



**Universidad  
Europea**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOMÉDICAS Y DE LA SALUD**

**MÁSTER DE CIRUGÍA E IMPLANTOLOGÍA BUCAL  
AVANZADA**

***“EXACTITUD DE LAS IMPRESIONES  
DIGITALES EN PACIENTES EDÉNTULOS  
TRATADOS CON REHABILITACIONES  
IMPLANTOSOPORTADAS”***

**ALEJANDRA ARMADA ARJONA  
TUTOR: DRA. CRISTINA LÓPEZ SOTO**

**MADRID, JUNIO 2025**

**CURSO 2023-2025**

## **ABSTRACT:**

### **Introduction:**

Accurate impressions are essential for the success of full-arch implant rehabilitations, particularly in edentulous patients where passive fit is critical to avoid technical and biological complications. As digital workflows emerge, their accuracy compared to conventional analog techniques remains a key clinical question.

### **Objective:**

This study aimed to systematically compare the accuracy, precision and trueness of digital and conventional impression techniques for full-arch implant supported prostheses and to analyze the main limitations encountered when capturing digital impressions in implant supported full arch rehabilitations.

### **Methodology:**

A systematic review was conducted using PRISMA guidelines. Multiple databases such as PubMed, Cochrane and Scopus were searched up for the last five years to January 2025, and 23 studies comparing digital and analog full arch impressions were included, focusing on accuracy, trueness, precision and influencing factors such as scan bodies and scanning strategies.

### **Results and Discussion:**

Findings revealed that digital impressions generally matched or exceeded the accuracy of analog techniques in full-arch cases, though some studies still favored conventional methods. Critical variables affecting outcomes included scan body design, splinting, scanner type, implant angulation, and scanning protocols.

### **Conclusions:**

Both digital and analog techniques can produce clinically acceptable impressions when properly executed. Digital workflows offer advantages in efficiency and patient comfort, and with optimized protocols, they are recommended for most full-arch cases. Analog methods remain valuable in complex or limited access situations.

### **Key words:**

*Digital impression, conventional impression, full-arch implants, intraoral scanner, scan body, accuracy.*

## **RESUMEN:**

### **Introducción:**

La exactitud de las impresiones es esencial para el éxito de las rehabilitaciones sobre implantes en arcada completa, especialmente en pacientes edéntulos en los que el ajuste pasivo es fundamental para evitar complicaciones técnicas y biológicas. A medida que surgen flujos de trabajo digitales, su exactitud en comparación con las técnicas analógicas convencionales sigue siendo una cuestión clínica clave.

### **Objetivos:**

Este estudio tenía como objetivo comparar sistemáticamente la exactitud, precisión y veracidad de las técnicas de impresión digitales y convencionales para prótesis implantosoportadas en arcada completa y analizar las principales limitaciones encontradas al capturar impresiones digitales en rehabilitaciones implantosoportadas de arcada completa.

### **Metodología:**

Se realizó una revisión sistemática siguiendo las directrices PRISMA. Se realizaron búsquedas de los últimos cinco años en múltiples bases de datos como Pubmed, Cochrane y Scopus hasta enero de 2025, y se incluyeron 23 estudios que comparaban impresiones digitales y analógicas de arcada completa, centrándose en la exactitud, veracidad, precisión y factores influyentes como los cuerpos de escaneado y las estrategias de escaneado.

### **Resultados y Discusión:**

Los resultados revelaron que las impresiones digitales generalmente igualan o superan la exactitud de las técnicas analógicas en los casos de arcada completa, aunque algunos estudios seguían favoreciendo los métodos convencionales. Entre las variables críticas que afectan a los resultados se incluyen el diseño del scan body, la ferulización, el tipo de escáner, la angulación del implante y los protocolos de escaneado.

### **Conclusiones:**

Tanto las técnicas digitales como las analógicas pueden producir impresiones clínicamente aceptables cuando se ejecutan correctamente. Los flujos de trabajo digitales ofrecen ventajas en cuanto a eficacia y comodidad para el paciente y, con protocolos optimizados, se recomiendan para la mayoría de los casos de arcada completa. Los métodos analógicos siguen siendo valiosos en situaciones complejas o de acceso limitado.

### **Palabras clave:**

*Impresiones digitales, impresiones convencionales, implantes de arcada completa, escáner intraoral, scan body, exactitud.*

## **Agradecimientos:**

Agradezco a mis profesores por su valiosa orientación y apoyo a lo largo de este proceso, y especialmente a mi tutora de tesis por su paciencia y confianza en mi trabajo. Asimismo, me gustaría agradecer a mi familia y amigos por su constante apoyo y motivación, los cuales fueron fundamentales para culminar esta etapa.

# **INDICE:**

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
1.1 <i>Introducción al edentulismo</i> .....	10
1.2 <i>Tipos de prótesis para rehabilitaciones completas</i> .....	10
1.3 <i>Importancia del ajuste pasivo</i> .....	11
1.4 <i>Técnicas de impresión</i> .....	13
1.5 <i>Factores de riesgo y errores en las impresiones analógicas frente a digitales</i> .....	15
1.6 <i>Otros factores que influyen en la exactitud de las impresiones digitales</i> .....	16
1.7 <i>Flujos de trabajo en rehabilitación completa sobre implantes</i> .....	17
1.8 <i>Escáneres intraorales y su clasificación</i> .....	18
1.9 <i>Clasificación de escáneres intraorales:</i> .....	18
1.10 <i>Exactitud de los escáneres intraorales en odontología</i> .....	21
1.11 <i>Scan-bodies: Importancia en la impresión digital sobre implantes</i> .....	23
1.12 <i>Técnica de fotometría (PIC)</i> .....	25
<b>II. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>26</b>
<b>III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS</b> .....	<b>27</b>
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>28</b>
4.1 <i>Pregunta PICO:</i> .....	28
4.1.1 <i>Pregunta PICO formulada:</i> .....	28
4.2 <i>Criterios de inclusión:</i> .....	28
4.3 <i>Criterios de exclusión:</i> .....	29
4.4 <i>Diagrama de artículos incluidos</i> .....	30
<b>V. TABLA DE RESULTADOS</b> .....	<b>31</b>
<b>VI. RESULTADOS</b> .....	<b>35</b>
<b>VII. DISCUSIÓN</b> .....	<b>52</b>
<b>VIII. CONCLUSIONES</b> .....	<b>58</b>
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA:</b> .....	<b>59</b>

## **Abreviaturas:**

**EIO:** Escáner intraoral

**ISB:** Scan body intraoral

**STL:** Standard tessellation language

**PEEK:** poli éter cetona

**CAD/CAM:** Diseño Asistido por Computadora (CAD) y Fabricación Asistida por Computadora (CAM)

## **Índice de figuras:**

**Figura 1:** Flujo de trabajo convencional vs digital

**Figura 2:** Medit i700

**Figura 3:** TRIOS 4 3shape

**Figura 4:** Carestream CS 3700

**Figura 5:** iTero Element 2

**Figura 6:** CEREC Primescan Dentsply Sirona

**Figura 7:** Planmeca Emerald S

**Figura 8:** Estrategia de exploración con escáner intraoral. La flecha verde indica el escaneado de la cresta superior. La flecha azul indica la estrategia de escaneado de la cresta bucal. La flecha naranja indica la estrategia de escaneado de la bóveda palatina.

**Figuras 9 a, b, c, d:** (a) Dispositivos de pilares PIC colocados sobre los implantes. (b) Impresión digital de los tejidos blandos del paciente. (c) Imagen virtual de la posición de los implantes (archivo PIC) alineada con la impresión intraoral digital de los tejidos blandos mediante el método de mejor ajuste (Exocad). (d) Impresión digital de la arcada antagonista.

**Figura 10:** Prueba de prótesis en polimetilmetacrilato.

**Figura 11:** Imagen virtual del diseño de la estructura metálica.

**Figura 12:** Componentes de los scan-bodies

**Figura 13:** Distintos scan-bodies disponibles en el mercado

**Figura 14:** Representación gráfica de los valores de precisión por dispositivo

**Figura 15:** Modelo maxilar con scan bodies utilizados

**Figura 16:** Modelo de referencia con scan bodies

**Figura 17:** Modelo de referencia con pilares PIC

**Figura 18:** Fusión de los 2 archivos STL mediante un algoritmo de mejor ajuste utilizando software de ingeniería inversa. El mapa de gradiente de color indica la magnitud de las desviaciones 3D ( $\mu\text{m}$ ) entre los archivos STL.

**Figura 19:** Boxplot de las desviaciones 3D acumuladas para toda la muestra.

**Figura 20:** Resumen del archivo STL en el software de inspección. Los puntos de referencia fueron definidos antes de realizar las mediciones.

**Figura 21:** Estrategias de escaneo

**Figura 22:** Colocación de implantes en modelo maestro

**Figura 23:** (a) Definición de coordenadas X, Y y Z, (b) Vista superior del sistema de referencia y scan bodies

**Figura 24:** Protocolo de escaneo digital IOS-A

**Figura 25:** Protocolo de escaneo digital IOS-B

**Figura 26:** Representación gráfica de la distancia cross-arch ( $d$ ) entre los dos implantes más distales del escaneo

**Figura 27:** Representación gráfica de la prueba virtual de Sheffield

**Figura 28:** Modelo mandibular de yeso con (a) PEEK y (b) titanio médico recubierto con plasma

**Figura 29:** Resumen del análisis digital 3D para la superposición de escaneos según el método “*Best-Fit Alignment*” en *Geomagic Control X*

**Figura 30:** Mapa de color representativo de las discrepancias volumétricas medidas usando el error RMS para los ISBs de titanio médico con recubrimiento de plasma (arriba) y los ISBs de PEEK (abajo).

**Figura 31:** Archivo STL de la impresión convencional

**Figura 32:** Archivo STL de la impresión digital

**Figura 33:** Medición de las distancias entre los scan bodies en los archivos STL de la impresión convencional y digital utilizando el software Exocad.

**Figura 34:** Medición de la desviación tridimensional para cada scan body.



## **Índice de tablas:**

**Tabla 1:** Flujo de trabajo convencional vs digital

**Tabla 2:** Diversas clasificaciones de escáneres intraorales actualmente

**Tabla 3:** Factores que influyen en la precisión de los escáneres intraorales (IOS)

**Tabla 4:** Características de los estudios incluidos

**Tabla 5:** Errores de posición 3D de impresiones digitales. Diferencia estadísticamente significativa ( $p\text{-value} < 0.05$ )

**Tabla 6:** Correlación entre maxilares superior e inferior número de implantes

**Tabla 7:** Características de los 22 modelos maestros incluidos en el estudio

**Tabla 8:** Resultados de veracidad y precisión entre los distintos EIO y el material del ISB

**Tabla 9:** Comparación de la diferencia en las mediciones lineales entre las impresiones convencional y digital, respecto a las mediciones del modelo de control.

**Tabla 10:** desviación tridimensional de los scan bodies en las impresiones convencionales y digitales con respecto al modelo de control.

# **I. INTRODUCCIÓN**

## ***1.1 Introducción al edentulismo***

El edentulismo total es la ausencia completa de dientes en una o ambas arcadas dentarias, una condición que afecta la calidad de vida de los pacientes, su salud general y su bienestar psicológico. Esta condición afecta principalmente a adultos mayores debido a varios factores como la enfermedad periodontal, caries no tratadas, enfermedades sistémicas o traumatismos. Los pacientes con edentulismo total buscan atención odontológica por diversas razones; entre ellas dificultades funcionales, dolor o incomodidad, problemas estéticos entre otros. Muchos adultos mayores creen que la pérdida de dientes es una consecuencia natural del envejecimiento. Esta creencia favorece el descuido del cuidado bucodental por parte de las personas, y la sustitución gradual de los dientes naturales por prótesis dentales<sup>1</sup>.

Como consecuencia de la pérdida total de piezas dentarias, es posible evidenciar una disminución de la capacidad masticatoria, fonación, nutrición, estética y daños psicológicos. Además, el edentulismo es responsable de una reducción de la autoestima y dificultades de integración social.<sup>1</sup> Según diversos estudios en los últimos diez años, los individuos con menor nivel educativo tienden a tener una peor autopercepción de la salud bucodental<sup>51,52</sup>, lo que indica una menor probabilidad de buscar tratamiento dental y, en consecuencia, genera mayores tasas de edentulismo. En cuanto a las variables de estilo de vida, se observa que los adultos mayores que fumaban tendían a presentar edentulismo total con mayor frecuencia.<sup>2,3</sup>

## ***1.2 Tipos de prótesis para rehabilitaciones completas***

Existen diversas opciones para rehabilitar maxilares edéntulos; incluyendo prótesis completas removibles convencionales, retenidas únicamente por mucosa y prótesis sobre implantes. Las rehabilitaciones completas sobre implantes están diseñadas para restituir la función y estética en pacientes que han perdido todos los dientes de una arcada. Estas pueden ser fijas (implantosoportadas), o removibles (implantomucosoportadas), dependiendo de las necesidades clínicas y las preferencias del paciente. Para tomar una correcta decisión sobre el tratamiento protésico de cada paciente, es importante realizar una exploración tanto extraoral como intraoral,

averiguar la razón por la cual ha llegado a su situación oral actual, las expectativas del paciente y las características anatómicas tisulares y óseas.

Las prótesis implantosoportadas ofrecen múltiples beneficios en comparación con las prótesis convencionales. Destacan por su mayor estabilidad y retención, lo que brinda al paciente una sensación más segura al hablar y masticar. Además, contribuyen a la preservación del hueso alveolar, evitando su reabsorción progresiva, un problema común en pacientes edéntulos. Estas prótesis también mejoran la función masticatoria y la fonación, permitiendo una alimentación más variada y una dicción más clara. Otro aspecto clave es el mayor confort y calidad de vida que proporcionan, reduciendo la incomodidad y la necesidad de adhesivos. Por último, ofrecen una mejor estética, al proporcionar un aspecto más natural y armónico en la sonrisa del paciente.

Las prótesis fijas en el maxilar superior tienen una tasa de éxito mayor que las prótesis removibles. Los estudios prospectivos a largo plazo presentan una tasa de éxito del 95,5% al 97,9% al evaluar prótesis de arcada completa en el maxilar superior.<sup>7,8</sup> En cambio, las sobredentaduras en el maxilar superior presentan una tasa de fracaso más elevada en comparación con las del maxilar inferior y las prótesis fijas. Schwartz-Arad et al. informaron de una tasa de supervivencia a 10 años de los implantes en prótesis maxilares removibles del 83,5%.<sup>9</sup>

### ***1.3 Importancia del ajuste pasivo***

La exactitud en el ajuste de estas prótesis es un factor fundamental en el éxito, no está exenta de dificultades y ha sido uno de los retos que se plantean en este tipo de tratamientos.

En el flujo de trabajo clínico de los tratamientos prostodónticos, conseguir un ajuste pasivo entre los implantes de soporte y las estructuras superiores es un factor crucial para prevenir complicaciones mecánicas y biológicas posteriores.<sup>5</sup> Este ajuste se refiere a la condición en la que la estructura de la prótesis se asienta perfectamente sobre los pilares de los implantes, sin dejar espacios ni generar tensiones indeseadas. Lograr este ajuste es fundamental para evitar fuerzas perjudiciales que puedan comprometer la estabilidad de la rehabilitación y aumentar el riesgo de fracaso del tratamiento.<sup>4</sup> Por ello, es esencial obtener impresiones altamente precisas para asegurar el éxito a largo plazo de los tratamientos prostodónticos sobre implantes.

Para minimizar estos errores, se suelen emplear técnicas de ferulización durante el proceso de toma de impresión, uniendo rígidamente múltiples cofias de transferencia de implantes para que permanezcan fijas en la relación intraoral exacta mientras se toma la impresión. Al ferulizar las cofias, se evitan los micro movimientos y se reduce la distorsión del material de impresión, especialmente durante la retirada de la cubeta y al fijar los análogos a la impresión preparada, mejorando así la precisión general del modelo maestro.<sup>53</sup>

Un método frecuente consiste en ferulizar con resina acrílica autopolimerizable aplicada alrededor y entre las cofias de transferencia; a menudo la resina se aplica por etapas o se secciona y se vuelve a unir después del fraguado inicial para compensar la contracción de la polimerización.<sup>54</sup> Otro método consiste en utilizar yeso de impresión u otros materiales de alta rigidez, como algunos composites de registro de mordida para conectar las cofias, aprovechando la distorsión de fraguado prácticamente insignificante del yeso.<sup>55</sup>

Una técnica que adopta la estrategia del yeso es el método FRI (Ferulización Rígida Individual, o técnica de ferulización rígida) la cual consiste en fabricar una estructura metálica personalizada en un modelo preliminar y luego rellenarla con yeso dental de tipo IV alrededor de las cofias de los implantes durante la impresión final. La férula rígida resultante se incorpora a la impresión, creando un índice indeformable de las posiciones de los implantes que puede utilizarse para verificar la precisión del modelo maestro en la boca del paciente. Aunque la técnica FRI requiere una fabricación adicional en el laboratorio y pasos clínicos adicionales, lo que puede hacer que consuma más tiempo, ofrece una gran fidelidad.

En resumen, la incorporación de una técnica de ferulización en los procedimientos de impresión de implantes de arcada completa es una práctica ampliamente recomendada para mejorar la precisión de la impresión, contribuyendo en última instancia a un ajuste más predecible de la rehabilitación protésica y al éxito clínico a largo plazo.

### ***1.4 Técnicas de impresión***

En 1953, el polisulfuro se utilizó como material de impresión junto con las siliconas de reacción por condensación, pero ambos muestran una contracción significativa durante un periodo de varias horas,<sup>11</sup> posteriormente, a finales de la década de 1960, se propuso el poliéter como polímero alternativo por sus mejores propiedades mecánicas y su baja contracción.<sup>12</sup> En la década de 1970, el polivinil siloxano (PVS) salió al mercado y rápidamente ganó popularidad, en parte debido a su excelente estabilidad dimensional.<sup>11</sup>

Durante décadas, la odontología analógica con estos materiales, han sido el estándar de referencia para registrar la posición tridimensional de los implantes y tejidos circundantes para poder realizar una rehabilitación lo más precisa posible. Sin embargo, estos procedimientos presentan distintos limitantes como la contracción de los materiales, la distorsión en el vaciado del modelo, la incomodidad del paciente a la hora de tomar las impresiones, el riesgo de dañar los modelos de trabajo, la necesidad de múltiples pasos clínicos de laboratorio alargando el tiempo de trabajo, entre otros. Estas dificultades pueden influir negativamente en la exactitud de la impresión y trabajo de laboratorio, lo que compromete el resultado de la prótesis final y puede aumentar el riesgo de tener complicaciones biomecánicas y funcionales a largo plazo para el paciente.

Entre las técnicas de impresión analógicas más fiables para rehabilitaciones con implantes de arcada completa, la técnica de cubeta abierta ferulizada sigue siendo el “Gold standard”. Este método consiste en conectar las cofias de impresión con materiales rígidos, como resina acrílica autopolimerizable, para minimizar el movimiento individual durante la toma de impresión.

En el ámbito de la implantología y prótesis, la evolución tecnológica ha sido un factor determinante en la mejora de los procedimientos clínicos, haciéndolos más eficientes y predecibles. Uno de los mayores avances ha sido la introducción de la odontología digital, que ha facilitado múltiples áreas de la práctica clínica, favoreciendo tanto al operador como al paciente.

Las rehabilitaciones de arcadas completas representan un desafío significativo, ya que requieren de una planificación previa y de técnicas que en conjunto nos den un diagnóstico y tratamiento certero y nos garanticen la estabilidad y funcionalidad de las restauraciones a largo plazo.

La introducción de escáneres intraorales para la toma de impresiones de manera digital en la boca del paciente permite capturar mediante distintas técnicas, la geometría de los implantes y estructuras adyacentes, creando una réplica tanto de los tejidos duros como blandos de la boca de nuestro paciente, permitiendo la obtención de modelos digitales en tiempo real, reduciendo errores y mejorando la experiencia del paciente. Una impresión precisa es el primer paso importante para la fabricación de una prótesis implantosoportada y el parámetro más importante para el éxito de la restauración.<sup>15</sup>

Existen estudios que demuestran que las impresiones digitales pueden ofrecer una exactitud comparable o mejor a las convencionales en rehabilitaciones parciales, aunque en casos de rehabilitaciones de arcada completa sobre implantes, todavía existe debate sobre su fiabilidad debido a la falta de puntos de registro en boca por la falta de piezas dentales para lograr registrar de manera correcta estructuras extensas.<sup>5</sup> Por un lado, se enfrentan a retos debido a la escasez de puntos de referencia anatómicos disponibles para realizar un escaneado correcto que se considera el factor más crítico que afecta a la exactitud del escaneado digital. Por otro lado, la gran cantidad de tejido móvil y la gran distancia entre los cuerpos de escaneado de implantes dentales en zonas edéntulas también pueden comprometer la precisión de los escaneados digitales.<sup>5</sup>

Así mismo, otros factores también han sido asociados con la imprecisión de estas imágenes, como la tecnología de adquisición del escáner, la experiencia del operador, la técnica de escaneo, la complejidad de la arcada, las condiciones de iluminación ambiental y el material de los scan bodies.<sup>24</sup>

Cualquier distorsión de la impresión del implante da lugar a una transferencia imprecisa de la posición del implante y, en consecuencia, a un ajuste comprometido y no pasivo de la restauración, que puede dar lugar a otras complicaciones protésicas y biológicas, como aflojamiento de tornillos, fracturas, lesiones periimplantarias o acumulación de placa. El ajuste pasivo de un implante es un requisito previo para la supervivencia a largo plazo y depende directamente de la exactitud de la impresión.<sup>15</sup>

Los avances en las técnicas de impresión digital y el diseño asistido por ordenador han dado paso a una nueva era en la implantología, desafiando el dominio de los flujos de trabajo analógicos. Este cambio tecnológico invita a una evaluación crítica del rendimiento de ambos métodos en términos de exactitud, veracidad, precisión y comodidad para el paciente.

### ***1.5 Factores de riesgo y errores en las impresiones analógicas frente a digitales***

Lograr una impresión exacta es fundamental en la rehabilitación de implantes de arcada completa para garantizar un ajuste pasivo de la prótesis y evitar complicaciones por desajuste.<sup>44</sup> Las impresiones analógicas convencionales pueden dar resultados fiables, pero implican múltiples pasos sensibles a la técnica y fuentes de error inherentes.<sup>44</sup> Las imprecisiones pueden deberse a la contracción de la polimerización y la distorsión del material de impresión, los desajustes de tolerancia de los componentes de la impresión o los cambios dimensionales del yeso durante el vertido.<sup>44</sup> Además, la angulación del implante influye: los implantes no paralelos pueden provocar una mayor deformación de la cubeta al retirarlos, con el consiguiente riesgo de distorsión en una impresión tradicional.

Por el contrario, el escaneado digital intraoral elimina los errores de manipulación del material, pero introduce sus propias variables técnicas y dependientes del operador. Las impresiones digitales de toda la arcada se ven influidas por el hardware y la calibración del escáner y el protocolo de escaneado clínico.<sup>56</sup> Las condiciones ambientales como la iluminación, la humedad y la técnica de escaneado (trayectoria y velocidad de escaneado) afectan también a la exactitud digital.<sup>44</sup> Además, el diseño y la angulación de los scan bodies deben estar orientados de forma favorable para el escáner; si los implantes están muy espaciados o inclinados, captar su posición con precisión puede resultar complicado.<sup>57</sup>

Ambos flujos de trabajo son muy sensibles a la técnica y dependen de la habilidad y la experiencia del operador para minimizar los errores; los usuarios experimentados producen escaneados intraorales mucho más exactos que los principiantes.<sup>56</sup> Teniendo en cuenta estos factores de riesgo, estudios recientes han arrojado resultados contradictorios sobre qué método es más exacto para las arcadas completas.

### ***1.6 Otros factores que influyen en la exactitud de las impresiones digitales***

Se han identificado múltiples factores en la literatura dental que pueden disminuir la exactitud del escaneo de los IOS. Comprender y reconocer estos factores influyentes aumentará la predictibilidad y fiabilidad de los tratamientos dentales realizados utilizando flujos de trabajo digitales. Estos factores están relacionados tanto con el operador como con el paciente.<sup>30</sup>

<b>Factores que influyen en la exactitud de los escáneres intraorales (IOS)</b>	
<b>Factores relacionados con el operador</b>	<b>Factores relacionados con el paciente</b>
Tecnología de los IOS	Anchura de la arcada
Cambios de temperatura ambiente	Humedad
Calibración	Anatomía del paladar
Condiciones de iluminación	Edentulismo
Experiencia del operador	Número de implantes y distancia entre ellos
Extensión del escaneo	Scan bodies
Cortes, escaneo excesivo y superposición de imágenes	Características de la superficie
Patrón de escaneo	
Distancia de objetos de escaneo	
Tamaño del cabezal de escaneo	

Tabla 3: Factores que influyen en la exactitud de los escáneres intraorales (IOS)

Se ha puesto en duda el uso del escaneo digital para arcadas completamente edéntulas. El área de superficie a escanear aumenta el riesgo de errores de angulación debido a la acumulación de errores de registro de las superficies 3D reparadas, especialmente en la mandíbula.<sup>34</sup>

El entendimiento y la identificación de estos factores que influyen pueden contribuir a mejorar la fiabilidad de los tratamientos dentales realizados con flujos de trabajo digitales. La efectividad de los IOS puede verse reducida por la presencia de saliva, tejidos móviles o materiales reflectantes. Estos factores, junto con la ausencia de puntos de referencia en áreas edéntulas o la geometría de



los scan bodies, se ha informado que afectan la exactitud de los escaneos digitales de prótesis fijas soportadas por implantes de gran extensión.<sup>31</sup>

Hasta la fecha, ninguna impresión intraoral de implantes permite una transferencia tridimensional al modelo sin ningún error.<sup>32-33</sup> Por lo tanto, estas imprecisiones se compensan mediante el acoplamiento intraoral de una estructura terciaria en las restauraciones protésicas. Aún no se ha definido un rango concreto de tolerancia respecto a la exactitud necesaria en las impresiones de implantes, y las opiniones sobre el rango aceptable varían. Mientras que Branemark (Branemark, 1983) exigía un espacio entre el marco y el pilar de 10 µm o menos, Jemt (Jemt, 1991) describió un espacio de menos de 150 µm como aceptable.<sup>33</sup>

### ***1.7 Flujos de trabajo en rehabilitación completa sobre implantes***

<b>Flujo de trabajo convencional</b>	<b>Flujo de trabajo digital</b>
1. Impresiones con cubetas individuales	1. Escaneo intraoral
2. Vaciado en yeso y fabricación de modelos de trabajo	2. Registro de dimensión vertical
3. Toma de arco facial	3. Diseño de la prótesis mediante software CAD/CAM
4. Montaje de articulador	5. Fabricación con tecnología de fresado o impresión 3D
6. Diseño de la prótesis	4. Pruebas y ajuste de rehabilitación final
5. Pruebas clínicas (estéticas y funcionales)	
6. Ajuste de rehabilitación final	

Tabla 1: Flujo de trabajo convencional vs digital

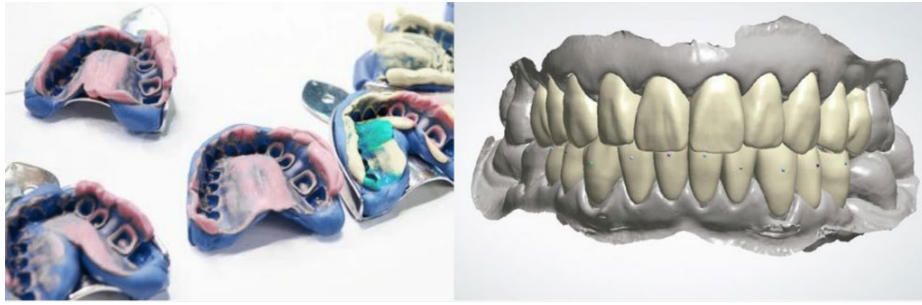


Figura 1: Flujo de trabajo convencional vs digital

### ***1.8 Escáneres intraorales y su clasificación***

Los escáneres intraorales (IOS) son dispositivos para capturar impresiones ópticas directas en odontología. Al igual que otros escáneres tridimensionales (3D), proyectan una fuente de luz (láser o, más recientemente, luz estructurada) sobre el objeto que se va a escanear, en este caso las arcadas dentales, incluidos los dientes preparados y los scan-bodies de implantes.<sup>13</sup> La información adquirida permite al ordenador generar un modelo virtual. Las restauraciones definitivas se fabrican a partir del modelo virtual.<sup>14</sup>

### ***1.9 Clasificación de escáneres intraorales:***



Hoy en día, existen diferentes tipos de escáneres intraorales en el mercado, cada uno con tecnologías y características específicas; podemos clasificarlos en función de la tecnología utilizada para captar la imagen o según sus aplicaciones funcionales.


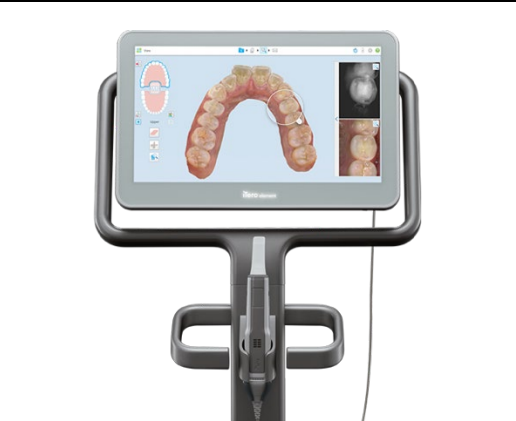

#### ***1.9.1 Según la tecnología de captura:***

- a) Escáneres ópticos de luz estructurada: Son los que utilizan proyección de patrones de luz sobre la superficie dental para generar una imagen tridimensional.
- b) Escáneres láser: Emplean haces de luz láser para captar la topografía de los tejidos duros y blandos. Son menos sensibles a la saliva y a la luz y tienen una buena exactitud.
- c) Escáneres de tecnología confocal: Se basan en la captura de imágenes a diferentes profundidades de enfoque para reconstruir la forma tridimensional de los dientes y tejidos blandos.

1.9.2 Según su funcionalidad:

- a) Escáneres con color real: Permiten obtener imágenes en color, mejorando la comunicación con el laboratorio.
- b) escáneres con tecnología de inteligencia artificial: Filtran automáticamente elementos no deseados, optimizando la captura de datos.
- c) Escáneres con integración CAD/CAM: Algunos dispositivos están diseñados para trabajar con sistemas de fresado y fabricación, permitiendo la producción inmediata de prótesis.

Clasificación de escáneres intraorales			
Tecnología de captura	Escáneres ópticos de luz estructurada (Shining 3D, Vatech, Aadvva GC)	Medit i700	 <p>Figura 2: Medit i700</p>
		TRIOS 4 (3shape)	 <p>Figura 3: TRIOS 4 (3shape)</p>

	Escáneres láser	Carestream CS 3700.	 <p>Figura 4: Carestream CS 3700</p>
	Escáneres de tecnología confocal	iTero Element	 <p>Figura 5: iTero Element 2</p>
	Escáneres con color real	TRIOS 4 (3shape)	 <p>Figura 3: TRIOS 4 (3shape)</p>



<b>Funcionalidad</b>	Escáneres con tecnología de inteligencia artificial	CEREC Primescan Dentsply Sirona	 <p>Figura 6: CEREC Primescan Dentsply Sirona</p>
	Escáneres con integración CAD/CAM	Planmeca Emerald S	 <p>Figura 7: Planmeca Emerald S</p>

Tabla 2: Diversas clasificaciones de escáneres intraorales actualmente

### ***1.10 Exactitud de los escáneres intraorales en odontología***

La exactitud se define como el «grado de concordancia entre el valor de una magnitud medida y el valor de un mensurando»<sup>1819</sup> y se expresa mediante la veracidad y la precisión. La veracidad representa la proximidad de la medición al valor de referencia aceptado, mientras que la precisión representa la proximidad de la medición repetida del mismo objeto.<sup>20</sup>

En el caso de los valores de precisión, el resultado medido se desvía del tamaño real del objeto. La precisión depende de cuántas veces pueda repetirse el mismo resultado. La precisión y la veracidad pueden ser diferentes. Actualmente, la veracidad o precisión pueden medirse con ayuda de mediciones lineales.<sup>25</sup>

La exactitud de los escáneres intraorales está estrechamente vinculada a las diferentes técnicas de escaneo utilizadas en la actualidad. La elección del método adecuado influye directamente en la calidad de los datos obtenidos, afectando la fidelidad de la reproducción anatómica y la efectividad del proceso clínico.

Zarone et al. describieron tres técnicas de escaneo intraoral.<sup>22</sup> La primera, la técnica bucopalatina (BP), comienza escaneando la parte superior de la cresta edéntula desde la tuberosidad maxilar izquierda. Luego, el escaneo avanza a lo largo del aspecto bucal y, en un movimiento contrario a las agujas del reloj, recorre la superficie palatina hasta finalizar en la línea media del paladar.

En la técnica en forma de S, el escaneo se inicia en el lado palatino de la tuberosidad maxilar izquierda, moviendo la punta del escáner con movimientos alternos entre las caras palatina y bucal en un patrón de S a lo largo de la cresta, avanzando desde el lado izquierdo hasta el derecho. Posteriormente, se registra la línea media del paladar. Por último, en la técnica palato bucal, el escaneo progresa desde la tuberosidad maxilar izquierda a lo largo de la parte superior de la cresta hasta el lado derecho. Luego, se cubre la cara palatina y, finalmente, la cara bucal.<sup>23</sup>

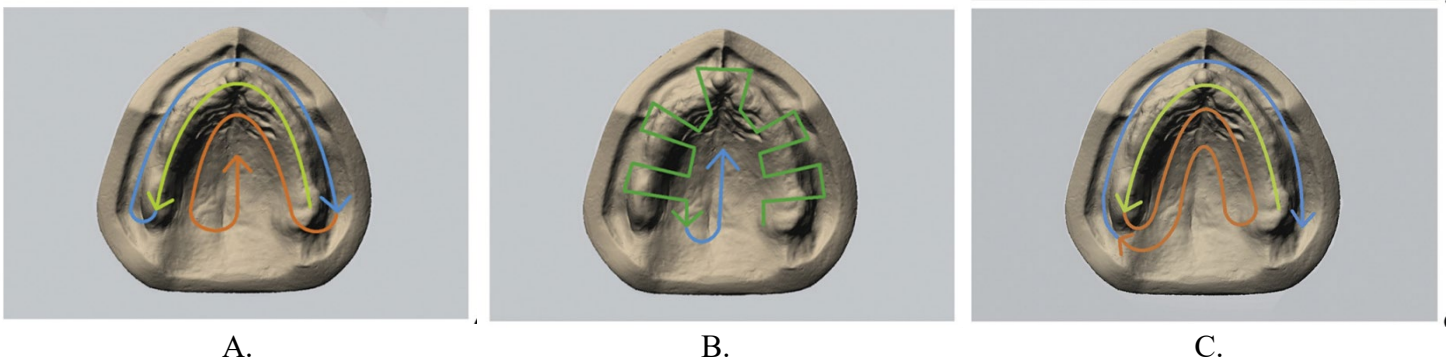


Figura 8: Técnicas de escaneo. (A) Buco palatino, (B) Forma de S, (C) Palato-bucal

### ***1.11 Scan-bodies: Importancia en la impresión digital sobre implantes***

Los scan-bodies son componentes fundamentales en la toma de impresión digital sobre implantes. Son el aditamento digital equivalente a los copings de impresión en las impresiones convencionales. Se utilizan para transferir la posición exacta de los implantes al software CAD, permitiendo tener una réplica digital de la posición del implante en boca para un diseño protésico preciso.

En 2004, se introdujeron los primeros componentes de implante digitalmente escaneables mediante el uso de un pilar de cicatrización codificado (The Bellatek Encode; Biomet 3i), que proporcionaba información en 3D sobre la ubicación del implante en relación con los dientes adyacentes, la dentición opuesta y los tejidos blandos circundantes.<sup>16</sup>

Aunque los scan bodies varían mucho en tamaño y forma, constan generalmente de 3 componentes distintos: la porción superior, llamada región de exploración; la porción media, conocida como cuerpo; y la porción más apical, conocida como base.<sup>16 17</sup>

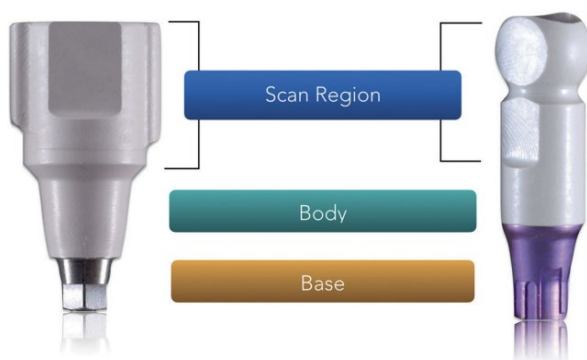


Figura 12: Componentes de los scan-bodies

#### ***1.11.1 Características de los scan-bodies***

- a) Materiales: Existen distintos materiales con los que se fabrican los scan-bodies como puede ser titanio, peek (polieteretercetona) o zirconio.

- b) Geometría: Diseñados de distintas formas específicas (cilíndricas, con relieves, cuadradas, en T) para optimizar la captura de datos.
- c) Compatibilidad: Una característica que es crucial para una adecuada transferencia de datos, ya que cada sistema de implantes tiene su propio scanbody compatible.

1.11.2 Tipos de scan-bodies:

- a) Scan-bodies universales: Son compatibles con múltiples sistemas de implantes y pueden llegar a tener alguna variación en la exactitud del escaneo.
- b) Scan-bodies específicos de fabricante: Diseñados para un sistema de implantes en específico; lo que garantiza una mayor fidelidad en la transferencia de datos.
- c) Scan-bodies híbridos: Este tipo de scan-bodies combina distintos materiales para poder optimizar la captura y durabilidad, como los scan-bodies que tienen una base de titanio y la parte escaneable es en PEEK.



Manufacturer	Dentsply	DESS	Core-3D	Elos	NT-Trading	Medentika	Biohorizons	Zimmer
Implant System	Most major	Most major	Most major	Most major	Most major	Most major	Biohorizons	Zimmer
Scanner	All	All	All	All	All	All	Trios	All
CAD software	Proprietary	All major	All major	All major	All major	All major	3shape	3shape (Proprietary)
Body Material	PEEK	PEEK	PEEK	PEEK	PEEK	Ti	PEEK	PEEK
Mating Surface	Metal	PEEK	PEEK	Ti	Metal	Ti	PEEK	PEEK
Shape/Geometry	Flat cylinder with ball top	Cylinder with triangular region	Tapered flat cylinder	Cylinder with angled flat surface	Rectangular	Flat cylinder	Cone	Flat cylinder
Recommended Torque	Hand tighten	Hand tighten	Hand tighten	5 Ncm max	10 Ncm max	Hand tighten	Hand tighten	Hand tighten
Reusable	Yes, unlimited	Single use	10x for FPDs 20x single units	100x (max 2 years)	Single use	Yes, unlimited	Single use	Single use

Figura 13: Distintos scan-bodies disponibles en el mercado

Así mismo, existen los scan bodies en forma de T, también conocidos como banderas de escaneo o scan bodies horizontales, son marcadores de escaneo de implantes modificados que presentan un poste vertical con un ala perpendicular, lo que da un perfil en «T».<sup>58</sup>



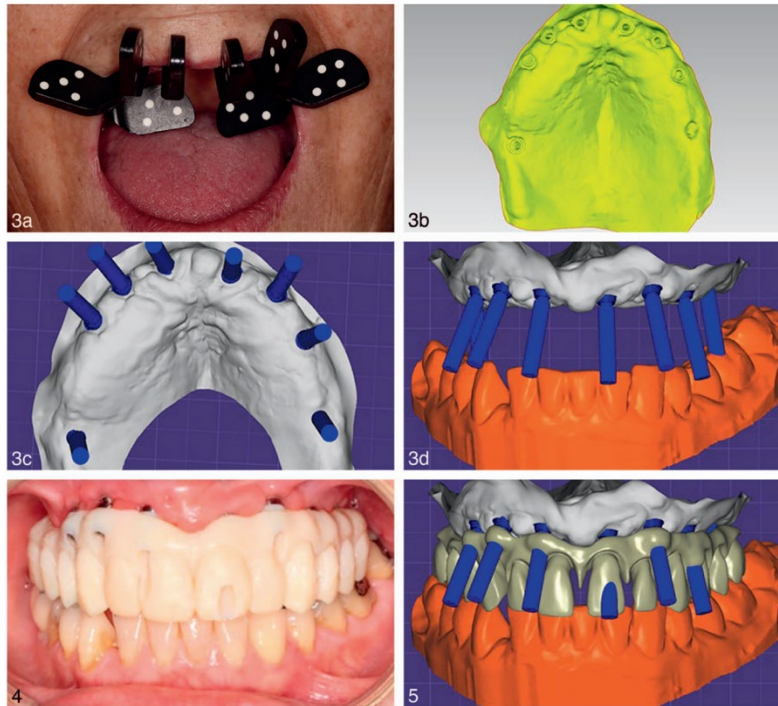
Este diseño proporciona una geometría de referencia más amplia para los escáneres intraorales, lo que resulta especialmente útil en casos de implantes de arcada completa o edéntulos, en los que la escasez de puntos de referencia naturales y la forma uniforme de los postes de escaneado estándar pueden dificultar las exploraciones.<sup>58</sup>

En rehabilitaciones de arcada completa, la acumulación de errores en el escaneo puede comprometer la exactitud del ajuste pasivo de la prótesis. Es recomendable utilizar scan-bodies con superficies mate, lisas y opacas para facilitar el escaneado; debido a que estudios demuestran que es más complicado capturar estructuras metálicas.<sup>20 21</sup>

### ***1.12 Técnica de fotometría (PIC)***

Actualmente existen varias tecnologías para medir con gran exactitud la geometría tridimensional (3D) de los objetos.<sup>25</sup> Una alternativa al escaneo intraoral (EOS) para restauraciones sobre múltiples implantes es el sistema fotogramétrico. Este método captura mediciones tridimensionales (3D) a través de imágenes fotográficas utilizando un receptor extraoral, permitiendo registrar las propiedades geométricas de los objetos y su posición espacial.<sup>27</sup> Este sistema emplea puntos de referencia en fotografías para realizar mediciones precisas<sup>26</sup> y ha sido aplicada extensamente en múltiples campos. Bergin et al., en un estudio in vitro, demostraron que el método fotogramétrico puede ser una alternativa viable a las técnicas de impresión convencionales.<sup>26-28</sup>

El sistema de fotogrametría permite a los clínicos obtener la posición exacta de los implantes dentales y fabricar supraestructuras con alta precisión.<sup>29</sup> Esta técnica ofrece una vista panorámica de los implantes en la arcada, lo que garantiza su exactitud. Además, la presencia de sangre y saliva no afecta la precisión de las mediciones realizadas por la cámara PIC. Sin embargo, la fotogrametría no captura los tejidos blandos, por lo que es necesario un segundo archivo STL para complementar esta información.<sup>27</sup>



Figuras 9 a, b, c, d: (a) Dispositivos de pilares PIC colocados sobre los implantes. (b) Impresión digital de los tejidos blandos del paciente. (c) Imagen virtual de la posición de los implantes (archivo PIC) alineada con la impresión intraoral digital de los tejidos blandos mediante el método de mejor ajuste (Exocad). (d) Impresión digital de la arcada antagonista.

Figura 10: Prueba de prótesis en polimetilmetacrilato.

Figura 11: Imagen virtual del diseño de la estructura metálica.

## II. JUSTIFICACIÓN

Los tratamientos con rehabilitaciones completas implantoportadas en pacientes edéntulos permiten la restauración de la capacidad masticatoria, la estética y seguridad psicológica en pacientes que la habían perdido. Se trata de procedimientos que requieren una exhaustiva planificación y precisión en su desarrollo.

La toma de impresiones para la obtención de un modelo de trabajo perfecto es fundamental para el éxito biomecánico y biológico de los implantes y la prótesis. Investigaciones han demostrado que las impresiones digitales pueden lograr una exactitud comparable o incluso superior a la de las técnicas convencionales en rehabilitaciones parciales.

No obstante, la digitalización directa de arcadas completamente edéntulas rehabilitadas con implantes múltiples sigue representando una limitación en cuanto a la obtención de imágenes exactas y precisas.<sup>24</sup>

La falta de estructuras de referencia dificulta el uso del escáner intraoral, es por eso por lo que se necesitan más estudios que respalden esta técnica como una opción efectiva con resultados favorables; así como analizar con qué escáner intraoral en el mercado actualmente podemos alcanzar la mejor calidad de escaneo; por lo tanto, la presente revisión sistemática se enfocará en la exactitud, precisión y veracidad de la toma de impresiones digitales en arcadas completamente edéntulas sobre implantes dentales.

### **III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

Hipótesis nula (H<sub>0</sub>) 1: No existen diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de las distintas técnicas digitales de impresión para la toma de impresiones de arcada completa sobre implantes.

Hipótesis nula (H<sub>0</sub>) 2: No existen diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de las técnicas digitales de impresión vs las impresiones convencionales (analógicas).

Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>) 1: Existen diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de diferentes técnicas digitales de impresión para la toma de impresiones de arcada completa sobre implantes.

Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>) 2: Existen diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de las impresiones digitales vs las impresiones convencionales (técnica analógica).

#### **Objetivos:**

1. Comparar la exactitud de distintas técnicas digitales en la toma de impresiones de arcadas completas sobre implantes.

2. Evaluar la exactitud, precisión y veracidad de las impresiones digitales frente a las impresiones convencionales en arcadas completas sobre implantes.
3. Analizar las principales limitaciones en la toma de impresiones digitales en arcadas completas sobre implantes

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### ***4.1 Pregunta PICO:***

**Pacientes:** Pacientes edéntulos con rehabilitación completa sobre implantes en arcada completa

**Intervención:** Toma de impresión mediante distintas técnicas digitales de impresión

**Comparación:** Toma de impresión mediante la técnica convencional (analógica)

**Outcome:** Exactitud de técnicas digitales y de la impresión tomando en cuenta precisión y veracidad.

#### ***4.1.1 Pregunta PICO formulada:***

¿En pacientes edéntulos con rehabilitación sobre implantes en arcadas completas, cómo se compara la exactitud de las impresiones digitales obtenidas con diferentes escáneres intraorales frente a la técnica de impresión convencional?

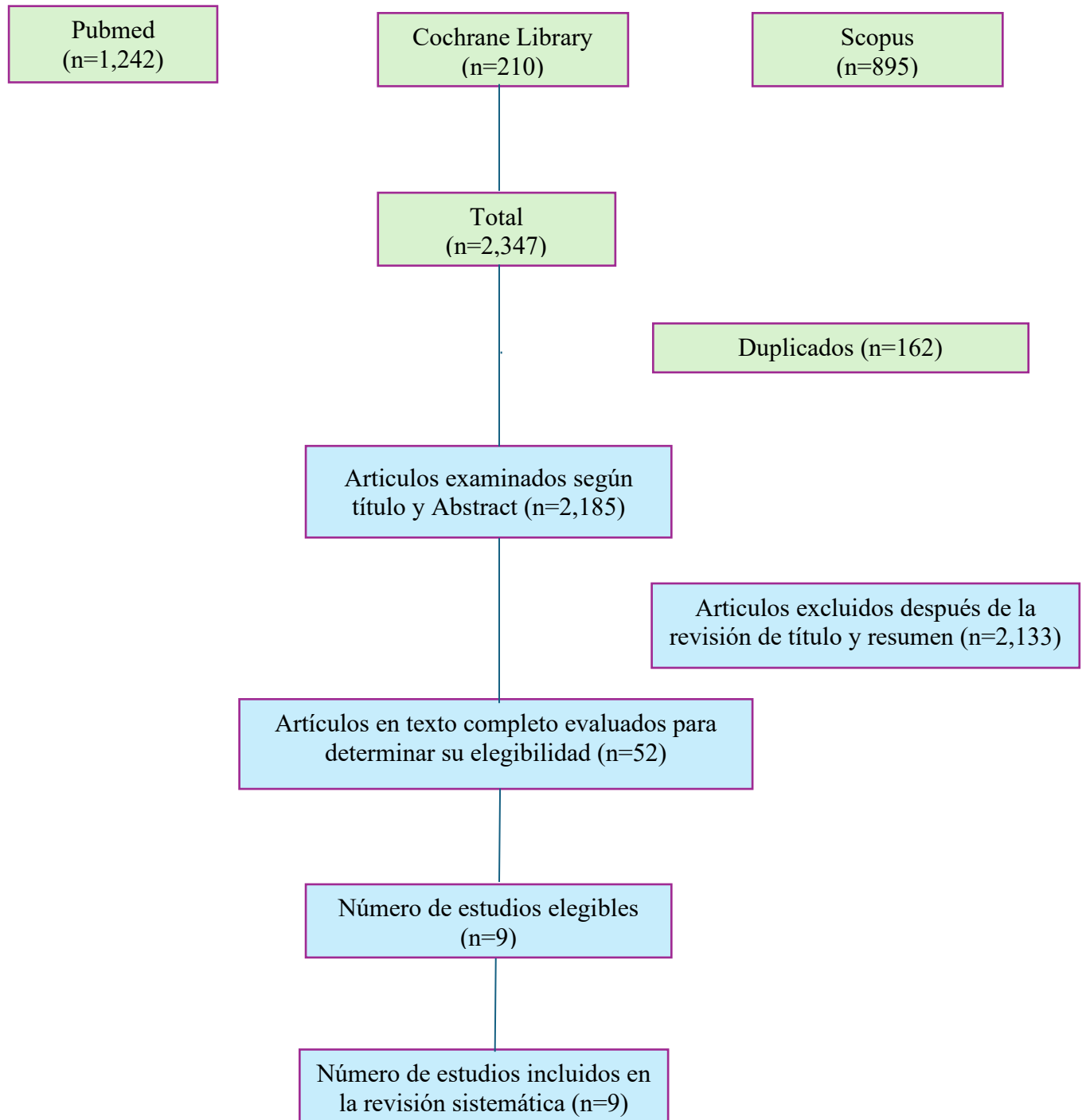
#### ***4.2 Criterios de inclusión:***

- Estudios que evalúen la exactitud de la toma de impresiones digitales en arcadas completamente edéntulas con implantes.
- Investigaciones que comparen impresiones digitales con impresiones convencionales, tanto en estudios in vitro como en estudios clínicos.
- Investigaciones o estudios que comparen la exactitud (precisión y veracidad) de distintas técnicas de impresión digital en arcadas completamente edéntulas con implantes.
- Idiomas: inglés, español
- Durante los últimos 5 años

### ***4.3 Criterios de exclusión:***

- Estudios que incluyan impresiones digitales en arcadas con alguna pieza dentaria
- Estudios que presenten únicamente resultados subjetivos o fundamentados en la opinión de expertos, sin incluir datos cuantificables u objetivos
- Estudios que no incluyan implantes en la toma de impresión
- Informes de casos, series de casos y estudios en los que no se determine la exactitud de la impresión.
- Estudios con más de 5 años de antigüedad.

#### 4.4 Diagrama de artículos incluidos



## V. TABLA DE RESULTADOS

<i>Autores</i>	<i>Año</i>	<i>Tipo de estudio</i>	<i>EIO utilizado</i>	<i>Scan bodies utilizados</i>	<i>Número y tipo de implantes</i>	<i>Maxilar o mandíbula</i>	<i>Conclusión</i>
<i>Guszelce E, et al.</i>	2024	<i>In vitro</i>	<i>Primescan, Trios 3, Trios 4, Trios 5, Virtuo Vivo, Medit i700</i>	<i>PEEK</i>	4	<i>Maxilar</i>	<i>Los IOS pueden lograr resultados satisfactorios en técnicas all-on-four. Primescan más exacto, Medit i700 más preciso.</i>
<i>Di Fiore A, et al.</i>	2022	<i>In vitro</i>	<i>Primescan, Medit i500, Vatech EZ scan, iTero</i>	-	6	<i>Mandíbula</i>	<i>Todos los IOS pueden realizar impresiones digitales para una arcada completa. Primescan e iTero mostraron mediciones muy consistentes.</i>
<i>Kosago P, et al.</i>	2022	<i>In vitro</i>	<i>Trios 4, iTero Element 2, Primescan, photogrammetry</i>	<i>PEEK (straumann)</i>	5 <i>Straumann</i>	<i>Mandíbula</i>	<i>La fotogrametría ha demostrado una mayor. La mayor desviación se encontró en la técnica de impresión convencional.</i>

<i>Papaspyridakos, P et al.</i>	2023	<i>Retrospective analysis</i>	<i>Trios 3</i>	<i>PEEK (Straumann, MedTech, Neodent)</i>	<i>4-6 (BL straumann, Nobel Biocare)</i>	<i>21 maxilar, 15 Mandíbula</i>	<i>Las impresiones digitales de arcada completa y las convencionales se encuentran dentro del umbral clínicamente aceptable. No hay diferencia entre maxilar y mandíbula.</i>
<i>Denneulin T, et al.</i>	2023	<i>In vitro</i>	<i>Trios 3, Primescan</i>	<i>PEEK dentsply sirona</i>	<i>6 Dentsply sirona</i>	<i>Mandíbula</i>	<i>Los dos IOS presentaban desviaciones clínicamente aceptables. El número de implantes y su colocación son factores que influyeron en los resultados.</i>
<i>Blanco-Plard A, et al</i>	2023	<i>In vitro</i>	<i>Trios 3</i>	<i>Zimmer Biomet dental</i>	<i>6 Zimmer</i>	<i>Maxilar</i>	<i>Ningún grupo reprodujo la posición por debajo de los umbrales globales y todas las estrategias digitales probadas fueron menos precisas que la técnica convencional.</i>
<i>Hamilton A, et al</i>	2024	<i>In vitro</i>	<i>Trios 3</i>	<i>-</i>	<i>4 -8</i>	<i>17 maxilar, 5 Mandíbula</i>	<i>Los protocolos de escaneado pueden influir significativamente en la exactitud de las impresiones</i>



							<i>digitales de implantes de arcada completa. protocolo IOS-B demostró ser significativamente superior en exactitud.</i>
<i>Azevedo L, et al</i>	2024	<i>In vitro</i>	<i>TRIOS, Virtuo Vivo, Medit i700, iTero 5D, Primescan</i>	<i>PEEK, plasma-coated medical titanium</i>	6 TL	<i>Mandíbula</i>	<i>Se observó una interacción significativa entre el material de la ISB y la IOS, y las ISB de titanio médico recubiertas de plasma mostraron una exactitud y precisión generales significativamente superiores T4, Mi700 e i5D &gt; ISB titanio Primescan = VV &lt; peek</i>
<i>Jasim G, et al</i>	2024	<i>RCT</i>	<i>Medit i700</i>	<i>PEEK (Neobiotech)</i>	6	<i>Maxilar</i>	<i>La técnica convencional de impresión a nivel de implante mostró más exactitud que la técnica de impresión digital cuando se utilizó para restauraciones fijas maxilares</i>

							<i>de arcada completa sobre implantes inclinados.</i>
--	--	--	--	--	--	--	---

Tabla 4. Características de los estudios incluidos

## VI. RESULTADOS

En 2024, Guszelce y Al.<sup>35</sup> realizaron un estudio in vitro en el que compararon la efectividad de distintos tipos de EIO en maxilares completamente edéntulos con una rehabilitación de prótesis híbrida sobre implantes en un modelo impreso de resina acrílica con 4 implantes simulando la técnica “all on four” con dos implantes en posición de incisivos laterales y dos implantes en posición de segundos premolares con una angulación de 30 grados. Se colocaron scan bodies de PEEK y el mismo operador escaneó una vez con el escáner industrial de referencia y 8 veces con cada escáner intraoral en el mismo día y bajo las mismas condiciones de temperatura, humedad y aire.

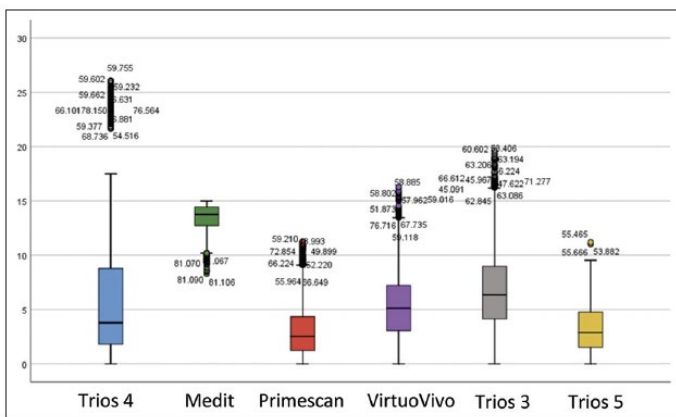


Figura 14: Representación gráfica de los valores de precisión por dispositivo

Figura 15: Modelo maxilar con scan bodies utilizados

El estudio demostró una diferencia estadísticamente significativa en la exactitud de los distintos EIO. Posterior a los Games-Howell tests, se observó que la desviación de valores de los escáneres Primescan, Trios 4, Trios 5 y Virtuo vivo fueron significativamente menores que de Medit i700 y Trios 3. Así mismo, la desviación de valores del Trios 3 fueron más altas en comparación con Medit.

Para evaluar la veracidad, se examinó el coeficiente de variación entre los valores de muestra obtenidos por los diferentes dispositivos. El escáner Medit i700 mostró la menor desviación de

veracidad, lo que indica una mayor exactitud y una correspondencia más cercana al valor real. Por el contrario, el dispositivo Virtuo Vivo mostró la mayor desviación de veracidad, lo que refleja una menor exactitud.

En 2022, Di Fiore et al.<sup>36</sup> Utilizaron un modelo maestro impreso con 6 scan bodies cilíndricos de 4 mm de diámetro posicionados vertical, simétricamente en diferentes alturas y paralelos entre sí. El modelo era de PMMA y para simular el tejido blando se utilizó silicona. Como primer paso del estudio se midió el modelo maestro utilizando un CMM (máquina de medición por coordenadas) y posteriormente se escaneó 15 veces con 4 distintos EIO: iTero element, Medit i500, Vatech EZ scan y Primescan. Se observó que existe una diferencia estadísticamente significativa entre todos los sistemas de escaneo intraoral analizados.<sup>36</sup>

IOS	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta Z$	3D
	Mean (SD) [ $\mu\text{m}$ ]	Mean (SD) [ $\mu\text{m}$ ]	Mean (SD) [ $\mu\text{m}$ ]	Mean (SD) [ $\mu\text{m}$ ]
PrimeScan	4.6 (3.4)	10.4 (7.8)	1.4 (0.9)	29 (6) *
iTero Element	15.4 (3.81)	28.1 (18.3)	4.9 (2.1)	39 (6) *
Medit i500	36.3 (27.41)	14.4 (7.5)	4.2 (3.5)	48 (18) *
Vatech EZ Scan	69.5 (27.1)	60 (41.1)	22.7 (6.4)	118 (24) *

Tabla 5. Errores de posición 3D de impresiones digitales. Diferencia estadísticamente significativa ( $p$ -value < 0.05)

El PrimeScan presentó el menor error 3D total (29  $\mu\text{m}$ ), indicando que es el dispositivo más preciso en cuanto a la reproducción de la posición 3D de las impresiones. En cambio, el Vatech EZ Scan mostró el mayor error 3D (118  $\mu\text{m}$ ), lo que sugiere que tiene una menor precisión en comparación con los demás dispositivos. El iTero Element y el Medit i500 mostraron errores que los ubican entre el PrimeScan y el Vatech EZ Scan en términos de precisión.<sup>36</sup>

Así mismo, en 2022, Kosago et al.<sup>37</sup> utilizaron en un estudio in vitro, un modelo mandibular de referencia compuesto por 3 implantes anteriores paralelos y dos implantes posteriores angulados de 4,1 x 10 mm BLT Straumann con pilares intermedios de titanio. Las distintas técnicas de impresión evaluadas fueron: la técnica de impresión convencional con poliéter, 3 distintos escáneres intraorales (Tríos 4, iTero element 2 y Primescan) y la estereofotogrametría (PIC).

Se utilizó un escáner extraoral (E4 scanner) para digitalizar el modelo de referencia, sirviendo como grupo de control para comparar la precisión de las diferentes técnicas de impresión.<sup>37</sup>



Figura 16: Modelo de referencia con scan bodies



Figura 17: Modelo de referencia con pilares PIC

En cuanto a la veracidad, la media de valores RMS para las desviaciones 3D fue significativamente diferente entre los distintos grupos. La técnica de estereofotogrametría mostró la menor desviación 3D del scan body completo, con un valor de  $48.74 \pm 1.80 \mu\text{m}$ , lo que significa que fue la más veraz (más cercana al valor verdadero). A continuación, se mostraron los escáneres digitales: Tríos 4: ( $52.14 \pm 3.88 \mu\text{m}$ ), Primescan: ( $57.24 \pm 2.05 \mu\text{m}$ ) e iTero: ( $67.72 \pm 7.18 \mu\text{m}$ ) en este orden, y en última posición el grupo con técnica de impresión convencional con ( $141.86 \pm 5.58 \mu\text{m}$ )<sup>37</sup>, indicando una menor veracidad comparado con las tecnologías digitales.

En cuanto a precisión, la desviación más baja, es decir, la mayor precisión, se observó en la técnica de estereofotogrametría, con un valor de ( $5.46 \pm 1.10 \mu\text{m}$ ). Siguiendo los grupos de escáneres digitales: Tríos 4: ( $19.39 \pm 3.61 \mu\text{m}$ ), Primescan: ( $28.58 \pm 8.03 \mu\text{m}$ ), iTero: ( $67.72 \pm 7.18 \mu\text{m}$ ) consecutivamente y el grupo con impresión convencional presentó una desviación de ( $49.40 \pm 13.39 \mu\text{m}$ ) siendo significativamente mayor. En cuanto a precisión, no se encontraron diferencias significativas entre los distintos escáneres intraorales; pero entre la técnica convencional y la estereofotogrametría.<sup>37</sup>

En 2023, Papaspyridakos et Al.<sup>38</sup>, trataron a 27 pacientes con un total de 36 maxilares edéntulos, que utilizaran prótesis completas fijas de una sola pieza, atornilladas y soportadas por implantes. Dentro del estudio, 21 arcadas (58%) eran maxilares superiores y 15 (42%) mandibulares. Todos los pacientes habían pasado por un periodo de osteointegración de 3 meses y tenían colocados

entre 4 y 6 implantes de dos distintas marcas (Straumann y Nobel Biocare). Se realizaron impresiones convencionales de arcada completa y escaneos digitales intraorales con scan bodies (PEEK) y posteriormente archivos STL con ambas técnicas de impresión las cuales fueron fusionadas y analizadas. Las impresiones digitales fueron tomadas con el escáner intraoral TRIOS 3, y las impresiones convencionales fueron tomadas con material de impresión poliéster después de haber ferulizado los copings de impresión con resina fotopolimerizable.

	4-Implant retention	5-Implant retention	6-Implant retention	Total
Maxillary arch (N)	2	1	18	21
Mandibular arch (N)	2	3	10	15
Total	4	4	28	36

Tabla 6: Correlación entre maxilares superior e inferior número de implantes

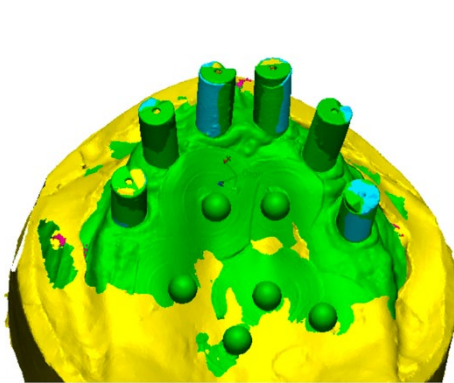


Figura 18: Fusión de los 2 archivos STL mediante un algoritmo de mejor ajuste utilizando software de ingeniería inversa. El mapa de gradiente de color indica la magnitud de las desviaciones 3D ( $\mu\text{m}$ ) entre los archivos STL.

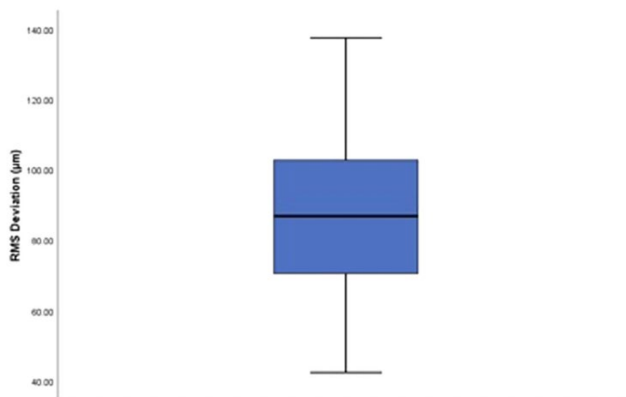


Figura 19: Boxplot de las desviaciones 3D acumuladas para toda la muestra.

La media de las desviaciones 3D de los implantes de toda la muestra fue de  $88 \pm 24 \mu\text{m}$  (intervalo de confianza del 95% para la media:  $[80-96 \mu\text{m}]$ ). La diferencia entre ambos arcos no fue estadísticamente significativa ( $p = 0.444$ ), lo que indica que la precisión 3D no varió de manera relevante entre el maxilar superior e inferior.<sup>38</sup>

En 2023, Denneulin et Al<sup>39</sup>, realizaron un estudio in vitro en el que compararon dos distintos sistemas de escáneres intraorales: Trios 3 y Primescan, utilizando un modelo de resina simulando una mandíbula edéntula con 6 implantes. Este modelo fue primero escaneado por una CMM para obtener así los datos de referencia y posteriormente escaneado 10 veces con cada escáner intraoral. En este estudio se realizaron 3 distintos experimentos: en el primero; se evaluaron 3 distintos protocolos de escaneado (curvilíneo, zigzag y mitad de arco), en el segundo experimento, se simularon tres situaciones clínicas diferentes: (6 implantes, 4 implantes en una arcada corta y 4 implantes en una arcada larga), y en el tercer experimento se evaluó el efecto de ferulizar los implantes con un hilo de sutura; buscando evaluar cómo diferentes condiciones clínicas y protocolos de escaneo afectan la exactitud y precisión de las impresiones digitales.













	Number of implant		Scanning protocol	Splinting			
Experiment 1: Influence of scanning protocol	6	L or ZZ or HA	x				
Experiment 2: Influence of number of implants and arch length	4 or 6	L	x				
Experiment 3: Influence of splinting	4 or 6	L	x				
							

Figura 20: Resumen del archivo STL en el software de inspección. Los puntos de referencia fueron definidos antes de realizar las mediciones.

En el caso del Tríos 3, el protocolo de escaneo en zigzag fue excluido debido a diferencias significativas dentro del grupo. La veracidad fue: (52  $\mu\text{m}$  / 0.42 grados) para el escaneo lineal, (67  $\mu\text{m}$  / 0.29 grados) para el escaneo de media arcada. La precisión fue: (40  $\mu\text{m}$  / 0.26 grados) para el escaneo lineal (70  $\mu\text{m}$  / 0.27 grados) para el escaneo de media arcada; lo cual quiere decir que no se encontraron diferencias significativas entre los protocolos de escaneo.

Para el escáner Primescan: la veracidad fue: (24  $\mu\text{m}$  / 0.28 grados) para el escaneo lineal, (40  $\mu\text{m}$  / 0.39 grados) para el escaneo en zigzag. La precisión fue: (18  $\mu\text{m}$  / 0.27 grados) para el escaneo lineal, (32  $\mu\text{m}$  / 0.43 grados) para el escaneo en zigzag. El protocolo de media arcada fue excluido para Primescan por diferencias significativas dentro del grupo. En general, el protocolo de escaneo lineal fue significativamente más exacto que el de zigzag en cuanto a desviación lineal, pero no hubo diferencia significativa en la desviación angular entre ambos.<sup>39</sup>

En el efecto de número de implantes, las mediciones se realizaron con el protocolo de escaneo lineal. En los resultados, con el Tríos 3, la veracidad y precisión en la distancia disminuyeron a medida que aumentaba la distancia inter implantaría.<sup>39</sup> En cambio, con el escáner intraoral Primescan; la veracidad y precisión fue mayor con seis implantes que con cuatro. Para cuatro implantes–arco corto, la veracidad fue de (42  $\mu\text{m}$ /0.25 grados), y la precisión fue de (41  $\mu\text{m}$ /16 grados). Para cuatro implantes–arco largo, la veracidad fue de (50  $\mu\text{m}$ /0.26 grados), y la precisión fue de (40  $\mu\text{m}$ /24 grados).<sup>39</sup>

Blanco-Plard et Al,<sup>40</sup> en 2023, llevaron a cabo un estudio in vitro en el que compararon la exactitud 3D de tres distintas estrategias de escaneo y de las impresiones convencionales fabricando un modelo maestro de un maxilar edéntulo con 6 implantes Zimmer Dental con una angulación de 0 grados. Se realizaron diez impresiones convencionales con cubeta abierta y pilares ferulizados las cuales se vaciaron en yeso. Las impresiones digitales se realizaron con el EIO Tríos 3 con tres estrategias de escaneo: DIG 1 (oclusal-palatal-lingual), DIG 2 (movimiento tipo S de vestibular a palatino), y DIG 3 (escaneo de dos medias arcadas y unión en la línea media). Cada técnica se repitió 10 veces sobre el modelo maestro. El modelo maestro y los modelos convencionales se digitalizaron con un escáner de referencia.<sup>40</sup>



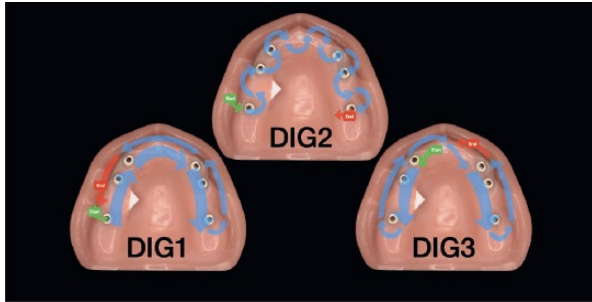


Figura 21: Estrategias de escaneo

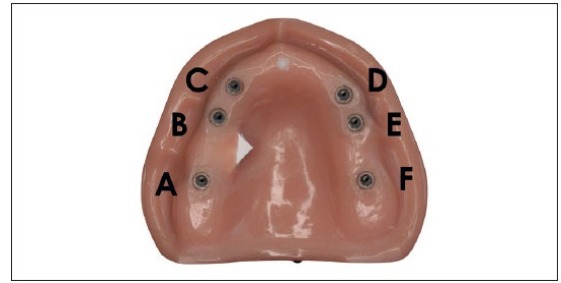


Figura 22: Colocación de implantes en modelo maestro

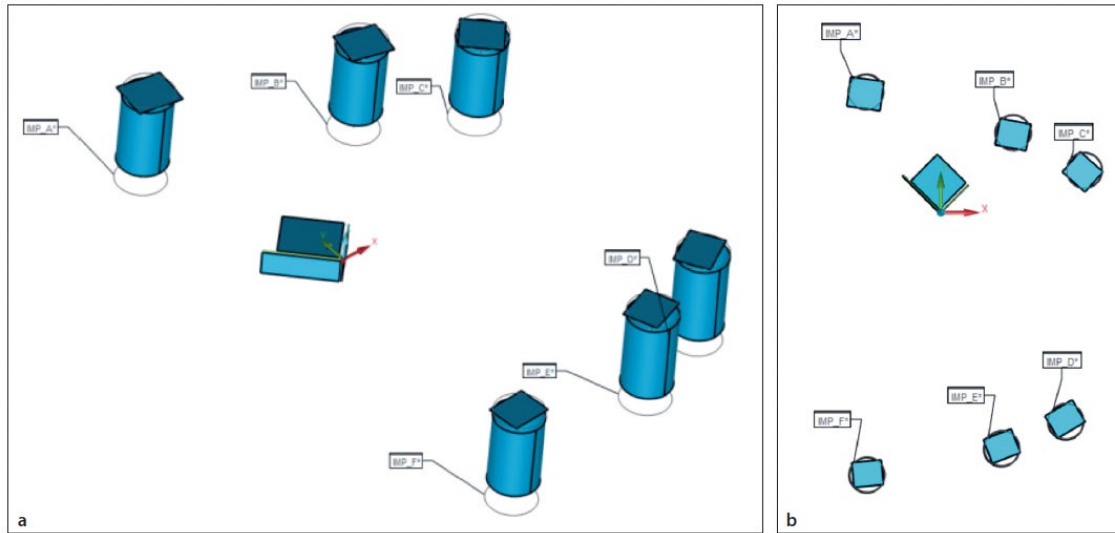


Figura 23: (a) Definición de coordenadas X, Y y Z, (b) Vista superior del sistema de referencia y scan bodies

La definición de coordenadas sirve para alinear correctamente el modelo escaneado con el sistema de referencia y así poder comparar posiciones y ángulos de implantes con precisión. En la figura \_\_\_: La transformación final:

- Rotación de 45 grados alrededor del eje +Z
- Rotación de 4 grados alrededor del eje +X
- Rotación de -3 grados alrededor del eje +Y

La media de la distorsión angular absoluta en el eje X ( $Absd\theta_x$ ) varió desde 0,20 grados para DIG 2 hasta 0,36 grados para el método convencional y DIG 1. La media de la distorsión angular en el eje Y ( $Absd\theta_y$ ) osciló entre 0,43 grados para DIG 1 y 0,69 grados para DIG3. En cuanto a la distorsión lineal, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las impresiones tomadas con el método convencional y aquellas realizadas mediante estrategias digitales.<sup>40</sup>

El método convencional presentó los valores más bajos de distorsión lineal global, con un promedio de 91  $\mu\text{m}$ . Le siguieron DIG 2 (151  $\mu\text{m}$ ), DIG3 (163  $\mu\text{m}$ ) y DIG1 (183  $\mu\text{m}$ ).<sup>40</sup>

El único método con un valor promedio de dR por debajo del umbral clínicamente significativo de distorsión de 100  $\mu\text{m}$  fue el método convencional, con dos tercios de todas las mediciones por debajo de dicho umbral. Los métodos digitales muestran más variabilidad dependiendo de la técnica usada.<sup>40</sup>

En 2024, Hamilton et al.<sup>41</sup> estudiaron la influencia de los protocolos de escaneo en la exactitud de los escaneos de arcada completa sobre implantes en un estudio in vitro en el que veintidós modelos maestros de pacientes de la Escuela de Medicina Dental de Harvard sometidos a una rehabilitación fija completa con al menos cuatro implantes fueron escaneados cinco veces con dos protocolos de escaneo distintos:

1. Protocolo A (IOS-A): consistió en escanear la arcada edéntula y paladar con los Multi-units antes de colocar los scan bodies de los implantes, posteriormente se modificó el escaneo para eliminar los Multi-units, de modo que se pudieran colocar los scan bodies (PEEK) en boca y posteriormente agregarlos al escaneo inicial. Según se observa en la figura a continuación:

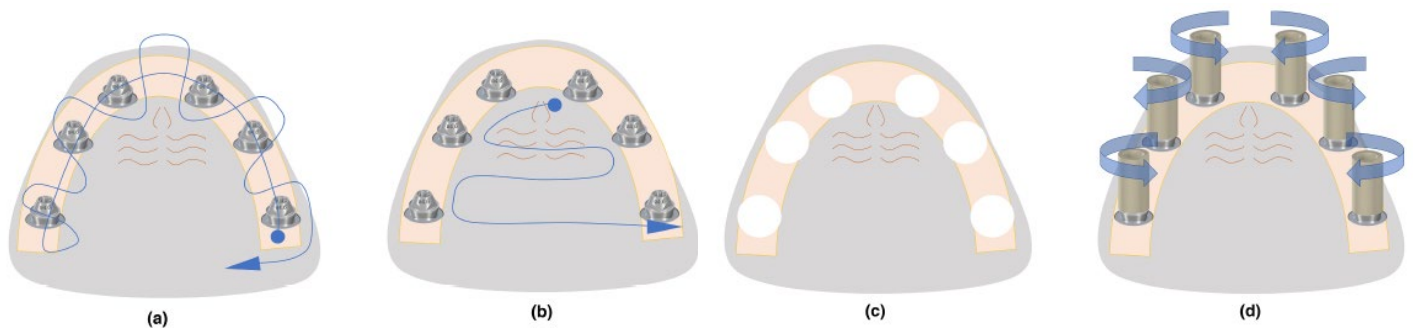


Figura 24: Protocolo de escaneo digital IOS-A

2. Protocolo B (IOS-B): consistió en escanear la arcada edéntula con los scan bodies colocados en los implantes desde el inicio, empezando por un extremo de la arcada, desplazándose hacia el otro, escaneando las superficies oclusales y palatinas de los scan

bodies, luego la superficie palatina, y por último en movimiento circular en los scan bodies. Tal como se muestra en la siguiente figura:

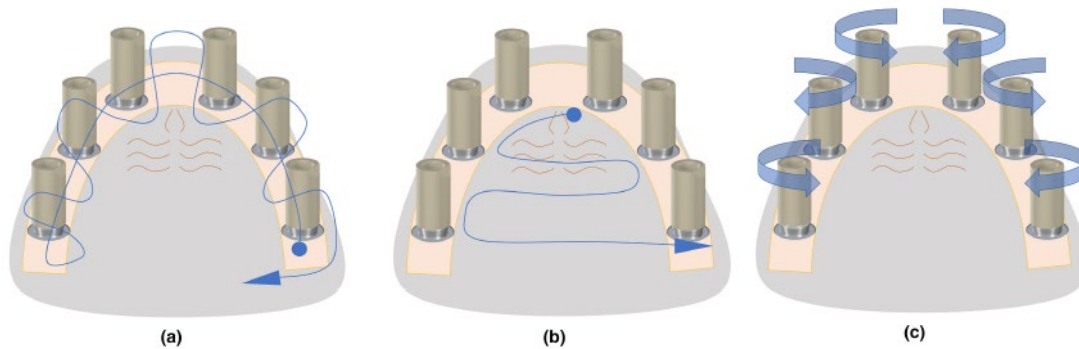


Figura 25: Protocolo de escaneo digital IOS-B

Se obtuvo un escaneo de referencia de cada modelo maestro con un escáner de laboratorio, y el escáner intraoral utilizado para el estudio fue el TRIOS 3.

	Frequency (n)	Percent	Mean inter-implant distance (mm)	Mean arch perimeter distance (mm)
Overall	22	100	12.2	58.0
Mandible	5	23	12.7	48.8
Maxilla	17	77	12.0	60.8
4 Implants	4	18	12.0	36.0
5 Implants	2	9	11.0	44.0
6 Implants	13	59	12.6	63.1
7 Implants	1	5	12.3	73.7
8 Implants	2	9	10.7	75.2

Tabla 7: Características de los 22 modelos maestros incluidos en el estudio

El protocolo IOS-B mostró una precisión superior en todos los parámetros evaluados mediante el alineamiento espacial, y todos los resultados fueron estadísticamente significativos ( $p < .001$  a  $p = .0027$ ). La precisión media de las distancias 3D fue de  $45 \mu\text{m}$  ( $\pm 23 \mu\text{m}$ ) con el protocolo IOS-A y de  $25 \mu\text{m}$  ( $\pm 10 \mu\text{m}$ ) con IOS-B ( $p < .001$ ). Las distancias verticales máximas promedio fueron de  $58 \mu\text{m}$  ( $\pm 45 \mu\text{m}$ ) para IOS-A y  $34 \mu\text{m}$  ( $\pm 20 \mu\text{m}$ ) para IOS-B. <sup>41</sup>

IOS-B también mostró una veracidad superior en todos los parámetros, con diferencias estadísticamente significativas ( $p < .001$ ). La veracidad media de las distancias 3D fue de  $44 \mu\text{m}$  ( $\pm 24 \mu\text{m}$ ) para IOS-A y  $24 \mu\text{m}$  ( $\pm 7 \mu\text{m}$ ) para IOS-B ( $p < .001$ ), mientras que las distancias verticales máximas promedio fueron de  $56 \mu\text{m}$  ( $\pm 52 \mu\text{m}$ ) para IOS-A y  $23 \mu\text{m}$  ( $\pm 12 \mu\text{m}$ ) para IOS-B ( $p < .001$ ).<sup>41</sup>

Respecto a la precisión y veracidad de la distancia arco a arco (cross-arch) el protocolo IOS-B mostró mejores resultados, siendo estadísticamente superiores tanto en los valores promedio como máximos ( $p = .0021$  a  $p = .0035$ ).<sup>41</sup> “Cross-arch distance” se refiere a la distancia entre los implantes ubicados más a distal de la arcada, la cual ayuda a evaluar la precisión y veracidad del tamaño y forma de la arcada en el escaneado digital.

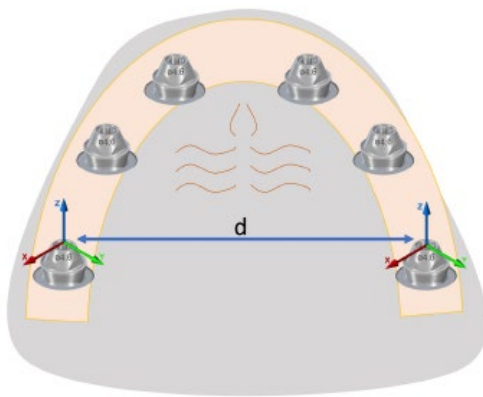


Figura 26: Representación gráfica de la distancia cross-arch ( $d$ ) entre los dos implantes más distales del escaneado

La prueba digital de un solo tornillo (digital one-screw test) mostró las mayores discrepancias entre protocolos. El protocolo IOS-B nuevamente demostró una veracidad y precisión superiores, con diferencias estadísticamente significativas en errores promedio y máximos ( $p < .001$ ).<sup>41</sup>

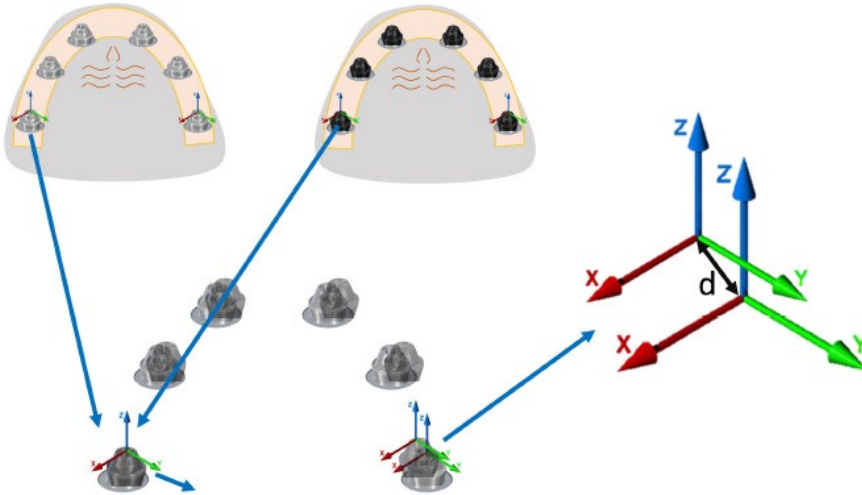


Figura 27: Representación gráfica de la prueba virtual de Sheffield

Esta prueba consiste en alinear el modelo escaneado con el implante más posterior de un lado para después medir la discrepancia o desajuste en el implante del lado opuesto, para evaluar el error de angulación o distancia hay entre los extremos.

Azevedo et al.<sup>42</sup> en 2024, desarrollaron un estudio in vitro en el que evaluaron la exactitud de las impresiones digitales en arcadas completas sobre implantes utilizando distintos scan bodies intraorales y escáneres intraorales. El modelo de referencia que se utilizó en el estudio fue un modelo mandibular de yeso dental de un paciente edéntulo, con seis análogos de implantes a nivel tisular (Straumann). Se utilizaron dos tipos de scan bodies para las impresiones digitales:

1. Scan bodies de PEEK
2. Scan bodies de titanio médico recubiertos con plasma (diseñado para evitar el reflejo de la luz durante el escaneo)

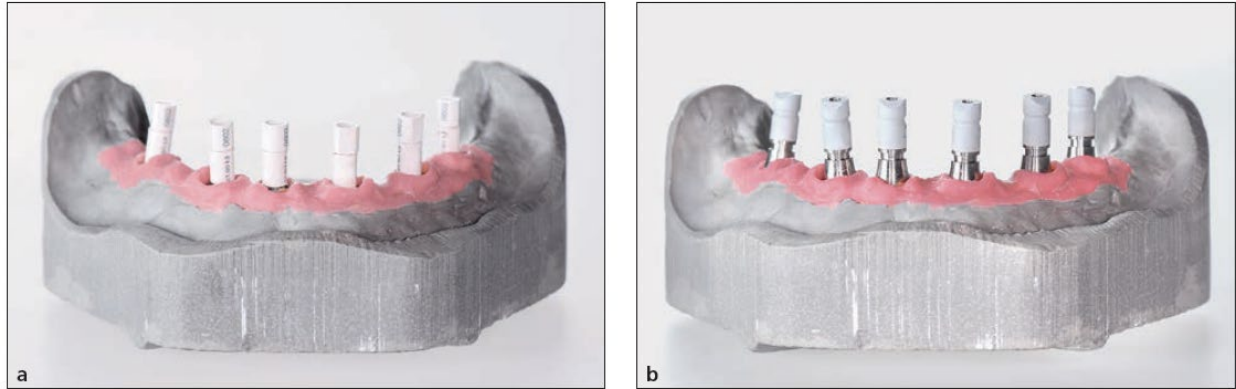


Figura 28: Modelo mandibular de yeso con (a) PEEK y (b) titanio médico recubierto con plasma

Los escáneres intraorales utilizados en el estudio fueron:

1. Trios 4
2. Virtuo Vivo
3. Medit i700
4. iTero Element 5D
5. Cerec PrimeScan

La estrategia de escaneo fue con la técnica zigzag y todos los escaneados fueron ejecutados por el mismo operador, empezando del ISB más distal del cuarto cuadrante. El modelo maestro fue escaneado con un escáner de sobremesa como modelo de referencia. Los archivos STL de los escáneres intraorales y del escáner de sobremesa se importaron a un software y la exactitud se evaluó superponiendo los modelos y analizando las desviaciones resultantes. Los STL se alinearon utilizando herramientas de “best-fit alignment” excluyendo los scan bodies para evitar que influyera en la evaluación.

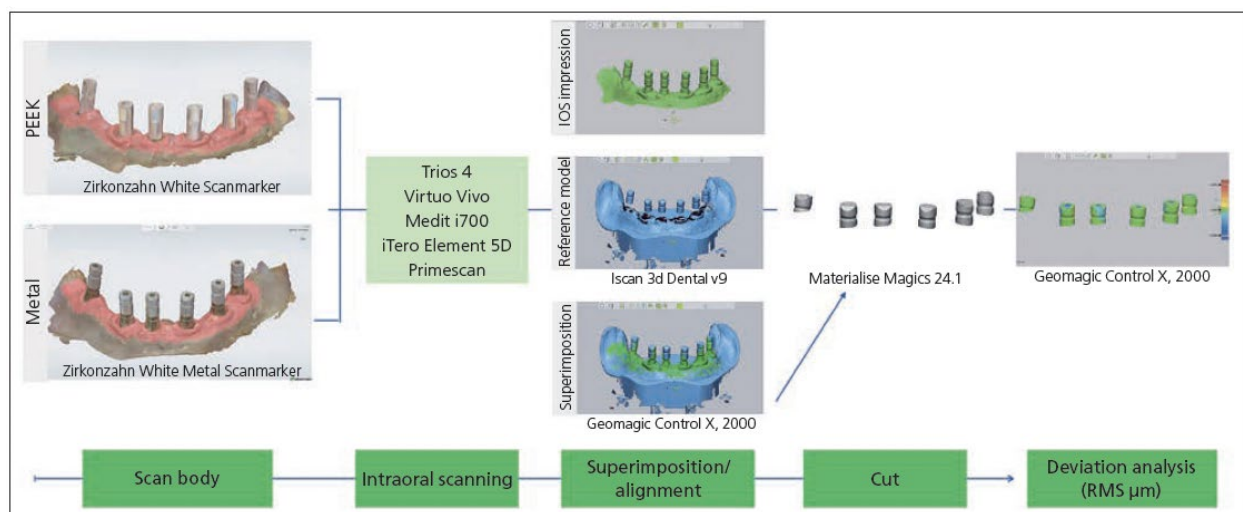


Figura 29: Resumen del análisis digital 3D para la superposición de escaneos según el método “Best-Fit Alignment” en *Geomagic Control X*

Se encontró una interacción significativa entre el escáner intraoral y el material del scan body ( $P = .001$ ). Los resultados mostraron que los ISBs de titanio médico recubierto por plasma ofrecieron una mayor veracidad y precisión en general, en comparación con los ISBs de PEEK, independientemente del escáner utilizado. Veracidad promedio: PEEK:  $47 \pm 27 \mu\text{m}$ , Titanio recubierto por plasma:  $33 \pm 6 \mu\text{m}$  ( $P = .004$ ). Precisión promedio: PEEK:  $40 \pm 15 \mu\text{m}$ , Titanio recubierto por plasma:  $32 \pm 9 \mu\text{m}$  ( $P = .007$ ).<sup>42</sup>

Para identificar qué combinaciones de material de scan body y escáner intraoral mostraban diferencias significativas, se realizó una comparación por pares, en donde se obtuvieron los siguientes resultados: se encontraron diferencias estadísticamente significativas en veracidad y precisión entre los materiales para todos los IOS, excepto para el Primescan (PS), donde no hubo diferencias ( $P = .970$  y  $P = .880$ ).

IOS	Mejor material ISB (veracidad)	P-valor (veracidad)	Mejor material ISB (Precisión)	P-valor (Precisión)
<b>Trios 4</b>	Titanio recubierto por plasma	.001	Titanio recubierto por plasma	.001
<b>iTero Element 5D</b>	Titanio recubierto por plasma	.001	Titanio recubierto por plasma	.001

<b>Medit i700</b>	Titanio recubierto por plasma	.002	Titanio recubierto por plasma	.005
<b>Virtuo Vivo</b>	PEEK	.003	PEEK	.004
<b>Primescan</b>	Sin diferencias significativas	.970	Sin diferencias significativas	.880

Tabla 8: Resultados de veracidad y precisión entre los distintos EIO y el material del ISB



Figura 30: Mapa de color representativo de las discrepancias volumétricas medidas usando el error RMS para los ISBs de titanio médico con recubrimiento de plasma (arriba) y los ISBs de PEEK (abajo).

El error RMS (Root Mean Square o raíz cuadrática media) es una medida estadística que se usa para cuantificar la diferencia promedio entre dos superficies 3D: la escaneada y la de referencia. Por eso, si el error RMS es menor para los ISBs de titanio recubierto de plasma, eso significa que estos componentes permiten una digitalización más fiel que los de PEEK.

Jasim G, et al,<sup>43</sup> en 2024, realizaron un ensayo clínico cruzado aleatorizado en el que doce participantes con maxilares edéntulas atróficas, recibieron seis implantes para una prótesis fija, en la que después de seis meses de cicatrización se realizó un modelo de control de cada paciente utilizando su restauración final pasiva. Se realizaron dos distintas técnicas de impresión en cada paciente:

1. Técnica convencional (con cubeta abierta y pilares ferulizados)
2. Técnica de impresión digital



Para ambas técnicas, los scan bodies fueron etiquetados desde el implante más distal del lado izquierdo como A, B, C, D, E y F y posteriormente se realizaron las impresiones. La exactitud de ambas técnicas se midió mediante métodos tanto in vitro como in vivo.

Los pacientes fueron divididos en seis y seis por medio de números generados aleatoriamente y al primer grupo de seis pacientes se le tomó primero la impresión convencional y después la impresión digital, y al segundo grupo se le hizo a la inversa para evitar que el orden de las impresiones influyera en el resultado final.

Después de tomar la impresión analógica la impresión se vació con yeso para construir el modelo maestro y se conectaron seis scan bodies a los implantes para posteriormente escanearlo con un escáner de laboratorio y se guardaron como archivo STL para poder utilizarlos como referencia en la comparación. Las impresiones digitales se tomaron con los mismos scan bodies utilizados en la técnica analógica y se tomaron con el escáner intraoral Medit i700 con la técnica sugerida por el fabricante. Se realizaron dos escaneos: uno para obtener los tejidos blandos y el segundo para registrar los scan bodies.

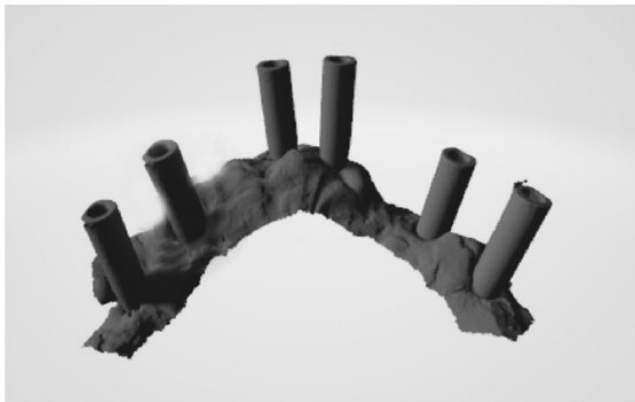


Figura 31: Archivo STL de la impresión convencional



Figura 32: Archivo STL de la impresión digital

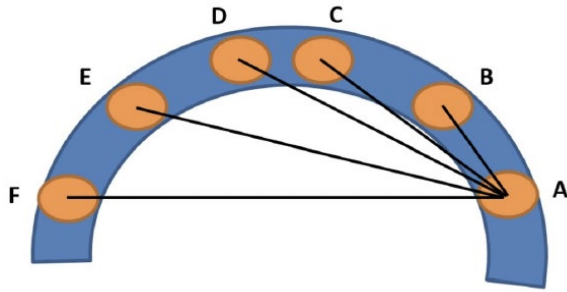


Figura 33: Medición de las distancias entre los scan bodies en los archivos STL de la impresión convencional y digital utilizando el software exocad.

Distances	Conventional impression		Digital impression		t-Test p value
	X	SD	X	SD	
AB	0.02250	0.005066	0.07500	0.012910	0.002*
AC	0.05150	0.001291	0.13500	0.012910	<0.001*
AD	0.05250	0.001291	0.19000	0.002449	<0.001*
AE	0.05750	0.009574	0.22650	0.001291	<0.001*
AF	0.16975	0.040020	0.24900	0.009201	0.009*
One-way ANOVA p value	<0.001*		<0.001*		

Tabla 9: Comparación de la diferencia en las mediciones lineales entre las impresiones convencional y digital, respecto a las mediciones del modelo de control.

En la comparación entre las desviaciones de las impresiones convencionales y digitales, hubo una diferencia significativa en la desviación tridimensional entre las técnicas de impresión y entre las diferentes distancias entre implantes. En todas las distancias, las impresiones digitales mostraron desviaciones significativamente mayores que las convencionales. La desviación más alta se observó en la distancia AF, seguida de AE, AD, y AC, siendo AB la distancia con menor desviación. (43) La desviación entre las distancias aumenta a medida que la distancia entre implantes crece.

Scan body	Conventional impression		Digital impression		t-Test p value
	X	SD	X	SD	
A	0.0758	0.0040	0.0903	0.0087	0.011*
B	0.1018	0.0056	0.1173	0.0099	0.007*
C	0.1105	0.0087	0.1348	0.0095	<0.001*
D	0.1103	0.0098	0.1330	0.0080	<0.001*
E	0.1000	0.0117	0.1165	0.0013	0.004*
F	0.0832	0.0036	0.0943	0.0033	0.041*
One-way ANOVA (p value)	<0.001*		<0.001*		

Tabla 10: desviación tridimensional de los scan bodies en las impresiones convencionales y digitales con respecto al modelo de control.

Según la tabla 10 de resultados, en todos los scan bodies las impresiones digitales mostraron una desviación mayor y las diferencias son estadísticamente significativas en todos los casos. El scan body con una mayor desviación en la impresión digital fue el “C” y los que menor desviación tuvieron fueron “A” y “F” en ambas técnicas.

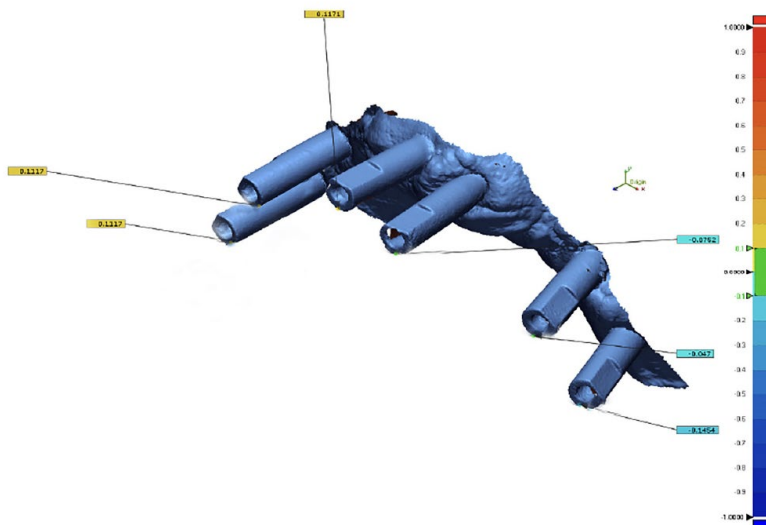


Figura 34: Medición de la desviación tridimensional para cada scan body.

## VII. DISCUSIÓN

Múltiples estudios han evaluado la exactitud; en términos de veracidad (desviación de las posiciones reales) y precisión (repetibilidad) de los escáneres intraorales digitales frente a las técnicas de impresión convencionales para arcadas completas edéntulas sobre implantes. En general, estas investigaciones demuestran que ambos métodos pueden lograr una precisión clínicamente aceptable, pero con notables diferencias en las medias de las desviaciones.

En general, los sistemas de estereofotogrametría (cámaras de escaneo de implantes especializadas) tienden a producir la mayor exactitud con una veracidad 3D inferior a 50  $\mu\text{m}$ .<sup>37</sup> un estudio in vitro informó una veracidad 3D media de unos 24  $\mu\text{m}$  utilizando el sistema de fotogrametría, frente a los 29  $\mu\text{m}$  de una impresión convencional de cubeta abierta ferulizada, y 43  $\mu\text{m}$  de un escáner intraoral moderno.<sup>44</sup> En este estudio, la fotogrametría también tuvo la mejor precisión, 2  $\mu\text{m}$  de media con diferencia significativa con respecto a las otras técnicas; seguida de las impresiones convencionales con 29  $\mu\text{m}$  y siendo el escáner intraoral el menos preciso con 36  $\mu\text{m}$ .<sup>44</sup>

De forma similar, Blanco-Plard et al. descubrieron que ninguna estrategia de escaneo digital podía superar la precisión de una impresión convencional con cubeta abierta para una arcada edéntula con seis implantes: donde la desviación lineal global del método convencional era de 91  $\mu\text{m}$  en comparación con 183  $\mu\text{m}$  con una de las estrategias de escaneo digital.<sup>40</sup> Su conclusión fue que todos los flujos de trabajo digitales probados eran menos exactos que la impresión ferulizada convencional a la hora de reproducir las posiciones exactas de los implantes.<sup>40</sup>

Por otra parte, algunos estudios han demostrado que los escáneres digitales se aproximan o incluso igualan la exactitud de las impresiones convencionales en determinadas ocasiones. Kosago et al. en 2023, observaron que el sistema de fotogrametría (PIC) producía las menores desviaciones 3D (49  $\mu\text{m}$  en veracidad, 5  $\mu\text{m}$  en precisión), seguido de los escáneres intraorales Trios 4, Primescan e iTero, mientras que, las impresiones de cubeta abierta convencionales presentaban la mayor desviación (141  $\mu\text{m}$  error de veracidad).<sup>37</sup> Llegaron a la conclusión que la estereofotogrametría

ofrecía la mayor exactitud entre todas las técnicas, mientras que la impresión convencional ferulizada mostraba los mayores errores.<sup>37</sup>

Este hallazgo contrasta con los estudios anteriores, lo que subraya cómo pueden variar los resultados. Por ejemplo, en una comparación de cuatro escáneres intraorales, la precisión osciló entre 29  $\mu\text{m}$  para un escáner de alta gama y 118  $\mu\text{m}$  para un escáner de gama inferior en el mismo modelo de implantes en arcada completa. Estos datos sugieren que, los escáneres intraorales modernos de alta calidad, si se utilizan correctamente, pueden capturar las posiciones de los implantes en arcadas completamente edéntulas con una veracidad de aproximadamente 30-50  $\mu\text{m}$ , mientras que los escáneres más antiguos o menos capaces pueden incurrir en errores superiores a los 100  $\mu\text{m}$  si las condiciones no son ideales. En comparación, las impresiones convencionales suelen tener un margen de error de 30-150  $\mu\text{m}$  dependiendo de la técnica y los materiales.

Comparando los resultados de diversos estudios, uno de los resultados constantes es la mayor exactitud de la fotogrametría en las impresiones de arcada completa. En múltiples estudios in vitro, el sistema PIC muestran mayor veracidad, y sobre todo precisión que las impresiones intraorales y las impresiones convencionales o analógicas.<sup>37,44</sup> Otro hallazgo bastante consistente, es que los errores de escaneado digital tienden a acumularse en tramos largos, por lo que los escaneados de arcada completa son menos exactos que los tramos cortos. Por ejemplo, investigadores han observado que a medida que aumenta la distancia entre implantes, la exactitud tanto de la fotogrametría, como de los escáneres intraorales tiende a disminuir (los intervalos más largos entre implantes se correlacionaron con desviaciones mayores).<sup>45 48</sup>

Jasim et al. 2024, llevaron a cabo un ensayo clínico cruzado en maxilares atróficos con seis implantes y descubrieron que las impresiones digitales presentaban desviaciones significativamente mayores en las posiciones de los implantes que las impresiones convencionales tanto en las mediciones lineales 2D como en el análisis 3D completo, obteniendo como conclusión que la impresión convencional era más exacta para una arcada completa sobre implantes tanto in vitro como in vivo.<sup>46</sup>

Por el contrario, otros estudios reportan poca o ninguna diferencia entre las técnicas digitales y las convencionales; o incluso ligeras ventajas para las digitales en algunos aspectos. Papaspyridakos et al. 2023 descubrieron que las desviaciones 3D entre los escaneados digitales y las impresiones convencionales eran de una media de 88  $\mu\text{m}$ , sin diferencias significativas entre ambos métodos.<sup>38</sup> Así mismo, Chochlidakis et al en 2020, observaron que las impresiones digitales en arcadas completas con el escáner Trios eran clínicamente aceptable y no presentaban diferencias significativas con respecto a las impresiones convencionales, donde se observó también una correlación en la que un mayor número de implantes aumentaba ligeramente la desviación 3D aunque no en un grado significativo.<sup>45 47</sup>

También existen pruebas clínicas que sugieren que ambos flujos de trabajo pueden producir prótesis con un ajuste pasivo en la mayoría de los casos. Por ejemplo, Pera et al. 2023<sup>48</sup>, descubrieron en un grupo de pacientes completamente edéntulos que recibieron tanto una impresión digital como una analógica, las prótesis fabricadas con cualquiera de los dos métodos tenían una pasividad correcta, mostrando que el 82% de los casos tenían un ajuste pasivo perfecto en el primer intento.<sup>45 49</sup> Roig et al. 2022<sup>50</sup> también informaron que las prótesis de zirconio en arcadas completas fabricadas con flujo de trabajo digital presentaban un mejor ajuste clínico que las fabricadas con flujo de trabajo convencional.<sup>45 50</sup>

Di Fiore et al.<sup>36</sup> observaron que los cuatro escáneres intraorales evaluados podían capturar una arcada completa dentro del intervalo de desajuste de 150  $\mu\text{m}$  considerado aceptable en la literatura, aunque solo los escáneres con mejor rendimiento que fueron Primescan e iTero estaban libres de errores con una distorsión insignificante.<sup>36</sup>

Las discrepancias en los resultados de los estudios pueden atribuirse a varios factores. Una revisión sistemática reciente mostró que en general, la exactitud del escaneado intraoral fue similar a la de las impresiones convencionales para impresiones de arcada completa sobre implantes, pero hubo una heterogeneidad significativa entre los estudios debido a las diferentes técnicas y criterios de evaluación.<sup>45</sup> La experiencia del operador también juega un papel importante en los resultados, así como las arcadas mandibulares frente a las maxilares.

Tomando en cuenta toda la evidencia científica, la mayoría de los estudios coinciden que los escáneres intraorales actuales pueden utilizarse para realizar impresiones de implantes en arcada completa con una precisión clínicamente aceptable, pero remarcan que los resultados dependen tanto de distintos factores, como de la técnica utilizada. Los resultados contradictorios en la literatura representan un debate e indican que ninguna de las técnicas supera a la otra en todas las situaciones y que cada una tiene distintas ventajas y limitaciones.

Incluso las diferencias mínimas en la exactitud de las impresiones intraorales pueden tener implicaciones clínicas significativas en las rehabilitaciones de arcada completa sobre implantes. El mayor objetivo de estos casos es conseguir un ajuste pasivo y exacto de la estructura protésica sobre los implantes, ya que cualquier desajuste puede inducir tensiones en el implante o en el hueso circundante. Una de las principales soluciones que sugiere la literatura es la posible necesidad de algún paso de verificación adicional cuando se utilizan escáneres intraorales para arcadas completas sobre implantes. Por ejemplo, la fabricación de un jig de verificación impreso 3D para probar el ajuste en boca antes de finalizar la prótesis definitiva.

Otra implicación clínica tiene que ver con el número y el ángulo de los implantes en la arcada. Los casos con implantes muy angulados (como en los casos de “all on four” con implantes distales a 30-45°) pueden ser más difíciles de captar con exactitud para los escáneres intraorales. Los scan bodies pueden ser más difíciles de visualizar completamente por el escáner debido a la línea de visión, aumentando potencialmente el error de sutura. De hecho, en el estudio de Jasim et al.<sup>46</sup>, dos implantes distales tenían una angulación de 30 °, lo que podría explicar en parte por qué el método digital tuvo resultados menos favorables en ese estudio.<sup>46</sup>

Existen variables específicas que pueden influir en la exactitud de las impresiones digitales en casos de edentulismo con implantes. Entre los factores clave se incluye el protocolo o estrategia de escaneado: investigaciones recientes indican que un protocolo de exploración lineal suele dar mejores resultados que un enfoque aleatorio o segmentado. Hamilton et al. 2024<sup>41</sup> estudiaron específicamente protocolos de escaneado y descubrieron que el protocolo en el que los scan bodies ya estaban colocados durante todo el escaneado producía una exactitud significativamente superior, ya que proporciona puntos de referencia consistentes durante todo el escaneado en

comparación con el escaneado de la cresta edéntula primero y la adición de los scan bodies después.

El tipo de escáner y su software: Azevedo et al. 2024<sup>42</sup> probaron sistemáticamente cinco escáneres actuales en el mismo modelo edéntulo y encontraron diferencias significativas en la exactitud entre ellos, incluso cuando se utilizan scan bodies y protocolos idénticos. En sus resultados, Primescan proporcionó la mayor veracidad y precisión.<sup>42</sup>

Las actualizaciones de software también son relevantes: los fabricantes ajustan continuamente la forma en que se fusionan las nubes de puntos, y los estudios han demostrado que la mejora del software puede reducir los errores mediante el perfeccionamiento del proceso de alineación.<sup>50</sup> Por lo tanto, es importante utilizar la última versión de software y calibración del escáner intraoral.

El material y el diseño de los scan bodies utilizados: el material es una consideración clave para la exactitud del escaneo. La mayoría de los scan bodies están hechos del polímero PEEK o de un metal como titanio o aluminio. Cada uno tiene sus pros y sus contras, el PEEK tiene una superficie mate y antirreflejante que favorece el escaneado mientras que el metal es más duradero y menos propenso a deformarse. Estudios recientes sugieren que los scan bodies metálicos generalmente proporcionan una mayor exactitud debido a un mejor ajuste y una menor distorsión. Azevedo et al.<sup>42</sup> descubrieron una interacción significativa entre el material del scan body y la exactitud; en concreto, los scan bodies de titanio recubiertos de plasma ofrecían una mayor veracidad y precisión que los scan bodies de PEEK con diversos escáneres.

Por último, el número y la configuración de los implantes: Intuitivamente, se esperaría que un mayor número de implantes repartidos en una arcada mejorara la exactitud al proporcionar más puntos de referencia para la alineación, o, por el contrario, aumentara el potencial de error porque la exploración debe captar un área mayor y se acumula el riesgo de distorsión. Chochlidakis et al.<sup>47</sup> 2020 encontraron una correlación positiva pero no significativa entre el número de implantes y la desviación 3D en sus escaneados digitales, donde la adición de implantes aumentó ligeramente la desviación, pero el efecto fue muy pequeño y no significativo. Mientras tanto, Denneulin et al.<sup>39</sup> 2023, observaron una mejor exactitud en sus pruebas con seis implantes frente a menos implantes, lo que implica que tener más anclajes en el escaneado puede ayudar al software a



registrar mejor la geometría, reduciendo la posibilidad de errores, siempre y cuando el escáner pueda verlos todos claramente.

Sin embargo, un aspecto importante es la distancia entre los implantes. Cuanto más largo sea el tramo entre los implantes, el escáner debe recorrer una distancia mayor, lo que puede introducir más distorsión. Fu et al.<sup>48</sup> observaron que la distancia entre implantes se correlacionaba negativamente con la exactitud tanto de la fotogrametría, como de los escáneres intraorales, lo que significa que cuanto mayor era la distancia entre implantes, menor era la exactitud de estos métodos.

La investigación previa estableció que las impresiones digitales de implantes de arcada completa son factibles y pueden ser exactas, pero resaltó la importancia de la técnica. Los estudios más recientes presentan una mezcla de resultados, donde persiste la controversia sobre si los escáneres intraorales pueden sustituir a las impresiones convencionales en todos los casos de arcada completa, o tener un enfoque caso por caso. Los datos disponibles hasta la fecha sugieren tener un enfoque individualizado; donde los casos muy complejos podrían beneficiarse de un respaldo híbrido o analógico. Debido a esto, se necesitan más estudios, investigaciones y la exploración de técnicas para mejorar la exactitud de la exploración digital. A medida que la tecnología siga evolucionando, el panorama puede cambiar aún más, por lo que la investigación continua es esencial.

El mayor objetivo es garantizar que los pacientes edéntulos con restauraciones de implantes de arcada completa reciban las prótesis más exactas y mejor ajustadas posibles, con cualquier técnica de impresión que pueda ofrecer ese resultado de forma más eficaz. La tendencia de la literatura reciente muestra mejoras en los métodos digitales y confirma la viabilidad de un enfoque totalmente digital.

## **VIII. CONCLUSIONES**

1. La exactitud de las impresiones de implantes de arcada completa depende en gran medida de factores específicos. La fotogrametría y los protocolos de escaneo calibrados ofrecieron una veracidad y precisión superior.
2. La evaluación de la exactitud, precisión y veracidad entre las impresiones digitales y convencionales demostró que ambos métodos pueden lograr resultados clínicamente aceptables. Mientras que las impresiones digitales demostraron resultados comparables o mejorados, la técnica de cubeta abierta ferulizada analógica fue muy exacta y superó a las técnicas digitales en determinadas condiciones.
3. Los implantes angulados, la continuidad en espacios edéntulos, la colocación exacta del scan body, la experiencia del operador y seguir protocolos de escaneo adecuado, son limitaciones que afectan al rendimiento de las impresiones digitales en las rehabilitaciones de implantes de arcada completa.

## **IX. BIBLIOGRAFÍA:**

1. Lourenço MAG, Guimarães TM, Miranda ABS, Pazinato RB, Calderon PDS, Melo LA, Leite FPP. Factors Associated with Total Edentulism in Older Adults and Their Impact on the Self-Perception of Oral Health and Food. *Int J Prosthodont*. 2024 Sep 27;37(5):512-517.
2. Gupta A, Felton DA, Jemt T, Koka S. Rehabilitation of Edentulism and Mortality: A Systematic Review. *J Prosthodont*. 2019 Jun;28(5):526-535.
3. Hanioka T, Ojima M, Tanaka K, et al. Association of total tooth loss with smoking, drinking alcohol and nutrition in elderly Japanese: Analysis of national database. *Gerodontology* 2007; 24:87–92.
4. Ferreiroa Navarro, A. (2006). Ajuste pasivo en implantoprótesis. *Gaceta dental: Industria y profesiones*, 176, 100-117.
5. Cai Z, Li X, Wu X-Y, Lai H-C, Shi J-Y. Does intra-oral scan improve the impression accuracy of full arch implant-supported prostheses: A systematic review and meta-analysis. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2024;26(5):847!861.
6. Gallucci, G.O., Bernard, J.P. & Belser, U.C. (2005) Treatment of completely edentulous patients with fixed implantsupported restorations: three consecutive cases of simultaneous immediate loading in both maxilla and mandible. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* 25: 27–37.
7. Bergkvist, G., Sahlholm, S., Nilner, K. & Lindh, C. (2004) Implant-supported fixed prostheses in the edentulous maxilla. A 2-year clinical and radiological follow-up of treatment with non-submerged ITI implants. *Clinical Oral Implants Research* 15: 351– 359
8. Gallucci, G.O., Morton, D. & Weber, H.P. (2009) Loading protocols for dental implants in edentulous patients. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 24 (Suppl.): 132–146.
9. Schwartz-Arad, D., Kidron, N. & Dolev, E. (2005) A long-term study of implants supporting overdentures as a model for implant success. *Journal of Periodontology* 76: 1431–1435.
10. Elawady DM, Ibrahim WI. Clinical influence of digital vs analog impressions in all-on-4 implant prostheses: a randomized controlled trial. *Int J Comput Dent*. 2022 Mar 24;25(1):27-36.
11. Punj A, Bompolaki D, Garaicoa J. Dental Impression Materials and Techniques. *Dent Clin North Am*. 2017 Oct;61(4):779-796.
12. Hamalian TA, Nasr E, Chidiac JJ. Impression materials in fixed prosthodontics: influence of choice on clinical procedure. *J Prosthodont* 2011;20(2):153–60.

13. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. *Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature.* *BMC Oral Health.* 2017;
14. Gjelvold B, Chrcanovic BR, Korduner EK, Collin-Bagewitz I, Kisch J. *Intraoral digital impression technique compared to conventional impression technique. A randomized clinical trial.* *Journal of prothodontics.* 2016;
15. Pachiou A, Zervou E, Tsirogiannis P, Sykaras N, Tortopidis D, Kourtis S. *Characteristics of intraoral scan bodies and their influence on impression accuracy: A systematic review.* *J Esthet Restor Dent.* 2023 Dec;35(8):1205-1217.
16. Mizumoto RM, Yilmaz B. *Intraoral scan bodies in implant dentistry: A systematic review.* *J Prosthet Dent.* 2018 Sep;120(3):343-352.
17. Jahn D, inventor. *NT-Trading GmbH, assignee. Scan body for determination of positioning and orientation of a dental implant.* *US patent 14 011 936.* December 25, 2014.
18. *ISO 5725-1:1994 - Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results,* ISO, 2016.
19. *Joint Committee for Guides in Metrology, International Vocabulary of Metrology-Basic and General Concepts and Associated Terms 200:2012, 3rd ed., JCGM, 2015.*
20. Sawase T, Kuroshima S. *The current clinical relevancy of intraoral scanners in implant dentistry.* *Dent Mater J.* 2020 Jan 31;39(1):57-61.
21. Li H, Lyu P, Wang Y, Sun Y. *Influence of object translucency on the scanning accuracy of a powder-free intraoral scanner: a laboratory study.* *J Prosthet Dent* 2017; 117: 93-101.
22. Srivastava G, Padhiary SK, Mohanty N, Molinero-Mourelle P, Chebib N. *Accuracy of Intraoral Scanner for Recording Completely Edentulous Arches-A Systematic Review.* *Dent J (Basel).* 2023 Oct 18;11(10):241.
23. Zarone, F.; Ruggiero, G.; Ferrari, M.; Mangano, F.; Joda, T.; Sorrentino, R. *Comparison of Different Intraoral Scanning Techniques on the Completely Edentulous Maxilla: An in Vitro 3-Dimensional Comparative Analysis.* *J. Prosthet. Dent.* 2020, 124, e1–e762. [CrossRef]
24. Carneiro Pereira AL, Souza Curinga MR, Melo Segundo HV, da Fonte Porto Carreiro A. *Factors that influence the accuracy of intraoral scanning of total edentulous arches rehabilitated with multiple implants: A systematic review.* *J Prosthet Dent.* 2023 Jun;129(6):855-862.
25. Bergin JM, Rubenstein JE, Mancl L, Brudvik JS, Raigrodski AJ. *An in vitro comparison of photogrammetric and conventional complete-arch implant impression techniques.* *J Prosthet Dent.* 2013 Oct;110(4):243-51.

26. Bratos M, Bergin JM, Rubenstein JE, Sorensen JA. Effect of simulated intraoral variables on the accuracy of a photogrammetric imaging technique for complete-arch implant prostheses. *J Prosthet Dent.* 2018 Aug;120(2):232-241.
27. Molinero-Mourelle P, Lam W, Cascos-Sánchez R, Azevedo L, Gómez-Polo M. Photogrammetric and Intraoral Digital Impression Technique for the Rehabilitation of Multiple Unfavorably Positioned Dental Implants: A Clinical Report. *J Oral Implantol.* 2019 Oct;45(5):398-402.
28. Lie, A. and Jemt, T. (1994), Photogrammetric measurements of implant positions. Description of a technique to determine the fit between implants and superstructures. *Clinical Oral Implants Research*, 5: 30-36.
29. Go´mez-Polo M, Go´mez-Polo C, del Ri´o J, Ortega R. Stereophotogrammetric impression making for polyoxymethylene, milled immediate partial fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent.* 2018; 19:506–510.
30. Revilla-León M, Kois DE, Kois JC. A guide for maximizing the accuracy of intraoral digital scans. Part 1: Operator factors. *J Esthet Restor Dent.* 2023; 35(1): 230-240.
31. Paratelli A, Vania S, Gómez-Polo C, Ortega R, Revilla-León M, Gómez-Polo M. Techniques to improve the accuracy of complete arch implant intraoral digital scans: A systematic review. *J Prosthet Dent.* 2023 Jun;129(6):844-854.
32. Revilla-León M, Lanis A, Yilmaz B, Kois JC, Gallucci GO. Intraoral digital implant scans: Parameters to improve accuracy. *J Prosthodont.* 2023 Dec;32(S2):150-164.
33. Schmidt A, Wöstmann B, Schlenz MA. Accuracy of digital implant impressions in clinical studies: A systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2022 Jun;33(6):573-585.
34. Wulfman C, Naveau A, Rignon-Bret C. Digital scanning for complete-arch implant-supported restorations: A systematic review. *J Prosthet Dent.* 2020 Aug;124(2):161-167.
35. Guzelce Sultanoğlu E, Keleş B. Comparison of the accuracy and precision of digital scans for implant-supported maxillary hybrid prosthesis: An in vitro study. *Niger J Clin Pract* 2024;27:1245-51.
36. Di Fiore, A.; Graiff, L.; Savio, G.; Granata, S.; Basilicata, M.; Bollero, P.; Meneghello, R Investigation of the Accuracy of Four Intraoral Scanners in Mandibular Full-Arch Digital Implant Impression: A Comparative In Vitro Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19,4719.
37. Kosago P, Ungurawasaporn C, Kukiattrakoon B. Comparison of the accuracy between conventional and various digital implant impressions for an implant-supported mandibular complete arch-fixed prosthesis: An in vitro study. *J Prosthodont.* 2023;32:616–624.
38. Papaspyridakos P, De Souza A, Finkelman M, et al: Digital vs conventional full-arch implant impressions: A retrospective analysis of 36 edentulous jaws. *J Prosthodont* 2023;32:325–330.

39. Denneulin T, Rignon-Bret C, Ravalec G, Tapie L, Bouter D, Wulfman C. Accuracy of Complete-Arch Implant Digital Scans: Effect of Scanning Protocol, Number of Implants, and Scan Body Splinting. *Int J Prosthodont.* 2023 May;36(2):219-227.
40. Blanco-Plard A, Hernandez A, Pino F, Vargas N, Rivas-Tumanyan S, Elias A. 3D Accuracy of a Conventional Method Versus Three Digital Scanning Strategies for Completely Edentulous Maxillary Implant Impressions. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2023 Dec 12;38(6):1211-1219.
41. Hamilton, A., Negreiros, W. M., Jain, S., Finkelman, M., & Gallucci, G. O. (2024). Influence of scanning protocol on the accuracy of complete-arch digital implant scans: An in vitro study. *Clinical Oral Implants Research*, 35, 641–651.
42. Azevedo L, Marques T, Karasan D, Fehmer V, Sailer I, Correia A, Gómez Polo M. Influence of Implant ScanBody Material and Intraoral Scanners on the Accuracy of Complete-Arch Digital Implant Impressions. *Int J Prosthodont.* 2024 Sep 27;37(5):575-582.
43. Jasim AG, Abo Elezz MG, Altonbary GY, Elsyad MA. Accuracy of digital and conventional implant-level impression techniques for maxillary full-arch screw-retained prosthesis: A crossover randomized trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2024;26(4):714-723.
44. Ma B, Yue X, Sun Y, Peng L, Geng W. Accuracy of photogrammetry, intraoral scanning, and conventional impression techniques for complete-arch implant rehabilitation: an in vitro comparative study. *BMC Oral Health.* 2021 Dec 10;21(1):636.
45. Pesce P, Nicolini P, Caponio VCA, Zecca PA, Canullo L, Isola G, Baldi D, De Angelis N, Menini M. Accuracy of Full-Arch Intraoral Scans Versus Conventional Impression: A Systematic Review with a Meta-Analysis and a Proposal to Standardise the Analysis of the Accuracy. *J Clin Med.* 2024 Dec 27;14(1):71.
46. Jasim AG, Abo Elezz MG, Altonbary GY, Elsyad MA. Accuracy of digital and conventional implant-level impression techniques for maxillary full-arch screw-retained prosthesis: A crossover randomized trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2024 Aug;26(4):714-723.
47. Chochlidakis K., Papaspyridakos P., Tsigarida A., Romeo D., Chen Y.W., Natto Z., Ercoli C. Digital Versus Conventional Full-Arch Implant Impressions: A Prospective Study on 16 Edentulous Maxillae. *J. Prosthodont.* 2020;29:281–286.
48. Fu X.J., Liu M., Liu B.L., Tonetti M.S., Shi J.Y., Lai H.C. Accuracy of intraoral scan with prefabricated aids and stereophotogrammetry compared with open tray impressions for complete-arch implant-supported prosthesis: A clinical study. *Clin. Oral Implant. Res.* 2024;35:830–840.
49. Pera F., Pesce P., Bagnasco F., Pancini N., Carossa M., Baldelli L., Annunziata M., Migliorati M., Baldi D., Menini M. Comparison of Milled Full-Arch Implant-Supported Frameworks Realised

- with a Full Digital Workflow or from Conventional Impression: A Clinical Study. Materials.* 2023;16:833.
50. Özal Ç. *Guide to Optimizing the Accuracy of Intraoral Implant Scans: A Review Article. Cyprus J Med Sci.* 2025 Feb;10(1):13-21.
51. Mejia G, Armfield JM, Jamieson LM. *Self-rated oral health and oral health-related factors: The role of social inequality Aust Dent J.* 2014;59:226–33
52. Li KY, Okunseri CE, McGrath C, Wong MCM. *Trends in self-reported oral health of US adults: National Health and Nutrition Examination Survey 1999–2014 Community Dent Oral Epidemiol.* 2018;46:203–11
53. Richi, M.W., Kurtulmus-Yilmaz, S. & Ozan, O. *Comparison of the accuracy of different impression procedures in case of multiple and angulated implants. Head Face Med* 16, 9 (2020).
54. Nateghi M, Negahdari R, Molaei S, Barzegar A, Bohlouli S. *Comparison of the Accuracy of Fixture-Level Implant Impression Making with Different Splinting Techniques. Int J Dent.* 2021 Oct 14;2021:2959055.
55. Subhas, S., Yadav, A. K., & Yadav, R. (2023). *Efficacy of different splinting material with the open tray impression technique: An in vitro analysis. International Journal of Life Sciences, Biotechnology and Pharma Research*, 12(1), 282–286.
56. Alkadi, L. (2023). *A Comprehensive Review of Factors That Influence the Accuracy of Intraoral Scanners. Diagnostics*, 13(21), 3291.
57. Lee, JH., Bae, JH. & Lee, S.Y. *Trueness of digital implant impressions based on implant angulation and scan body materials. Sci Rep* 11, 21892 (2021).
58. Nowicki, A., & Osypko, K. (2024). *Complex Full-Arch Treatment with Zygomatic Implants, Fully Digital Protocol with Scan Flag Intraoral Scanning, and 3D-Printed Temporary Reconstructions in a Periodontal Patient—A Case Report. Biomedicines*, 12(11), 2617.