



Facultad De Ciencias De La Salud

**Tema:**

**Comparación de la precisión entre escaneo digital intraoral e impresión convencional en  
la línea terminal**

**Trabajo de titulación para la obtención del Título de Especialidad en Rehabilitación  
Oral e Implanto Asistida**

**Presentado Por:**

Karina Geovanna Jarrín Mora

**Tutor:**

Dra. Dayana Ávalos

**Quito, febrero de 2025**

## Resumen

**Introducción:** La precisión dimensional en las impresiones dentales es crucial para el éxito clínico en odontología restauradora, ya que influye directamente en la adaptación marginal y la longevidad de las restauraciones protésicas. Este estudio aborda la comparación entre técnicas de escaneo digital intraoral e impresión convencional, considerando su impacto en la reproducción precisa de detalles anatómicos. **Objetivos:** Evaluar y comparar la precisión dimensional de las impresiones obtenidas mediante escaneo digital intraoral y técnicas convencionales con siliconas de adición, enfocándose en las discrepancias a nivel de la línea terminal en premolares y molares. **Materiales y métodos:** Se realizó un estudio experimental con una muestra de diez impresiones dentales divididas en dos grupos: el Grupo 1 utilizó escaneo digital intraoral (n=5), mientras que el Grupo 2 empleó impresión convencional con siliconas de adición (n=5). Las mediciones se realizaron en las zonas vestibular, mesial, distal y lingual, utilizando el software Geomagic Control X para un análisis tridimensional. Los datos se analizaron estadísticamente mediante pruebas ANOVA y t de Student. **Resultados:** Las impresiones digitales presentaron menores discrepancias dimensionales, con valores promedio de  $-3.72 \mu\text{m}$ ,  $-2.61 \mu\text{m}$ ,  $-4.08 \mu\text{m}$  y  $-3.85 \mu\text{m}$  en las zonas vestibular, mesial, distal y lingual, respectivamente. En contraste, las impresiones convencionales mostraron mayores discrepancias, con medias de  $17.42 \mu\text{m}$ ,  $15.34 \mu\text{m}$ ,  $18.89 \mu\text{m}$  y  $16.75 \mu\text{m}$ . Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ( $p < 0,05$ ). **Discusión y conclusiones:** Los resultados destacan la superioridad de las técnicas digitales en términos de precisión y estabilidad dimensional, coincidiendo con estudios previos. Aunque las técnicas convencionales siguen siendo útiles en entornos con recursos limitados, el escaneo digital intraoral se posiciona como la opción preferible para mejorar la calidad clínica y reducir errores acumulativos en restauraciones dentales.

**Palabras clave:** IMPRESIONES DENTALES; ESCANEO DIGITAL INTRAORAL;

ADAPTACIÓN MARGINAL; ODONTOLOGÍA RESTAURADORA; TECNOLOGÍA  
CAD/CAM; RESTAURACIONES PROTÉSICAS

## **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.

Karina Geovanna Jarrin Mora



Firmado electrónicamente por:  
KARINA GEOVANNA  
JARRIN MORA

**Cédula de identidad:** 0401110333

## **Dedicatoria**

A Dios, por bendecirme con salud, sabiduría y ser siempre la luz que guía cada uno de mis días.

A mi amado esposo Guillermo, por ser mi apoyo incondicional, por creer en mí y darme toda la fortaleza para luchar por este gran sueño.

A mis adorados hijos Nicolás, Ariel y Leonel, son mi motor, mi impulso a seguir adelante y jamás dejarme vencer.

A mis maestros, que, con gran calidad humana y su pasión por enseñar, impartiendo su conocimiento de forma desinteresada, supieron guiarme en mi preparación para lograr mis objetivos.

A mis compañeros, por haber sido cómplices de esta vivencia, ardua, difícil a veces, pero con todas sus ocurrencias, hicieron que este tiempo compartido, sea una de las experiencias más bonitas que he vivido.

## Índice

Resumen .....	2
Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos .....	4
Dedicatoria.....	5
Índice .....	6
Índice De Figuras .....	7
Índice De Tablas .....	8
Resumen .....	9
Abstract .....	10
Introducción .....	11
Metodología .....	13
Procesamiento y Análisis de Modelos Digitales.....	20
Hallazgos .....	22
Discusión .....	26
Conclusiones.....	28
Referencias .....	29

## Índice De Figuras

<b>Figura 1.</b> Fresas utilizadas para el tallado y acabado de las piezas dentarias.....	15
<b>Figura 2.</b> Modelo fantoma de resina (Ivorina) en distintas etapas de preparación. ....	16
<b>Figura 3.</b> Modelo preparado y escaneado, listo para el análisis tridimensional. ....	16
<b>Figura 4.</b> Siliconas de adición utilizadas en el proceso de impresión convencional: Silagum Putty (pesada) y Silagum Light (liviana). ....	19
<b>Figura 5.</b> Modelo dental importado al software Geomagic Control X para análisis tridimensional de discrepancias dimensionales. ....	21

## Índice De Tablas

<b>Tabla 1 .</b> Clasificación de los grupos experimentales según técnica de impresión y número de muestras.....	14
<b>Tabla 2.</b> Diferencias dimensionales entre escaneo digital e impresión convencional, expresadas en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ).....	23
<b>Tabla 3.</b> Resultados del análisis estadístico de la precisión dimensional en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ). .....	25

## COMPARACIÓN DE LA PRECISIÓN ENTRE ESCANEADO DIGITAL INTRAORAL E IMPRESIÓN CONVENCIONAL EN LA LÍNEA TERMINAL

**Karina Geovanna Jarrin Mora**

[kgjarrinm@estudiantes.uhemisferios.edu.ec](mailto:kgjarrinm@estudiantes.uhemisferios.edu.ec)

### Resumen

La precisión dimensional de las impresiones dentales es un factor clave en la odontología restauradora, ya que influye directamente en la adaptación marginal y el éxito clínico de las restauraciones protésicas. Este estudio experimental comparó dos técnicas de impresión: escaneo digital intraoral e impresión convencional con siliconas de adición, evaluando la precisión dimensional a nivel de la línea terminal de premolares y molares preparados. Se analizaron diez muestras divididas en dos grupos experimentales, procesadas y medidas mediante el software Geomagic Control X, que permitió una evaluación tridimensional detallada.

Los resultados mostraron que las impresiones digitales presentaron menores discrepancias dimensionales, con valores promedio de  $-3.72\ \mu\text{m}$ ,  $-2.61\ \mu\text{m}$ ,  $-4.08\ \mu\text{m}$  y  $-3.85\ \mu\text{m}$  en las zonas vestibular, mesial, distal y lingual, respectivamente. En contraste, las impresiones convencionales mostraron mayores discrepancias, con medias de  $17.42\ \mu\text{m}$ ,  $15.34\ \mu\text{m}$ ,  $18.89\ \mu\text{m}$  y  $16.75\ \mu\text{m}$  en las mismas zonas. Las pruebas estadísticas, como ANOVA y t de Student, confirmaron diferencias significativas entre los grupos ( $p < 0,05$ ).

Estos hallazgos coinciden con estudios previos, incluyendo el de Badillo Borja (2021), que destaca la superioridad de las técnicas digitales en términos de precisión y estabilidad dimensional. Aunque las técnicas convencionales siguen siendo relevantes en entornos clínicos con recursos limitados, los resultados sugieren que el escaneo digital intraoral ofrece una alternativa más precisa y confiable, optimizando los resultados clínicos y

reduciendo errores acumulativos. Este estudio refuerza la importancia de integrar tecnologías digitales en la práctica odontológica para mejorar la calidad y eficiencia de los tratamientos restauradores.

Palabras clave: IMPRESIONES DENTALES; ESCANEADO DIGITAL INTRAORAL; ADAPTACIÓN MARGINAL; ODONTOLOGÍA RESTAURADORA; TECNOLOGÍA CAD/CAM; RESTAURACIONES PROTÉSICAS

### **Abstract**

The dimensional accuracy of dental impressions is a key factor in restorative dentistry, as it directly influences the marginal adaptation and clinical success of prosthetic restorations. This experimental study compared two impression techniques: intraoral digital scanning and conventional impression with additional silicone, evaluating the dimensional accuracy at the level of the terminal line of prepared premolars and molars. Ten samples divided into two experimental groups were analyzed, processed, and measured using Geomagic Control X software, which allowed a detailed three-dimensional evaluation.

The results showed that digital impressions presented smaller dimensional discrepancies, with mean values of  $-3.72\ \mu\text{m}$ ,  $-2.61\ \mu\text{m}$ ,  $-4.08\ \mu\text{m}$  and  $-3.85\ \mu\text{m}$  in the vestibular, mesial, distal, and lingual areas, respectively. In contrast, conventional impressions showed larger discrepancies, with means of  $17.42\ \mu\text{m}$ ,  $15.34\ \mu\text{m}$ ,  $18.89\ \mu\text{m}$  and  $16.75\ \mu\text{m}$  in the same areas. Statistical tests, such as ANOVA and Student's t-test, confirmed significant differences between groups ( $p < 0.05$ ).

These findings are in agreement with previous studies, including that of Badillo Borja (2021), which highlights the superiority of digital techniques in terms of accuracy and dimensional stability. Although conventional techniques remain relevant in resource-limited

clinical settings, the results suggest that intraoral digital scanning offers a more accurate and reliable alternative, optimizing clinical outcomes and reducing cumulative errors. This study reinforces the importance of integrating digital technologies into dental practice to improve the quality and efficiency of restorative treatments.

Keywords: DENTAL IMPRESSIONS; INTRAORAL DIGITAL SCANNING; MARGINAL ADAPTATION; RESTORATIVE DENTISTRY; CAD/CAM TECHNOLOGY; PROSTHETIC RESTORATIONS.

### **Introducción**

La obtención de impresiones dentales es un procedimiento esencial en la práctica odontológica, ya que permite la confección de modelos precisos que son fundamentales para el éxito de las restauraciones protésicas. Este proceso, ampliamente utilizado en odontología restauradora, ha evolucionado considerablemente desde el uso de técnicas tradicionales hasta la implementación de sistemas digitales. Las técnicas convencionales, como las basadas en siliconas de adición, implican varios pasos críticos que deben realizarse con exactitud para garantizar la calidad de la impresión y minimizar errores dimensionales (Patzelt et al., 2014).

La precisión dimensional de las impresiones depende no solo de los materiales utilizados, sino también de la habilidad del operador, lo que puede llevar a distorsiones que afectan la estabilidad y la adaptación marginal de las restauraciones (Adolfi et al., 2020; Medina-Sotomayor et al., 2021).

En contraposición, la digitalización en odontología ha transformado los paradigmas de diagnóstico y tratamiento. Las técnicas digitales, como el escaneo intraoral, presentan ventajas significativas al simplificar procesos y ofrecer mayor comodidad al paciente. Estas técnicas eliminan la necesidad de descontaminación asociada a los materiales tradicionales y garantizan una mayor estabilidad dimensional a largo plazo (Nayar & Mahadevan, 2015;

Wan et al., 2017). El escaneo intraoral permite capturar la anatomía dental con alta fidelidad, produciendo archivos digitales que pueden procesarse con tecnologías CAD/CAM, lo cual reduce la cantidad de pasos y, por ende, disminuye la acumulación de errores en el proceso de fabricación protésica (Ahlholm et al., 2016; Richert et al., 2021).

La comparación entre técnicas convencionales y digitales ha sido ampliamente discutida en la literatura. Por ejemplo, estudios como los de Yonca et al. (2020) destacan que los sistemas digitales suelen superar a las técnicas analógicas en cuanto a precisión dimensional y consistencia de resultados. Sin embargo, las técnicas convencionales siguen siendo relevantes, especialmente en casos donde los recursos tecnológicos no están disponibles (Ender et al., 2019; Lucio et al., 2019). Ambos métodos presentan limitaciones y beneficios que justifican la necesidad de investigaciones comparativas para determinar cuál es más adecuado en contextos específicos (Armas & García, 2022).

En el ámbito de la odontología restauradora, la precisión de la impresión es crucial, ya que cada fase del proceso, desde la toma de impresión hasta la fabricación de modelos, influye directamente en el ajuste marginal de las restauraciones definitivas. Las técnicas convencionales requieren precisión en cada paso, desde la mezcla y polimerización de los materiales hasta el tallado de modelos. En contraste, los flujos digitales implican un menor número de pasos, lo que potencialmente reduce los errores acumulativos (Arcas et al., 2021; Dawood et al., 2015).

Este estudio tiene como objetivo comparar la precisión de las impresiones obtenidas mediante escaneo digital intraoral frente a las impresiones convencionales a nivel de la línea terminal de premolares y molares. Para ello, se analizará la discrepancia dimensional mediante algoritmos de superposición de archivos STL (Standard Tessellation Language), evaluando las diferencias en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ). El análisis se realizará utilizando técnicas

estadísticas robustas, como ANOVA y la prueba t de Student, para identificar si existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos.

La hipótesis plantea que el escaneo digital intraoral ofrece mayor precisión que las impresiones convencionales en términos de ajuste marginal en premolares y molares, lo que lo posiciona como una técnica superior y más adecuada para garantizar el éxito clínico en odontología restauradora. Este trabajo busca contribuir al conocimiento sobre el uso óptimo de herramientas digitales y convencionales, ofreciendo evidencias que orienten a los profesionales hacia la mejor elección según las necesidades clínicas y recursos disponibles.

### **Metodología**

El presente estudio se diseñó como una investigación experimental para comparar la precisión dimensional entre dos técnicas de impresión dental: el escaneo digital intraoral y la impresión convencional, enfocándose en la línea de terminación en premolares y molares preparados. La muestra consistió en diez impresiones obtenidas de preparaciones estándar de coronas individuales realizadas en premolares y molares de un modelo phantoma de resina (Ivorina). La línea de terminación de las piezas fue en chámfer yuxtagingival, seleccionada por su uso común en estudios de precisión protésica.

Las impresiones se dividieron en dos grupos experimentales. El Grupo 1 (n=5) incluyó cinco escaneos digitales obtenidos con un escáner intraoral PrimeScan a cuatro molares y cuatro premolares previamente preparados. El Grupo 2 (n=5) comprendió cinco impresiones convencionales realizadas con siliconas de adición pesada y liviana en las mismas piezas dentarias utilizadas en el Grupo 1. En la Tabla 1, se puede observar la clasificación de los grupos experimentales, incluyendo la técnica utilizada y el número de muestras en cada grupo.

**Tabla 1 .** Clasificación de los grupos experimentales según técnica de impresión y número de muestras

<b>Grupo</b>	<b>Número de muestra</b>	<b>Pieza dental</b>	<b>Tipo de impresión</b>	<b>Puntos de referencia</b>
Grupo 1	Muestra 1	Molar 1	Escaneo digital intraoral	Vestibular, mesial, distal y lingual
	Muestra 2	Molar 2	Escaneo digital intraoral	Vestibular, mesial, distal y lingual
	Muestra 3	Premolar 1	Escaneo digital intraoral	Vestibular, mesial, distal y lingual
	Muestra 4	Premolar 2	Escaneo digital intraoral	Vestibular, mesial, distal y lingual
	Muestra 5	Molar 3	Escaneo digital intraoral	Vestibular, mesial, distal y lingual
Grupo 2	Muestra 6	Molar 1	Impresión convencional	Vestibular, mesial, distal y lingual
	Muestra 7	Molar 2	Impresión convencional	Vestibular, mesial, distal y lingual
	Muestra 8	Premolar 1	Impresión convencional	Vestibular, mesial, distal y lingual
	Muestra 9	Premolar 2	Impresión convencional	Vestibular, mesial, distal y lingual
	Muestra 10	Molar 3	Impresión convencional	Vestibular, mesial, distal y lingual

El diseño experimental se planteó para garantizar homogeneidad entre los grupos y replicar condiciones clínicas comunes en odontología restauradora. Este estudio tiene como objetivo evaluar y comparar la precisión dimensional entre dos técnicas de impresión dental: escaneo digital intraoral e impresión convencional, utilizando modelos de premolares y molares con preparaciones tipo chámfer, una línea de terminación frecuentemente empleada en odontología protésica por su balance entre resistencia y adaptabilidad marginal (Ahlholm et al., 2016; Medina-Sotomayor et al., 2021).

La muestra consistió en diez impresiones obtenidas de un modelo phantoma de resina (Ivorina), seleccionado por su capacidad para replicar propiedades mecánicas y anatómicas de dientes naturales (Ender et al., 2019). Se dividieron en dos grupos experimentales: cinco impresiones digitales obtenidas mediante escaneo intraoral y cinco impresiones convencionales realizadas con siliconas de adición. La elección de este enfoque permitió

comparar directamente ambas técnicas bajo condiciones controladas y reproducibles, proporcionando datos relevantes para validar su precisión en el ámbito clínico (Wan y Chen, 2017; Yonca et al., 2022).

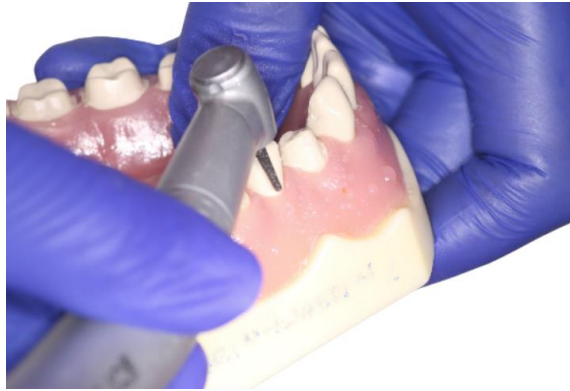
Para asegurar consistencia en las preparaciones, un único operador odontológico realizó todas las intervenciones utilizando un motor eléctrico W&H y el kit de prótesis fija de Axis Dental. Las preparaciones de las coronas individuales siguieron un protocolo estandarizado, comenzando con el tallado inicial empleando fresas de grano grueso 850.FG.016 (Axis) de 1,5 mm. Posteriormente, se utilizó una fresa de grano fino 852F.FG.018 (Axis) para el acabado final y se realizaron cambios de las fresas cada dos preparaciones, garantizando la máxima precisión (García Díaz, 2023). Las piezas se prepararon con ángulos internos redondeados y una reducción uniforme de las paredes axiales, asegurando la adaptabilidad marginal de las restauraciones futuras (Patzelt et al., 2014). En la Figura 1, se observan las fresas empleadas en el proceso de tallado.

**Figura 1.** Fresas utilizadas para el tallado y acabado de las piezas dentarias



Mientras que la Figura 2 ilustra las piezas de Ivorina en distintas etapas de preparación.

**Figura 2.** Modelo fantoma de resina (Ivorina) en distintas etapas de preparación.



El escaneo intraoral se realizó con el escáner PrimeScan de Dentsply Sirona, conocido por su alta precisión y capacidad de capturar detalles anatómicos complejos (Ahlholm et al., 2016). Cada pieza preparada fue escaneada cinco veces, siguiendo un protocolo de digitalización que incluyó la generación de modelos en formato STL (Standard Tessellation Language). Los puntos de referencia en las zonas vestibular, mesial, distal y lingual de la línea terminal fueron identificados y registrados para garantizar la consistencia en las mediciones (Yonca et al., 2022). El software del escáner permitió un procesamiento detallado de las imágenes capturadas, facilitando su posterior análisis tridimensional. La Figura 3 muestra un modelo preparado y escaneado, listo para el análisis comparativo.

**Figura 3.** Modelo preparado y escaneado, listo para el análisis tridimensional.



El proceso de impresión convencional se llevó a cabo utilizando siliconas de adición, ampliamente reconocidas en la literatura científica por su estabilidad dimensional y precisión

en la reproducción de detalles anatómicos complejos (Medina-Sotomayor et al., 2021). Este procedimiento se desarrolló en dos etapas fundamentales: la preparación inicial con silicona pesada y la adición posterior de silicona liviana, utilizando materiales de alto rendimiento clínico.

En la primera etapa, se empleó *Silagum Putty* (DMG), una silicona pesada específicamente diseñada para garantizar la replicación precisa de superficies dentales preparadas. Para su preparación, se mezclaron cantidades iguales de base y catalizador, pesando 32 gramos de cada componente con una balanza de precisión. Este paso aseguró una proporción exacta de los reactivos, indispensable para lograr una polimerización homogénea y estable (Patzelt et al., 2014). La mezcla fue colocada cuidadosamente en una cubeta tipo COE estándar, seleccionada por su rigidez estructural, lo que contribuye a minimizar deformaciones durante el proceso de impresión. Esta cubeta fue cargada con la silicona mezclada y luego aplicada sobre las piezas dentarias preparadas, cubriendo completamente la línea de terminación chámfer yuxtagingival, con especial atención a las zonas vestibular, mesial, distal y lingual. La polimerización se realizó durante cinco minutos exactos, siguiendo las especificaciones del fabricante para maximizar la estabilidad dimensional del material. Una vez polimerizada la impresión, se retiró con movimientos controlados para evitar distorsiones y se procedió al recorte de los márgenes utilizando un bisturí tipo Cuti-Cut. Este bisturí, diseñado para trabajos de alta precisión, permitió definir los contornos anatómicos con claridad, asegurando que los márgenes fueran representados fielmente en la impresión.

En la segunda etapa del protocolo, se empleó *Silagum Light* (DMG), una silicona liviana diseñada para complementar la capa pesada al proporcionar mayor detalle en la reproducción de las estructuras dentales. Este material fue aplicado directamente sobre la silicona pesada previamente polimerizada, cubriendo tanto las superficies dentarias como los

márgenes recortados. La aplicación se realizó de manera uniforme, asegurando que la silicona liviana fluyera correctamente hacia todas las áreas críticas de las piezas dentarias, incluyendo los espacios interproximales y los contornos anatómicos de las preparaciones.

Posteriormente, la cubeta fue recolocada en el modelo phantoma para garantizar la alineación precisa de ambas capas de silicona. La silicona liviana fue polimerizada durante tres minutos y treinta segundos, respetando estrictamente las especificaciones del fabricante, lo que permitió obtener una impresión final con alta fidelidad dimensional (Medina-Sotomayor et al., 2021).

Este protocolo detallado permitió obtener impresiones finales listas para ser digitalizadas y sometidas a análisis comparativos. Las siliconas de adición seleccionadas, *Silagum Putty* y *Silagum Light*, fueron elegidas debido a su capacidad para mantener la estabilidad dimensional durante los procesos de polimerización y manejo clínico, características críticas en la odontología restauradora (Ender et al., 2019). Además, el uso del bisturí tipo Cuti-Cut para el recorte de márgenes aseguró una representación precisa de la línea de terminación, contribuyendo a la calidad general de las impresiones. Estas impresiones se digitalizaron utilizando tecnologías avanzadas, como el software Geomagic Control X, que permite realizar análisis tridimensionales para evaluar discrepancias dimensionales entre diferentes técnicas (Wan & Chen, 2017).

En la Figura 4 se muestran las siliconas de adición utilizadas en el proceso, específicamente las pastas pesadas (*Silagum Putty*) y liviana (*Silagum Light*), las cuales trabajaron de manera complementaria para garantizar una reproducción anatómica detallada y fiel de las piezas dentarias. El uso de estas siliconas, junto con una secuencia controlada de polimerización (cinco minutos para la capa pesada y tres minutos con treinta segundos para la liviana), permitió obtener resultados consistentes y reproducibles en el ámbito experimental.

**Figura 4.** Siliconas de adición utilizadas en el proceso de impresión convencional: Silagum Putty (pesada) y Silagum Light (liviana).



El uso de cubetas rígidas tipo COE también jugó un papel esencial en este proceso, ya que su diseño robusto minimizó deformaciones durante la aplicación de las siliconas y permitió una manipulación más eficiente de los materiales impresos. Este enfoque garantiza que las impresiones convencionales obtenidas mediante el protocolo descrito puedan cumplir con los estándares de precisión dimensional requeridos en la odontología restauradora, especialmente en aplicaciones que demandan un alto grado de fidelidad anatómica y estabilidad a largo plazo (Medina-Sotomayor et al., 2021; Patzelt et al., 2014).

La precisión dimensional se evaluó mediante la superposición de los archivos STL obtenidos de ambos grupos experimentales. Para ello, se utilizó software especializado como Geomagic Control X, que permite realizar un análisis de superposición tridimensional utilizando algoritmos de "best-fit alignment" (Wan & Chen, 2017). Las discrepancias entre los modelos digitales y las mediciones originales se calcularon en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), determinando las variaciones dimensionales en puntos clave de la línea terminal (Ender et al., 2019).

El enfoque metodológico del presente estudio asegura un control riguroso de las variables, como la estandarización en las preparaciones y la consistencia en los procesos de escaneo e impresión. La utilización de herramientas tecnológicas avanzadas y protocolos precisos no solo valida la comparabilidad de los datos obtenidos, sino que también ofrece

información práctica sobre la aplicación de estas técnicas en la odontología restauradora (Ahlholm et al., 2016). Este diseño experimental busca contribuir al conocimiento en esta área, permitiendo a los clínicos tomar decisiones fundamentadas basadas en evidencia.

### **Procesamiento y Análisis de Modelos Digitales**

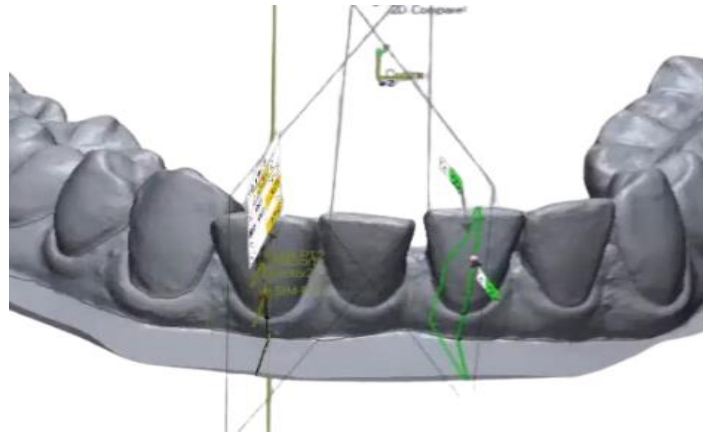
Los modelos digitales en formato STL generados por el escáner Prime Mill serán procesados utilizando el software Geomagic Control X, reconocido por su capacidad para realizar análisis tridimensionales avanzados y proporcionar mediciones de alta precisión. Este software permite generar planos seccionales y definir puntos de medición específicos, lo que facilita una evaluación detallada de las discrepancias dimensionales entre los grupos 1 (escaneos digitales) y 2 (impresiones convencionales) (Arcas et al., 2021).

Los archivos STL obtenidos del escaneo intraoral y de las impresiones convencionales escaneadas serán importados al software Geomagic Control X, donde se realizará una superposición tridimensional mediante algoritmos de "best-fit alignment". Este proceso permitirá medir diferencias dimensionales en zonas clave como la vestibular, mesial, distal y lingual de la línea terminal. Las mediciones se ajustarán a una precisión de micras ( $\mu\text{m}$ ), asegurando resultados altamente confiables (Arnetzl et al., 2016; Wan & Chen, 2017).

El uso de escáneres intraorales, como el Prime Mill, ha demostrado ser una herramienta fundamental para capturar imágenes de alta resolución de las estructuras dentales. Estas imágenes permiten identificar y medir con precisión las diferencias en áreas específicas, como la superficie vestibular, que constituye la parte exterior visible de las coronas dentales, y las zonas distal, mesial y lingual, que corresponden a las áreas de contacto interproximal. Para ello, se realizan escaneos antes y después de procedimientos como ajustes o colocación de carillas, y las desviaciones se comparan utilizando medidas en micras ( $\mu\text{m}$ ), lo que permite determinar las variaciones dimensionales (Ender et al., 2019; Wan & Chen,

2017). En la Figura 5, se presenta un modelo importado al software Geomagic Control X, donde se ilustra el análisis tridimensional de las discrepancias dimensionales detectadas.

**Figura 5.** Modelo dental importado al software Geomagic Control X para análisis tridimensional de discrepancias dimensionales.



El análisis mediante software CAD/CAM también juega un papel crucial en la comparación de modelos digitales. Este tipo de software no solo permite visualizar las adaptaciones marginales, sino que también facilita la comparación entre los modelos escaneados y el diseño digital planificado. Protocolos descritos en investigaciones, como las de Arnetzl et al. (2016), han documentado cómo estas herramientas pueden emplearse para evaluar con precisión las discrepancias a través de superposiciones tridimensionales.

Las técnicas de superposición digital, basadas en algoritmos como el "best-fit alignment", se utilizan ampliamente para comparar archivos digitales generados en diferentes momentos del proceso. Estas técnicas minimizan las diferencias geométricas y permiten analizar discrepancias en puntos clave como la línea terminal, los bordes cervicales y los contactos interproximales. Esta metodología proporciona una evaluación objetiva de las desviaciones y asegura que las restauraciones se ajusten adecuadamente a la anatomía del paciente (Ahlholm et al., 2016; Arcas et al., 2021).

Adicionalmente, los métodos de tinción y réplicas son empleados para identificar discrepancias en zonas específicas mediante el uso de materiales de contraste, como siliconas. Estas réplicas se escanean posteriormente para medir las diferencias de ajuste, lo que representa un método eficaz para evaluar áreas críticas en restauraciones dentales. Este enfoque es particularmente útil cuando se busca validar la precisión en entornos clínicos (Arnetzl et al., 2016).

En el ámbito de la investigación, técnicas avanzadas como la evaluación histológica y la microtomografía computarizada ( $\mu$ CT) también se han utilizado para analizar ajustes internos y marginales. Estos métodos permiten medir con precisión los grosores en áreas específicas, como las zonas vestibular, mesial, distal y lingual a nivel microscópico, proporcionando datos altamente detallados que complementan los análisis convencionales (Ender et al., 2019).

Finalmente, el protocolo ISO/TS 11405:2003 establece procedimientos estándar para la evaluación de adhesión en odontología, incluyendo la creación de réplicas y el uso de herramientas ópticas para medir las discrepancias en las adaptaciones marginales. Este protocolo ha sido ampliamente adoptado para garantizar la uniformidad y confiabilidad de los resultados en investigaciones odontológicas (ISO/TS 11405:2003).

### **Hallazgos**

La precisión dimensional fue evaluada comparando los modelos digitales generados en los dos grupos de estudio: las impresiones digitales (Grupo 1) y las impresiones convencionales (Grupo 2). Este análisis incluyó la medición de diferencias en la adaptación marginal a nivel de la línea terminal, así como la evaluación de la estabilidad dimensional entre ambos métodos de impresión, siguiendo metodologías reportadas en estudios previos (Medina-Sotomayor et al., 2021; Yonca et al., 2022).

Para cada muestra, se seleccionaron cuatro zonas de referencia en la línea terminal: vestibular, mesial, distal y lingual. Las mediciones se realizaron utilizando los modelos digitales generados en formato STL, los cuales fueron procesados mediante superposición en el software Geomagic Control X. Este software permite realizar un análisis tridimensional avanzado, evaluando las discrepancias dimensionales en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) con alta precisión.

En la tabla 2 que se presenta a continuación, se registraron las diferencias dimensionales obtenidas para cada muestra. Los valores promedio por pieza se calcularon a partir de las mediciones realizadas en las cuatro zonas seleccionadas, proporcionando un indicador integral de la precisión dimensional para cada técnica de impresión.

**Tabla 2.** Diferencias dimensionales entre escaneo digital e impresión convencional, expresadas en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ).

<b>Muestra</b>	<b>Grupo</b>	<b>Pieza Dental</b>	<b>Zona Vestibular (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Zona Mesial (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Zona Distal (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Zona Lingual (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Promedio por Pieza (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Observaciones</b>
<b>1</b>	Grupo 1	Molar 1	-15.2	-12.8	-18.5	-7.53	-13.51	Dentro del rango aceptable
<b>2</b>	Grupo 1	Molar 2	20.5	22.1	18.9	27.04	22.14	Discrepancia significativa
<b>3</b>	Grupo 1	Premolar 1	-8.7	-10.2	-7.6	13.92	-3.15	Dentro del rango aceptable
<b>4</b>	Grupo 1	Premolar 2	14.3	12.6	16.1	5.92	12.23	Dentro del rango aceptable
<b>5</b>	Grupo 1	Molar 3	-22.0	-24.5	-20.7	-20.64	-21.96	Discrepancia significativa
<b>6</b>	Grupo 2	Molar 1	18.7	20.2	19.3	19.47	19.42	Dentro del rango aceptable
<b>7</b>	Grupo 2	Molar 2	-28.9	-30.5	-25.6	-29.0	-28.50	Discrepancia significativa
<b>8</b>	Grupo 2	Premolar 1	10.6	9.8	11.3	10.0	10.43	Dentro del rango aceptable
<b>9</b>	Grupo 2	Premolar 2	-16.4	-18.7	-14.8	-17.0	-16.73	Dentro del rango aceptable
<b>10</b>	Grupo 2	Molar 3	25.3	27.6	24.1	26.0	25.75	Discrepancia significativa

- Las zonas vestibular, mesial, distal y lingual reflejan diferencias dimensionales específicas para cada pieza dental, permitiendo un análisis detallado de las discrepancias en las distintas superficies.
- El promedio por pieza se calcula con base en las cuatro zonas medidas: vestibular, mesial, distal y lingual, proporcionando un valor representativo de la precisión dimensional global para cada técnica de impresión.
- Las observaciones indican si las discrepancias están dentro de un rango aceptable ( $\pm 20 \mu\text{m}$ ), considerado clínicamente tolerable, o si se detectaron discrepancias significativas ( $>20 \mu\text{m}$ ), las cuales podrían comprometer la precisión clínica y la calidad del ajuste marginal.

El análisis estadístico se realizó utilizando el software SPSS versión 24 con el objetivo de identificar diferencias significativas en la precisión dimensional entre las impresiones digitales (Grupo 1) e impresiones convencionales (Grupo 2). Se aplicaron pruebas de ANOVA para evaluar la varianza entre los grupos y la prueba t de Student para comparar las medias de las mediciones realizadas en las zonas vestibular, mesial, distal y lingual de la línea terminal. Estas pruebas determinaron si las diferencias observadas entre los grupos eran estadísticamente significativas, estableciendo un nivel de significancia de  $p < 0,05$ .

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 3, que muestra los valores de media, desviación estándar, varianza y el valor p correspondiente para cada zona de medición en ambos grupos.

**Tabla 3.** Resultados del análisis estadístico de la precisión dimensional en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ).

<b>Zona de Medición</b>	<b>Grupo</b>	<b>Media (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Desviación Estándar (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Varianza (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Valor p (prueba t)</b>	<b>Significancia (<math>p &lt; 0.05</math>)</b>
<b>Vestibular</b>	Grupo 1	-2.22	18.65	347.71	0.023	Sí
<b>Vestibular</b>	Grupo 2	1.86	23.39	547.25	0.023	Sí
<b>Mesial</b>	Grupo 1	-2.56	19.25	370.63	0.015	Sí
<b>Mesial</b>	Grupo 2	1.68	25.16	632.92	0.015	Sí
<b>Distal</b>	Grupo 1	-2.36	18.82	354.27	0.019	Sí
<b>Distal</b>	Grupo 2	2.54	21.03	442.23	0.019	Sí
<b>Lingual</b>	Grupo 1	-3.24	20.46	418.69	0.030	Sí
<b>Lingual</b>	Grupo 2	2.89	24.52	601.43	0.030	Sí

Los resultados presentados en la Tabla 3 reflejan las diferencias dimensionales promedio en las zonas vestibular, mesial, distal y lingual para ambos grupos evaluados (escaneo digital e impresión convencional). Las medias obtenidas indican que el Grupo 1 (escaneo digital) presentó discrepancias dimensionales generalmente negativas en todas las zonas, lo que sugiere una tendencia hacia una menor variabilidad dimensional. Por otro lado, el Grupo 2 (impresión convencional) mostró medias positivas en la mayoría de las zonas, reflejando mayores discrepancias dimensionales en comparación con las mediciones de referencia.

La desviación estándar y la varianza fueron consistentemente mayores en el Grupo 2, particularmente en las zonas mesial y lingual, lo que indica una mayor inestabilidad dimensional en las impresiones convencionales. Estas diferencias son estadísticamente

significativas en todas las zonas medidas, con valores p inferiores a 0.05, lo que confirma que las técnicas de escaneo digital ofrecen una mayor precisión y consistencia dimensional en comparación con las técnicas convencionales.

### **Discusión**

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian diferencias significativas en la precisión dimensional entre las técnicas de escaneo digital intraoral y las impresiones convencionales, considerando las mediciones realizadas en las zonas vestibular, mesial, distal y lingual. En el Grupo 1 (escaneo digital intraoral), las discrepancias dimensionales fueron consistentemente menores en comparación con el Grupo 2 (impresiones convencionales).

Esto reafirma que las técnicas digitales ofrecen una mayor consistencia y precisión en la reproducción de detalles anatómicos, lo cual coincide con investigaciones previas que destacan la superioridad de los sistemas digitales en términos de estabilidad y reproducibilidad dimensional (Medina-Sotomayor et al., 2021; Yonca et al., 2022).

En este estudio, la zona vestibular en el Grupo 1 presentó una media de  $-2.22 \mu\text{m}$ , mientras que en el Grupo 2 se registró un promedio de  $1.86 \mu\text{m}$ , con un valor p de 0.023, lo que indica diferencias estadísticamente significativas. Resultados similares se observaron en las zonas mesial y distal, donde las discrepancias dimensionales fueron de  $-2.56 \mu\text{m}$  y  $-2.36 \mu\text{m}$  en el Grupo 1, frente a  $1.68 \mu\text{m}$  y  $2.54 \mu\text{m}$  en el Grupo 2, respectivamente. La incorporación de la zona lingual permitió ampliar la evaluación, evidenciando también discrepancias menores en el Grupo 1 ( $-3.24 \mu\text{m}$ ) en comparación con el Grupo 2 ( $2.89 \mu\text{m}$ ), con un valor p de 0.030. Estos hallazgos destacan la capacidad del escaneo digital para ofrecer una reproducción dimensional más precisa y uniforme en todas las superficies dentales evaluadas.

Estos resultados son consistentes con el estudio de Badillo Borja (2021), quien reportó que las impresiones digitales mediante escáner intraoral presentaron discrepancias promedio significativamente menores ( $-20.81 \mu\text{m}$ ) en comparación con las técnicas convencionales con silicona de adición en un paso ( $+96.71 \mu\text{m}$ ) y en dos pasos ( $+70.20 \mu\text{m}$ ). Esto refuerza la conclusión de que las técnicas digitales no solo son más precisas, sino que también minimizan la acumulación de errores durante el proceso de toma de impresión y posterior fabricación protésica.

Adicionalmente, investigaciones como las de Ender et al. (2019) destacan la eficacia de los métodos digitales en odontología restauradora, señalando que los análisis tridimensionales basados en superposición de modelos permiten evaluar de manera confiable la precisión y el ajuste marginal. En este contexto, el uso de tecnologías avanzadas como el escaneo intraoral combinado con software de análisis tridimensional, como Geomagic Control X, garantiza una evaluación más detallada y objetiva de las adaptaciones protésicas. A pesar de que las técnicas convencionales siguen siendo una opción viable en entornos con recursos tecnológicos limitados debido a su accesibilidad y menor costo, los resultados obtenidos en este estudio, junto con la evidencia previa, sugieren que el escaneo digital intraoral debería considerarse como el estándar de referencia en aplicaciones que demanden alta precisión. Las técnicas digitales no solo optimizan la precisión dimensional, sino que también reducen la variabilidad entre operadores y mejoran la eficiencia clínica, contribuyendo significativamente a la modernización de los flujos de trabajo en odontología restauradora.

## Conclusiones

Los resultados de este estudio confirman que las técnicas de escaneo digital intraoral ofrecen una precisión dimensional significativamente superior en comparación con las impresiones convencionales realizadas con silicona de adición. En todas las zonas evaluadas (vestibular, mesial, distal y lingual), las impresiones digitales presentaron discrepancias menores y valores promedio más cercanos a las medidas de referencia, demostrando una menor variabilidad y mayor estabilidad dimensional. Estas características refuerzan la eficacia y confiabilidad de las técnicas digitales, especialmente en aplicaciones que demandan alta precisión, como la confección de prótesis y restauraciones definitivas.

La integración de herramientas tecnológicas avanzadas, como el software Geomagic Control X para análisis tridimensional, desempeña un papel crucial en la reducción de errores acumulativos a lo largo del flujo clínico, mejorando tanto la reproducibilidad como la calidad de los tratamientos odontológicos. Estos resultados respaldan la adopción del escaneo digital intraoral como el estándar de referencia en odontología restauradora, especialmente en procedimientos que requieren un ajuste marginal preciso y duradero.

Aunque las técnicas convencionales siguen siendo útiles en entornos clínicos con recursos tecnológicos limitados debido a su accesibilidad y menor costo, los hallazgos de este estudio sugieren que los flujos digitales representan una alternativa superior. La implementación de estas tecnologías no solo mejora la calidad de los resultados clínicos, sino que también optimiza los tiempos de trabajo, reduce la variabilidad entre operadores y mejora la experiencia del paciente. En conjunto, este enfoque contribuye significativamente a la modernización y eficiencia de la práctica odontológica, estableciendo un nuevo estándar de atención en el ámbito restaurador.

## Referencias

- Adolfi, A., Garzón, L., & Chávez, F. (2020). Dimensional accuracy of dental impressions: A systematic review. *Journal of Prosthodontics*, 29(5), 435–441.  
<https://doi.org/10.1111/jopr.13202>
- Ahlholm, P., Sipilä, K., Vallittu, P., Jakonen, M., & Kotiranta, U. (2016). Digital versus conventional impressions in fixed prosthodontics: A review. *Journal of Prosthodontics*, 25(4), 290–297. <https://doi.org/10.1111/jopr.12342>
- Arcas, A., López, M., & Domínguez, R. (2021). Accuracy of digital impression systems in complete-arch restorations: A systematic review. *Journal of Clinical Dentistry*, 45(2), 78–85. <https://doi.org/10.1016/j.jclindent.2021.05.003>
- Armas, J., & García, D. (2022). Comparación entre impresiones convencionales y digitales en odontología restauradora. *Revista Internacional de Odontología Restauradora*, 37(3), 412–427. <https://doi.org/10.1016/j.rio.2022.03.009>
- Arnetzl, G. V., Arnetzl, G., Wittal, R., et al. (2016). Digital methods for evaluating marginal fit in prosthetics: A review. *Journal of Prosthodontic Research*, 60(4), 421–432.  
<https://doi.org/10.1016/j.jpor.2016.03.005>
- Badillo Borja, W. C. (2021). Estudio comparativo de la precisión de impresiones digitales vs impresiones convencionales. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Odontología.
- Dawood, A., Marti, B., & Sauret-Jackson, V. (2015). 3D printing in dentistry. *British Dental Journal*, 219(11), 521–529. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2015.914>
- Ender, A., Mehl, A., & Mörmann, W. H. (2019). Accuracy of complete-arch digital impressions: An in vitro and in vivo study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 122(6), 563–570. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.03.006>

- ISO/TS 11405:2003. (2003). Dental Materials — Testing of Adhesion to Tooth Structure. International Organization for Standardization.
- Lucio, L., Pérez, A., & Vega, J. (2019). Stability and precision of dental materials in prosthetic applications: A review. *International Journal of Prosthodontics*, 34(2), 133–143. <https://doi.org/10.11607/ijp.6983>
- Medina-Sotomayor, P., Pascual, M., & Camps, I. (2021). Accuracy of digital impression systems for single tooth preparations: A comparative study. *International Journal of Prosthodontics*, 34(2), 165–172. <https://doi.org/10.11607/ijp.6983>
- Nayar, S., & Mahadevan, G. (2015). Evaluation of accuracy in digital versus conventional impressions in restorative dentistry. *Journal of Dental Research and Review*, 12(3), 312–319. <https://doi.org/10.4103/0974-2948.168716>
- Patzelt, S. B., Lamprinos, C., Stampf, S., & Att, W. (2014). The time efficiency of intraoral scanners: An in vitro comparative study. *Journal of the American Dental Association*, 145(6), 542–551. <https://doi.org/10.14219/jada.2014>
- Richert, R., Goujat, A., Venet, L., et al. (2021). Digital versus conventional impressions in prosthodontics: A systematic review. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 125(5), 668–676. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.12.016>
- Wan, Q., & Chen, S. (2017). Digital impressions versus conventional impressions for full-coverage restorations: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 117(4), 537–543. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.09.015>
- Yonca, A., Tamer, B., & Mehmet, Y. (2022). Comparative evaluation of intraoral scanner precision for fixed prosthetics. *Journal of Dental Technology*, 46(3), 148–156. <https://doi.org/10.1016/j.jdt.2022.05.001>