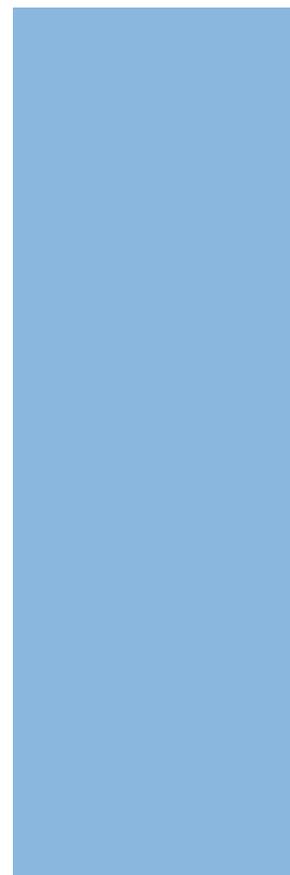
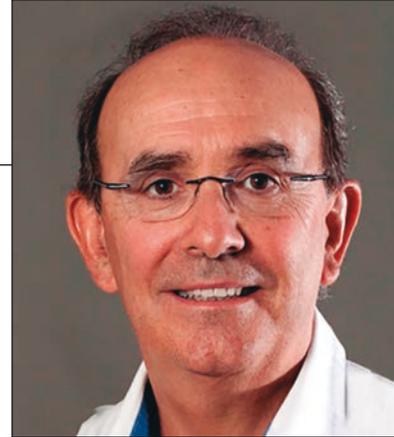


Artículos técnicos

Situación actual de la cirugía guiada en implantología y presentación de un nuevo concepto: Guiado mediante Driver (Driver-Guided)



Dr. Eduardo Anitua DDS, MD, PhD



Práctica privada en implantología oral, Eduardo Anitua Institute, Vitoria.
Investigador clínico, Eduardo Anitua Foundation, Vitoria.
University Institute for Regenerative Medicine and Oral Implantology -
UIRMI (UPV/EHU-Fundación Eduardo Anitua), Vitoria.

Dra. Beatriz Anitua DDS

Máster en Odontología restauradora basada en nuevas tecnologías UCM.
Máster en Prótesis y Rehabilitación oral (SCOE).
Práctica privada en Clínica Dental Anitua.

Asier Eguia DDS, PhD

University Institute for Regenerative Medicine and Oral Implantology -
UIRMI (UPV/EHU-Fundación Eduardo Anitua), Vitoria.
Profesor Asociado UPV/EHU.

Evolución histórica de la cirugía guiada

El nacimiento de lo que hoy en día denominamos “cirugía guiada” (Computer Aided Surgery, CAS) en implantología oral puede situarse a finales de la década de los años 90^{1,2}. Aunque los primeros intentos de utilizar la tecnología informática para guiar procedimientos quirúrgicos en implantología oral datan de finales de los años 80³, fue una década más tarde cuando se produjo un avance significativo en la integración de la informática en la planificación y en la fabricación de las guías quirúrgicas³⁻⁵. En sus orígenes, la cirugía guiada fue una evolución de los primeros protocolos “protésicamente orientados”, en los que se usaba una guía que incorporaba elementos radio-opacos y podía hacer las veces de guía radiológica y también de orientación para determinar el punto de entrada de la fresa inicial durante el fresado¹⁻⁴. La incorporación de camisas metálicas fue una innovación que permitía, adicionalmente, controlar la inclinación de las fresas¹.

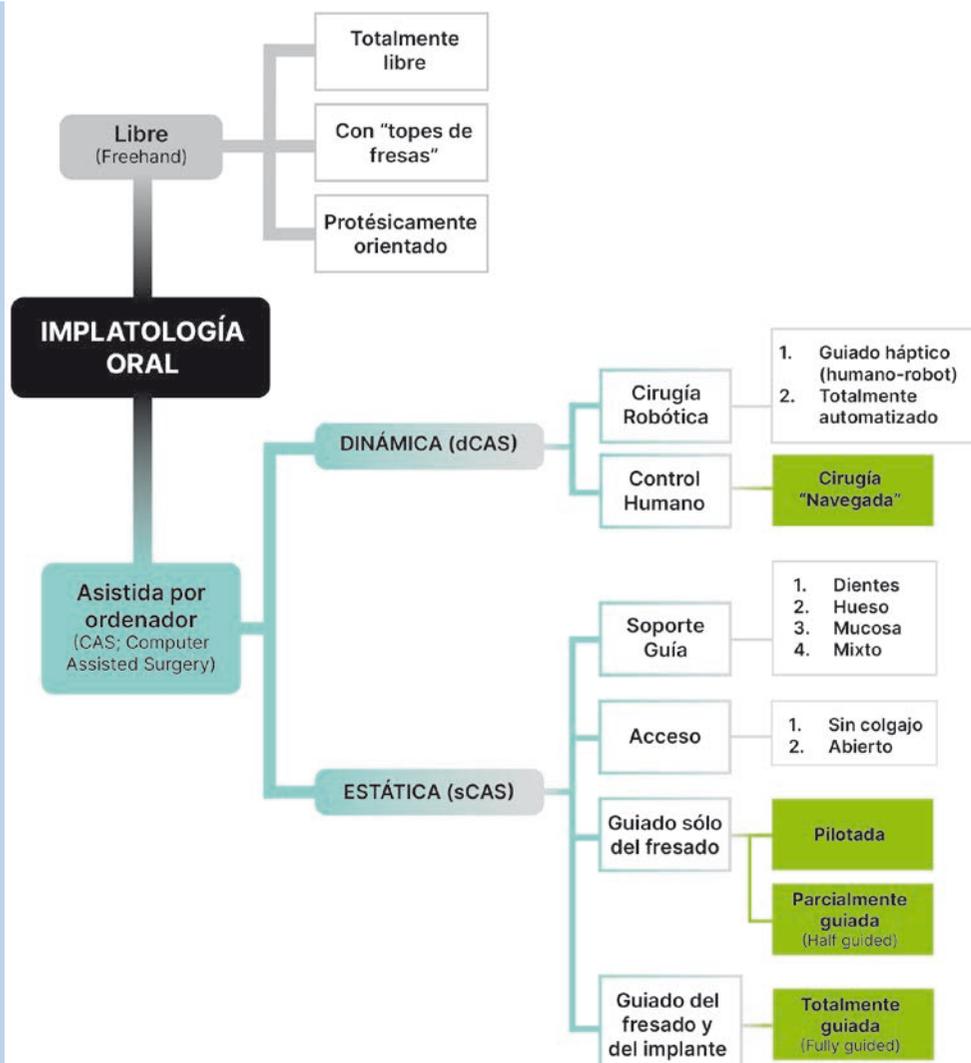
El desarrollo y creciente implementación de softwares de diseño asistido por ordenador (Computer Aided Design, CAD) específicos para la implantología oral, de las impresoras y fresadoras en clínica (chairside) y de los escáneres intraorales ha impulsado posteriormente un rápido crecimiento de la cirugía

guiada en las clínicas dentales⁶⁻⁸. El refinamiento de estas tecnologías permite en la actualidad la generación de guías quirúrgicas personalizadas a partir de archivos digitales, de una forma cada vez más sencilla. La combinación de la información de un escaneado de superficie en formato STL (u otros) y un encerado con la información volumétrica obtenida mediante una tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) en formato DICOM es el punto de partida habitual para planificar el tratamiento y diseñar una guía quirúrgica⁸⁻¹⁰. La combinación de la información tridimensional de la anatomía oral con la capacidad de diseñar y simular procedimientos quirúrgicos en entornos virtuales ha marcado sin duda un hito en la evolución de la cirugía guiada en implantología. Pero sin duda otro punto clave lo ha constituido el desarrollo de nuevas tecnologías de fabricación (Computer Aided Manufacturing, CAM) aplicadas al campo de la Odontología y su incorporación en las propias clínicas. Las mejoras en fabricación aditiva, entre otras tecnologías, ha permitido optimizar la producción de diferentes elementos protésicos y también de las guías quirúrgicas¹¹. El creciente abanico de materiales disponibles y una mejor comprensión de su biomecánica está permitiendo mejorar el diseño de las guías, haciéndolas más resistentes, con un mejor ajuste y reduciendo los costes de producción¹²⁻¹⁴.

Tipos de protocolos de cirugía guiada

En la actualidad podemos dividir los protocolos de cirugía guiada en implantología en dos grandes grupos de protocolos: cirugía guiada estática (*static Computer Aided Surgery; sCAS*), en la que se emplean soportes físicos (guías quirúrgicas) para orientar el fresado (y la colocación del implante en los protocolos totalmente guiados) y la denominada cirugía guiada dinámica (*dynamic Computer Aided Surgery; dCAS*) (diagrama 1)¹⁵. La cirugía guiada dinámica controlada por el clínico o "cirugía navegada" consiste en emplear un sistema de seguimiento que guía al clínico en tiempo real hasta la posición predefinida del implante. Para ello utilizan cámaras ópticas (u otras tecnologías) para seguir en tiempo real las posiciones de marcadores o instrumentos especialmente diseñados. Estos marcadores pueden fijarse a la anatomía del paciente o a los instrumentos quirúrgicos^{16,17}.

La cirugía guiada estática, más ampliamente extendida en su uso que la dinámica, se basa en el empleo de guías quirúrgicas que permiten direccionar las primeras fresas (cirugía pilotada), todo el protocolo de fresado (parcialmente guiado) o direccionar el fresado y controlar la colocación del implante a través de la propia guía (totalmente guiado)¹⁵⁻¹⁷. Estas guías pueden tener un soporte dental, óseo, mucoso o mixto y se pueden optimizar para su empleo en protocolos sin colgajo (*flapless*) o en cirugía abierta. Los protocolos de cirugía guiada estática son cada vez más empleados en las clínicas dentales y en su creciente implantación probablemente contribuyen diversos factores, como las mejoras en la exactitud, manejabilidad de los escáneres intraorales, reducción del coste de adquisición de los escáneres intraorales y CBCTs, la simplificación de los softwares, o en última instancia la digitalización en términos globales, ya que contribuye a acortar las curvas de aprendizaje (diagrama 1)¹⁸⁻²¹.



◀ **DIAGRAMA I:** Clasificación de protocolos en implantología en función del grado de asistencia por sistemas informáticos y subclasificación.

Clasificación de los sistemas de cirugía guiada estática según su funcionamiento

En la actualidad existe una gran variedad de sistemas en el mercado tanto para realizar cirugía guiada pilotada, semiguída o totalmente guiada. En función de cómo guían las fresas durante la preparación del lecho implantario, podríamos dividirlos en tres grandes grupos:

- ▶ Aquellos que se basan en el uso de **fresas específicas**, que incorporan en el propio eje de la fresa una zona lisa y de mayor diámetro que, al insertarse en la camisa metálica (*sleeve*) de la guía quirúrgica (o un orificio en la guía), permiten direccionar la parte activa de la fresa. Pueden llevar incorporados elementos que hacen de tope contra la camisa o la guía para controlar la profundidad o bien marcas para controlarla visualmente.
- ▶ Sistemas en los que **adicionalmente a las fresas específicas, se usan otros elementos** como camisas con mango (*handle sleeve*), camisas adicionales (*sleeve-in-sleeve*), anillas u otros elementos que permiten reducir el número de fresas para colocar implantes de diferentes diámetros o longitudes, o bien al modificar el *offset* (la distancia entre la plataforma protésica del implante y la parte superior de la camisa en la guía).
- ▶ Sistemas “alternativos” que orientan el fresado mediante pines u otros elementos en lugar de a través de camisas en la guía.

De los sistemas actualmente comercializados, una gran mayoría se basan en los dos primeros grupos descritos.

Exactitud de la cirugía guiada estática

La cirugía guiada estática ha evolucionado y ganado en exactitud (capacidad de reproducir fielmente la posición en la planificación virtual) hasta lograr actualmente niveles de desviación inferiores a 1 mm en el punto de entrada y el ápice, y desviaciones angulares inferiores a 2° de media^{22,23}. Diferentes revisiones sistemáticas señalan que el nivel de exactitud es mayor en los protocolos totalmente guiados que en los parcialmente guiados, y a su vez mayor que en los protocolos de cirugía pilotada²²⁻²⁵. En cualquier caso, la exactitud de estos tres tipos de protocolos es mayor con respecto a la colocación libre o “a mano alzada”²²⁻²⁵. Cabe señalar que no todos los sistemas de cirugía guiada estática en el mercado son iguales en términos de exactitud, simplicidad o reproducibilidad y estos datos no son extrapolables para todos los sistemas²⁶.

Por otro lado, también es importante señalar que la capacidad de reproducir con exactitud la planificación virtual no implica por sí misma una mejora en los resultados clínicos finales. La correcta planificación sigue siendo la clave, si bien la cirugía guiada permite reproducirla fielmente, diferentes as-

pectos durante la cirugía pueden hacer necesarios ocasionalmente cambios en la ejecución y/o en la posterior rehabilitación protésica prevista.

Limitaciones de los sistemas de cirugía guiada estática

A pesar de su optimización, los sistemas actuales de cirugía guiada estática siguen teniendo algunas limitaciones^{27,28}:

- ▶ **Fricción de las fresas** con las camisas en la guía o la propia resina^{28,29}. En los sistemas guiados por la propia fresa (hasta la fecha los más utilizados) se plantea un dilema técnico derivado de la fricción entre las fresas en su zona de guiado y la camisa metálica (o la resina si no hay camisa; *sleeve-less*) de la guía quirúrgica. Esta fricción puede dificultar o entorpecer el paso de la fresa, pero también genera calor e incluso podría provocar la liberación de micropartículas²⁸⁻³¹. La dimensión de este problema depende de los materiales empleados, las dimensiones en altura y diámetro de la camisa (o el orificio en la guía), la velocidad de fresado y especialmente de la discrepancia (holgura) entre la fresa y la camisa. Cuanta mayor es la discrepancia, menor la fricción, pero también es menor la exactitud en el guiado de la fresa y a la inversa²⁸⁻³⁰.
- ▶ **Sobrecalentamiento de las fresas**: durante la preparación del lecho implantario, las técnicas habituales de cirugía guiada estática pueden condicionar una temperatura ósea más elevada y una mayor deformación de las fresas que en el procedimiento de fresado libre (a mano alzada)³²⁻³⁴. Además, la capacidad para irrigar la fresa y el lecho óseo pueden verse limitadas por la propia guía quirúrgica, si bien existen algunos diseños de guías “abiertas” y otras mejoras en el diseño de las guías que pueden contribuir a mitigar parcialmente este problema^{35,36}.
- ▶ **Limitaciones de espacio** (por la apertura bucal del paciente): previamente a la ejecución de un tratamiento de cirugía guiada estática, es necesario realizar una valoración del espacio disponible entre arcadas y de la capacidad de apertura del paciente para comprobar si hay espacio suficiente para la altura de la guía quirúrgica y la longitud de las fresas específicas para cirugía guiada. En los sistemas guiados por la fresa, la longitud de las fresas es mayor que la de las fresas para cirugía convencional, por lo que hay situaciones clínicas en las que su empleo no es factible.
- ▶ **Complejidad y curva de aprendizaje**: aunque hay diferencias entre los distintos sistemas en el mercado, en general es necesaria una curva de aprendizaje (que varía en función del perfil del clínico) para poder familiarizarse tanto con los softwares de diseño, los dispositivos de escaneo intraoral, las

Artículos técnicos |

particularidades de la fabricación y del empleo de las guías quirúrgicas, así como con las pautas de utilización de los kits quirúrgicos^{19,37}. En general, estos kits están compuestos por diferentes series de fresas con sus particularidades y elementos adicionales específicos en cada kit. Recordar la secuencia de fresado de cada una de las dimensiones de los implantes es en ocasiones complejo, y por ello algunos softwares de planificación proporcionan al final de la validación del diseño de la guía quirúrgica un pequeño resumen del protocolo de fresado necesario para la colocación de cada implante.

Guiado a través de un Driver (Driver-Guided)

El concepto de guiado a través de un *Driver* (STOP & GUIDE®; BTI Biotechnology Institute) supone un cambio disruptivo en la

concepción de la cirugía guiada estática. En lugar de realizar el guiado a través de la propia fresa y una camisa (u orificio en la guía quirúrgica), en este caso son unos elementos estáticos (no rotatorios) denominados Drivers los que orientan la fresa durante la preparación del lecho y también los que controlan la profundidad de fresado. Los Drivers (fig. 1) son unos elementos cilíndricos que, una vez acoplados (roscados) a un conector que los une al contra-ángulo, rodean de manera concéntrica a las fresas. El diámetro externo de los Drivers permite su inserción a través de las camisas de la guía con facilidad, de forma que las fresas giran libremente en su interior, evitando así el rozamiento de la fresa contra la camisa de la guía.

Los Drivers poseen dos partes diferenciadas, una de igual longitud para todos ellos (**zona de control de dirección**) y que es la que se inserta a través de la camisa en la guía quirúrgica, y otra que varía de mm en mm entre Drivers consecutivos (**zona de**

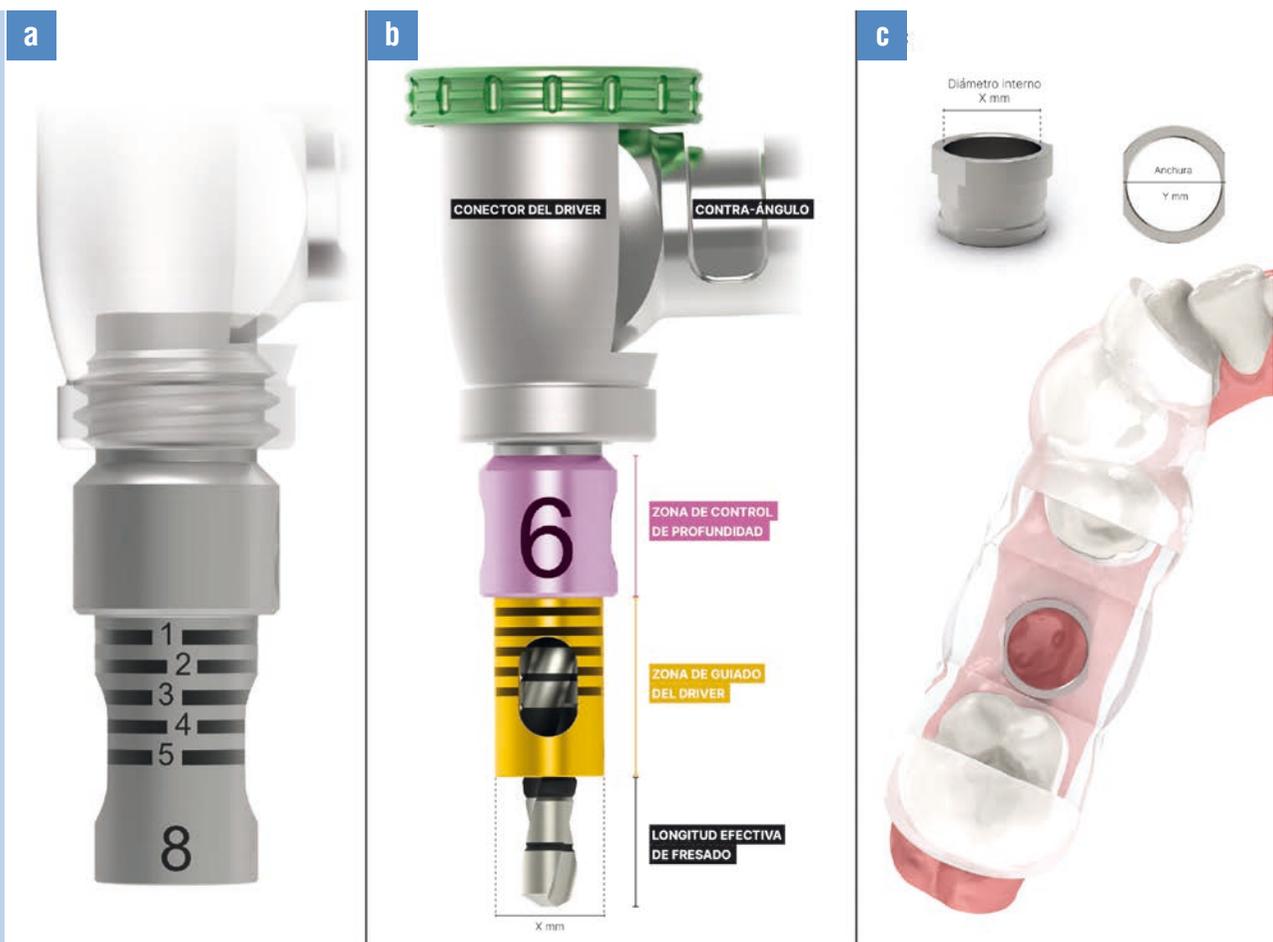


FIG. 1. a) El Driver es un elemento que se acopla a un conector fijado a su vez a la cabeza del contra-ángulo. b) Posee una parte con idéntica longitud para los diferentes Drivers (zona de guiado) que hace la función de direccionar la fresa, y otra parte (zona de control de la profundidad) que varía en longitud entre Drivers y que permite variar la profundidad efectiva de fresado. c) La guía quirúrgica debe incorporar camisas metálicas con diámetro interno coincidente con el diámetro externo de la zona de guiado del Driver.

Artículos técnicos |



FIG. 2. Intercambiando los Drivers es posible variar la parte de la fresa que queda fuera, es decir, la profundidad efectiva de fresado. La zona de control de profundidad de los Drivers varía de mm en mm. Adicionalmente, durante su roscado en el conector (al unirlo al contra-ángulo) es posible realizar ajustes para adaptar su extremo inferior (el que toca con la cresta ósea) a las marcas de profundidad de las fresas.

control de profundidad), y que es la que determina qué longitud de la fresa queda por fuera del Driver (profundidad efectiva de fresado) (fig. 2). Es decir, al cambiar de Driver es posible conseguir una mayor o menor profundidad fresado, pues su extremo inferior topa con la cresta ósea e impide el avance en profundidad de la fresa. Conociendo la longitud del implante y la profundidad a la que se desea colocar, es posible ir intercambiando los Drivers para obtener la profundidad de fresado deseada, ya se busque un posicionamiento yuxtacrestal o subcristal (fig. 3).

El conjunto de Drivers además de su uso en cirugía guiada puede emplearse clínicamente como un sistema de topes de fresas en la cirugía libre (a mano alzada).

Diferencias entre el guiado por la fresa y guiado por un Driver

Clásicamente, la mayoría de los sistemas de cirugía guiada han empleado un elemento incorporado en el eje de la propia fresa para poder direccionar la parte activa de la fresa. Esta parte de la fresa gira a alta velocidad en el interior de una camisa metálica en la guía o un orificio en la propia guía (fig. 4)^{28,29}. Los diámetros de esta parte del diseño de las fresas específicas para cirugía guiada varían en diámetro y altura según cada sistema específico, al igual que las dimensiones de la camisa en la guía y el *offset* con el que se debe posicionar. Como se comentaba anteriormente, la discrepancia entre diámetros (holgura) es inversamente proporcional a la fricción y sobrecalentamiento de la fresa, pero también es directamente proporcional a la pérdida de exactitud²⁸⁻³⁰. Esta circunstancia se ha tratado de minimizar de diferentes maneras e incorporando nuevos materiales,

sin lograr mitigarlo completamente. La principal diferencia en el sistema guiado por un Driver es que, al girar la fresa en su interior, se evitan los problemas derivados de esta circunstancia. En lo que refiere a la planificación y el diseño de las guías, no existen grandes diferencias. Se pueden emplear el mismo flujo de trabajo digital y los mismos softwares (siempre que tengan precargadas las librerías de los implantes que se desean colocar y las camisas) y se pueden emplear similares diseños y materiales en la confección de las guías. En la tabla 1 se recogen las principales similitudes y diferencias entre los sistemas guiados por la fresa y guiado por el Driver.

Funcionamiento de los Drivers

Para guiar la cirugía mediante Drivers es necesaria una caja quirúrgica con Drivers de diferentes longitudes, numerados para facilitar su identificación y con unas marcas de profundidad (marcado láser) que ayudan en la colocación los implantes cuando están planificados en una posición subcristal. Como antes se explicó, todos los Drivers poseen una parte idéntica (de la misma longitud que el *offset* predeterminado para el sistema) que es la que se inserta a través de la camisa de la guía quirúrgica y que permite guiar las fresas. Al cambiar los Drivers la longitud de su zona de control de profundidad varía y, por tanto, al conectar la fresa con el contra-ángulo, la parte de la fresa que queda por fuera del Driver determina la profundidad de fresado. Cambiando un Driver por uno más corto, se aumenta la longitud de fresado y viceversa.

Para el posicionamiento yuxtacrestal de un implante, se selecciona un Driver que deje fuera una longitud de la fresa (profun-

	Guiado por la propia fresa (Drill-Guided)	Guiado por Driver (Driver-Guided)
Protocolos de cirugía guiada	Pilotado, semi-guiado, totalmente guiado	Pilotado, semi-guiado, totalmente guiado
Tipo de guía	Abierta / Cerrada	Abierta / Cerrada
Tipo de camisa en la guía	Metálica / Sin camisa	Metálica* / Sin camisa
Número de camisas	Única / varias (en función de las dimensiones del implante)	Única
Fricción Fresa-Camisa	Sí	No
Sobrecalentamiento de la fresa	Posible	No
Número de elementos en la caja quirúrgica	Alto	Reducido
Liberación de partículas metal o resina	Posible	No
Necesidad de fresas específicas	Sí	No

TABLA I. Principales características y diferencias entre los sistemas convencionales guiados por la fresa y el concepto de guiado por un Driver. * Recomendado el uso de camisa metálica

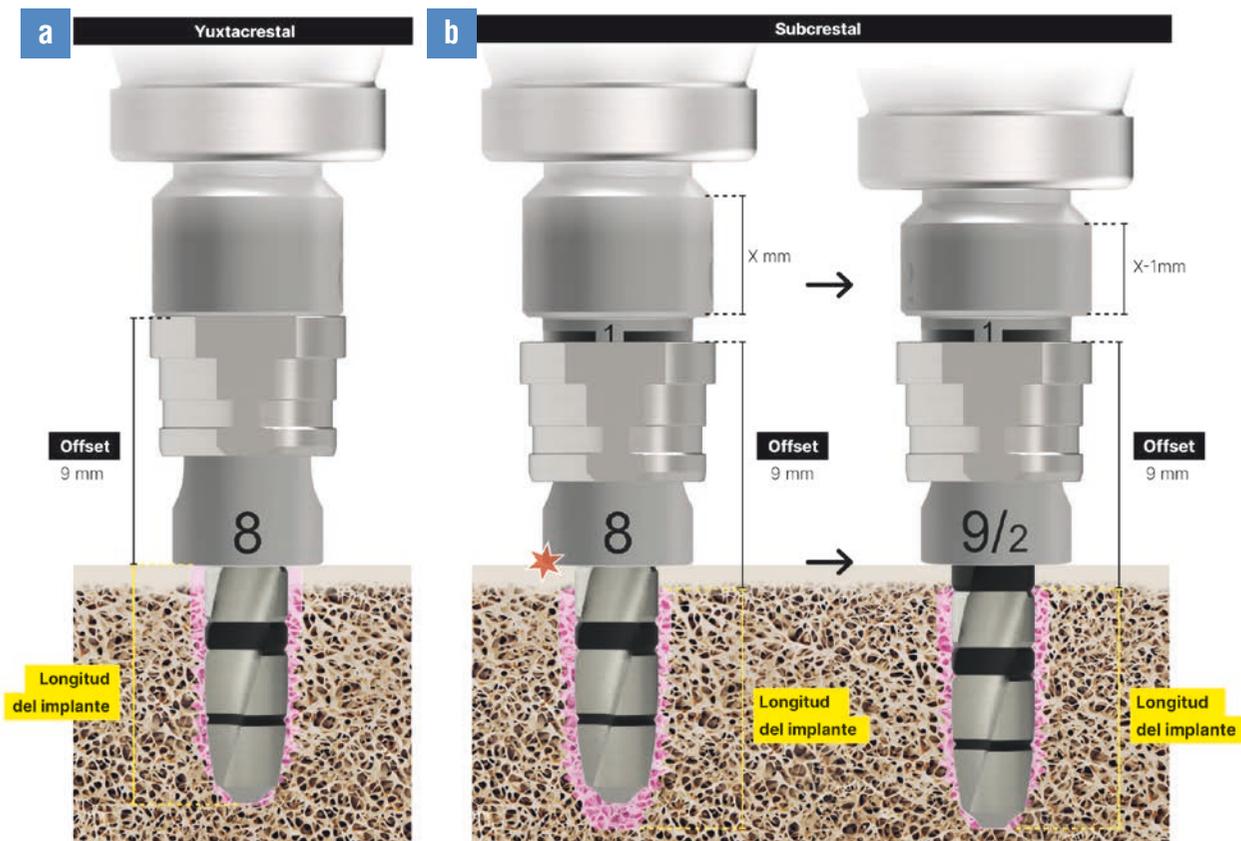


FIG. 3. a) Uso de los Drivers en el posicionamiento yuxtacrestal. b) Para el posicionamiento subcrestal, inicialmente se selecciona el Driver adecuado a la longitud del implante que se desea colocar. Puesto que el *offset* es predeterminado, en los casos que se haya posicionado el implante por debajo del margen de la cresta, al introducir el Driver en la camisa de la guía, la zona de control de profundidad no llega a topar con la parte superior de la camisa. El marcado láser permite medir esta distancia (que es la necesaria añadir a la profundidad efectiva de fresado). Cambiando el Driver por uno más corto es posible ganar profundidad de fresado hasta alcanzar la profundidad previamente planificada.

Artículos técnicos |

didad efectiva de fresado) coincidente con la longitud del implante que se va a colocar. Tras colocar el Driver, se comprueba que las marcas de profundidad de la fresa coincidan perfectamente con el margen inferior del Driver. Las fresas se van intercambiando desde la fresa de inicio a la fresa final de diámetro, siguiendo los protocolos de fresado habituales y adaptados a la calidad del hueso de cada paciente. La figura 5 muestra un ejemplo clínico de uso del concepto de guiado mediante un Driver. Para el posicionamiento subcrestal, inicialmente se selecciona el Driver adecuado a la longitud del implante que se desea colocar. Puesto que el *offset* es predeterminado, en los casos que se haya posicionado el implante por debajo del margen de la cresta, al introducir el Driver en la camisa de la guía, la zona de control de profundidad no llega a topar con la parte superior de la camisa. El marcado láser permite medir esta distancia (que es la necesaria añadir a la profundidad efectiva de fresado). Cambiando el

Driver por uno más corto es posible ganar profundidad de fresado hasta alcanzar la profundidad previamente planificada

¿Qué ventajas aporta guiar a través de un Driver?

Entre las diversas ventajas de esta forma de guiar la cirugía en implantología, podemos enumerar:

- ▶ Reducción del número de componentes. Al no ser necesarias fresas específicas (series para cada diámetro o longitud), ni elementos adicionales como camisas con mango, anillas u otros elementos, se simplifica la caja quirúrgica y los procedimientos.
- ▶ Posibilidad de adaptación a los protocolos de fresado habituales (no guiados), como el protocolo de fresado a baja velocidad (fresado biológico)^{38,39}. Permite el uso de fresas convencionales y seguir los protocolos de fresado adaptados a la calidad del hueso y otros condicionantes locales y sistémicos del paciente.
- ▶ Versatilidad y flexibilidad. Se trata de un concepto de guiado que puede emplearse tanto en cirugía "pilotada" como en "semi-guiada" y "totalmente guiada". También es posible su empleo tanto en cirugía abierta como sin colgajo (*flapless*).
- ▶ Ausencia de fricción entre la fresa y la camisa de la guía quirúrgica. Se evita el sobrecalentamiento de las fresas y se previene la liberación de partículas de metal, resina de la guía quirúrgica (cuando se emplea sin camisas metálicas) u otros elementos.
- ▶ Simplicidad de uso. Se evita la necesidad de seguir las indicaciones del informe tras la planificación del caso, al poder emplear los protocolos de fresado convencionales.
- ▶ Control en todo momento de la profundidad de fresado efectiva. El control en todo momento de la profundidad de fresado desde la cresta ósea del paciente permite reducir riesgos durante la cirugía.

Conclusiones

La implementación de flujos de trabajos digitales en implantología crece constantemente en las últimas dos décadas. El desarrollo de nuevos recursos digitales o su mejora, las nuevas tecnologías y la evolución de algunos conceptos, está permitiendo mejorar la reproducibilidad y aplicabilidad de la cirugía guiada. En este sentido, el desarrollo del concepto de guiado a través de un Driver puede ayudar a superar algunas de las limitaciones previas de la cirugía guiada convencional, al prevenir la fricción entre fresa y camisa y simplificar el protocolo y número de componentes necesarios en la caja quirúrgica.

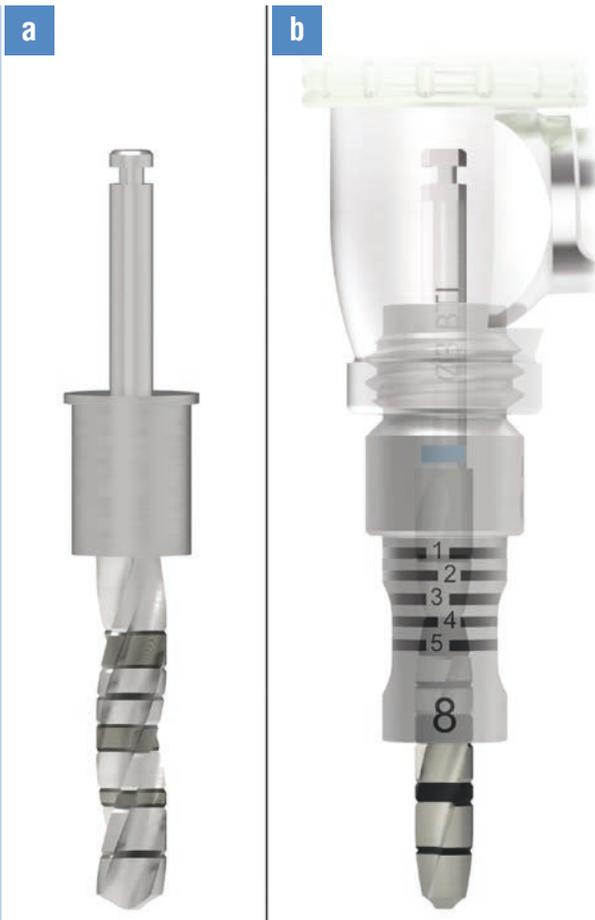


FIG. 4. Diferencias entre sistemas guiados por la fresa (a) y guiado por un Driver (b). Nótese que en el sistema guiado por Driver se utilizan las fresas convencionales de cirugía. El sistema STOP & GUIDE® está diseñado para coincidir con las marcas de profundidad de las fresas de BTI.

Artículos técnicos |

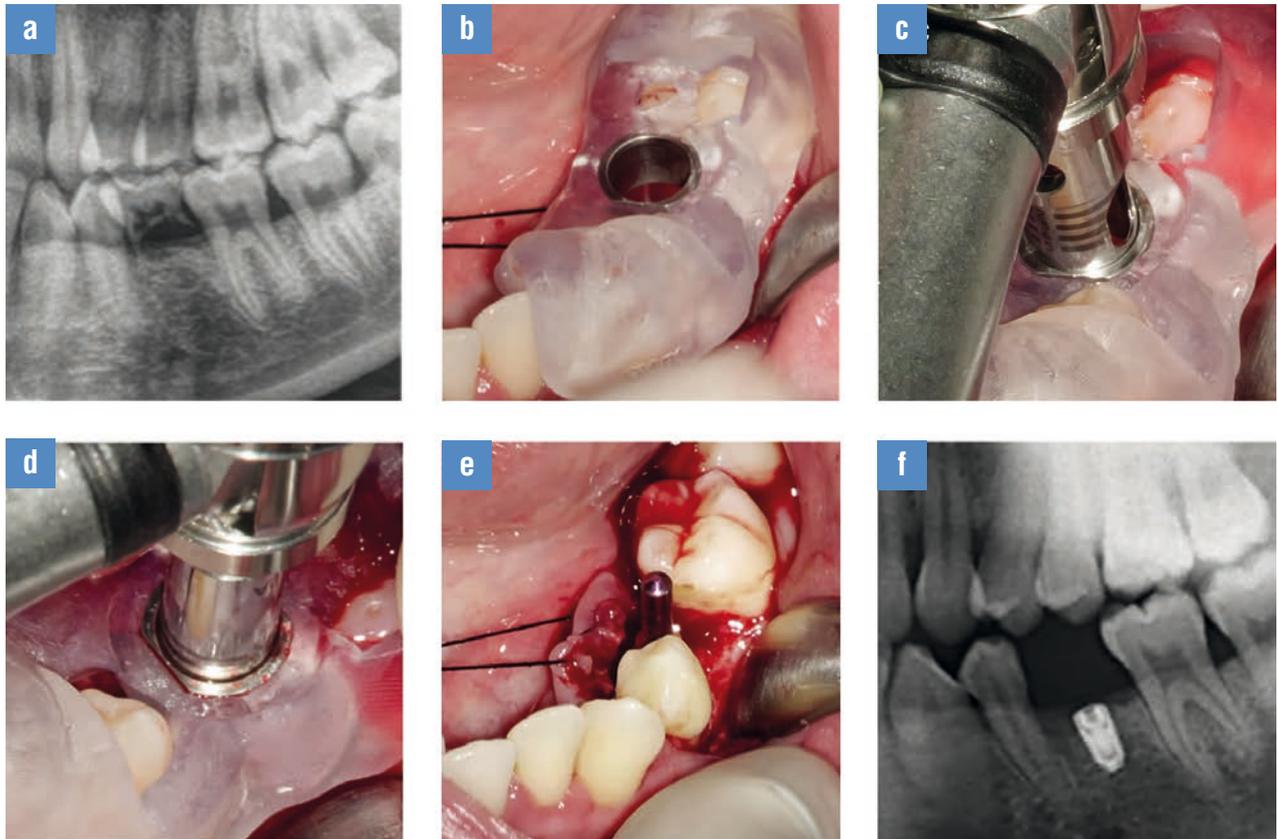


FIG. 5. a) Situación inicial, agenesia del 35. b) Comprobación de la guía quirúrgica. c y d) Secuencia de fresado. e) Comprobación de la posición correcta del implante. f) Control radiográfico final.

Bibliografía

1. Mizrahi B, Thunthy KH, Finger I. Radiographic/surgical template incorporating metal telescopic tubes for accurate implant placement. *Pract Periodontics Aesthet Dent*. 1998 Aug;10(6):757-65; quiz 766.
2. Sethi A. Precise site location for implants using CT scans: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1993;8(4):433-8.
3. Engelman MJ, Sorensen JA, Moy P. Optimum placement of osseointegrated implants. *J Prosthet Dent*. 1988 Apr;59(4):467-73.
4. Besimo C, Lambrecht JT, Nidecker A. Dental implant treatment planning with reformatted computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol*. 1995 Nov;24(4):264-7. Klein M, Abrams M. Computer-guided surgery utilizing a computer-milled surgical template. *Pract Proced Aesthet Dent*. 2001 Mar;13(2):165-9; quiz 170.
5. Casap N, Wexler A, Lustmann J. Image-guided navigation system for placing dental implants. *Compend Contin Educ Dent*. 2004 Oct;25(10):783-4, 786, 788 passim; quiz 794-5.
6. Carrick JL, Freedman G. Implants in the 21st century—computer guided surgery. *Dent Today*. 2008 Aug;27(8):80, 82, 84-5 passim.
7. Mehl A, Ender A, Mörmann W, Attin T. Accuracy testing of a new intraoral 3D camera. *Int J Comput Dent*. 2009;12(1):11-28.
8. Lee CY, Ganz SD, Wong N, Suzuki JB. Use of cone beam computed tomography and a laser intraoral scanner in virtual dental implant surgery: part 1. *Implant Dent*. 2012 Aug;21(4):265-71.
9. Alhossaini SJ, Neena AF, Issa NO, Abouelkheir HM, Gaweesh YY. Accuracy of markerless registration methods of DICOM and STL files used for computerized surgical guides in mandibles with metal restorations: An in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2022 Nov 10:S0022-3913(22)00636-9.
10. D'Addazio G, Xhajanka E, Traini T, Santilli M, Rexhepi I, Murmura G, Caputi S, Sinjari B. Accuracy of DICOM-DICOM vs. DICOM-STL Protocols in Computer-Guided Surgery: A Human Clinical Study. *J Clin Med*. 2022 Apr 22;11(9):2336.
11. Bathija A, Papaspyridakos P, Finkelman M, Kim Y, Kang K,

- De Souza AB.** Accuracy of static computer-aided implant surgery (S-CAIS) using CAD-CAM surgical templates fabricated from different additive manufacturing technologies. *J Prosthet Dent.* 2023 Apr 28;S0022-3913(23)00191-9.
12. **Lin WS.** Complications related to digital technologies in treating edentulous patients with dental implants-Part II. Computer-guided surgery and prosthetic stages. *J Prosthet Dent.* 2023 Jun;129(6):817-818.
 13. **Elliott T, Hamilton A, Griseto N, Gallucci GO.** Additively Manufactured Surgical Implant Guides: A Review. *J Prosthodont.* 2022 Mar;31(S1):38-46.
 14. **Mangano FG, Hauschild U, Admakin O.** Full in-Office Guided Surgery with Open Selective Tooth-Supported Templates: A Prospective Clinical Study on 20 Patients. *Int J Environ Res Public Health.* 2018 Oct 25;15(11):2361.
 15. **Pomares-Puig C, Sánchez-Garcés MA, Jorba-García A.** Dynamic and static computer-assisted implant surgery for completely edentulous patients. A proof of a concept. *J Dent.* 2023 Mar;130:104443.
 16. **Chen P, Nikoyan L.** Guided Implant Surgery: A Technique Whose Time Has Come. *Dent Clin North Am.* 2021 Jan;65(1):67-80.
 17. **Kernen F, Kramer J, Wanner L, Wismeijer D, Nelson K, Flüggé T.** A review of virtual planning software for guided implant surgery - data import and visualization, drill guide design and manufacturing. *BMC Oral Health.* 2020 Sep 10;20(1):251.
 18. **Kihara H, Hatakeyama W, Komine F, Takafuji K, Takahashi T, Yokota J, Oriso K, Kondo H.** Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review. *J Prosthodont Res.* 2020 Apr;64(2):109-113.
 19. **Zarauz C, Sailer I, Pitta J, Robles-Medina M, Hussein AA, Pradies G.** Influence of age and scanning system on the learning curve of experienced and novel intraoral scanner operators: A multi-centric clinical trial. *J Dent.* 2021 Dec;115:103860.
 20. **Kaasalainen T, Ekholm M, Siiskonen T, Kortesianiemi M.** Dental cone beam CT: An updated review. *Phys Med.* 2021 Aug;88:193-217.
 21. **D'haese J, Ackhurst J, Wismeijer D, De Bruyn H, Tahmaseb A.** Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontol 2000.* 2017 Feb;73(1):121-133.
 22. **Chandran K R S, Goyal M, Mittal N, George JS.** Accuracy of freehand versus guided immediate implant placement: A randomized controlled trial. *J Dent.* 2023 Sep;136:104620.
 23. **Hama DR, Mahmood BJ.** Comparison of accuracy between free-hand and surgical guide implant placement among experienced and non-experienced dental implant practitioners: an in vitro study. *J Periodontal Implant Sci.* 2023 Oct;53(5):388-401.
 24. **Schulz MC, Tokarski M, Jacoby J, Naros A, Weise C, Tausche E, Lauer G, Haim D.** Accuracy of full-guided vs. pilot-guided implant insertion - A prospective laboratory study in fifth-year dental students. *Ann Anat.* 2023 Jun;248:152082.
 25. **Demetoglu U, Bilge S, Aslan S, Simsek HO.** Comparison of the accuracy of pilot-drill-guided and fully guided implant surgery with dynamic navigation. In vitro model study. *J Oral Implantol.* 2021 Dec 26. doi: 10.1563/aaid-joi-D-20-00383. Epub ahead of print.
 26. **Guentsch A, Bjork J, Saxe R, Han S, Dentino AR.** An in-vitro analysis of the accuracy of different guided surgery systems - They are not all the same. *Clin Oral Implants Res.* 2023 May;34(5):531-541.
 27. **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.
 28. **Adams CR, Ammoun R, Deeb GR, Bencharit S.** Influence of Metal Guide Sleeves on the Accuracy and Precision of Dental Implant Placement Using Guided Implant Surgery: An In Vitro Study. *J Prosthodont.* 2023 Jan;32(1):62-70.
 29. **Shi Y, Wang J, Ma C, Shen J, Dong X, Lin D.** A systematic review of the accuracy of digital surgical guides for dental implantation. *Int J Implant Dent.* 2023 Oct 25;9(1):38.
 30. **Raabe C, Dulla FA, Yilmaz B, Chappuis V, Abou-Ayash S.** Influence of drilling sequence and guide-hole design on the accuracy of static computer-assisted implant surgery in extraction sockets and healed sites-An in vitro investigation. *Clin Oral Implants Res.* 2023 Apr;34(4):320-329.
 31. **Fauroux MA, De Boutray M, Malthiéry E, Torres JH.** New innovative method relating guided surgery to dental implant placement. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2018 Jun;119(3):249-253.
 32. **dos Santos PL, Queiroz TP, Margonar R, de Souza Carvalho AC, Betoni W Jr, Rezende RR, dos Santos PH, Garcia IR Jr.** Evaluation of bone heating, drill deformation, and drill roughness after implant osteotomy: guided surgery and classic drilling procedure. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014 Jan-Feb;29(1):51-8.
 33. **Sannino G, Gherlone EF.** Thermal Changes During Guided Flapless Implant Site Preparation: A Comparative Study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2018 May/Jun;33(3):671-677.
 34. **Frösch L, Mukaddam K, Filippi A, Zitzmann NU, Kühl S.** Comparison of heat generation between guided and conventional implant surgery for single and sequential drilling protocols-An in vitro study. *Clin Oral Implants Res.* 2019 Feb;30(2):121-130.
 35. **Waltenberger L, Wied S, Wolfart S, Tuna T.** Effect of different dental implant drilling template designs on heat generation during osteotomy - an in vitro study. *Clin Oral Implants Res.* 2022 Jan;33(1):53-64.
 36. **Orgev A, Gonzaga L, Martin W, Morton D, Lin WS.** Addition of an irrigation channel to a surgical template to facilitate cooling during implant osteotomy. *J Prosthet Dent.* 2021 Aug;126(2):164-166.
 37. **Cassetta M, Altieri F, Giansanti M, Bellardini M, Brandetti G, Piccoli L.** Is there a learning curve in static computer-assisted implant surgery? A prospective clinical study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2020 Oct;49(10):1335-1342.
 38. **Anitua E, Carda C, Andia I.** A novel drilling procedure and subsequent bone autograft preparation: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2007 Jan-Feb;22(1):138-45.
 39. **Anitua E, Flores C, Fernández-de-Retana S, Anitua B, Alkhraisat MH.** Performance of Immediately Loaded Short Implants Using Low-Speed Drilling Protocol and Plasma Rich in Growth Factors: A Controlled Retrospective Observational Study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2023 May;43(2):232-239b.