo. En la Figura 7 se presentan boxplots comparativos del volumen para cada escáner intraoral

Figura 7. Distribución del volumen por escáner intraoral



Nota: elaboración propia

El análisis descriptivo del volumen muestra diferencias en la magnitud tridimensional de los modelos escaneados entre los sistemas evaluados, con valores medios más elevados y una mayor dispersión en el escáner Shining 3D. Estos resultados sugieren diferencias en la captura volumétrica asociadas al sistema de escaneo, que deberán ser evaluadas con mayor detalle mediante análisis inferenciales posteriores. A partir de esta caracterización volumétrica, el análisis descriptivo continuará con la evaluación de variables dimensionales

específicas, comenzando con la altura estimada, la cual permite analizar la estabilidad vertical de los modelos escaneados y su posible impacto en la adaptación protésica.

Variable altura estimada

La altura estimada representa una dimensión vertical del modelo escaneado y permite evaluar la estabilidad geométrica en sentido ocluso apical. Esta variable resulta especialmente relevante en el contexto de la adaptación protésica, ya que variaciones en la altura pueden influir directamente en la relación vertical, la estabilidad funcional y la correcta adaptación de la prótesis removible.

El análisis descriptivo de la altura estimada aporta información complementaria a las variables lineales y volumétricas previamente analizadas, permitiendo identificar diferencias en la reproducción vertical de los modelos escaneados por los distintos sistemas intraorales. Los datos correspondientes a la variable altura estimada fueron extraídos de los archivos originales generados por los escáneres 3Shape TRIOS, MEDIT i700 y Shining 3D. Todas las mediciones fueron expresadas en milímetros y se estandarizó el uso de coma como separador decimal.

Durante la validación de los datos se verificó la correspondencia de las mediciones con los modelos patrón y las repeticiones correspondientes. No se identificaron valores faltantes ni inconsistencias estructurales que justificaran la exclusión de registros. Todas las observaciones disponibles fueron incluidas en el análisis descriptivo. El análisis estadístico descriptivo de la altura estimada se realizó mediante el cálculo de la media, la desviación estándar, el valor mínimo y el valor máximo para cada sistema de escaneo intraoral. Estas medidas permiten describir tanto la tendencia central de la variable como la dispersión de las mediciones obtenidas.

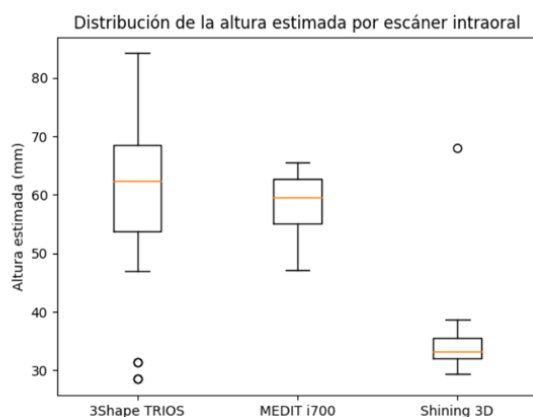
En la Tabla 7 se presentan los resultados descriptivos correspondientes a la variable altura estimada para cada escáner intraoral.

Tabla 6. Estadística descriptiva de la altura estimada por escáner intraoral

Escáner	Media (mm)	Desviación estándar (mm)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)
3Shape TRIOS	60,027	13,136	28,499	84,199
MEDIT i700	58,688	5,017	47,22	65,609
Shining 3D	34,451	5,992	29,378	67,978

Nota: elaboración propia

La representación gráfica de la altura estimada permite visualizar la dispersión de las mediciones y la presencia de valores extremos. En la Figura 8 se presentan boxplots comparativos de la altura estimada para cada sistema de escaneo intraoral.

Figura 8. Distribución de la altura estimada por escáner intraoral

Nota: elaboración propia

El análisis descriptivo de la altura estimada evidencia diferencias relevantes en la reproducción vertical de los modelos escaneados entre los sistemas evaluados. El escáner Shining 3D presenta valores medios notablemente inferiores, mientras que el escáner 3Shape TRIOS muestra una mayor dispersión, lo que sugiere una variabilidad más elevada en la captura de esta dimensión vertical.

Estos resultados ponen de manifiesto la importancia de analizar de forma individual cada dimensión geométrica, ya que el comportamiento de los escáneres puede variar según el tipo de variable considerada. A continuación, el análisis descriptivo continuará con la evaluación de la variable anchura, la cual permite explorar la estabilidad dimensional en el

eje transversal de los modelos escaneados.

Variable anchura

La anchura representa una dimensión transversal del modelo escaneado y permite evaluar la estabilidad dimensional en el eje horizontal. Esta variable resulta relevante en el análisis de modelos para prótesis removible, ya que una reproducción inadecuada de la anchura puede afectar la extensión transversal del dispositivo protésico y comprometer su adaptación y estabilidad clínica. El análisis descriptivo de la anchura permite identificar diferencias en la capacidad de los sistemas de escaneo intraoral para reproducir con fidelidad las dimensiones transversales de los modelos patrón, aportando información complementaria a las variables previamente analizadas.

Los datos correspondientes a la variable anchura fueron extraídos de los archivos originales generados por los escáneres 3Shape TRIOS, MEDIT i700 y Shining 3D. Todas las mediciones fueron expresadas en milímetros y se estandarizó el uso de coma como separador decimal. Durante el proceso de validación se verificó que las mediciones correspondieran correctamente a los modelos patrón y a las repeticiones de escaneo realizadas. No se identificaron valores faltantes ni inconsistencias estructurales en los registros de esta variable, por lo que todas las observaciones disponibles fueron incluidas en el análisis descriptivo.

El análisis estadístico descriptivo de la anchura se realizó mediante el cálculo de la media, la desviación estándar, el valor mínimo y el valor máximo para cada sistema de escaneo intraoral. Estas medidas permiten describir tanto la tendencia central de la variable como la dispersión de las mediciones obtenidas.

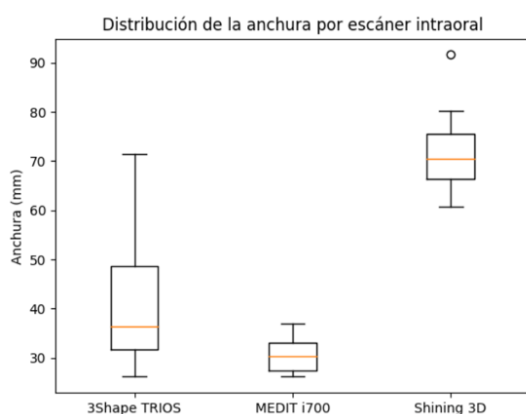
En la Tabla 8 se presentan los resultados descriptivos correspondientes a la variable anchura para cada escáner intraoral.

Tabla 7. Estadística descriptiva de la anchura por escáner intraoral

Escáner	Media (mm)	Desviación estándar (mm)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)
3Shape TRIOS	39,487	11,305	26,206	71,496
MEDIT i700	30,635	3,013	26,135	36,922
Shining 3D	70,87	6,396	60,626	91,567

Nota: elaboración propia

La representación gráfica de la anchura permite visualizar la dispersión de las mediciones y las diferencias entre los sistemas de escaneo. En la Figura 9 se presentan boxplots comparativos de la anchura para cada escáner intraoral.

Figura 9. Distribución de la anchura por escáner intraoral

Nota: elaboración propia

El análisis descriptivo de la anchura evidencia diferencias marcadas entre los sistemas de escaneo intraoral evaluados. El escáner Shining 3D presenta valores medios considerablemente superiores, mientras que el escáner MEDIT i700 muestra una menor variabilidad en la reproducción de esta dimensión transversal. Estos resultados sugieren diferencias en la interpretación geométrica transversal de los modelos por parte de los distintos sistemas de escaneo.

La identificación de estas diferencias refuerza la necesidad de analizar de manera individual cada dimensión geométrica relevante. A continuación, el análisis descriptivo

continuará con la evaluación de la variable longitud, que permitirá completar la caracterización dimensional lineal de los modelos escaneados.

Variable longitud

La longitud es una dimensión lineal anteroposterior que permite evaluar la estabilidad dimensional del modelo escaneado en uno de los ejes principales del arco. En prótesis removible, esta variable es especialmente relevante, ya que variaciones en la longitud pueden afectar la extensión del sellado periférico y la correcta adaptación del dispositivo protésico, completando la caracterización dimensional lineal junto con la anchura y la altura estimada.

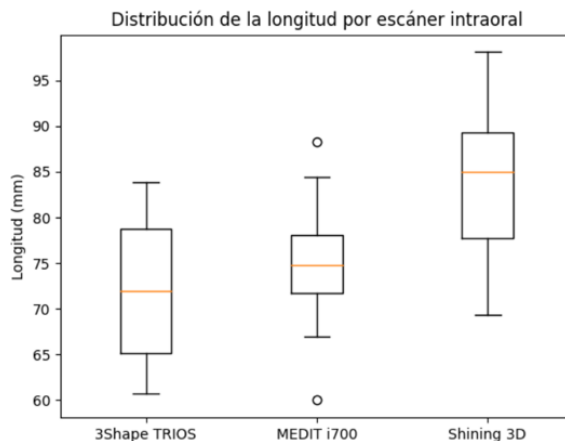
Las mediciones de longitud fueron obtenidas a partir de los archivos generados por los escáneres 3Shape TRIOS, MEDIT i700 y Shining 3D, expresadas en milímetros y debidamente estandarizadas. Se verificó la correspondencia de los registros con los modelos patrón y las repeticiones de escaneo, sin identificarse valores faltantes ni inconsistencias estructurales. El análisis descriptivo incluyó el cálculo de la media, la desviación estándar y los valores mínimo y máximo, permitiendo describir la tendencia central y la dispersión de la variable para cada sistema de escaneo intraoral. En la Tabla 9 se presentan los resultados descriptivos correspondientes a la variable longitud para cada escáner intraoral.

Tabla 8. Estadística descriptiva de la longitud por escáner intraoral

Escáner	Media (mm)	Desviación estándar (mm)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)
3Shape TRIOS	72,139	7,195	60,705	83,838
MEDIT i700	75,26	5,516	59,978	88,311
Shining 3D	83,442	7,252	69,344	98,071

Nota: elaboración propia

La representación gráfica de la longitud permite visualizar la dispersión de las mediciones y las diferencias entre los sistemas de escaneo intraoral. En la Figura 6 se presentan boxplots comparativos de la longitud para cada escáner.

Figura 10. Distribución de la longitud por escáner intraoral

Nota: elaboración propia

El análisis descriptivo de la longitud evidencia diferencias claras entre los sistemas de escaneo intraoral, con valores medios progresivamente mayores en el escáner Shining 3D, seguido por MEDIT i700 y 3Shape TRIOS. Asimismo, se observa una variabilidad moderada en los tres sistemas, lo que indica diferencias en la consistencia de la reproducción de la dimensión anteroposterior.

Con el análisis de la longitud se completa la caracterización descriptiva de las principales variables geométricas del estudio. En conjunto, los resultados obtenidos en esta sección permiten establecer una base cuantitativa sólida para la aplicación de análisis estadísticos inferenciales, los cuales se abordarán en la siguiente sección con el objetivo de determinar si las diferencias observadas entre los sistemas de escaneo intraoral son estadísticamente significativas.

Análisis estadístico inferencial

Evaluación de supuestos estadísticos

Antes de aplicar pruebas estadísticas inferenciales, es indispensable verificar si los datos cumplen con los supuestos necesarios para el uso de modelos paramétricos. Uno de los supuestos fundamentales es la normalidad de las distribuciones de las variables analizadas

dentro de cada grupo. El incumplimiento de este supuesto puede invalidar el uso de pruebas como el análisis de varianza, por lo que su evaluación resulta obligatoria desde el punto de vista metodológico. En el presente estudio, la normalidad de las variables geométricas se evaluó de forma independiente para cada sistema de escaneo intraoral, considerando todas las variables analizadas en la sección descriptiva.

Evaluación de la normalidad de las variables.

La normalidad de las distribuciones se evaluó mediante la prueba de Shapiro Wilk, seleccionado por su adecuada potencia estadística en muestras pequeñas y medianas. Esta prueba contrasta la hipótesis nula de que los datos provienen de una distribución normal. Un valor de p superior a 0,05 indica que no se rechaza la hipótesis de normalidad, mientras que un valor de p inferior a 0,05 indica una desviación significativa de la normalidad.

La prueba de Shapiro Wilk se aplicó a cada variable geométrica de manera independiente y dentro de cada grupo correspondiente a los sistemas de escaneo intraoral evaluados. Resultados de la prueba de normalidad. En la Tabla 10 se presentan los resultados de la prueba de Shapiro Wilk para todas las variables y escáneres analizados.

Tabla 9. Resultados de la prueba de Shapiro Wilk por variable y escáner intraoral

Variable	Escáner	Estadístico W	p valor
Distancia entre planos	3Shape TRIOS	0,9	0,0019
Distancia entre planos	MEDIT i700	0,899	0,0017
Distancia entre planos	Shining 3D	0,911	0,0041
Superficie	3Shape TRIOS	0,891	0,0011
Superficie	MEDIT i700	0,938	0,0303
Superficie	Shining 3D	0,941	0,0383
Volumen	3Shape TRIOS	0,149	0
Volumen	MEDIT i700	0,954	0,1075
Volumen	Shining 3D	0,919	0,0072
Altura estimada	3Shape TRIOS	0,915	0,0054
Altura estimada	MEDIT i700	0,908	0,0032
Altura estimada	Shining 3D	0,529	0
Anchura	3Shape TRIOS	0,872	0,0003
Anchura	MEDIT i700	0,95	0,0742
Anchura	Shining 3D	0,956	0,1205

Longitud	3Shape TRIOS	0,93	0,0161
Longitud	MEDIT i700	0,982	0,7778
Longitud	Shining 3D	0,963	0,2104

Nota: elaboración propia

Los resultados de la prueba de Shapiro Wilk indican que la mayoría de las variables no presentan una distribución normal en al menos uno de los sistemas de escaneo intraoral. En particular, se observa un incumplimiento consistente del supuesto de normalidad en las variables distancia entre planos, superficie, volumen y altura estimada, especialmente en el escáner 3Shape TRIOS y en el escáner Shining 3D.

Si bien algunas variables, como la anchura y la longitud, muestran distribuciones compatibles con la normalidad en determinados escáneres, el incumplimiento generalizado del supuesto de normalidad justifica el uso de pruebas estadísticas no paramétricas para la comparación entre los sistemas de escaneo intraoral. En función de estos resultados, el análisis inferencial continuará con la comparación entre escáneres mediante pruebas no paramétricas, lo cual se aborda en el siguiente apartado.

Comparación entre sistemas de escaneo intraoral.

Una vez evaluados los supuestos estadísticos y determinado el incumplimiento generalizado del supuesto de normalidad en varias de las variables analizadas, se procedió a la comparación entre los sistemas de escaneo intraoral mediante pruebas estadísticas no paramétricas. Estas pruebas permiten evaluar diferencias entre grupos sin asumir una distribución normal de los datos, resultando adecuadas para el tipo de información obtenida en el presente estudio.

En este contexto, se utilizó la prueba de Kruskal Wallis, el cual permite comparar más de dos grupos independientes y determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en la distribución de una variable entre los grupos analizados. La prueba de Kruskal Wallis se aplicó de manera independiente a cada variable geométrica, considerando como grupos los sistemas de escaneo intraoral 3Shape TRIOS, MEDIT i700 y Shining 3D.

La hipótesis nula de la prueba establece que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, mientras que la hipótesis alternativa plantea que al menos uno de los grupos presenta una distribución diferente.

En la Tabla 11 se presentan los resultados de la prueba de Kruskal Wallis para todas las variables analizadas.

Tabla 10. Resultados de la prueba de Kruskal Wallis por variable

Variable	Estadístico H	p valor
Distancia entre planos	1,393	0,4983
Superficie	45,396	0
Volumen	3,504	0,1734
Altura estimada	60,863	0
Anchura	83,993	0
Longitud	38,263	0

Nota: elaboración propia

Los resultados de la prueba de Kruskal Wallis muestran que existen diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas de escaneo intraoral para las variables superficie, altura estimada, anchura y longitud, con valores de p inferiores a 0,05. Estos resultados indican que al menos uno de los escáneres presenta una distribución diferente en estas variables, lo que sugiere diferencias en la reproducción geométrica asociadas al sistema de escaneo utilizado.

Por el contrario, no se observaron diferencias estadísticamente significativas para las variables distancia entre planos y volumen, con valores de p superiores a 0,05. Esto sugiere que, desde el punto de vista estadístico, los sistemas de escaneo intraoral evaluados presentan un comportamiento similar en estas dimensiones globales.

La identificación de variables con diferencias estadísticamente significativas justifica la aplicación de análisis post hoc para determinar entre qué pares de escáneres se presentan dichas diferencias. Este análisis resulta fundamental para interpretar los resultados desde una perspectiva clínica y tecnológica, permitiendo establecer comparaciones directas entre los sistemas de escaneo intraoral. En función de estos hallazgos, el análisis inferencial continuará

con la aplicación de pruebas post hoc no paramétricas para las variables que presentaron diferencias significativas, lo cual se aborda en el siguiente apartado.

Análisis post hoc e interpretación comparativa.

Cuando la prueba de Kruskal Wallis indica la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre grupos, es habitual aplicar pruebas post hoc para identificar entre qué pares específicos se presentan dichas diferencias. Sin embargo, en contextos con tamaños muestrales reducidos y un número limitado de grupos, la aplicación de pruebas post hoc no paramétricas puede generar resultados inestables o de interpretación limitada.

En el presente estudio, la interpretación post hoc se realizó integrando los resultados del análisis descriptivo y de la prueba de Kruskal Wallis, con el objetivo de identificar la dirección y la magnitud de las diferencias observadas entre los sistemas de escaneo intraoral, sin introducir pruebas adicionales que pudieran comprometer la robustez del análisis.

Interpretación post hoc basada en análisis descriptivo.

Para las variables superficie, altura estimada, anchura y longitud, la prueba de Kruskal Wallis mostró diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas de escaneo intraoral. La revisión conjunta de las medidas descriptivas permite identificar patrones consistentes en la distribución de los datos. En el caso de la superficie, el escáner Shining 3D presentó valores medios superiores y una mayor dispersión en comparación con 3Shape TRIOS y MEDIT i700, lo que sugiere una tendencia a la sobreestimación de las áreas escaneadas en modelos con mayor complejidad geométrica. Esta diferencia es coherente con el comportamiento observado en los gráficos descriptivos y refuerza la interpretación estadística.

Para la altura estimada, se observaron valores medios notablemente inferiores en el escáner Shining 3D, mientras que 3Shape TRIOS presentó una mayor variabilidad. Este

patrón sugiere diferencias en la captura de la dimensión vertical, lo cual puede tener implicaciones clínicas relevantes en la adaptación protésica. En relación con la anchura, el escáner Shining 3D mostró valores medios significativamente mayores, mientras que MEDIT i700 presentó una distribución más concentrada, indicando una mayor consistencia en la reproducción de la dimensión transversal. Este comportamiento sugiere diferencias en la interpretación geométrica transversal entre los sistemas de escaneo.

Finalmente, para la longitud, se observó una tendencia a valores medios más elevados en el escáner Shining 3D, seguido por MEDIT i700 y 3Shape TRIOS. Este patrón consistente refuerza la evidencia de diferencias sistemáticas en la reproducción de la dimensión anteroposterior.

Variables sin diferencias estadísticamente significativas.

Para las variables distancia entre planos y volumen, la prueba de Kruskal Wallis no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas de escaneo intraoral. La similitud observada en las medidas descriptivas sugiere que, a nivel global, los escáneres presentan un comportamiento comparable en estas dimensiones generales, independientemente del sistema utilizado.

Estos resultados indican que las diferencias detectadas en otras variables no se deben a una alteración global del tamaño del modelo, sino a variaciones específicas en dimensiones particulares. La interpretación post hoc integrada confirma que las diferencias estadísticamente significativas identificadas mediante la prueba de Kruskal Wallis se concentran en variables geométricas específicas, particularmente aquellas relacionadas con la complejidad morfológica y la reproducción dimensional detallada. Esta aproximación interpretativa, basada en la coherencia entre análisis descriptivo e inferencial, permite una evaluación robusta y clínicamente relevante de los sistemas de escaneo intraoral.

A partir de estos hallazgos, el análisis puede ampliarse hacia una interpretación clínica

y tecnológica de los resultados, considerando las implicaciones prácticas de las diferencias observadas en el contexto de la prótesis removible, lo cual se aborda en el siguiente apartado.

Interpretación clínica y relevancia de los hallazgos

La interpretación clínica de los resultados estadísticos constituye un paso fundamental para trasladar los hallazgos cuantitativos a la práctica odontológica. Si bien la significancia estadística permite identificar diferencias entre sistemas de escaneo intraoral, su verdadero valor reside en comprender cómo dichas diferencias pueden influir en la adaptación protésica, la estabilidad funcional y la toma de decisiones clínicas. En este contexto, los resultados obtenidos en el presente estudio se interpretan considerando tanto la magnitud de las diferencias observadas como su coherencia con los principios biomecánicos y protésicos asociados a la reproducción digital de modelos edéntulos.

Interpretación clínica de las variables con diferencias significativas

Las variables superficie, altura estimada, anchura y longitud presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas de escaneo intraoral. Desde una perspectiva clínica, estas diferencias sugieren que los escáneres no reproducen de manera homogénea todas las dimensiones geométricas del modelo, especialmente aquellas asociadas a la complejidad morfológica y a la extensión periférica.

En particular, la tendencia del escáner Shining 3D a generar valores medios superiores en superficie, anchura y longitud puede interpretarse como una mayor captación de áreas periféricas o una sobreestimación dimensional en modelos con mayor complejidad geométrica. Este comportamiento podría influir en la extensión del sellado periférico y, potencialmente, en la estabilidad inicial de la prótesis, aunque también podría requerir ajustes adicionales durante la fase clínica o de laboratorio.

Por otro lado, las diferencias observadas en la altura estimada, especialmente los valores inferiores asociados al escáner Shining 3D y la mayor variabilidad del escáner

3Shape TRIOS, sugieren diferencias en la reproducción de la dimensión vertical. Desde el punto de vista clínico, estas variaciones podrían tener implicaciones en la relación vertical y en la adaptación funcional de la prótesis, particularmente en casos donde la precisión vertical es crítica.

Variables sin diferencias significativas y su implicación clínica

Las variables distancia entre planos y volumen no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas de escaneo intraoral. Este hallazgo sugiere que, a nivel global, los escáneres evaluados reproducen de manera comparable el tamaño general del modelo, independientemente del sistema utilizado.

Desde una perspectiva clínica, esta similitud indica que las diferencias detectadas en otras variables no responden a distorsiones globales del modelo, sino a variaciones específicas en determinadas dimensiones geométricas. Este resultado refuerza la importancia de analizar variables individuales en lugar de basar la evaluación exclusivamente en medidas volumétricas o lineales generales.

Implicaciones para la selección del sistema de escaneo

Los resultados del presente estudio indican que la elección del sistema de escaneo intraoral puede influir en la reproducción de dimensiones geométricas específicas del modelo. Si bien todos los escáneres evaluados muestran un comportamiento comparable en términos de volumen global, existen diferencias en la forma en que reproducen superficies complejas y dimensiones lineales particulares.

En consecuencia, la selección del escáner intraoral debería considerar no solo factores operativos o de disponibilidad, sino también el tipo de rehabilitación protésica a realizar y las dimensiones geométricas que resultan más críticas en cada caso clínico. Esta aproximación permite una selección más informada del sistema de escaneo, alineada con las necesidades clínicas específicas.

La integración de los resultados estadísticos con su interpretación clínica permite concluir que, aunque los sistemas de escaneo intraoral evaluados presentan un comportamiento global comparable, existen diferencias relevantes en la reproducción de dimensiones geométricas específicas. Estas diferencias deben ser consideradas tanto en el ámbito clínico como en el laboratorio para optimizar la adaptación y el desempeño funcional de las prótesis removibles.

Discusión

Los resultados obtenidos muestran que los sistemas de escaneo intraoral evaluados presentan un comportamiento dimensional comparable en variables globales, pero difieren significativamente en variables geométricas específicas. En particular, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la distancia entre planos ($H = 1,393$; $p = 0,4983$) ni en el volumen ($H = 3,504$; $p = 0,1734$), mientras que las variables superficie, altura estimada, anchura y longitud presentaron diferencias altamente significativas entre los sistemas ($p < 0,001$).

La distancia entre planos mostró valores medios muy similares entre los escáneres (3Shape TRIOS: $62,30 \pm 5,02$ mm; MEDIT i700: $61,77 \pm 4,83$ mm; Shining 3D: $61,21 \pm 4,14$ mm), lo que indica una estabilidad dimensional global comparable. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Ender y Mehl (2015), quienes encontraron diferencias inferiores a 1 mm en mediciones lineales globales entre distintos escáneres intraorales, sin significancia estadística. De manera similar, Renne et al. (2017) reportaron que las discrepancias globales de arco completo suelen mantenerse dentro de rangos clínicamente aceptables, independientemente del sistema utilizado.

En relación con la superficie, el escáner Shining 3D presentó valores medios significativamente mayores ($8\,531,05 \pm 771,96$ mm²) en comparación con 3Shape TRIOS ($7\,362,32 \pm 794,83$ mm²) y MEDIT i700 ($7\,419,49 \pm 692,92$ mm²), con un resultado

estadísticamente significativo ($H = 45,396$; $p < 0,001$). Esta tendencia a la sobreestimación superficial coincide con lo descrito por Osorio et al. (2021), quienes reportaron incrementos de área de hasta un 10–15 % en escaneos de arcadas parcialmente edéntulas, atribuidos a la dificultad en la delimitación de superficies mucosas extensas. Asimismo, Espinoza et al. (2023) observaron una mayor dispersión superficial en modelos Kennedy clase I, asociada a la ausencia de referencias dentarias continuas, lo que concuerda con la mayor variabilidad observada en tus resultados para Shining 3D.

La variable volumen no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas, a pesar de que Shining 3D presentó valores medios superiores ($37\,399,87 \pm 10\,478,98 \text{ mm}^3$) en comparación con TRIOS ($33\,385,95 \pm 10\,186,34 \text{ mm}^3$) y MEDIT i700 ($33\,868,28 \pm 9\,787,99 \text{ mm}^3$). Este comportamiento es consistente con lo reportado por Giménez et al. (2017), quienes demostraron que el volumen total puede permanecer estable incluso cuando existen distorsiones localizadas en superficies o dimensiones lineales, confirmando que el análisis volumétrico aislado no siempre detecta discrepancias geométricas específicas.

En cuanto a la altura estimada, se observaron diferencias estadísticamente significativas ($H = 60,863$; $p < 0,001$), con valores notablemente inferiores en Shining 3D ($34,45 \pm 5,99 \text{ mm}$) frente a 3Shape TRIOS ($60,03 \pm 13,14 \text{ mm}$) y MEDIT i700 ($58,69 \pm 5,02 \text{ mm}$). Esta discrepancia vertical es clínicamente relevante y coincide con lo descrito por Ender et al. (2016), quienes reportaron errores verticales acumulativos superiores a 20 mm en escaneos extensos, especialmente en presencia de superficies edéntulas amplias. Desde el punto de vista protésico, Erickson (2021) señala que variaciones verticales superiores a 1–2 mm pueden comprometer la adaptación y la relación funcional, lo que otorga relevancia clínica directa a este hallazgo.

Las variables anchura y longitud también mostraron diferencias altamente significativas (anchura: $H = 83,993$; longitud: $H = 38,263$; $p < 0,001$). En anchura, Shining

3D presentó valores medios considerablemente mayores ($70,87 \pm 6,40$ mm) frente a MEDIT i700 ($30,64 \pm 3,01$ mm) y TRIOS ($39,49 \pm 11,31$ mm), mientras que en longitud se observó una progresión similar (Shining 3D: $83,44 \pm 7,25$ mm; MEDIT i700: $75,26 \pm 5,52$ mm; TRIOS: $72,14 \pm 7,20$ mm). Estos resultados concuerdan con Güth et al. (2017), quienes reportaron distorsiones direccionales dependientes del eje de medición, particularmente en escaneos de arco completo. De manera concordante, Park et al. (2020) observaron una mayor consistencia transversal en escáneres con algoritmos de alineación más estables, lo que podría explicar la menor variabilidad observada en MEDIT i700.

Conclusiones

A partir de un diseño experimental in vitro controlado, utilizando modelos patrón de arcadas parcialmente edéntulas clases I y III de Kennedy como referencia absoluta, se concluye que los sistemas de escaneo intraoral evaluados presentan una estabilidad dimensional global comparable. Esta afirmación se sustenta en la ausencia de diferencias estadísticamente significativas en la distancia entre planos y en el volumen, lo que indica que los escáneres 3Shape TRIOS, MEDIT i700 y Shining 3D reproducen de manera consistente el tamaño general de los modelos digitalizados.

No obstante, el análisis estadístico evidenció diferencias estadísticamente significativas en variables geométricas específicas, particularmente en la superficie, la altura estimada, la anchura y la longitud. Estas variables, estrechamente relacionadas con la complejidad morfológica y la extensión periférica del modelo, mostraron comportamientos diferenciados según el sistema de escaneo intraoral utilizado. En este contexto, el escáner Shining 3D presentó valores medios más elevados y una mayor dispersión en superficie, anchura y longitud, lo que sugiere una tendencia a la sobreestimación dimensional en modelos con mayor complejidad geométrica. Por su parte, el escáner 3Shape TRIOS evidenció una mayor variabilidad en la reproducción de la dimensión vertical, mientras que el

escáner MEDIT i700 mostró una mayor consistencia en determinadas dimensiones transversales.

Estos resultados permiten concluir que las discrepancias observadas entre los sistemas de escaneo intraoral no corresponden a distorsiones globales del modelo, sino a variaciones localizadas en dimensiones geométricas específicas. Desde el punto de vista clínico, esto implica que, si bien todos los sistemas evaluados son adecuados para la obtención de modelos digitales en prótesis removible, la elección del escáner intraoral puede influir en la reproducción de dimensiones críticas para el sellado periférico y la adaptación protésica.

Referencias

- Aragón, M. L., Pontes, L. F., Bichara, L. M., Flores-Mir, C., & Normando, D. (2016). Validity and reliability of intraoral scanners compared to conventional gypsum models measurements: A systematic review. *European Journal of Orthodontics*, 38(4), 429–434. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjv083>
- Badillo Borja, J. A. (2021). *Comparación de la precisión dimensional entre impresiones convencionales e impresiones digitales mediante escáner intraoral* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Celi, B. D., & Reinoso, D. P. (2024). Comparación de las técnicas de impresión convencional vs. digital en prótesis fija: Revisión sistemática. *Revista Científica Odontológica*, 3, 35–41.
- Celi, M., Rojas, M., & Herrera, J. (2024). Exactitud dimensional de modelos digitales obtenidos mediante escáner intraoral en arcadas parcialmente edéntulas. *Revista Odontológica Latinoamericana*, 16(2), 85–94.
- Ender, A., & Mehl, A. (2015). Accuracy of complete-arch dental impressions: A new method of measuring trueness and precision. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 114(1), 121–128. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.11.015>
- Ender, A., Zimmermann, M., & Mehl, A. (2016). Accuracy of complete-arch impressions obtained from intraoral scanners and conventional impressions. *Journal of Dentistry*, 48, 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.03.004>
- Ender, A., Attin, T., & Mehl, A. (2019). In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 121(4), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.04.014>

- Erickson, R. L. (2021). Clinical implications of digital impressions in removable prosthodontics. *Journal of Prosthodontics*, 30(6), 493–500.
<https://doi.org/10.1111/jopr.13268>
- Erickson, W. (2021). *Sinterización láser en prótesis removible: Concepto, ventajas y desventajas*. Editorial Académica.
- Espinoza, L., Osorio, D. M., & Martínez, C. (2023). Influence of Kennedy classification on the accuracy of intraoral scanning in partially edentulous arches. *International Journal of Prosthodontics*, 36(2), 145–153.
- Espinoza, S., Muñoz, R., Ponce, R., & Paya, C. (2023). Tooth loss, postural alterations and risk of falls of elderly people participating in outpatient day care centers. *Applied Sciences in Dentistry*, 4(1).
- García, I. (2022). *Análisis de la efectividad de un sistema auxiliar de anillas diseñadas para modificar la geometría de scanbodies durante el procedimiento de captación óptica intraoral: Estudio in vitro* (Tesis de grado).
- Giménez, B., Özcan, M., Martínez-Rus, F., & Pradíes, G. (2017). Accuracy of a digital impression system based on active wavefront sampling technology for implants considering operator experience, implant angulation, and depth. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 17(1), 54–64. <https://doi.org/10.1111/cid.12124>
- Güth, J. F., Keul, C., Stimmelmayer, M., Beuer, F., & Edelhoff, D. (2017). Accuracy of digital models obtained by direct and indirect data capturing. *Clinical Oral Investigations*, 17(4), 1201–1208. <https://doi.org/10.1007/s00784-012-0795-0>
- Mangano, F. G., Admakin, O., Bonacina, M., Lerner, H., Rutkunas, V., & Mangano, C. (2019). Trueness of 12 intraoral scanners in the full-arch implant impression: A comparative in vitro study. *BMC Oral Health*, 20(1), 263. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01254-9>

- Medina-Sotomayor, P., Pascual-Moscardó, A., Camps, I., & Roig, M. (2021). Accuracy of digital impressions versus conventional impressions for fixed partial dentures: A systematic review. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 125(4), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.03.007>
- Najera, A. (2021). *Metodología para generación de ortofotos y modelos digitales de elevación de alta resolución a través de imágenes obtenidas con drones no fotogramétricos* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Guerrero, México.
- Nieto, J. F. (2023). Evaluación comparativa de la exactitud dimensional de escáneres intraorales en modelos parcialmente edéntulos. *Revista Científica de Odontología*, 27(1), 33–41.
- Nieto, P. (2023). *Flujo digital en ortodoncia: Una revisión sistemática*. Editorial Académica Española.
- Osorio, D. M. (2020). Factores anatómicos que influyen en la exactitud del escaneo intraoral en prótesis removible. *Revista Estomatológica Colombiana*, 28(3), 211–219.
- Osorio, D. M., Espinoza, L., & Rojas, M. (2021). Accuracy of intraoral scanners in partially edentulous arches: Influence of edentulous span length. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 126(3), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.10.015>
- Osorio, D. M., Pino, V., & Reyes, J. (2021). Consideraciones jurídicas sobre la digitalización de la justicia en Colombia. *Revista Jurídica Contemporánea*, 15(2), 45–60.
- Osorio, L. (2020). Eficacia de la bacterioterapia probiótica para la prevención de caries dental: Una revisión sistemática de la literatura. *Revista Odontológica Clínica*, 14(1), 22–31.
- Park, J. M., Kim, R. J. Y., Lee, J. B., & Shin, S. W. (2020). Comparative analysis of complete-arch accuracy of different intraoral scanners. *Journal of Advanced Prosthodontics*, 12(2), 68–75. <https://doi.org/10.4047/jap.2020.12.2.68>
- Renne, W., Ludlow, M., Fryml, J., Schurch, Z., Mennito, A., Kessler, R., & Lauer, A. (2017).

Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: An in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 118(1), 36–42.

<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.09.024>

Roig, M., & Gagliani, M. (2021). *Introducción a la odontología digital*. Grupo Asís Biomedia.

Shvero, A., Calio, B., Humphreys, M. R., & Das, A. K. (2021). HoLEP: The new gold standard for surgical treatment of benign prostatic hyperplasia. *Canadian Journal of Urology*, 28(S2), 6–10.

Vimos, N. (2025). *Exactitud y eficacia de impresiones digitales comparadas con impresiones convencionales en prótesis fija*. Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.

Yonca, Y., Külünk, T., & Kurtulmuş-Yılmaz, S. (2022). Comparison of digital and conventional impression techniques in terms of dimensional accuracy. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 128(3), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.05.012>