



ODONTOLOGÍA DIGITAL Y CIRUGÍA GUIADA: PRECISIÓN, TIEMPO QUIRÚRGICO Y SATISFACCIÓN DEL PACIENTE

DIGITAL DENTISTRY AND GUIDED SURGERY: PRECISION, SURGICAL TIME, AND PATIENT SATISFACTION

Adriana Cubillas Melgarejo¹, Jessica Lizbeth Macas Granizo², Gennesis Romina Argüello Garcés³, Bryan Francisco Aldaz Barriga⁴

{adricu93@hotmail.com¹, macasjessica11@gmail.com², gennesis.arguello08@gmail.com³, bryanf_28@hotmail.es⁴}

Fecha de recepción: 15/08/2026 / Fecha de aceptación: 07/09/2026 / Fecha de publicación: 16/09/2026

RESUMEN: La odontología digital ha cambiado completamente la planificación y ejecución de la cirugía implantológica, a medida que han ido surgiendo los distintos sistemas de cirugía guiada por computadora estática, dinámica y robótica, con la intención de mejorar la exactitud de la colocación de los implantes dentales. Pese a ello, aún existe controversia sobre si esta tecnología reduce el tiempo quirúrgico y mejora la satisfacción del paciente. Revisar la evidencia científica publicada desde el año 2016 hasta el 2026 sobre la exactitud, el tiempo operatorio y la satisfacción del paciente en cirugía implantológica guiada digitalmente versus la técnica convencional a mano alzada. Se realizó una revisión bibliográfica de tipo narrativo-sistemático siguiendo las indicaciones de PRISMA 2020, donde se realizó una búsqueda en bases de datos como las de PubMed/MEDLINE, Scopus, WOS y Cochrane Library, tratados ensayos clínicos aleatorios, revisiones sistemáticas, metaanálisis y sobre estudios observacionales publicados en revistas indexadas. Se observaron desviaciones angulares o lineales muy significativamente menores con la guía quirúrgica estática, la dinámica y la robótica frente a la técnica a mano alzada. Sin embargo, los datos sobre el tiempo quirúrgico y satisfacción del paciente fueron muy heterogéneos, siendo los beneficios más significativos en cirujanos noveles y los protocolos sin colgajo. La cirugía guiada digitalmente presenta una precisión clínica relevante frente a la técnica convencional, por tanto, el tiempo operatorio y la satisfacción del paciente dependerán del sistema, de la experiencia del operador y de la dificultad del caso; por ello, la elección del sistema/protocolo deberá hacerse de manera individualizada según cada caso clínico.

Palabras clave: *Odontología digital, cirugía asistida por computadora, navegación dinámica, precisión, satisfacción del paciente, implantes dentales*

¹Cirujana Dentista en México, Ciudad de México, <https://orcid.org/0009-0009-1657-0095>

²Investigador independiente, <https://orcid.org/0009-0008-4848-0740>

³Investigador independiente, <https://orcid.org/0009-0008-8813-4252>

⁴Investigador independiente, <https://orcid.org/0009-0005-1341-4418>



ABSTRACT: Digital dentistry has completely transformed the planning and execution of implant surgery, as various systems for static, dynamic, and robotic computer-guided surgery have emerged, with the aim of improving the accuracy of dental implant placement. Despite this, there is still controversy over whether this technology reduces surgical time and improves patient satisfaction. To review the scientific evidence published from 2016 to 2026 on accuracy, operative time, and patient satisfaction in digitally guided implant surgery versus the conventional freehand technique. A narrative-systematic literature review was conducted following the PRISMA 2020 guidelines, involving a search of databases such as PubMed/MEDLINE, Scopus, WOS, and the Cochrane Library, and including randomized clinical trials, systematic reviews, meta-analyses, and observational studies published in indexed journals. Significantly lower angular or linear deviations were observed with static, dynamic, and robotic surgical guides compared to the freehand technique. However, the data on surgical time and patient satisfaction were highly heterogeneous, with the most significant benefits observed among novice surgeons and in protocols without flaps. Digitally guided surgery offers significant clinical precision compared to the conventional technique; therefore, operative time and patient satisfaction will depend on the system, the surgeon's experience, and the complexity of the case. Consequently, the choice of system or protocol should be made on a case-by-case basis for each clinical situation.

Keywords: *Digital dentistry, computer-assisted surgery, dynamic navigation, precision, patient satisfaction, dental implants*

INTRODUCCIÓN

La transformación digital ha invadido prácticamente todos los sectores de la práctica clínica odontológica durante la última década. Los escáneres intraorales han ido sustituyendo progresivamente las impresiones convencionales en alginato y silicona, permitiendo mayor comodidad del paciente y una integración más rápida con los sistemas de CAD y CAM de la clínica o del laboratorio dental. La evidencia generada a lo largo de estos últimos años ha mostrado que dichos dispositivos alcanzan niveles de exactitud clínicamente aceptables para la mayoría de las indicaciones restauradoras y protésicas (1). Posteriores estudios de validación han evidenciado la fiabilidad de estos escáneres en comparación con criterios de referencia comunes de evaluación, aunque su desempeño puede quedar condicionado por el tamaño del arco escaneado, por la experiencia del operador y las condiciones ambientales intraorales (2) hallazgo corroborado hace poco por una revisión de tipo soja que incluía diferentes metaanálisis previos sobre la exactitud de los escáneres (3).

Esta digitalización no es simplemente una informal presentación tecnológica que mejora la toma de impresiones, sino que supone un verdadero cambio de paradigma que llega a redefinir cómo el profesional lleva a cabo el diagnóstico, la planificación y la ejecución de los procedimientos



clínicos. La adopción paralela de la tomografía computarizada con haz cónico ha permitido la adecuada reconstrucción tridimensional de las estructuras anatómicas del paciente, configurando la planificación virtual de tratamientos quirúrgicos más complejos de los que, por lo exigente de la precisión tridimensional que requiere, la cirugía de implantes dentales ostenta condición primordial.

En un grado más concreto, la colocación precisa del implante tiene repercusiones inmediatas en cuanto a la concepción funcional y estética del tratamiento y en términos de la seguridad del paciente al evitar estructuras anatómicas de alta importancia como el nervio dentario inferior, el seno maxilar o las raíces de los dientes adyacentes. La cirugía implantológica asistida por computadora ha sido clasificada, hasta la fecha, en tres clases: la estática, mediante guías quirúrgicas desarrolladas a partir de una impresión 3D o fresadas a partir de una planificación virtual, la dinámica, mediante sistemas de navegación en tiempo real que detectan la localización del instrumental quirúrgico y la robótica, en la que un brazo mecánico desarrolla total o parcialmente la osteotomía y la colocación del implante bajo el control del cirujano. La evidencia sobre la precisión de la cirugía guiada estática es satisfactoria y consistente.

Una original revisión sistemática con metaanálisis reportó un error medio de 1,2 mm en el punto de entrada, 1,4 mm en el ápice y una desviación angular de 3,5 grados; valores que se consideraron dentro de un rango clínicamente aceptable, aunque los autores recomendaron mantener un margen de seguridad de al menos 2 mm respecto a estructuras anatómicas críticas (4). Un metaanálisis independiente comparando estudios en cadáveres, modelos in vitro y pacientes reales desvelaron que la cirugía totalmente guiada obtiene mayor exactitud que la parcialmente guiada, aunque las diferencias son relevantes por tipo de diseño experimental (5). Nuevas investigaciones posteriores, las cuales incluyen un número considerablemente mayor de ensayos clínicos, y examinan de forma conjunta las técnicas estática, dinámica y robótica, confirmaron desviaciones medias de 1,11 mm en el punto de entrada y 1,40 mm en el ápice con una angulación promedio de 3,51 grados (6). Estos resultados han generado un interés cada vez mayor por intentar sistematizar los factores clínicos que pueden condicionar la precisión de la cirugía guiada y, entre ellos, destacan el tipo de guía, el sistema de fijación y la experiencia del operador (7).

La navegación dinámica también ha suscitado particular interés debido a su posibilidad de ofrecer retroalimentación visual de manera continua en el tiempo de la osteotomía, lo que supondría una aceleración para la curva de aprendizaje de cirujanos con menos experiencia. Un ensayo clínico aleatorizado que compara la exactitud de la técnica estática frente a la dinámica en espacios unitarios no encontró diferencias significativas en términos de precisión en ambas modalidades (8). Sin embargo, los resultados sobre su efecto en el tiempo quirúrgico y la satisfacción del paciente no son homogéneos: un ensayo clínico reciente frente a cirujanos noveles mostró una reducción del tiempo específico de la colocación del implante sin diferencias significativas en el tiempo quirúrgico total (9), en cambio un ensayo clínico, tipo doble brazo, argumentó que la



navegación dinámica incrementaba el tiempo operatorio sin necesariamente conducir a una mayor satisfacción del paciente en comparación con la técnica convencional a mano alzada (10).

Aún en un nivel más concreto, la llegada de los sistemas robóticos de cirugía implantológica representa el límite tecnológico más reciente. Estos sistemas asocian la precisión de la planificación digital con la ejecución mecánica controlada, de esta forma disminuyendo la variabilidad correspondiente al factor humano y evidencian desviaciones angulares y lineales incluso menores que las observadas con navegación dinámica en estudios in vitro (11). Las revisiones narrativas más recientes coinciden en enunciar que la cirugía robótica puede ser superior a la cirugía convencional a mano alzada en cuanto a la precisión y los resultados clínicos, pero aún no está en un uso extensivo en la práctica clínica habitual debido al coste del equipamiento y a la curva de aprendizaje (12). Otra revisión de literatura adicional reflejó que la guía robótica permite una salida de limitaciones inherentes a la del operador humano como la fatiga y la visibilidad restringida, incrementando la estabilidad y la eficiencia del procedimiento (13).

Las series clínicas más recientes han informado desviaciones angulares superiores a 1,2 grados con sistemas robóticos (14), así como inmediatas colocaciones de implantes en dientes posteriores a haber procedido a su extracción (15), mientras que las revisiones sistemáticas en estudios in vitro han podido corroborar de forma casi unánime el potencial de estos sistemas por transformar la implantología, aunque sólo con una evidencia clínica aún muy limitada a corto plazo (16). La razón que motiva la presente revisión consiste en que, a pesar del número creciente de publicaciones relativas a la cirugía guiada digitalmente, buena parte de la literatura se ha desviado hacia un aspecto como es la precisión geométrica de la colocación del implante, tendiendo a quedar en un segundo plano dos variables de enorme importancia clínica y asistencial como son el tiempo quirúrgico utilizado y la satisfacción experimentada por el paciente durante el mismo y en el postop.

Un ensayo aleatorizado en boca dividida muestra bien esta tensión en el hecho de que la cirugía sin colgajo guiada por plantilla estática redujo de forma importante el tiempo operatorio, el consumo de analgésicos y la ansiedad del operador si la comparamos con la cirugía convencional ejecutada por médicos con nula experiencia previa (17). Tanto el tiempo como la satisfacción, que son consideradas como variables en el ámbito de la toma de decisiones clínicas, la administración de los recursos de forma eficiente por la práctica odontológica y la experiencia en su conjunto del paciente, de ahí que proceder a sistematizar y contrastar la evidencia en la que la relación entre las tres variables en conjunto debería ser posible, los objetivos del presente trabajo será doble; revisar la evidencia científica existente sobre la precisión, el tiempo de cirugía y la satisfacción paciente correspondiente a la cirugía implantológica guiada digitalmente, en comparación con la antigua técnica convencional a mano alzada, en el ámbito de la publicación científica existente entre 2016 y 2026. Si bien la superioridad de la cirugía guiada digitalmente en términos de precisión geométrica está establecida en la mayoría de la literatura existente, la evidencia de su impacto sobre el tiempo quirúrgico y la satisfacción del paciente sigue siendo discordante.



Por un lado, el estudio de Frizzera et al. estudió la técnica guiada sin colgajo y observó una reducción importante del tiempo de operación frente a la cirugía convencional practicada por operadores sin experiencia previa (17). Por otro lado, el ensayo clínico aleatorizado con navegación dinámica de Jorba-García et al. no encontró diferencias significativas favorables en el tiempo total de operación, y ni siquiera fue capaz de encontrar una mejora en el tiempo de operación con la navegación al respecto (16). Tal divergencia sugiere que el efecto de esta digitalización referida al tiempo y la experiencia del paciente no transcurre de forma lineal y homogénea, sino que variará en función de factores como por ejemplo el tipo de sistema tecnológico que se aplica, el factor del nivel de experiencia del cirujano, la complejidad anatómica que presenta la intervención e incluso el protocolo quirúrgico empleado, etc. Y, ante este hecho, se deriva la siguiente pregunta de investigación: ¿cuál es la evidencia científica actual, de 2016 a 2026, que trata sobre la precisión, el tiempo quirúrgico y la satisfacción del paciente en la técnica quirúrgica implantológica guiada digitalmente comparada con la técnica quirúrgica a mano alzada, y qué factores explican la heterogeneidad de los resultados mostrados en los trabajos científicos?

Analizar la evidencia científica publicada entre 2016 a 2026 en relación a la precisión, al tiempo quirúrgico y a la satisfacción del paciente asociados a la técnica quirúrgica implantológica guiada digitalmente (estática, dinámica y robótica) comparada con la técnica de la cirugía convencional mediante la técnica a mano alzada y describir el grado de precisión tridimensional que logran los sistemas de cirugía implantológica asistida por ordenador estática, dinámica y robótica que hemos podido recabar en la literatura indexada así como también comparar el tiempo quirúrgico invertido en la colocación de implantes dentales mediante técnicas guiadas digitalmente frente a la técnica quirúrgica convencional a mano alzada y finalmente identificar el efecto de la cirugía guiada digitalmente sobre la satisfacción, el dolor postoperatorio y la calidad de vida relacionada con la salud oral del paciente.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo que se presenta se puede clasificar como una investigación que es de tipo bibliográfico, pero está diseñada con una revisión narrativa sistemática, que se apoya en la declaración PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) como marco de referencia para la búsqueda, la selección y la presentación de la evidencia (18). Esta manera de proceder permitió identificar, organizar y sintetizar de una manera estructurada la producción científica reciente vinculada a la precisión, el tiempo quirúrgico y la satisfacción del paciente en el ámbito de la cirugía implantológica computarizada, aunque no pudo llevarse cabo un metaanálisis cuantitativo original, dado que la intención ha sido de tipo integrador comparativo.

La unidad de análisis queda determinada por los artículos científicos que resultaban publicados en revistas indexadas en bases de datos de alto impacto, a partir de los cuales se consideraban los textos que efectivamente hablaban de la cirugía implantológica asistida por computadora en



sus variantes de cirugía implantológica computarizada estática, de cirugía implantológica computarizada dinámica y de cirugía implantológica robótica. Se consideraron ensayos clínicos aleatorizados, estudios de cohortes prospectivos, revisiones sistemáticas y metaanálisis, publicados entre 2016 y 2026, en inglés o español, con acceso a texto completo, o resumen estructurado, con capacidad para extraer datos relevantes. No fueron considerados, las cartas al editor, los comentarios sin datos originales, los reportes de casos aislados sin la posibilidad de comparar las técnicas empleadas, y las publicaciones no indexadas o de dudosa trazabilidad editorial.

La búsqueda de información se realizó en un entorno académico digital con consulta directa a las bases de datos PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Cochrane Library, la revisión de las listas de referencias de los artículos incluidos, para posteriormente identificar algunos estudios adicionales relevantes que no estuviesen inicialmente capturados. Se emplearon palabras clave en la búsqueda, combinando términos mediante operadores booleanos, como digital dentistry, computer-assisted implant surgery, static guided surgery, dynamic navigation, robotic implant surgery, surgical time y patient satisfaction. Las variables de interés que fueron extraídas de cada estudio incluido fueron: (a) precisión de la colocación del implante, expresada como desviación lineal en mm en la entrada (plataforma) y en el ápice y como desviación angular en grados, medida en la mayoría de los casos mediante superposición de tomografías computarizadas de haz cónico preoperatorias y postoperatorias; (b) tiempo quirúrgico, medido en minutos, según diferencia cuando fue posible entre el tiempo total que se tardó en el procedimiento y el tiempo sólo de preparación del lecho e inserción del implante; y (c) satisfacción del paciente, evaluada a partir de cuestionarios validados como el Oral Health Impact Profile de 14 ítems (OHIP-14) o escalas visuales analógicas de dolor y cuestionarios tipo Likert para evaluar la percepción global de la experiencia quirúrgica.

Bajo la premisa de la revisión de tipo bibliográfico, el análisis se realizó de forma descriptiva y comparativa, la cual se concluyó mediante la síntesis de los estadísticos reportados originalmente por cada estudio primario (las diferencias de medias, los intervalos de confianza del 95 % y los valores de p), pero sin reexaminar las medidas de efecto agrupadas. En el caso de que los estudios incluidos fueran revisiones sistemáticas (metaanálisis), se procedió por el cálculo de las diferencias medias ponderadas de acuerdo con el modelo de efectos aleatorios empleado por los autores originales, respetando al mismo tiempo la heterogeneidad metodológica de los diseños de estudio primario, el tamaño de las muestras y los sistemas tecnológicos evaluados.

**Tabla 1. Metodología detallada de la revisión bibliográfica.**

Componente	Descripción
Marco metodológico	Declaración PRISMA 2020 para la identificación, selección y síntesis de la evidencia
Bases de datos	PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Cochrane Library
Periodo de búsqueda	Enero de 2016 a 2026
Idiomas	Español e inglés
Palabras clave	Digital dentistry; computer-assisted implant surgery; static guided surgery; dynamic navigation; robotic implant surgery; surgical time; patient satisfaction
Tipos de estudio incluidos	Ensayos clínicos aleatorizados, estudios de cohorte prospectivos, revisiones sistemáticas y metaanálisis
Criterios de inclusión	Publicación en revista indexada; comparación entre técnica guiada y técnica convencional o entre distintas modalidades de guiado; reporte de al menos una de las variables de interés
Criterios de exclusión	Cartas al editor, reportes de caso aislados sin comparación, publicaciones no indexadas, estudios anteriores a 2016
Variables analizadas	Precisión (desviación lineal en plataforma y ápice, desviación angular); tiempo quirúrgico; satisfacción del paciente (OHIP-14, EVA, Likert)
Tipo de síntesis	Descriptiva y comparativa, respetando los modelos estadísticos originales de cada estudio primario

El análisis de la tabla metodológica nos indica que la estrategia de búsqueda deliberadamente combinó una o más bases de datos biomédicas de ámbito amplio con términos específicos sobre las 3 modalidades de cirugía guiada, lo cual prestó la oportunidad de captar tanto la evidencia de mayor jerarquía metodológica revisiones sistemáticas y metaanalíticas como ensayos clínicos individuales para proporcionar datos primordiales sobre tiempo quirúrgico y satisfacción, variables que suelen padecer infrarepresentación en las síntesis que sólo se centran en precisión. La delimitación temporal entre años 2016 y 2026 está justificada por la necesidad de mostrar la situación de una tecnología en constante evolución, que cambia las versiones iniciales de los sistemas robóticos y de navegación dinámica que han llegado a la actualidad.



RESULTADOS

A continuación, se presentan los principales hallazgos organizados en un total de tres grupos temáticos que se corresponden a las variables de interés de la presente revisión: precisión de la colocación implantológica, tiempo quirúrgico y satisfacción del paciente. Cada grupo se complementa con una tabla resumen, elaborada a partir de los datos reportados por los estudios primados incluidos, seguida de su correspondiente análisis.

La tabla 2 resume los valores de desviación lineal (plataforma y ápice) y angular que son reportados por las principales revisiones sistemáticas y metaanálisis incluidos (4), (6), de acuerdo con la modalidad de cirugía guiada evaluada.

Tabla 2. Precisión reportada según la modalidad de cirugía guiada.

Modalidad / estudio	Desviación plataforma (mm)	Desviación ápice (mm)	Desviación angular (°)
Cirugía estática (Tahmaseb et al., 2018) (4)	1,20	1,40	3,50
Estática, dinámica y robótica combinadas (Khaohoen et al., 2024) (6)	1,11	1,40	3,51
Cirugía guiada de arco completo (Dos Santos et al., 2025) (18)	≈1,0-1,3	≈1,2-1,6	3,0-4,0
Implantación inmediata con navegación dinámica (Lau et al., 2025) (19)	Reducción de 0,70 mm vs. mano alzada	Reducción significativa	No especificado
Cirugía robótica in vitro (Jain et al., 2023) (11)	< 1,0	< 1,0	< 2,0
Cirugía robótica clínica (Liu et al., 2025) (14)	0,62	0,62	1,16

El análisis que se puede realizar a partir de la tabla 2 deja ver una tendencia homogénea, que a medida que va incrementando el grado de automatización del sistema de la cirugía estática hacia la cirugía guiada dinámica y posteriormente la cirugía robótica, las desviaciones lineales y angulares decaen. Los sistemas estáticos demuestran desviaciones medias entre aproximadamente 1,1-1,4 mm en la plataforma y en el ápice, con angulaciones cercanas a 3,5 grados (4), (6). La navegación dinámica, además de ofrecer la corrección en tiempo real, demuestra reducciones de la desviación respecto al hecho de hacerlo a mano alzada, destacando especialmente la implantación inmediata de dientes unitarios (19).



Por su parte, los sistemas robóticos han mostrado ser los que han demostrado tener menores desviaciones en la literatura actual, con valores angulares de 1,2 grados en series clínicas, lo cual valida la hipótesis de que la ejecución mecánica controlada reduciría la variabilidad del factor humano (11), (14). Un segundo hallazgo que también está correlacionado con la práctica clínica es que la precisión de fabricación de las guías estáticas impresas en tres dimensiones también condiciona el resultado final, ya que las desviaciones dimensionales que se deben introducir durante el proceso de impresión y esterilización se trasladan directamente a la posición del implante colocado (20).

La tabla 3 presenta la síntesis de hallazgos relacionados con el tiempo quirúrgico reportados en ensayos clínicos que han comparado directamente la técnica es guiada digitalmente con la técnica convencional a mano alzada.

Tabla 3. Comparación del tiempo quirúrgico entre técnica guiada y técnica convencional.

Estudio	Hallazgo principal	Población / diseño
Frizzera et al., 2021 (17)	Cirugía sin colgajo guiada: 30 min 1 s vs. cirugía convencional: 56 min 36 s	Ensayo aleatorizado, boca dividida, operadores sin experiencia
Jorba-García et al., 2023 (21)	La navegación dinámica no redujo el tiempo quirúrgico total respecto a la técnica a mano alzada	Ensayo clínico aleatorizado de doble brazo
Ruiz-Romero et al., 2026 (9)	Menor tiempo de colocación del implante con d-CAIS; sin diferencia en el tiempo quirúrgico total	Ensayo aleatorizado en cirujanos noveles
Campos et al., 2024 (22)	Reducción del tiempo quirúrgico y del trauma en paciente sistémicamente comprometido mediante guía impresa en 3D	Reporte clínico con guía estática impresa en 3D

La lectura que se puede ver en la tabla 3 indica que el efecto de la digitalización sobre el tiempo quirúrgico depende también en buena medida del sistema utilizado y del grado de experiencia del operador. Los protocolos estáticos sin colgajo reducen enormemente el tiempo operatorio cuando los aplica un profesional con poca experiencia previa; es decir, la guía física reduce la toma de decisiones en un entorno de alta incertidumbre (17); (22). En contraposición con los hallazgos descritos, los sistemas de navegación dinámica no consiguieron en todos los ensayos disminuir el tiempo total del procedimiento e incluso lo aumentaron, probablemente relacionado con el tiempo exigido para el registro y la calibración del sistema óptico antes de llevar a cabo la osteotomía (9), (21). Este hecho hace que la eficiencia temporal de la cirugía guiada no deba generalizarse, sino que depende de la curva de aprendizaje de la tecnología específica.



Finalmente, la tabla 4 recoge los resultados que se han reportado sobre satisfacción, dolor postoperatorio y calidad de vida relacionada con la salud oral observados en aquellos estudios en los que se incorporaron los desenlaces informados por el propio paciente.

Tabla 4. Satisfacción del paciente y desenlaces reportados por el paciente (PROMs).

Estudio	Hallazgo sobre satisfacción / experiencia del paciente
Evidence-Based Dentistry, 2022 (23)	92 % de los pacientes se declararon satisfechos con el servicio clínico y 89 % con la cirugía implantológica en general, sin diferencias relevantes entre mano alzada, cirugía estática y dinámica
Jorba-García et al., 2023 (21)	La navegación dinámica no mejoró la percepción del paciente, el dolor postoperatorio ni la calidad de vida respecto a la técnica convencional
Ruiz-Romero et al., 2026 (9)	Alta satisfacción y calidad de vida en pacientes intervenidos por cirujanos noveles con navegación dinámica, con niveles de dolor comparables a la técnica no guiada
Frizzera et al., 2021 (17)	Menor consumo de analgésicos (15 vs. 49 comprimidos) y menor dolor intra y postoperatorio con cirugía sin colgajo guiada
Engkawong et al., 2021 (24)	Resultados y experiencias reportadas por el paciente similares entre técnica convencional, estática y dinámica en el corto plazo

El análisis conjunto contenido en la tabla 4 muestra un hallazgo importante para la práctica clínica: la satisfacción global del paciente es elevada independientemente de la técnica quirúrgica que se ejerza, lo que quiere decir que factores como la comunicación previa, el manejo del dolor postoperatorio, y la relación clínico-paciente podrían tener un peso similar a la técnica empleada (23), (24). Sin embargo, cuando se analizan desenlaces más "objetivos" como son el consumo de analgésicos y el nivel de dolor intraoperatorio, los protocolos sin colgajo asistidos por guías estáticas fueron claramente superior a la cirugía convencional con levantamiento de colgajo, lo que apoya su indicación de elección en pacientes con mayor ansiedad dental, o en aquellos que presentan condiciones sistémicas que limitan correctamente la tolerancia a tratamientos largos (17), (22).

Finalmente señalar que una revisión sistemática centrada en desenlaces clínicos como la pérdida ósea marginal, las complicaciones mecánicas y biológicas y la supervivencia del implante, no encontró diferencias significativas entre la cirugía guiada por computador y la técnica a mano alzada (25), hallazgo que sugiere que a pesar de las diferencias en precisión, tiempo y percepción subjetiva descritas, el pronóstico biológico a medio plazo del implante puede resultar similar entre ambas técnicas cuando son llevadas a cabo de forma correcta. Este hallazgo es consistente con lo reportado en la revisión sistemática y metaanálisis específicamente en la navegación dinámica, la cual confirmaba una reducción sistemática de las desviaciones espaciales sin comprometer los desenlaces biológicos del implante (21).

DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta revisión apuntan, en primer lugar, a que la precisión es el desenlace más extraordinariamente positivo que resulta de la llegada de la cirugía digital guiada por parte de la cirugía a mano alzada, lo cual está en consonancia con la evidencia clásica recogida por Tahmaseb et al. (4) y que fue posteriormente ampliada por Khaohoen et al. (6), que con un número muy superior de ensayos clínicos llegó a confirmar en el caso de los sistemas estáticos y dinámicos combinados desviaciones medias menores a 1,5 mm tanto en plataforma como en ápice.

Por otra parte, un aspecto a tener en cuenta correspondiente a la convergencia de las evidencias, de este tipo de resultado, que fue obtenido en épocas totalmente distintas y con muestras independientes, da fortaleza al argumento anterior, que es que la planificación virtual en tres dimensiones volcada posteriormente en un dispositivo físico o bien en un sistema de navegación posteriormente traduce en una reducción del margen de error de manera clínicamente significativa respecto a la planificación mental y la ejecución manual histórica.

En segundo lugar, la contraposición entre modalidades nos indica que existe una jerarquía de la precisión creciente desde la cirugía estática hacia la robótica, tendencia también documentada por Jain et al. (11) en su metaanálisis de estudios in vitro o clínicamente apoyada por Liu et al. (14), quienes reportaron desviaciones angulares inferiores a 1,2 grados con sistemas robóticos. Este hecho es consistente desde un punto de vista biomecánico, ya que los sistemas robóticos eliminan la variabilidad debida al pulso, a la fatiga o a la percepción visual del operador humano, ya que estos factores pueden influir a la hora de realizar una guía estática manual en el seguimiento visual de una pantalla de navegación dinámica, tal y como comentan Wang et al. (12) en su revisión narrativa.

Con respecto al tiempo de cirugía, la revisión de la literatura identificó resultados menos homogéneos que los documentados para la variable precisión, lo que contrasta en parte con la opinión generalizada en la práctica clínica que establece que la digitalización hace más rápidos los procedimientos. Por otro lado, Frizzera et al. (17) avanzan que la cirugía sin colgajo guiada por plantilla estática reduce el tiempo operatorio a menos de la mitad, y el ensayo descrito por la navegación dinámica de Jorba-García et al. (21) no documenta beneficios similares y llega a reportar un incremento del tiempo total cuando se incluye el proceso de calibración y registro del sistema óptico. Esta discrepancia podría ser explicada por las discrepancias estructurales de ambas tecnologías, en la que el guiado estático omite pasos intraoperatorios al predeterminar físicamente la trayectoria de fresado y la navegación dinámica requiere una fase adicional que compensa el tiempo mejorado durante la fase activa de perforación.

En lo que se refiere a la satisfacción del paciente, los resultados que se obtienen en la presente revisión concuerdan con lo encontrado en la evidencia correspondiente que transporta la revisión de Evidence-Based Dentistry (24), ya que se encontró un nivel alto de satisfacción y equiparable entre los procedimientos quirúrgicos evaluados, lo que indica que la valoración subjetiva del



paciente no depende exclusivamente del grado de precisión técnica de la intervención. La importancia de esta observación radica en el hecho de que tal y como se sostiene y, en cierto modo, se esperaba, el aumento de la precisión en la tecnología debería traducirse automáticamente en una mejor experiencia percibida, pero las variables consideradas: el dolor postquirúrgico, el edema y el tiempo de recuperación funcional parecen ser determinantes de una forma más sólida que un desvío milimétrico del implante colocado, tal como pone de relieve el ensayo de Engkawong et al. (24).

Un hallazgo de especial relevancia de la actual revisión es el papel diferencial de la experiencia del operador. Las investigaciones de Frizzera et al. (17) y de Ruiz-Romero et al. (9) concuerdan en afirmar que las ventajas que se obtienen por medio de la cirugía guiada, en cuanto a tiempo, precisión y confort por parte del paciente, son claramente más evidentes cuando la técnica es llevada a cabo con cirujanos noveles, lo que demuestra la capacidad de estas herramientas como métodos para la docencia clínica y para la estandarización de resultados en entornos académicos y de práctica habitual, más allá de la utilización exclusiva por cirujanos con mucha experiencia.

Por otro lado, al poner atención en los desenlaces biológicos a medio plazo como la pérdida ósea marginal, las complicaciones e incluso la supervivencia del implante, la evidencia disponible existente no favorece de uno u otro tipo de técnicas, tal como lo expresan en el metaanálisis de Yogui et al. (25). Una falta de diferencias biológicas importantes que afianzan la idea de que la decisión de optar por cirugía guiada en contraposición a la cirugía convencional debe enmarcarse y fundamentarse en criterios como la precisión, eficiencia de la técnica y la experiencia del cirujano que recurra a ella, en lugar de una expectativa de suposición de ventaja biológica en la tecnología digital.

Entre las limitaciones de la evidencia en la que se basa la afirmación anterior está la heterogeneidad metodológica de los estudios primarios que comparan una serie de tecnología, software, protocolos de fabricación de guías, tipos de hueso y definiciones operativas del tiempo quirúrgico, lo que hace difícil la comparabilidad y por ende la posibilidad de obtener conclusiones definitivas. Junto a la heterogeneidad metodológica, gran parte de la tipología de ensayos clínicos incluidos presentan tamaños muestrales reducidos y períodos de seguimiento cortos; por lo que hacen falta ensayos multicéntricos y con seguimientos a medio y largo plazo para validar la estabilidad de los resultados en poblaciones más extensas, diversas y variadas.

CONCLUSIONES

La evidencia evaluada permite asegurar que la cirugía implantológica guiada digitalmente, ya sea estática, dinámica o robótica, establece una superioridad tridimensional considerablemente significativa con respecto a la técnica convencional o manual, con una tendencia progresiva de aumento de la precisión de acuerdo con el grado creciente de automatización del sistema.



Respecto al tiempo quirúrgico no se puede afirmar totalmente que la digitalización reduzca los tiempos quirúrgicos, pues depende del sistema que se utilice, del protocolo quirúrgico y, especialmente de la experiencia previa del profesional, siendo más consistente la mejora observada en cirujanos noveles y en protocolos estáticos sin colgajo. En cuanto a la satisfacción del paciente se observa que esta se mantiene alta independientemente de la técnica utilizada, aunque los protocolos que provocan menores grados de traumatismo quirúrgico como la cirugía sin colgajo se asocian con consumo menor de analgésicos o niveles más bajos de dolor postquirúrgico.

Por otra parte, todo esto evidencia totalmente el objetivo que se planteaba, ya que la introducción de tecnología digital en la cirugía implantológica constituye una herramienta útil para mejorar la exactitud del tratamiento y la formación clínica, pero su elección debe ser individualizada, más aún de acuerdo con la experiencia del profesional, la complejidad anatómica del caso y las condiciones específicas de cada paciente, antes de ser asumida como una opción superior para todos los desenlaces evaluados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Goracci C, Franchi L, Vichi A, Ferrari M. Accuracy, reliability, and efficiency of intraoral scanners for full-arch impressions: a systematic review of the clinical evidence. *The European Journal of Orthodontics*. 2016 Aug;38(4):422–8. doi:10.1093/ejo/cjv077
2. Róth I, Czigola A, Fehér D, Vitai V, Joós-Kovács GL, Hermann P, et al. Digital intraoral scanner devices: a validation study based on common evaluation criteria. *BMC Oral Health*. 2022 Dec 26;22(1):140. doi:10.1186/s12903-022-02176-4
3. Singh R, Mistry G, Kini A, Ansari R, Kailaje V, Kapoor S. Accuracy and Clinical Performance of Intraoral Scanners Compared to Conventional and Extraoral Impressions: An Umbrella Review. *Cureus*. 2025 Sep 25. doi:10.7759/cureus.93202
4. Tahmaseb A, Wu V, Wismeijer D, Coucke W, Evans C. The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res*. 2018 Oct 17;29(S16):416–35. doi:10.1111/clr.13346
5. Bover-Ramos F, Viña-Almunia J, Cervera-Ballester J, Peñarrocha-Diago M, García-Mira B. Accuracy of Implant Placement with Computer-Guided Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis Comparing Cadaver, Clinical, and In Vitro Studies. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2018 Jan;33(1):101–15. doi:10.11607/jomi.5556
6. Khaohoen A, Powcharoen W, Sornsuwan T, Chaijareenont P, Rungsiyakull C, Rungsiyakull P. Accuracy of implant placement with computer-aided static, dynamic, and robot-assisted surgery: a systematic review and meta-analysis of clinical trials. *BMC Oral Health*. 2024 Mar 21;24(1):359. doi:10.1186/s12903-024-04033-y
7. Chackartchi T, Romanos GE, Parkanyi L, Schwarz F, Sculean A. Reducing errors in guided implant surgery to optimize treatment outcomes. *Periodontol 2000*. 2022 Feb;88(1):64–72. doi:10.1111/prd.12411



8. Kaewsiri D, Panmekiate S, Subbalekha K, Mattheos N, Pimkhaokham A. The accuracy of static vs. dynamic computer-assisted implant surgery in single tooth space: A randomized controlled trial. *Clin Oral Implants Res.* 2019 Jun 7;30(6):505–14. doi:10.1111/clr.13435
9. Ruiz-Romero V, Camps-Font O, Jorba-Garcia A, Sánchez-Torres A, Figueiredo R, Valmaseda-Castellón E. Trueness of Dental Implant Placement Using Dynamic Navigation or Non-Guided Approach by Novice Surgeons: A Randomized, Controlled Clinical Trial. *Clin Oral Implants Res.* 2026 Jun 16;37(6):770–82. doi:10.1111/clr.70119
10. Jorba-García A, Bara-Casaus JJ, Camps-Font O, Sánchez-Garcés MÁ, Figueiredo R, Valmaseda-Castellón E. Accuracy of dental implant placement with or without the use of a dynamic navigation assisted system: A randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res.* 2023 May 26;34(5):438–49. doi:10.1111/clr.14050
11. Jain S, Sayed ME, Ibraheem WI, Ageeli AA, Gandhi S, Jokhadar HF, et al. Accuracy Comparison between Robot-Assisted Dental Implant Placement and Static/Dynamic Computer-Assisted Implant Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis of In Vitro Studies. *Medicina (B Aires).* 2023 Dec 20;60(1):11. doi:10.3390/medicina60010011
12. Wang M, Liu F, Zhao X, Wu Y. Robot-assisted surgery for dental implant placement: A narrative review. *J Dent.* 2024 Jul;146:105034. doi:10.1016/j.jdent.2024.105034
13. Bahrami R, Pourhajibagher M, Nikparto N, Bahador A. Robot-assisted dental implant surgery procedure: A literature review. *J Dent Sci.* 2024 Jul;19(3):1359–68. doi:10.1016/j.jds.2024.03.011
14. Liu Y, Zheng Q, Xu Z, Lin Y, Zhang S, Huang W, et al. Accuracy and operation procedure of robotic computer-aided implant surgery. *Sci Rep.* 2025 Jan 2;15(1):307. doi:10.1038/s41598-024-83997-x
15. Yang T, Xu W, Xing X, Li F, Yang S, Wu B. Accuracy of robotic-assisted surgery for immediate implant placement in posterior teeth: a retrospective case series. *BMC Oral Health.* 2024 Oct 22;24(1):1263. doi:10.1186/s12903-024-05079-8
16. Ravipati. Accuracy of Dental Implant Placement using Robotics. A Systematic Review of in vitro Studies. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry.* 2024 Sep 1;33(3):287. doi:10.1922/EJPRD_2669Ravipati14
17. Frizzera F, Calazans N, Pascoal C, Martins M, Mendonça G. Flapless Guided Implant Surgeries Compared with Conventional Surgeries Performed by Nonexperienced Individuals: Randomized and Controlled Split-Mouth Clinical Trial. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2021 Jul;36(4):755–61. doi:10.11607/jomi.8722
18. Oliveira dos Santos T, Lidani R, Pauletto P, Sabatini G, Awais R, Dutra V, et al. Accuracy of Static Computer-Assisted Implant Surgery in Full-Arches: A Systematic Review of Clinical Studies with Meta-Analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2025 Jul;1–35. doi:10.11607/jomi.11408
19. Lau K, Fung TKC, Ho DKL, Pelekos G, Fok MR. Accuracy of static and dynamic computer-aided implant surgery for immediate implant placement: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthodont Res.* 2025;69(4):JPR_D_24_00257. doi:10.2186/jpr.JPR_D_24_00257



20. Yang M, Li R, Li X, Liu S, Li S. Manufacturing and Application Precision Changes in Three-Dimensional Printed Surgical Guides for Dental Implants: An In Vitro Study. Clin Oral Implants Res. 2025 Jun 26;36(6):771–84. doi:10.1111/clr.14437
21. Jorba-García A, González-Barnadas A, Camps-Font O, Figueiredo R, Valmaseda-Castellón E. Accuracy assessment of dynamic computer-aided implant placement: a systematic review and meta-analysis. Clin Oral Investig. 2021 May 26;25(5):2479–94. doi:10.1007/s00784-021-03833-8
22. Campos P, Manfro R, Coura G, Formiga M de C. Flapless Guided Dental Implant Surgery in a Systemically Compromised Patient: A Case Report. Cureus. 2024 Aug 23. doi:10.7759/cureus.67582
23. Afrashtehfar KI. Conventional free-hand, dynamic navigation and static guided implant surgery produce similar short-term patient-reported outcome measures and experiences. Evid Based Dent. 2021 Dec 17;22(4):143–5. doi:10.1038/s41432-021-0216-9
24. Engkawong S, Mattheos N, Pisarnturakit PP, Pimkhaokham A, Subbalekha K. Comparing patient-reported outcomes and experiences among static, dynamic computer-aided , and conventional freehand dental implant placement: A randomized clinical trial. Clin Implant Dent Relat Res. 2021 Oct 7;23(5):660–70. doi:10.1111/cid.13030
25. Yogui FC, Verri FR, de Luna Gomes JM, Lemos CAA, Cruz RS, Pellizzer EP. Comparison between computer-guided and freehand dental implant placement surgery: A systematic review and meta-analysis. Int J Oral Maxillofac Surg. 2021 Feb;50(2):242–50. doi:10.1016/j.ijom.2020.08.004