Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo

Facultad de Odontología

Maestría en Implantología Oral

Tesis monográfica para optar al título de

Máster en Implantología Oral

Comparación de la predictibilidad estética en rehabilitaciones sobre implantes del sector anterior mediante flujo convencional y digital: reporte de dos casos clínicos.

Línea de investigación: Salud y bienestar, Implantología oral.

AUTOR

Álvarez-Rocha, Allan Alberto

https://orcid.org/0009-0007-3461-7358

Managua, Nicaragua

Junio, 2026

Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo

Facultad de Odontología

Maestría en Implantología Oral

Tesis monográfica para optar al título de

Máster en Implantología Oral

Comparación de la predictibilidad estética en rehabilitaciones sobre implantes del sector anterior mediante flujo convencional y digital: reporte de dos casos clínicos.

Línea de investigación: Salud y bienestar, Implantología oral.

AUTOR

Allan Alberto Álvarez Rocha

https://orcid.org/0009-0007-3461-7358

TUTOR CIENTÍFICO

M. Sc. Christopher Marín

Cirujano Dentista

Máster en Implantología Oral

https://orcid.org/0009-0002-8471-2007

TUTOR METODOLÓGICO

M. Sc. Luis Alberto Quintana

Cirujano Dentista

Máster en Epidemiología

https://orcid.org/0000-0003-4355-6773

Managua, Nicaragua

Junio 2026

CARTA AVAL TUTOR

Por medio de la presente, y en mi calidad de tutor científico y metodológico, certifico que el trabajo de investigación titulado:

"Comparación de la predictibilidad estética en rehabilitaciones sobre implantes del sector anterior mediante flujo convencional y digital: reporte de dos casos clínicos"

Realizado por **Álvarez-Rocha, Allan Alberto**, cumple con las disposiciones institucionales, metodológicas y técnicas, que regulan esta actividad académica, y constituye su tesis monográfica para optar al título de **Máster en Implantología Oral.**

Y para que así conste, en cumplimiento con la normativa vigente, autorizo a las y los egresados, reproducir el documento definitivo para su entrega oficial a la facultad correspondiente, para que pueda ser tramitada su lectura y defensa pública.

Managua, Nicaragua, 20 de junio de 2026.

Atentamente,



M. Sc. Christopher Marín
Cirujano Dentista
Máster en Implantología Oral
https://orcid.org/0009-0002-8471-2007

CARTA AVAL TUTOR METODOLÓGICO

Por medio de la presente, y en mi calidad de tutor metodológico, certifico que el trabajo de investigación titulado:

"Comparación de la predictibilidad estética en rehabilitaciones sobre implantes del sector anterior mediante flujo convencional y digital: reporte de dos casos clínicos"

Realizado por **Álvarez-Rocha, Allan Alberto**, cumple con las disposiciones institucionales, metodológicas y técnicas, que regulan esta actividad académica, y constituye su tesis monográfica para optar al título de **Máster en Implantología Oral**.

Y para que así conste, en cumplimiento con la normativa vigente, autorizo al egresado, reproducir el documento definitivo para su entrega oficial a la facultad correspondiente, para que pueda ser tramitada su lectura y defensa pública.

Managua, Nicaragua, 20 de junio de 2026.

Atentamente,

Luis Alberto Quintana Salgado
Cirujano Dentista
Máster en Epidemiología

Dedicatoria

A mi madre,

Sussy Rocha Vanegas:

Eres un pilar de luz inagotable y raíz de todas mis certezas. Tu amor, tejido de paciencia y entrega absoluta, ha sido el faro que guio mis pasos en las horas de desvelo, y el refugio donde siempre encontré la fuerza para continuar. Esta meta alcanzada es, antes que mía, el fruto bendito de su fe constante y de su entrega incondicional.

A la memoria eterna de mi hermana,

Gloria Imalcin Álvarez Rocha,

Tu ausencia física no ha hecho más que arraigar su esencia en los rincones más profundos de mi alma. Tu partida temprana dejó un vacío tibio, pero tu recuerdo sigue siendo una presencia viva, una melodía silenciosa que impulsa cada uno de mis logros. Dondequiera que tu luz descanse, espero que este triunfo llegue como un abrazo del hermano que jamás te olvida.

Agradecimiento

Primeramente, agradezco a Dios Todopoderoso por darme la oportunidad de cursar este programa de posgrado y darme la salud, fuerzas físicas e inteligencia para concluir con éxito.

A las autoridades y docentes de la Maestría en Implantología Oral, por abrir las puertas al conocimiento especializado y guiar con rigor nuestro crecimiento profesional.

Al Dr. Luis Douglas Contreras Leal,

Coordinador del Posgrado

por su constante respaldo, su invaluable acompañamiento organizativo y por ser un motor fundamental en el desarrollo de este posgrado.

Al Dr. Oscar Alemán,

Decano de la Facultad de Odontología,

por su visión académica y su liderazgo al frente de nuestra facultad, impulsando siempre la excelencia científica y la actualización profesional en el país.

A cada uno de los maestros que compartieron sus experiencias en las aulas y las clínicas, dejando una huella imborrable en nuestra formación como implantólogos.

Resumen

La pérdida dentaria en el sector anterior del maxilar alteró drásticamente la arquitectura dentogingival, comprometiendo la estética, función y psiquis del paciente, lo que convirtió a la zona estética en un desafío rehabilitador contemporáneo. Persistió una brecha en Nicaragua respecto a la evidencia clínica local que comparara la predictibilidad estética de los flujos analógicos frente a los virtuales. Por ello, se planteó como objetivo general comparar la predictibilidad estética de rehabilitaciones sobre implantes en el sector anterior mediante flujo convencional y digital utilizando el índice PES/WES en dos casos clínicos. Se ejecutó una investigación aplicada, descriptiva, longitudinal y prospectiva, basada en un diseño cualitativo con componente cuantitativo descriptivo. La muestra se conformó mediante un muestreo por criterios por dos casos clínicos unitarios en la zona estética que cumplieron con las pautas de selección. La recolección de datos se realizó a través de la observación directa estructurada y participante, utilizando fichas clínicas basadas en los índices estandarizados PES/WES, modelos y registros fotográficos y tomográficos. Las principales conclusiones demuestran que el flujo de trabajo digital optimiza significativamente las puntuaciones estéticas de los componentes rosa y blanco en comparación con el método analógico tradicional, asegurando un ajuste pasivo preciso. Se recomienda la incorporación paulatina de tecnologías CAD/CAM en los programas de posgrado del país para estandarizar resultados clínicos altamente predecibles y reproducibles.

Palabras claves:

Implantes dentales, sector anterior, predictibilidad estética, flujos de trabajo en implantología, carga inmediata.

Abstract

Tooth loss in the anterior maxilla drastically altered the dentogingival architecture, compromising the patient's aesthetics, function, and psychological well-being, making the esthetic zone a contemporary rehabilitation challenge. A gap persisted in Nicaragua regarding local clinical evidence comparing the esthetic predictability of analog versus virtual workflows. Therefore, the general objective was to compare the esthetic predictability of implant-supported restorations in the anterior sector using conventional and digital workflows with the PES/WES index in two clinical cases. An applied, descriptive, longitudinal, and prospective study was conducted, based on a qualitative design with a descriptive quantitative component. The sample was obtained through criterion sampling of two single clinical cases in the esthetic zone that met the selection guidelines. Data collection was carried out through structured and participant direct observation, using clinical records based on the standardized PES/WES indices, models, and photographic and tomographic records. The main findings demonstrate that the digital workflow significantly optimizes the aesthetic scores of the pink and white components compared to the traditional analog method, ensuring a precise passive fit. The gradual incorporation of CAD/CAM technologies into postgraduate programs in the country is recommended to standardize highly predictable and reproducible clinical results.

Keywords:

Dental implants, anterior sector, aesthetic predictability, implantology workflows, immediate loading.

Índice de contenido

Índice de contenido **9**

1. Introducción **14**

2. Antecedentes **17**

3. Contexto del problema **20**

4. Pregunta de Investigación **23**

5. Objetivos **24**

5.1 Objetivo General 24

5.2 Objetivos Específicos 24

6. Justificación **25**

7. Limitantes de la investigación **28**

8. Marco teórico **30**

8.1.1 Estudios Internacionales 30

8.1.2 Estudios Nacionales 31

8.2.1. Implantología oral y rehabilitación implantosoportada 31

8.2.2. Rehabilitación implantosoportada en el sector anterior 38

8.2.3. Flujo de trabajo en rehabilitaciones implantosoportadas 44

8.2.4. Estética en rehabilitaciones implantosoportadas 50

9. Marco Metodológico **60**

9.1 Tipo de investigación 60

9.2 Criterios de selección del caso o los casos 62

Criterios de inclusión 62

Criterios de exclusión 63

9.3 Definición operativa de las variables (o matriz de descriptores) 64

9.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos 66

9.5 Validez y confiabilidad de los instrumentos 67

9.6 Procedimientos para el procesamiento y análisis de información 68
9.7 Consideraciones éticas 71
10. Resultados y discusiones 72
10.1 Descripción y evolución detallada del caso o los casos 72
10.2 Comparación con otros estudios o casos 96
10.3 Implicaciones clínicas, educativas o investigativas 102
11. Conclusiones 104
12. Recomendaciones 105
13. Referencias 106
14. Apéndices 110
Apéndice A. Consentimiento informado 110
Apéndice B. Instrumento de recolección de datos 112
15. Anexos 115
Anexo A. Declaración de autoría y cesión de derechos de publicación 115

Índice de tablas

Tabla 1 Parámetros evaluados en el índice PES/WES 57
Tabla 2 Matriz operativa de variables del objetivo 1 64
Tabla 3 Matriz operativa de variables del objetivo 2 64
Tabla 4 Matriz operativa de variables del objetivo 3 66

Índice de figuras

Figura 1 Tipos de implantes de titanio usados por Branemark en su estudio experimental 33

Figura 2 Representación esquemática de los diferentes tipos de interfaz en la oseointegración 34

Figura 3 Mediciones basales y pérdida ósea dimensional y vertical después de 8 semanas de cicatrización 41

Figura 4 Variables que evalúa el PES 56

Figura 5 Ejemplo de caso clínico donde se utiliza el índice PES/WES en dientes naturales 58

Figura 6 Fotografía inicial de la paciente del caso con flujo digital 73

Figura 7 Radiografía periapical inicial del caso con flujo digital 74

Figura 8 Fotografías intraorales del caso con flujo digital 75

Figura 9 Imágenes tomográficas en vista panorámica del caso con flujo digital 75

Figura 10 Cortes tomográficos del área a implantar del caso con flujo digital 77

Figura 11 Escaneo digital 79

Figura 12 Guía quirúrgica 79

Figura 13 Inserción del implante dental en zona operatoria 80

Figura 14 Radiografías intraoperatorias de la inmersión del implante dental 82

Figura 15 Regeneración ósea guiada en zona implantada 83

Figura 16 Radiografía intraoperatoria final 84

Figura 17 Colocación de provisional inmediato impreso en 3D 84

Figura 18 Colocación del healing anatómico y provisional de resina impresa 85

Figura 19 Prueba de asentamiento del scan body 86

Figura 20 Control postoperatorio de la colocación del provisional 87

Figura 21 Registro del color 88

Figura 22 Análisis del PES/WES en el caso con flujo digital 88

Figura 23 Fotografías clínicas y radiográficas iniciales del caso de flujo convencional 89

Figura 24 Fotografías intraorales del caso de flujo convencional 90
Figura 25 Imágenes tomográficas del caso con flujo convencional 91
Figura 26 Primera fase del manejo quirúrgico del caso con flujo convencional 92
Figura 27 Colocación del implante dental a mano alzada 93
Figura 28 Registro del color en el caso con flujo convencional 94
Figura 29 Perfil de emergencia e imagen radiográfica final del caso con flujo convencional 94
Figura 30 Análisis del índice PES/WES en el caso con flujo convencional 95

1. Introducción

La pérdida de elementos dentarios en el sector anterior del maxilar constituye una condición clínica con importantes implicaciones funcionales, estéticas y psicosociales. Esta región, conocida consensuadamente como la zona estética, desempeña un papel fundamental en la armonía de la sonrisa, la fonación y la interacción social del individuo (Belser U. y otros, 2009).

Cuando ocurre la ausencia de un incisivo o canino superior, se genera un desequilibrio drástico en la arquitectura dentogingival que compromete la apariencia facial y altera la guía anterior o la dinámica oclusal (Ríos y otros, 2019). Por consiguiente, la rehabilitación en esta área representa uno de los mayores desafíos dentro de la implantología oral contemporánea, dado que el éxito del tratamiento no depende únicamente de la osteointegración biológica del implante, sino de la capacidad de reproducir con exactitud las características morfológicas, ópticas y periodontales de la dentición natural homóloga adyacente (Marín, 2024).

En la práctica odontológica tradicional, la planificación y ejecución clínica se han conducido a través del denominado flujo convencional o analógico. Si bien este enfoque basado en radiografías bidimensionales, modelos de yeso e impresiones de silicona ha demostrado efectividad por décadas, presenta limitaciones críticas en cuanto a la precisión del posicionamiento tridimensional del implante y el riesgo de colapso de los tejidos blandos durante la transferencia física en el sillón dental (Ríos y otros, 2019).

Como respuesta a ello, el avance de las tecnologías digitales introdujo el flujo de trabajo guiado por sistemas CAD/CAM, el cual integra la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), el escaneo intraoral óptico y el diseño computarizado (Zailai y otros, 2026). La literatura internacional demuestra que estas herramientas virtuales no solo optimizan el ajuste pasivo de las estructuras cerámicas monolíticas y reducen el tiempo en el sillón, sino que muestran una concordancia sustancial (70.8%, kappa = 0.64) con la evaluación clínica directa al monitorizar índices objetivos de predictibilidad como el índice PES/WES (Kadkhodazadeh y otros, 2025).

A nivel de la región latinoamericana, se ha reportado que el flujo digital resguarda de forma predecible la altura de las papilas y la simetría óptica de la corona a mediano plazo. En

Nicaragua, la investigación científica en este campo ha comenzado a desarrollarse activamente. Por un lado, (Ruiz, 2024) documentó de forma pionera la implementación de plataformas de software tridimensional acopladas a CBCT, demostrando diagnósticos más acertados y un control morfológico superior frente a las técnicas convencionales. Por otro lado, (Marín, 2024) evaluó de manera objetiva la fase protésica en el sector anterior mediante los índices estéticos estandarizados PES y WES, determinando que la posición tridimensional del implante y las propiedades ópticas de la corona son factores críticos para el éxito. A pesar de estos avances, subsiste en el país una brecha en el acceso tecnológico debido a costos económicos y curvas de aprendizaje, persistiendo la necesidad de generar evidencia clínica local que compare directamente la predictibilidad estética de ambos flujos de trabajo bajo una misma metodología.

Para abordar este vacío de conocimiento, la presente investigación plantea la contrastación sistemática de dos casos clínicos controlados bajo la siguiente interrogante PECO: ¿En pacientes sometidos a rehabilitación implantosoportada en el sector anterior del maxilar, el uso de un flujo de trabajo digital para la planificación y ejecución del tratamiento, en comparación con un flujo de trabajo convencional, influye en la predictibilidad estética del resultado clínico evaluado mediante el índice PES/WES?

El objetivo general de este estudio consiste en comparar la predictibilidad estética de rehabilitaciones sobre implantes en el sector anterior realizadas mediante flujo convencional y flujo digital, utilizando el índice PES/WES en dos casos clínicos. Para su cumplimiento, se han delimitado tres objetivos específicos: primero, evaluar la estética de los tejidos periimplantarios utilizando el componente PES; segundo, analizar la estética de las restauraciones implantosoportadas utilizando el componente WES; y tercero, comparar los valores globales del índice PES/WES entre la rehabilitación realizada por flujo convencional y la ejecutada mediante flujo digital en los casos estudiados. Al ser un estudio cualitativo con un componente descriptivo basado en el diseño metodológico de reporte de casos múltiples, no se formula una hipótesis estadística inferencial, sino una proposición clínica orientada a demostrar que el flujo digital optimiza significativamente las puntuaciones estéticas rosa y blanca frente al método analógico tradicional.

La delimitación del estudio abarca fronteras temporales, espaciales y conceptuales estrictas. El marco temporal comprende el periodo de monitoreo clínico desarrollado entre los años 2024 y 2026. Espacialmente, la investigación se circunscribe al entorno de la práctica odontológica especializada en el posgrado de Implantología Oral de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo de Managua, Nicaragua. Desde la perspectiva conceptual, las variables se restringen al análisis de la predictibilidad estética de coronas unitarias fijas implantosoportadas en la zona anterior maxilar o mandibular, midiendo la respuesta de la mucosa periimplantaria a través de la escala PES y las propiedades de la corona cerámica mediante el WES.

2. Antecedentes

Antecedentes Internacionales

Belser et al. 2009 en su estudio publicado en Suiza, validaron clínicamente un nuevo índice estético objetivo y reproducible, compuesto por el Índice Estético Rosa (Pink Esthetic Score - PES) y el Índice Estético Blanco (White Esthetic Score - WES), para evaluar de forma cuantitativa los resultados estéticos de coronas unitarias implantosoportadas en el sector anterior del maxilar, colocadas bajo el concepto de implantología temprana. En los resultados más importantes del estudio destacan: El estudio reportó una media combinada total de PES/WES en un rango real de 11 a 18 puntos, demostrando que el protocolo de colocación temprana de implantes y restauración ofrece resultados estéticos altamente predecibles y estables a mediano plazo en el sector anterior. En los resultados del PES, las variables individuales que obtuvieron el desempeño más alto y favorable fueron la curvatura del margen gingival y el nivel del margen del tejido blando, y, en los resultados del WES, los parámetros que demostraron los puntajes más altos fueron la forma y el volumen de la corona, mientras que el color de la restauración (en términos de valor y croma) y la textura de la superficie cerámica fueron los elementos más complejos de mimetizar con los dientes homólogos adyacentes.

Bowen et al. (2023) en su investigación publicada en una revista española “Rehabilitación del sector anterosuperior mediante protocolo digital”, intervino a un paciente de 50 años sin antecedentes médicos de interés. En este caso, los autores llevaron a cabo los pasos y etapas de diagnóstico, planificación, cirugía de inserción de implantes y rehabilitación prostodóncica, mediante recursos digitales como la CBCT, impresión digital, escáner facial, planificación prostodóncica, cirugía guiada, carga inmediata, prótesis definitiva). Los autores concluyen que la precisión del tratamiento y la predictibilidad del mismo, superan a la técnica habitual, no obstante, es importante que el implantólogo cuente con un entrenamiento previo para poder utilizar al máximo estos recursos.

Antecedentes Regionales

Ríos et al. (2019) presentan el caso de un paciente femenino de 60 años, la cual es atendida en una clínica universitaria mexicana para rehabilitación anterior con implantes dentales mediante la técnica de personalización de nichos gingivales/postes de transferencia, con la finalidad de conservar la arquitectura de los tejidos blandos periimplantarios y optimizar los resultados estéticos y funcionales. El estudio destaca que la rehabilitación de la zona anterior representa uno de los mayores retos debido a la necesidad de mimetizar la restauración con las estructuras adyacentes. Se determinó que el uso de postes de transferencia estándar en el flujo convencional es insuficiente para copiar la tridimensionalidad del perfil de emergencia previamente acondicionado por el provisional, lo que suele provocar el colapso del tejido blando al tomar la impresión. Los autores demuestran que la técnica analógica de personalización del nicho con resina fluida y polivinilsiloxano conserva de forma óptima la posición marginal gingival. El artículo concluye que la predictibilidad del tratamiento depende de una transferencia exacta, permitiendo alcanzar los objetivos de excelencia que evalúan herramientas de medición objetiva como el Índice Esthetic Rosa (*Pink Esthetic Score* - PES).

Antecedentes Nacionales

Ruiz (2024), realizó su tesis en la UNAN-León, Nicaragua sobre la "Implementación de la tecnología digital en la rehabilitación oral completa", donde a través de un reporte de caso en una paciente femenina de 69 años, documento el flujo de trabajo digital que incluyó el escáner intraoral, modelos impresos en 3D, software de diseño Exocad, para el análisis de planificación implantológica de las zonas edéntulas utilizó el software Exoplan Rijeka 3.0 combinado con tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). El autor concluyó que el uso de la tecnología digital y los sistemas CAD/CAM en Nicaragua permite realizar diagnósticos sumamente acertados y precisos en comparación con las técnicas tradicionales. Entre los principales beneficios identificados destacan la reducción del tiempo clínico a un récord procedimental, un control absoluto sobre el color y la morfología de las restauraciones, un ajuste pasivo óptimo de las estructuras y un incremento significativo en el confort y la aceptación estética por parte del

paciente. Este antecedente guarda estrecha relación con la presente investigación debido a que constituye el estudio pionero en Nicaragua en documentar la transición del flujo convencional al flujo digital CAD/CAM, validando el uso de herramientas de software de diagnóstico y planificación tridimensional, elementos fundamentales para evaluar la predictibilidad estética en el sector anterior.

3. Contexto del problema

La pérdida dentaria en el sector anterior del maxilar representa una condición clínica con importantes implicaciones funcionales, estéticas y psicosociales para el paciente. Esta región del complejo dentoalveolar, conocida como la zona estética, desempeña un papel fundamental en la armonía de la sonrisa, la fonación y la interacción social. Cuando ocurre la pérdida de uno o más dientes en esta zona, se genera un desequilibrio en la arquitectura dentogingival que puede comprometer significativamente la apariencia facial y la percepción estética del individuo. En consecuencia, la rehabilitación de este sector constituye uno de los mayores desafíos dentro de la implantología oral contemporánea, debido a la necesidad de lograr una integración funcional y estética óptima entre la restauración protésica, los tejidos periimplantarios y las estructuras dentarias adyacentes.

La pérdida de un incisivo o canino superior puede modificar la guía anterior, alterar la dinámica oclusal y favorecer el desarrollo de contactos oclusales no fisiológicos. Asimismo, puede afectar la fonación, lo que repercute en la comunicación verbal del paciente. Estas alteraciones funcionales, sumadas al impacto estético evidente, pueden generar repercusiones psicológicas importantes, como disminución de la autoestima, inseguridad en las relaciones interpersonales y deterioro de la calidad de vida.

Las causas subyacentes de la pérdida dentaria en el sector anterior son diversas y pueden incluir traumatismos dentoalveolares, caries extensas, enfermedad periodontal avanzada, fracturas radiculares, reabsorciones externas o internas, así como fracasos de tratamientos restauradores previos. En muchos casos, estos factores etiológicos se combinan con condiciones anatómicas individuales, biotipo gingival desfavorable o limitaciones en el volumen óseo disponible, lo que incrementa la complejidad del tratamiento rehabilitador. Asimismo, la demora en la atención odontológica o la ausencia de intervenciones oportunas pueden favorecer el deterioro progresivo de los tejidos de soporte, dificultando aún más la rehabilitación posterior.

En este contexto, la rehabilitación mediante implantes dentales se ha consolidado como una alternativa terapéutica altamente predecible para reemplazar dientes ausentes, permitiendo restaurar tanto la función como la estética. No obstante, cuando se trata del sector anterior del maxilar, el éxito del tratamiento no depende únicamente de la osteointegración del implante, sino

también de la capacidad de reproducir de manera adecuada las características morfológicas y estéticas de un diente natural. Esto implica lograr una correcta posición tridimensional del implante, un adecuado manejo de los tejidos blandos y un diseño protésico que permita una transición armoniosa entre la restauración y el entorno periodontal.

En la práctica clínica tradicional, la planificación implantológica se ha basado en métodos convencionales que incluyen la evaluación clínica, el uso de radiografías bidimensionales, modelos de estudio obtenidos mediante impresiones analógicas y la confección de guías quirúrgicas convencionales. Si bien estos protocolos han demostrado ser efectivos durante décadas, presentan ciertas limitaciones en cuanto a la precisión del posicionamiento tridimensional del implante y la capacidad de prever el resultado protésico final.

En las últimas décadas, el avance de las tecnologías digitales ha introducido nuevas herramientas que permiten optimizar la planificación y ejecución de los tratamientos implantológicos, lo que permite realizar una planificación protésicamente guiada, en la que la posición del implante se determina en función de la restauración final deseada, lo que potencialmente mejora la precisión del procedimiento y la predictibilidad de los resultados estéticos.

A pesar de las ventajas teóricas atribuidas al flujo digital, su implementación en la práctica clínica no está exenta de desafíos. La disponibilidad de tecnología, los costos asociados a los equipos y la curva de aprendizaje requerida para su utilización pueden limitar su adopción en determinados contextos clínicos. En países en desarrollo, como Nicaragua, muchos profesionales continúan empleando protocolos convencionales debido a limitaciones en el acceso a tecnologías digitales avanzadas o a consideraciones económicas relacionadas con el costo del tratamiento para los pacientes.

La falta de evidencia clínica contextualizada sobre el impacto real de estos diferentes flujos de trabajo en los resultados estéticos representa un aspecto relevante dentro de la práctica implantológica. Aunque numerosos estudios han evaluado la precisión quirúrgica de la implantología guiada digitalmente, existe aún la necesidad de analizar cómo estas diferencias en la planificación y ejecución del tratamiento se reflejan en la predictibilidad estética del resultado final, particularmente en la zona estética anterior.

Cuando la rehabilitación implantosoportada en el sector anterior no se planifica ni ejecuta adecuadamente, pueden presentarse diversas complicaciones que afectan tanto la estética como la función. Entre estas se incluyen la malposición del implante, la exposición de componentes protésicos, la recesión de los tejidos blandos, la pérdida de papilas interdentales, el sombreado grisáceo del implante a través de la mucosa o la aparición de contornos protésicos antiestéticos. Estas complicaciones no solo comprometen el resultado clínico, sino que también pueden requerir procedimientos adicionales de corrección, incrementando la complejidad del tratamiento, los costos y el tiempo de rehabilitación.

Las repercusiones de no abordar adecuadamente este problema pueden manifestarse tanto a corto como a largo plazo. En el corto plazo, el paciente puede experimentar insatisfacción con el resultado estético, dificultades funcionales o incomodidad asociada a la restauración. A largo plazo, la presencia de restauraciones mal adaptadas o implantes mal posicionados puede favorecer la aparición de complicaciones biológicas, como mucositis periimplantaria o periimplantitis, así como problemas mecánicos relacionados con los componentes protésicos.

Considerando estos aspectos, resulta fundamental analizar de manera detallada los factores que influyen en la predictibilidad estética de las rehabilitaciones implantosoportadas en el sector anterior. La documentación clínica de casos tratados mediante diferentes protocolos de trabajo permite identificar las variables que intervienen en el resultado final y valorar el impacto de las tecnologías digitales en la optimización del tratamiento implantológico.

En este sentido, el análisis comparativo de rehabilitaciones implantosoportadas realizadas mediante flujo convencional y flujo digital adquiere relevancia dentro del contexto clínico actual. A través de la evaluación sistemática de los resultados estéticos obtenidos, es posible aportar evidencia que contribuya a mejorar la toma de decisiones terapéuticas, optimizar los protocolos de tratamiento y favorecer resultados clínicos más predecibles. De esta manera, se promueve una práctica implantológica orientada no solo al éxito biológico del implante, sino también a la obtención de resultados estéticos que satisfagan las expectativas funcionales y psicológicas del paciente, contribuyendo así a mejorar su calidad de vida.

4. Pregunta de Investigación

P (Población): Pacientes que requieren rehabilitación con implantes dentales en el sector anterior del maxilar

E (Exposición / Variable de interés): Rehabilitación sobre implantes mediante flujo digital

C (Comparación): Rehabilitación sobre implantes mediante flujo convencional

O (Outcome / Resultado): Predictibilidad estética evaluada mediante el índice PES/WES.

Pregunta PECO formulada:

¿En pacientes sometidos a rehabilitación implantosoportada en el sector anterior del maxilar, el uso de un flujo de trabajo digital para la planificación y ejecución del tratamiento, en comparación con un flujo de trabajo convencional, influye en la predictibilidad estética del resultado clínico evaluado mediante el índice PES/WES?

5. Objetivos

5.1 Objetivo General

Comparar la predictibilidad estética de rehabilitaciones sobre implantes en el sector anterior realizadas mediante flujo convencional y flujo digital, utilizando el índice PES/WES en dos casos clínicos.

5.2 Objetivos Específicos

- Describir las características sociodemográficas y clínicas de los pacientes en los cuales se realizó el tratamiento de rehabilitación sobre implantes en el sector anterior.
- Evaluar la estética de los tejidos periimplantarios en rehabilitaciones sobre implantes del sector anterior realizadas mediante flujo convencional y flujo digital, utilizando el componente PES del índice PES/WES.
- Analizar la estética de las restauraciones implantosoportadas del sector anterior obtenidas mediante flujo convencional y flujo digital, utilizando el componente WES del índice PES/WES.
- Comparar los valores globales del índice PES/WES entre la rehabilitación implantosoportada realizada mediante flujo convencional y la realizada mediante flujo digital para determinar su predictibilidad estética en los casos clínicos estudiados.

6. Justificación

La rehabilitación implantosoportada en el sector anterior constituye uno de los mayores desafíos dentro de la implantología oral contemporánea, debido a las altas exigencias estéticas y funcionales que esta zona impone. El éxito clínico de un implante dental no se limita únicamente a su osteointegración, sino que también depende de la integración armónica del implante y su restauración con los tejidos periimplantarios y las estructuras dentarias adyacentes. En este contexto, la predictibilidad estética se ha convertido en un criterio fundamental para evaluar los resultados terapéuticos, especialmente cuando se trata de la zona estética anterior del maxilar.

En los últimos años, el desarrollo de tecnologías digitales ha transformado significativamente los protocolos diagnósticos, quirúrgicos y restauradores en implantología. La incorporación de herramientas como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), el escaneo intraoral, la planificación virtual y la cirugía guiada ha permitido establecer flujos de trabajo digitales que prometen mejorar la precisión, la planificación protésicamente guiada y la previsibilidad de los resultados estéticos. Sin embargo, en muchos contextos clínicos aún se emplean protocolos convencionales que continúan siendo ampliamente aceptados y utilizados en la práctica diaria. Ante este escenario, resulta pertinente analizar comparativamente ambos enfoques terapéuticos para valorar sus implicaciones clínicas reales en términos de predictibilidad estética.

A partir de lo anterior, la presente investigación encuentra su justificación en varios niveles que sustentan su pertinencia académica, científica y clínica.

Conveniencia

La comparación entre rehabilitaciones implantosoportadas realizadas mediante flujo convencional y flujo digital en el sector anterior permitirá analizar de forma detallada los resultados estéticos obtenidos en ambos enfoques terapéuticos. Este tipo de análisis contribuye a comprender si las ventajas teóricas atribuidas al flujo digital se traducen efectivamente en resultados clínicos más predecibles en escenarios reales de práctica clínica.

Asimismo, el estudio resulta conveniente porque aborda una problemática frecuente en implantología oral: la obtención de resultados estéticos estables y reproducibles en la zona

anterior. Al documentar dos casos clínicos tratados mediante diferentes protocolos de trabajo, se genera información valiosa que puede servir como referencia para la toma de decisiones clínicas en situaciones similares.

Relevancia social

En el contexto de Nicaragua, la implantología oral ha experimentado un crecimiento progresivo durante las últimas décadas, impulsado por el desarrollo de clínicas privadas especializadas y por el incremento en la demanda de tratamientos rehabilitadores que permitan restablecer la función y la estética dental. La rehabilitación mediante implantes dentales representa una alternativa terapéutica altamente eficaz para restaurar la estética y la función en pacientes con pérdida dentaria anterior. No obstante, el acceso a tecnologías digitales avanzadas aún es limitado en muchos centros odontológicos del país debido a factores económicos, infraestructura tecnológica y capacitación profesional. En este sentido, existe la necesidad de generar evidencia clínica que permita valorar objetivamente los beneficios reales del flujo digital frente a los protocolos convencionales.

Implicaciones prácticas

Desde una perspectiva clínica, este estudio posee importantes implicaciones prácticas para los especialistas en implantología oral y rehabilitación oral. La comparación entre el flujo de trabajo convencional y el flujo digital permitirá identificar diferencias en aspectos clave del tratamiento, tales como la planificación implantológica, el control tridimensional de la posición del implante, el manejo de los tejidos periimplantarios y la obtención de resultados estéticos satisfactorios.

La documentación detallada de ambos casos clínicos permitirá analizar los factores que influyen en la predictibilidad estética, incluyendo la posición tridimensional del implante, el contorno de emergencia protésico, la estabilidad de los tejidos blandos y la integración armónica con los dientes adyacentes. Asimismo, la aplicación del índice PES/WES, permitirá realizar una valoración sistemática y reproducible de los resultados obtenidos.

Valor teórico

Desde el punto de vista científico, el estudio aporta al cuerpo de conocimiento existente en implantología oral al analizar la predictibilidad estética en rehabilitaciones sobre implantes mediante dos enfoques terapéuticos diferentes. Aunque existe una creciente cantidad de literatura sobre flujos de trabajo digitales en implantología, muchos de estos estudios se centran en aspectos técnicos o en análisis in vitro, por lo que resulta relevante documentar evidencia clínica basada en casos reales.

El análisis comparativo entre flujo convencional y flujo digital permitirá reflexionar sobre el papel que desempeñan las tecnologías digitales dentro del proceso terapéutico implantológico, particularmente en lo relacionado con la planificación protésicamente guiada y el control de variables que influyen en el resultado estético final.

Utilidad metodológica

Desde la perspectiva metodológica, el presente estudio propone un modelo de análisis clínico comparativo basado en el reporte detallado de dos casos tratados mediante diferentes flujos de trabajo. Este enfoque permite documentar de manera sistemática todas las fases del tratamiento implantológico, desde el diagnóstico y la planificación hasta la rehabilitación protésica y la evaluación estética final.

Además, el desarrollo del estudio puede servir como referencia metodológica para futuras investigaciones clínicas en implantología oral dentro del contexto nacional, promoviendo la documentación sistemática de casos clínicos y la utilización de parámetros objetivos de evaluación.

7. Limitantes de la investigación

Al realizar este estudio, se presentaron distintas limitaciones y barreras que es importante señalar para entender hasta dónde llegan los resultados obtenidos. La primera y más importante limitación tiene que ver con el diseño del estudio. Esta investigación se basa en un reporte y comparación de dos casos clínicos específicos. Debido a que no se estudió a un grupo grande o representativo de la población, los resultados numéricos y las calificaciones de las escalas estéticas (PES/WES) solo reflejan lo que ocurrió con estos dos pacientes. Por lo tanto, los datos obtenidos no se pueden aplicar a todos los pacientes que necesitan implantes en Nicaragua, sino que deben tomarse como una guía descriptiva y un punto de referencia para otros profesionales.

En el aspecto técnico, el uso de la tecnología digital también trajo consigo ciertos retos. Aunque los equipos como el escáner intraoral, las tomografías computarizadas y los programas de diseño (Exocad y Exoplan) estaban disponibles en la clínica del posgrado de la UNICA, el éxito de estas herramientas depende mucho de la práctica del operador y del comportamiento del paciente en el sillón dental. Durante el escaneo de la boca, factores como la saliva acumulada, un movimiento inesperado del paciente o la dificultad para capturar las zonas más profundas entre los dientes pueden causar pequeñas distorsiones en el modelo virtual. Aunque el programa de computadora suele corregir estos detalles de forma automática, son variables que pueden alterar la precisión y el ajuste final de la corona.

Por otra parte, el tiempo de seguimiento de los pacientes representa otra limitación importante. Evaluar la estabilidad de la encía y la duración de la corona requiere citas de control periódicas a lo largo de un periodo de dos años (entre 2024 y 2026). Para que los datos sean exactos, se necesita que los pacientes asistan puntualmente a cada revisión.

El factor económico también influyó en la estructura del proyecto. Al ser una investigación financiada con los propios recursos del investigador, los costos de los materiales tradicionales de alta calidad, el pago por los escaneos digitales, la fabricación de las coronas en laboratorios especializados y el fresado de materiales modernos como el circonio representaron un gasto considerable. Esta limitación económica impidió incluir a más pacientes o formar un grupo de comparación más grande. Asimismo, al contar con un equipo de trabajo pequeño para revisar a

los pacientes, el riesgo de que la evaluación visual tenga cierta subjetividad es mayor, a pesar de que se usaron las guías estandarizadas de los índices PES/WES para intentar ser lo más justos posible.

Finalmente, este estudio dejó por fuera algunos aspectos importantes que valdría la pena analizar en el futuro. Por ejemplo, no se consideraron variables socioeconómicas, como el costo-beneficio del flujo digital en la salud pública de Nicaragua o qué tan cómodos se sienten psicológicamente los pacientes del sector público ante estas nuevas tecnologías. Además, las calificaciones de la estética dependen directamente de que los dientes vecinos del paciente estén sanos y tengan una buena forma para poder compararlos con el implante. Si un paciente tiene los dientes de al lado dañados, rotos o con pérdida de hueso por enfermedad periodontal, la comparación no sería justa, lo que obligó a ser muy estrictos con la selección de los casos y limita las conclusiones del estudio a escenarios donde la dentadura vecina esté en perfectas condiciones.

8. Marco teórico

Según Guevara et al. (2020), el marco teórico es el pilar que fundamenta científicamente una investigación, integrando de forma lógica y estructurada tanto el marco referencial como el conceptual. El marco referencial consiste en la recopilación y análisis de los antecedentes del problema, es decir, investigaciones previas y el estado del arte que contextualizan el estudio. Por su parte, el marco conceptual se centra en definir de manera precisa los términos esenciales, variables y conceptos clave que guiarán el desarrollo del trabajo. Ambos apartados se complementan para evitar duplicar errores del pasado y delimitar el alcance teórico del trabajo investigativo.

8.1. Marco referencial

8.1.1 Estudios Internacionales

Kadkhodazadeh et al. (2025) llevaron a cabo un estudio en Irán, cuyo objetivo fue el de evaluar y comparar la concordancia y fiabilidad de los resultados de la valoración estética del tejido blando periimplantario en la zona anterior, realizada de manera clínica convencional frente a la realizada a través de modelos tridimensionales digitales obtenidos mediante un escáner intraoral, utilizando el índice *Pink Esthetic Score* (PES). En los resultados principales encontraron: de un total de 168 evaluaciones analizadas entre todas las variables, las modalidades clínica y digital otorgaron puntuaciones idénticas en el 70.8% de los casos. Se obtuvo un coeficiente Kappa de 0.64, lo cual representa una concordancia sustancial y estadísticamente significativa entre el examen clínico en boca y el análisis virtual en la pantalla de diagnóstico. Los autores concluyen que existe un acuerdo sustancial y clínicamente seguro entre la evaluación estética convencional en el sillón dental y la evaluación digital indirecta. Los escáneres intraorales son herramientas altamente confiables, precisas y reproducibles para monitorizar y calificar el índice PES, aportando la ventaja añadida de estandarizar los registros y facilitar la comodidad del operador en la práctica clínica.

Zalai et al. (2026) llevaron a cabo en Arabia Saudita, una revisión sistemática y metaanálisis de 10 estudios clínicos primarios, cuyo objetivo fue el de evaluar de forma

cuantitativa y cualitativa la efectividad clínica, la precisión del ajuste y los resultados reportados por los pacientes al comparar los flujos de trabajo completamente digitales frente a los métodos analógicos convencionales para la confección de restauraciones protésicas sobre implantes dentales. Los autores destacan que en sus principales resultados encontraron: eficiencia en tiempo operatorio en el uso de escáneres intraorales demostrando una reducción estadísticamente significativa en el tiempo clínico de sillón en comparación con las técnicas analógicas tradicionales de impresión elastomérica; precisión y ajuste marginal, percepción y satisfacción del paciente hacia el procedimiento digital atribuyéndole mayores índices de comodidad operatoria, reducción de la ansiedad y confort general frente a la toma de impresión con cubeta abierta o cerrada.

8.1.2 Estudios Nacionales

Marín (2024), en su tesis de Maestría en Implantología Oral de la UNICA- Nicaragua titulada *"Resultados estéticos de la fase protésica tras la colocación de implantes dentales en la zona estética anterior de la maxila según el índice Pes y Wes"*, desarrolló un estudio observacional descriptivo de reporte de casos con el objetivo de evaluar la predictibilidad estética en la rehabilitación implantológica peri-implantar. Evaluando una muestra por censo de 4 pacientes mediante las escalas objetivas PES y WES, determinó que parámetros como la preservación papilar, la posición tridimensional del implante y las características ópticas de la corona son cruciales para el éxito del tratamiento. El autor concluye que la implementación de estos índices estéticos estandarizados permite un control de calidad riguroso y objetivo, elevando los estándares de éxito funcional y estético en el sector anterosuperior.

8.2. Marco conceptual

8.2.1. Implantología oral y rehabilitación implantosoportada

- **Definición de implantes dentales.**

Los implantes dentales se definen como dispositivos aloplásticos, fabricados predominantemente de titanio comercialmente puro o aleaciones de este, que se insertan quirúrgicamente en los huesos maxilares con el propósito de actuar como anclajes para la

retención y soporte de prótesis dentales sustitutivas. Estos componentes biomédicos actúan como un sustituto artificial de la raíz dentaria perdida, permitiendo la restauración de los dientes ausentes mediante una interfase directa y funcional con el tejido óseo circundante (Misch, 2014).

Evolución histórica de la implantología

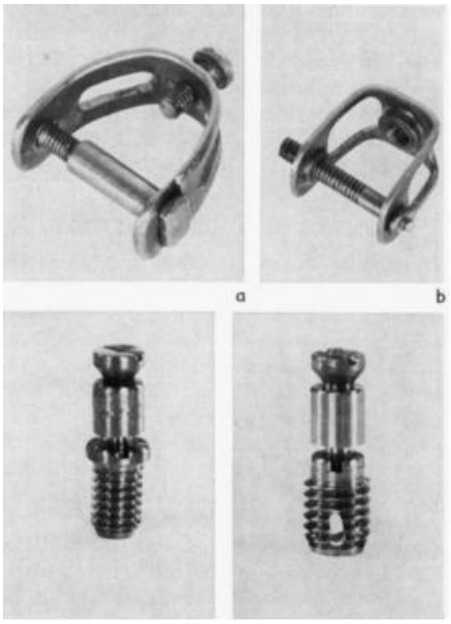
La implantología moderna experimentó un cambio paradigmático a partir de la segunda mitad del siglo XX. Aunque existen registros ancestrales de intentos de reposición dental con materiales orgánicos e inorgánicos, el hito científico crucial ocurrió de manera fortuita a finales de la década de 1950 gracias al médico sueco Per-Ingvar Brånemark.

En 1969, Brånemark y colaboradores publicaron los resultados de una investigación realizada en 12 perros Harrier machos, en los que se colocaron implantes intraóseos de titanio en maxilares y mandíbulas edéntulas con un seguimiento a 5 años. Los autores observaron que, cuando los implantes eran colocados mediante una técnica quirúrgica atraumática, mantenidos libres de contaminación y protegidos durante la cicatrización inicial, el tejido óseo crecía en contacto íntimo con la superficie de titanio sin interposición de tejido fibroso. Asimismo, los implantes soportaron cargas masticatorias durante períodos superiores a cinco años sin evidencias de rechazo biológico ni pérdida significativa de estabilidad.

El estudio también identificó factores esenciales para el éxito de los implantes, entre ellos la preparación quirúrgica atraumática del lecho receptor, el cierre primario de los tejidos blandos, la utilización de implantes de titanio biocompatibles y el mantenimiento de una adecuada higiene oral para prevenir inflamación periimplantaria. Los hallazgos demostraron por primera vez que era posible obtener una unión estable y duradera entre el hueso vivo y un implante de titanio sometido a función, estableciendo las bases biológicas y clínicas de la osteointegración. Este descubrimiento revolucionó la rehabilitación oral y marcó el inicio de la implantología moderna, convirtiéndose en el fundamento científico de los sistemas de implantes utilizados actualmente (Brånemark y otros, 1969).

Figura 1

Tipos de implantes de titanio usados por Branemark en su estudio experimental



Nota: (a y b) Dispositivos utilizados en los primeros estudios piloto; (c y d) Dispositivos de fijación en forma de tornillo con puntales conectados. Adaptados del artículo *Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies* por Branemark et al., 1969, Scand J Plast Reconstr Surg.

- **Principios biológicos de la oseointegración.**

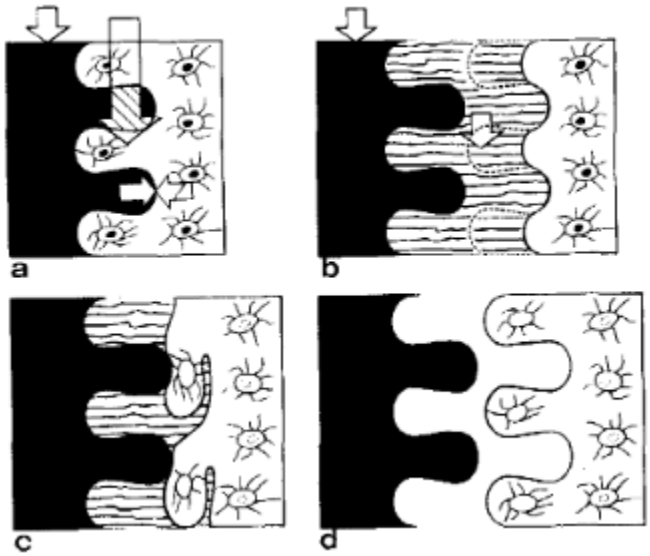
Brånemark identificó varios principios fundamentales:

- Biocompatibilidad del titanio, el cual presenta una elevada compatibilidad biológica debido a la formación espontánea de una capa superficial de óxido de titanio, la cual protege al metal de la corrosión y favorece la interacción con las células óseas. Esta propiedad permite que el hueso se forme directamente sobre la superficie del implante.
- En la estabilidad primaria, es importante ya que la inmovilidad inicial del implante es esencial para que se produzca la formación ósea directa. Los micro movimientos excesivos favorecen la formación de tejido fibroso en lugar de hueso, comprometiendo la osteointegración.

- Se debe efectuar una técnica quirúrgica atraumática, ya que el sobrecalentamiento del hueso durante el fresado puede provocar necrosis ósea y fracaso de la osteointegración.
- La cicatrización debe estar libre de contaminación, durante las primeras semanas ocurre la formación del coágulo sanguíneo, la angiogénesis, la migración celular y la neoformación ósea, ya que la contaminación bacteriana durante esta fase puede alterar el proceso de integración.
- Una vez integrado el implante, el hueso periimplantario experimenta remodelación constante en respuesta a las cargas funcionales. La osteointegración debe entenderse como un equilibrio biológico dinámico y no como una unión estática (Brånemark P. I., 1983), (Albrektsson y otros, 1981)

Figura 2

Representación esquemática de los diferentes tipos de interfaz en la oseointegración



Fuente: (Albrektsson y otros, 1981)

En esta figura, 2A, el hueso vivo está en contacto inmediato con el implante. Teóricamente, este tipo de anclaje del implante es superior a los demás y el único en el que el destino a largo plazo en el caso individual es predecible. En la figura 2B, el hueso vivo, se observa una capa de tejido blando interpuesta e implante. Este tipo de anclaje del implante con el tiempo, a veces varios

años, conducirá a la pérdida del implante a pesar de que el hueso sea vital. En la figura 2C se ejemplifica el hueso muerto parcialmente en contacto directo con el implante, donde, aunque no puede soportar la misma carga pesada que la osteointegración, puede funcionar durante años.

La principal desventaja, aparte de su capacidad limitada para soportar carga, es el riesgo de reabsorción ósea final que conduce inmediatamente a la pérdida del implante. En la figura 2D, se presenta la zona de interfaz del cemento óseo, el cual siempre conduce a la muerte del hueso en la zona del borde del cemento y generalmente es reemplazado por tejido conectivo, lo que resulta en condiciones similares a las descritas en 2B (Albrektsson y otros, 1981).

Objetivos de la terapia con implantes dentales

Los objetivos principales de la terapia con implantes son dos: primero, lograr resultados de tratamiento satisfactorios desde un punto de vista funcional, estético y fonético, con alta predictibilidad y buena estabilidad a largo plazo; y, segundo, tener un bajo riesgo de complicaciones durante la cicatrización y el seguimiento. Estos aspectos son de suma importancia para los pacientes, ya que desean conocer el pronóstico a largo plazo que pueden esperar y los riesgos asociados a las diferentes propuestas de tratamiento. Los resultados del tratamiento se miden principalmente mediante la evaluación de la supervivencia del implante y las tasas de éxito, pero también, cada vez más, según los resultados centrados en el paciente (Buser y otros, 2017).

Los objetivos secundarios de la terapia con implantes incluyen el menor número posible de intervenciones quirúrgicas, bajo dolor y morbilidad durante la cicatrización, periodos de cicatrización cortos, un tiempo total de tratamiento breve y una eficacia aceptable. Estos objetivos también son muy importantes para los pacientes, pero tienen una prioridad menor que los objetivos principales. En los últimos 16 años, se han logrado avances significativos con estos esfuerzos de perfeccionamiento, aunque los progresos fueron claramente más pequeños y graduales, y estuvieron relacionados con la búsqueda, guiada por principios éticos, de minimizar los riesgos para los pacientes (Buser y otros, 2017).

Indicaciones de los implantes dentales en el sector anterior

Dentro de las indicaciones de implantes dentales en el sector anterior se pueden mencionar:

• Pérdida dentaria en la zona estética

La sustitución de un diente ausente en el sector anterior mediante terapia implantológica está indicada prioritariamente cuando el objetivo clínico es restaurar la anatomía natural sin comprometer los elementos tisulares remanentes. Las principales etiologías del edentulismo en esta zona incluyen los traumatismos dentoalveolares, las fracturas radiculares longitudinales, el fracaso de tratamientos endodónticos previos y la destrucción periodontal avanzada (Misch, 2014).

Sin embargo, la indicación de un implante en la zona estética no depende únicamente de la ausencia del diente, sino de la disponibilidad y calidad del sustrato anatómico receptor. Buser et al. (2017) señalan que el éxito estético a largo plazo está supeditado a la presencia de un volumen óseo tridimensional adecuado (en sentido vestíbulo-palatino y apico-coronal) y a un biotipo gingival favorable. Cuando existe una deficiencia ósea severa producto de la reabsorción tras la extracción, la colocación del implante está indicada de forma combinada o secuencial con procedimientos de regeneración ósea guiada (ROG) e injertos de tejido conectivo, con el fin de evitar la exposición de las espiras metálicas y garantizar un contorno mucoso armónico.

Adicionalmente, se debe considerar la distancia interproximal y la cresta ósea de los dientes vecinos. La presencia de la papila interdental depende directamente de la distancia desde el punto de contacto hasta la cresta ósea alveolar; si esta distancia es menor o igual a 5 mm, la papila se regenerará en el 100% de los casos. Por lo tanto, la terapia implantológica está firmemente indicada cuando las condiciones periodontales de los dientes adyacentes permiten predecir la conservación de estas estructuras blandas tan críticas para el mimetismo gingival (Misch, 2014).

• Ventajas frente a prótesis convencionales

Al contrastar la rehabilitación implantosoportada con las alternativas tradicionales del sector anterior —como la prótesis parcial fija o removible, se consolidan ventajas biológicas, mecánicas y estéticas sustanciales:

- **Preservación de la estructura dental adyacente:**

La preparación biomecánica para un puente convencional exige el desgaste severo e irreversible del esmalte y la dentina de los dientes pilares vecinos. Misch (2014) documenta que este tallado puede reducir entre un 50% y un 70% de la corona clínica natural, incrementando exponencialmente el riesgo de sensibilidad postoperatoria, necrosis pulpar, caries secundaria en los márgenes de la corona y fallas estructurales a mediano plazo. El implante dental actúa de forma autónoma, eliminando la necesidad de mutilar tejidos sanos.

- **Conservación del volumen óseo alveolar:**

Tras la pérdida de un órgano dental, el hueso alveolar remanente inicia un proceso fisiológico involutivo de reabsorción por desuso, perdiendo la mayor parte de su ancho y altura durante el primer año. Las prótesis fijas convencionales o los pónticos de los puentes no ejercen ningún estímulo mecánico sobre el alveolo residual. En contraste, los implantes dentales transmiten las fuerzas oclusales directamente al tejido óseo circundante a través de la interfase oseointegrada, induciendo un estímulo piezoeléctrico que estabiliza el remodelado óseo y previene la atrofia del proceso alveolar (Brånemark P. I., 1983).

- **Mantenimiento del perfil de emergencia y estética natural:**

En el sector anterior, el uso de prótesis removibles suele asociarse con la presencia de retenedores metálicos que alteran de forma drástica la estética oclusal y exponen la condición protésica del paciente. Asimismo, el colapso óseo bajo un puente convencional genera espacios oscuros debajo del póntico. El implante unitario permite confeccionar una corona que emerge de

la encía imitando fielmente la anatomía de un diente natural, lo que se traduce en un impacto directo y positivo en la autoestima y la calidad de vida relacionada con la salud oral del paciente (Buser y otros, 2017).

8.2.2. Rehabilitación implantosoportada en el sector anterior

Características del sector estético anterior

La ejecución de tratamientos implantológicos en la región anterior del maxilar superior representa uno de los mayores desafíos en la odontología contemporánea. Lograr un mimetismo óptimo con la dentición natural requiere una comprensión integradora de la micro anatomía ósea y la dinámica tridimensional de los tejidos blandos circundantes.

• **Anatomía del maxilar anterior**

La morfología ósea del maxilar anterior se caracteriza por una marcada asimetría entre sus corticales. La tabla alveolar vestibular está constituida principalmente por hueso fasciculado, una estructura dependiente del ligamento periodontal altamente sensible a la privación vascular tras la exodoncia. Estudios de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) dirigidos por Januário et al. (2011) demostraron que en las dimensiones más críticas del sector anterior (el tercio coronal), el grosor de la pared ósea vestibular mide menos de 1 mm en el 85% de los pacientes, y menos de 0.5 mm en el 40% de los casos evaluados**.**

Esta fragilidad anatómica condiciona de forma drástica el remodelado tisular post-extracción. De acuerdo con el análisis tridimensional de Grunder et al. (2005), tras la remoción del órgano dental se genera un colapso horizontal del proceso alveolar que oscila entre el 30% y el 50% de su anchura original en los primeros 12 meses. Esta pérdida ósea ocurre predominantemente a expensas de la cortical vestibular externa. Desde una perspectiva topográfica, este fenómeno compromete la correcta emergencia protésica y obliga al clínico a respetar estructuras limítrofes críticas como el conducto nasopalatino y las fosas nasales para prevenir complicaciones neurológicas o de fijación biológica.

Relación diente–encía–hueso

La preservación de una arquitectura gingival armónica está estrictamente vinculada al soporte óseo subyacente y a las características morfológicas del tejido conectivo. En la implantología moderna, la antigua denominación de biotipo periodontal ha evolucionado hacia el término fenotipo periodontal/tisular, el cual integra el espesor de la encía y la morfología del hueso alveolar (Kim y otros, 2020).

La categorización clínica del fenotipo es un factor determinante para la predictibilidad del margen mucoso. Los pacientes con un fenotipo fino y festoneado muestran una respuesta tisular marcadamente destructiva ante la cirugía, con una alta tendencia a la recesión del margen gingival y a la pérdida precoz de las papilas interdentales. Por el contrario, un fenotipo grueso y plano exhibe una matriz conectiva densa y mayor vascularización, lo que tolera de mejor forma los micro movimientos y la manipulación protésica, confiriendo estabilidad estética a largo plazo (Kim y otros, 2020)

Por otra parte, la estabilidad vertical de los tejidos blandos alrededor de los implantes depende del establecimiento de una barrera biológica conocida como tejido supracrestal insertado. Algunos autores, han puesto de manifiesto que si el espesor vertical de la mucosa crestal inicial es fino (menor a 2 mm), se producirá una reabsorción ósea crestal inevitable durante los primeros meses para permitir que el organismo establezca el espacio biológico periimplantario necesario. De manera general, el mantenimiento de las papilas interproximales sigue las directrices paramétricas de la relación ósea interdental. Para cuantificar objetivamente la armonía del tejido periimplantario blando, se utiliza de forma estandarizada el Pink Esthetic Score (PES) propuesto por Fürhauser et al. (2005). Este sistema evalúa siete variables específicas, otorgando un peso prioritario a la integridad de la papila mesial y distal, cuya presencia está subordinada a la distancia crestal respecto a los dientes adyacentes para evitar la formación de espacios vacíos o triángulos oscuros.

Desafíos estéticos en implantología anterior

La rehabilitación del sector anterior mediante restauraciones implantosoportadas representa uno de los escenarios de mayor exigencia técnica en la odontología contemporánea.

Lograr un mimetismo óptimo con la dentición natural requiere el dominio de variables anatómicas, biológicas y posicionales que condicionan la estabilidad de los tejidos a largo plazo.

• Biotipo (Fenotipo) gingival

El espesor y la morfología de la mucosa periimplantaria desempeñan un papel crítico en el blindaje estético de la restauración. El desafío estético radica en la respuesta diferencial que presentan los distintos tejidos ante la agresión quirúrgico-protésica. Los pacientes que exhiben un fenotipo fino y festoneado se asocian con tablas óseas vestibulares extremadamente delgadas y una matriz conectiva translúcida e hipovascular.

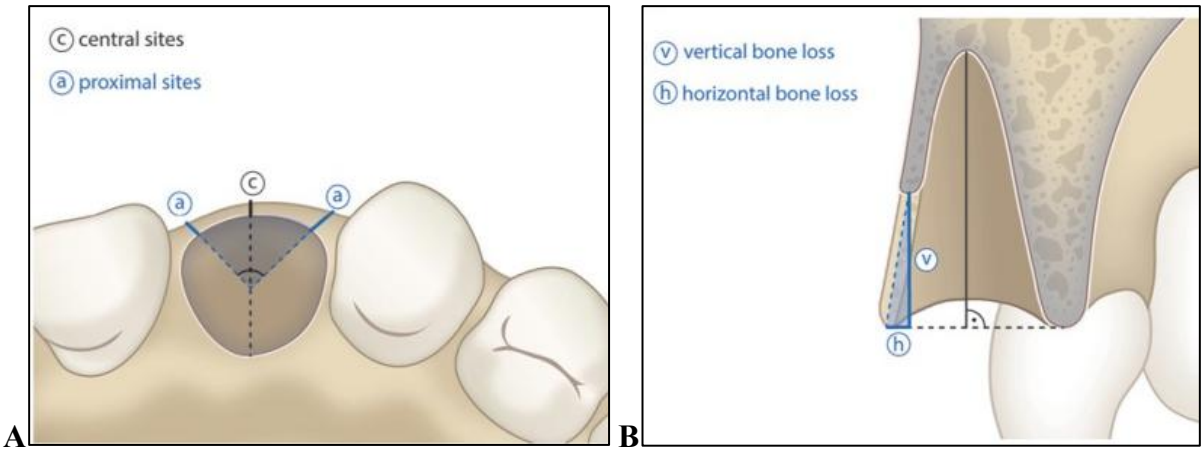
De acuerdo con las investigaciones de Chappuis et al. (2013), ante la colocación de un implante o la remodelación biológica post-extracción en un fenotipo fino, la delgada pared ósea vestibular sufre una reabsorción vertical severa que promedia los 3.5 mm. Esta pérdida de soporte óseo deriva en recesiones del margen mucoso y en el sombreado grisáceo periimplantario por la traslucidez del aditamento metálico. Por el contrario, un fenotipo grueso posee un tejido conectivo denso y colágeno con mayor aporte vascular que tolera de mejor forma la remodelación ósea. Cuando el tejido blando inicial es escaso, se debe realizar procedimientos de aumento volumétrico mediante injertos de tejido conectivo autólogo para mimetizar la arquitectura natural.

En la figura 3 se presentan los hallazgos de estos autores:

En la figura 3A se observan los sitios centrales (c) y proximales (a) donde se llevaron a cabo los análisis orientados en un ángulo de 45° con el eje del diente como referencia. En la figura 3B se observa la distribución de frecuencia del grosor de la pared ósea facial en sitios centrales y proximales.

Figura 3

Mediciones basales y pérdida ósea dimensional y vertical después de 8 semanas de cicatrización



Fuente: (Chappuis y otros, 2013)

Papilas interdentales

La presencia y estabilidad de las papilas interproximales define el éxito de la restauración en la zona rosa. La pérdida del triángulo de tejido blando interdental no solo compromete la fonación y propicia la retención de detritus alimenticios, sino que genera los antiestéticos triángulos negros.

El comportamiento de la papila está estrictamente regulado por la distancia entre el punto de contacto interproximal de la futura corona y la cresta ósea alveolar subyacente de los dientes vecinos. Es importante destacar que los espacios interimplantarios son los más complejos y menos predecibles, ya que la altura de la papila se ve limitada a un rango constante de 3 a 4 mm desde la cresta ósea interimplantaria. Esto se debe al solapamiento de los espacios biológicos y a la pérdida de la vascularización que proveía el ligamento periodontal del diente ausente, obligando al clínico a un diseño protésico meticuloso para guiar la maduración del tejido conectivo (Chappuis y otros, 2013).

• Posición tridimensional del implante

El posicionamiento espacial del implante en los tres ejes del espacio (mesiodistal, vestibulopalatino y apicocoronal) es el factor quirúrgico más crítico para predecir la estabilidad tisular a largo plazo. Un error milimétrico en cualquiera de estas directrices rompe la armonía de la interfase diente-encía-hueso.

Eje vestibulopalatino: El implante debe posicionarse ligeramente hacia palatino del eje emergente del diente homólogo, garantizando la preservación de un grosor mínimo de 2 mm de tabla ósea en la vertiente vestibular para evitar dehiscencias o fenestraciones a largo plazo.

Eje mesiodistal: Es imperativo mantener una distancia de seguridad mínima de 1.5 mm respecto a las raíces de los dientes adyacentes para salvaguardar el hueso interproximal y la vascularización de la papila. En el caso de implantes contiguos, la distancia mínima interimplantaria debe ser de 3 mm para evitar el colapso de la cresta ósea común.

Eje Apicocoronal (Profundidad): El hombro del implante debe ubicarse entre 3 y 4 mm apical al margen gingival planificado de la futura restauración. En un ensayo clínico aleatorizado confirmaron que la posición vertical del implante ejerce una influencia directa sobre la estabilidad de los tejidos duros periféricos. Sus hallazgos demuestran que un posicionamiento posicional correcto en sentido apicocoronal reduce drásticamente la pérdida ósea marginal periimplantaria residual, permitiendo un perfil de emergencia fluido y natural de la corona cerámica y evitando la exposición temprana de las espiras del implante (Hedayatipanah y otros, 2024).

2.3 Factores que influyen en el éxito estético de los implantes

- **Posicionamiento del implante.**

La precisión en la colocación tridimensional del implante constituye el factor quirúrgico primario y más crítico para mitigar el riesgo de fracaso estético en la región anterior. Este procedimiento exige la disponibilidad de un volumen óseo remanente adecuado en sentido tanto horizontal como vertical. En escenarios complejos del sector estético donde existe una atrofia

severa del proceso alveolar producto de exodoncias traumáticas o patologías previas, se vuelve mandatorio recurrir a técnicas de reconstrucción ósea para permitir la posterior inserción del implante en un eje axial ideal.

Una vez garantizado el sustrato óseo receptor, la delimitación de la profundidad del hombro del implante rige de forma directa la estabilidad de los tejidos marginales a mediano y largo plazo. Para profundizar en esta interacción biológica, Hedayatipanah et al. (2024) en su estudio, confirmaron que la ubicación apicocoronal precisa respecto a la cresta alveolar previene de forma significativa la remodelación ósea acelerada. Un posicionamiento posicional correcto en sentido vertical actúa como un mecanismo de protección para el hueso crestal, lo que a su vez previene la recesión del margen gingival suprayacente y asegura un perfil de emergencia fluido, natural y libre de sombreados metálicos en la restauración final.

- **Manejo de tejidos blandos**

La optimización del volumen y espesor de los tejidos blandos periimplantarios es un pilar indispensable para contrarrestar los defectos volumétricos alveolares y consolidar el éxito estético del tratamiento, especialmente en pacientes con fenotipos gingivales finos.

En consonancia con el manejo de escenarios clínicos de alta demanda, Tavelli et al. (2023) demostraron mediante el uso de tecnología de superposición digital y análisis tridimensional, que el injerto de tejido conectivo autólogo permite lograr una cobertura radicular periimplantaria predecible y una ganancia volumétrica vertical significativa en la mucosa. Sus hallazgos clínicos confirman que esta técnica no solo logra revertir y corregir la recesión tisular marginal en la zona estética, sino que incrementa sustancialmente las puntuaciones de los índices estéticos al armonizar el contorno y el color de la encía con los dientes homólogos adyacentes, consolidándose como un procedimiento de rescate y optimización indispensable (Tavelli y otros, 2023).

- **Diseño protésico**

Una vez lograda la oseointegración y la maduración tisular, el diseño biomecánico y la macrogeometría de la prótesis implantosoportada dictan la estabilidad de la interfase biológica y el mantenimiento de la salud periimplantaria a largo plazo. El contorno de la restauración debe

guiar armónicamente la morfología de la encía marginal y de las papilas interdentales en la zona estética.

Autores como Izzetti et al. (2025) en su estudio, determinaron que los perfiles sobre contorneados o marcadamente convexos (ángulos de emergencia mayores a 30°) ejercen una presión isquémica perjudicial sobre la mucosa marginal. Esta compresión mecánica no solo propicia la recesión del tejido blando, sino que restringe el espacio biológico necesario para el correcto asentamiento del conectivo, induciendo una reabsorción ósea crestal acelerada. Por el contrario, la evidencia científica recopilada demuestra que el diseño de perfiles de emergencia cóncavos o rectos estrechos minimiza el estrés sobre los tejidos duros periféricos, optimizando la acumulación de biofilm y garantizando la predictibilidad y preservación del remodelado óseo marginal en áreas de alta exigencia estética.

8.2.3. Flujo de trabajo en rehabilitaciones implantosoportadas

La incorporación de diversas metodologías en la prostodoncia sobre implantes ha generado la necesidad de protocolizar los pasos clínicos y de laboratorio. El éxito a largo plazo de una rehabilitación implantosoportada radica en la precisión del ajuste pasivo de la estructura, lo que previene tensiones mecánicas y biológicas sobre el tejido periimplantario. Para lograrlo, coexisten actualmente dos vertientes metodológicas: el flujo convencional y el flujo digital.

Flujo de trabajo convencional

El flujo de trabajo convencional en implantoprótesis se define como el conjunto de procedimientos clínicos y de laboratorio analógicos que dependen de materiales elásticos para el registro anatómico, el vaciado en yeso para la obtención de modelos físicos y la confección manual o semi mecanizada de las estructuras protésicas. Este enfoque se basa en la transferencia mecánica de la posición tridimensional del implante (eje mesiodistal, vestibulolingual y profundidad apicocoronal) desde la cavidad oral hacia un modelo de trabajo a través de aditamentos físicos denominados cofas o postes de impresión. El flujo convencional ha sido considerado el estándar de oro durante décadas, debido a que sus protocolos han sido ampliamente documentados, estandarizados y validados por la comunidad científica global (Gervasoni, 2024).

Procedimientos clínicos tradicionales

Impresiones convencionales: El registro de la posición del implante se realiza mediante técnicas analógicas utilizando elastómeros de alta consistencia y precisión, principalmente siliconas por adición (polivinilsiloxanos) o poliéteres. Clínicamente, se subdivide en dos técnicas principales:

Técnica de cubeta abierta (Impresión con arrastre): En esta técnica se requiere de una cubeta fenestrada a través de la cual los tornillos de los postes de impresión sobresalen. Una vez polimerizado el material, el tornillo se desarticula del implante y el poste es arrastrado dentro de la impresión. Es la técnica predilecta ante discrepancias de paralelismo o múltiples implantes (Gervasoni, 2024).

Técnica de cubeta cerrada (Impresión con transferencia): Los postes permanecen atornillados al implante al retirar la cubeta con el material polimerizado. Posteriormente, el poste se desatornilla de la boca y se recoloca manualmente en el nicho dejado dentro de la impresión (Gervasoni, 2024).

Modelos de yeso: Una vez obtenida la impresión analógica, se conecta un análogo de implante al poste de transferencia que quedó posicionado en el material elástico. Posteriormente, se realiza el vaciado utilizando yeso piedra de alta resistencia, típicamente tipo IV o V (según la clasificación ADA/ISO), modificado con resinas para controlar la expansión de fraguado. Este procedimiento busca replicar con exactitud milimétrica los tejidos blandos peri-implantarios (reproducidos frecuentemente mediante el uso de máscaras de encía artificial de silicona) y la orientación espacial del implante en el modelo maestro (Gervasoni, 2024).

Técnica de laboratorio: Con el modelo de yeso consolidado, el técnico dental procede al diseño y fabricación de la estructura. En el flujo netamente tradicional, esto involucra el encerado manual de la estructura sobre cilindros calcinables de base metálica o plástica, seguido por la técnica de la cera perdida y el colado por inducción de aleaciones metálicas como cobalto-cromo o metal precioso. En variantes convencionales modernas, el modelo de yeso puede ser digitalizado en un escáner de laboratorio para un diseño asistido por computadora, pero la obtención inicial del modelo de trabajo sigue dependiendo completamente de las etapas analógicas previas (Abad-Coronel y otros, 2026).

Ventajas del flujo convencional

Confiabilidad clínica mediante ferulización: Cuando se emplea la técnica de cubeta abierta y los postes de impresión se ferulizan rigidizándolos con resina acrílica, por ejemplo, la literatura demuestra que se reduce significativamente el desplazamiento accidental de los aditamentos dentro del elastómero. Esto optimiza la fidelidad posicional y el ajuste pasivo tridimensional a niveles equivalentes a los flujos digitales avanzados (Abad-Coronel y otros, 2026).

Manejo de tejidos blandos complejos: Los materiales elastoméricos convencionales poseen propiedades hidrofílicas y reológicas que permiten desplazar fluidos y registrar con precisión zonas subgingivales profundas, perfiles de emergencia dinámicos y áreas mucosoportadas críticas, superando en ocasiones las limitaciones ópticas de los escáneres intraorales frente a la presencia de saliva o sangre (Abad-Coronel y otros, 2026).

Accesibilidad económica inicial: No requiere de una alta inversión en infraestructura tecnológica (escáneres intraorales, software de diseño con licencias anuales o fresadoras de sillón), lo que disminuye sustancialmente las barreras económicas de entrada para la clínica dental (Gervasoni, 2024).

Limitaciones del flujo convencional

Acumulación lineal de errores dimensionales: La principal desventaja del flujo convencional radica en el carácter acumulativo de sus imperfecciones físicas. Cada fase introduce distorsiones volumétricas inevitables: la contracción de polimerización del elastómero, la flexibilidad de la cubeta de impresión y la expansión dimensional por el fraguado del yeso tipo IV. De hecho, se ha demostrado que la técnica de cubeta abierta sin ferulizar genera las mayores tasas de discrepancia posicional y microdesplazamientos en las plataformas de los implantes (Abad-Coronel y otros, 2026).

Falta de pasividad y discrepancia marginal: Como consecuencia de dichos errores acumulados, las restauraciones analógicas experimentan desajustes tridimensionales que resultan en brechas marginales más amplias en comparación con las técnicas ferulizadas o digitales,

comprometiendo la pasividad de la prótesis e incrementando el riesgo de complicaciones biológicas o biomecánicas (Abad-Coronel y otros, 2026).

Disconfort del paciente e ineficiencia logística: Las maniobras analógicas prolongan notablemente el tiempo de trabajo clínico en el sillón dental y suelen inducir distrés en el paciente debido al sabor desagradable de los materiales y la activación del reflejo nauseoso. Además, los modelos de yeso exigen almacenamiento físico, sufren riesgo de fractura y, impiden el almacenamiento informático indefinido que ofrecen los archivos STL del flujo digital (Gervasoni, 2024).

Flujo de trabajo digital en implantología

El flujo de trabajo digital en odontología, también conocido como flujo CAD/CAM (*Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing*), se define como la transición de los procedimientos clínicos y de laboratorio analógicos hacia un entorno completamente virtual respaldado por tecnologías informáticas de alta precisión (Celi y otros, 2024). En el ámbito de la implantoprótesis, este ecosistema metodológico suprime la necesidad de utilizar materiales elastoméricos de impresión y modelos físicos de yeso. En su lugar, el flujo digital captura de forma óptica la arquitectura tisular y la posición espacial tridimensional del implante, transformando dicha información biológica en un conjunto de datos matemáticos codificados (archivos abiertos como STL, PLY o OBJ) que pueden ser procesados de manera fluida y sin distorsión lineal por softwares de diseño y sistemas de manufactura robótica (Gervasoni, 2024).

Tecnologías digitales aplicadas a implantología

Escáner intraoral

Consiste en un sistema óptico clínico que proyecta haces de luz sobre las superficies orales para capturar miles de imágenes por segundo, las cuales son procesadas por un software de reconstrucción tridimensional. En implantología, el escáner intraoral no lee directamente la plataforma del implante subgingival, sino que requiere el acoplamiento clínico de un aditamento de transferencia óptica denominado pilar de escaneado o scanbody. El scanbody posee una geometría y propiedades ópticas específicas que permiten al software de captación

reconocer, mediante algoritmos de triangulación, la posición exacta, inclinación y profundidad del implante en los tres ejes del espacio (Abad-Coronel y otros, 2026).

Diseño digital de restauraciones (CAD)

Una vez obtenido el modelo virtual de la arcada con el *scanbody* indexado, el archivo digital es importado a un software de diseño asistido por computadora (CAD), siendo los más extendidos *Exocad* y *Dental System de 3Shape* (Ruiz, 2024). El operador alinea el archivo óptico con las librerías tridimensionales preestablecidas por el fabricante del implante para sustituir matemáticamente el *scanbody* por la réplica exacta de la conexión del implante. A partir de allí, el software permite diseñar con precisión micrométrica el pilar personalizado, el perfil de emergencia idóneo para acondicionar el tejido blando anterior y la morfología de la corona anatómica final, controlando de forma matemática los puntos de contacto oclusales y proximales (Gervasoni, 2024).

Fabricación asistida por computadora (CAM)

Consiste en la materialización física del diseño virtual desarrollado en la fase CAD. La manufactura asistida por computadora se ejecuta principalmente a través de dos vertientes tecnológicas:

Sistemas sustractivos (Fresado computarizado):

Unidades de fresado robótico multiejes (de 4 o 5 ejes de movimiento) desgastan mecánicamente un bloque o disco sólido de material (como zirconio pre-sinterizado, disilicato de litio, titanio o polímeros de alta densidad como el PMMA) guiadas por un código numérico computarizado (CNC) hasta obtener la estructura diseñada (Ruiz, 2024).

Sistemas aditivos (Impresión 3D):

Tecnologías de fotopolimerización por resina (como SLA, DLP o LCD) que construyen estructuras capa por capa, utilizadas principalmente para la confección de modelos de trabajo digitales, guías quirúrgicas de alta precisión y provisionales a largo plazo (Gervasoni, 2024).

Aplicaciones clínicas del flujo digital en rehabilitaciones implantosoportadas

El flujo digital abarca desde la planificación diagnóstica hasta la cementación de la prótesis definitiva. Clínicamente, permite la fusión de archivos DICOM procedentes de una tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) con los archivos STL del escaneo intraoral a través de softwares de planificación implantológica. Esta sinergia tecnológica permite ejecutar una cirugía guiada estricta, donde el implante es colocado en el hueso remanente siguiendo criterios estrictamente protésicos (planificación protésicamente guiada). Asimismo, permite la confección inmediata de prótesis provisionales altamente estéticas y adaptadas al perfil de emergencia periimplantario antes de la fase quirúrgica, optimizando la predictibilidad biológica en el sector anterior (Abad-Coronel y otros, 2026).

Ventajas del flujo digital

Precisión: La consistencia matemática de los sistemas ópticos garantiza una reproducción tridimensional exacta de la posición de los implantes. La literatura contemporánea demuestra que los flujos digitales logran una exactitud posicional posoperatoria y un nivel de fidelidad en la transferencia que iguala, y en ocasiones supera, a las técnicas de impresión analógicas más rigurosas (Gervasoni, 2024).

Predictibilidad: Al diseñar en un entorno virtual, el clínico y el técnico de laboratorio pueden prever con total certeza el resultado estético, biomecánico y funcional de la rehabilitación antes de que sea fabricada o instalada en boca. El uso de herramientas de diseño asistido elimina la variabilidad humana inherente al modelado manual en cera, permitiendo estandarizar los espesores mínimos del material restaurador y garantizando un comportamiento biomecánico uniforme ante las cargas oclusales (Ruiz, 2024).

Reducción de errores: A diferencia del flujo convencional, donde las distorsiones de los elastómeros y la expansión de fraguado del yeso tipo IV se suman de manera lineal y acumulativa, el flujo digital interrumpe esta cadena de imprecisiones físicas. Al eliminar los pasos analógicos intermedios, se suprime el riesgo de microdesplazamientos de los aditamentos. Asimismo, se ha observado que los flujos digitales reducen las brechas marginales de las estructuras a valores

micrométricos insignificantes, garantizando un ajuste pasivo absoluto que protege los componentes protésicos y la interfase ósea de tensiones lesivas (Abad-Coronel y otros, 2026).

Limitaciones del flujo digital

A pesar de sus evidentes virtudes, el flujo digital presenta desafíos específicos que el clínico debe ponderar:

Requiere que tanto el odontólogo como el técnico de laboratorio adquieran competencias digitales avanzadas y dominen softwares complejos de diseño, modificando por completo la dinámica de trabajo tradicional

Los escáneres intraorales dependen de una lectura lumínica directa. La presencia excesiva de saliva, sangre crevicular o la ubicación de márgenes protésicos en localizaciones subgingivales muy profundas pueden refractar la luz y generar artefactos ópticos o distorsiones en el modelo virtual

Elevada inversión económica inicial: La adquisición de hardware de alta gama (escáneres intraorales expeditos), la renovación de licencias anuales de software CAD y la compra de unidades de fresado o impresión 3D demandan un capital financiero inicial sustancial, lo que ralentiza su adopción universal en ciertos contextos clínicos (Gervasoni, 2024).

8.2.4. Estética en rehabilitaciones implantosoportadas

Concepto de estética dental

La estética dental en la odontología contemporánea ha trascendido la mera apreciación subjetiva de la belleza para convertirse en una disciplina basada en principios biomiméticos, geométricos y ópticos mensurables. Se define como la armonía visual existente entre las estructuras dentarias, los tejidos gingivales y el entorno facial del paciente. Una restauración se considera estéticamente exitosa cuando logra mimetizarse por completo en el arco dental, restituyendo no solo la función masticatoria y fonética, sino también las características macro y

microestructurales de la dentición natural, tales como la translucidez, la opalescencia, el brillo y la textura superficial (Jafri y otros, 2020).

Estética en implantología oral

A diferencia de la prótesis fija sobre dientes naturales, la estética en implantología oral presenta una complejidad biológica sustancialmente mayor. El éxito estético ya no se limita a la confección de una corona ópticamente correcta, sino que depende críticamente de la salud, el volumen y la estabilidad a largo plazo de los tejidos blandos y duros que rodean al implante (Jafri y otros, 2020).

Debido a la pérdida del ligamento periodontal tras la extracción dental, el tejido periimplantario carece de la misma vascularización y organización celular que el tejido periodontal normal, lo que vuelve a la mucosa periimplantaria más susceptible a la recesión y a la pérdida de soporte óseo. Por tanto, la estética implantológica se subdivide en dos componentes indisolubles: la estética blanca, con la cual nos referimos a la restauración protésica) y la estética rosa referida al contorno, volumen, arquitectura y color del tejido blando periimplantario (Fürhauser y otros, 2005).

Parámetros de estética en el sector anterior

Contorno gingival

El contorno de la mucosa periimplantaria en el sector anterior debe replicar la arquitectura parabólica lisa de los dientes homólogos colaterales. El punto más apical del contorno gingival debe localizarse ligeramente hacia el lado distal del eje longitudinal en los incisivos centrales y caninos, mientras que en los incisivos laterales debe coincidir con dicho eje. Cualquier discrepancia o asimetría crítica en la altura y el nivel del contorno gingival altera negativamente la línea de la sonrisa del paciente, un parámetro medible dentro de los índices de evaluación estética periimplantaria (Fürhauser y otros, 2005).

Papilas interdentales

La presencia y preservación de las papilas interdentales es uno de los mayores desafíos en el sector anterior. La evaluación clínica estandarizada exige medir la presencia e integridad de las papilas tanto mesiales como distales en comparación con un diente de referencia natural. En el ámbito implantológico, mantener un volumen óseo interproximal adecuado y un diseño mucoso o subprotésico correcto es indispensable para evitar el colapso del tejido blando y la consecuente aparición de triángulos negros, los cuales representan un fracaso estético severo en la zona anterior (Fürhauser y otros, 2005).

Proporciones dentarias

El diseño de las restauraciones en la zona estética debe regirse por principios de proporcionalidad geométrica y matemática bien documentados, tales como la proporción áurea o la regla de las proporciones estéticas individuales (ancho/largo). Clásicamente, se considera que un incisivo central superior posee una proporción estética óptima cuando su anchura mesiodistal representa aproximadamente entre el 75% y el 85% de su longitud apicocoronal. Modificar de forma descontrolada estas dimensiones para compensar la pérdida de soporte óseo puede generar dientes con un aspecto visualmente artificial (Jafri y otros, 2020).

Integración de la restauración

La integración de la restauración definitiva exige una transición cromática, de textura y dimensional imperceptible entre la encía, el pilar protésico y la corona. Esto requiere controlar variables ópticas como el valor, croma y matiz de los materiales seleccionados. El uso de pilares CAD/CAM personalizados (de titanio o zirconio) permite una óptima estabilidad del tejido blando marginal y una excelente mimetización estética en comparación con los pilares prefabricados tradicionales, evitando la coloración grisácea de la mucosa periimplantaria (Jafri y otros, 2020).

Predictibilidad estética en implantología

La predictibilidad estética se define como la capacidad del clínico para anticipar, reproducir y mantener el resultado visual óptimo de la rehabilitación a lo largo del tiempo. Está

influenciada por factores biológicos intrínsecos del paciente y factores dependientes de la técnica operativa:

Biotipo y características del tejido periimplantario: Los tejidos gruesos poseen una mayor cantidad de hueso cortical y tejido queratinizado, lo que los vuelve altamente estables y resistentes a la recesión tisular frente a los traumas quirúrgicos o protésicos, influyendo directamente en las puntuaciones óptimas del color y textura mucosa. Por el contrario, los biotipos finos son sumamente frágiles y presentan un alto riesgo de pérdida de la predictibilidad estética (Fürhauser y otros, 2005).

Posición tridimensional del implante: La colocación del implante debe seguir criterios estrictamente protésicos en los tres ejes del espacio (mesiodistal, vestibulolingual y apicocoronal). Un implante posicionado demasiado hacia vestibular provocará una reabsorción de la delgada tabla ósea externa y la posterior recesión de la encía blanda, arruinando la predictibilidad del caso (Hedayatipanah y otros, 2024).

Importancia de la planificación restauradora

Para garantizar la predictibilidad estética en el sector anterior, la secuencia clínica debe regirse por una planificación protésicamente guiada. Bajo este enfoque moderno, antes de la fase quirúrgica, se debe realizar un diseño ideal de la futura restauración mediante herramientas de Diseño de Sonrisa Digital, las cuales actúan como un canal de comunicación visual que permite crear un *mock-up* o maqueta digital predictiva para que el paciente visualice el resultado final (Jafri y otros, 2020).

Los flujos de trabajo digitales demuestran una superioridad crítica al permitir superponer estos archivos de diseño óptico (STL) con CBCT. Esta integración digital permite confeccionar guías quirúrgicas de alta precisión y planificar pilares CAD/CAM personalizados que estabilizan los tejidos blandos desde la fase provisional, asegurando un soporte tisular estricto y optimizando exponencialmente la predictibilidad estética de la rehabilitación (Jafri y otros, 2020).

Evaluación estética en implantología

La transición de la implantología desde una disciplina guiada estrictamente por la supervivencia ósea hacia un enfoque centrado en la restauración protésica ha convertido la evaluación estética en un pilar fundamental del éxito clínico. La predictibilidad en el sector anterior exige valorar no solo la ausencia de patología, sino la perfecta mímesis de la restauración dentro del entorno estético facial, dental y gingival del paciente

Métodos de evaluación estética en implantología

- **Evaluación subjetiva.**

Históricamente, la estética en odontología restauradora se valoraba mediante métodos subjetivos basados en la percepción empírica del operador o en el grado de satisfacción expresado de forma cualitativa por el paciente. Si bien la opinión del paciente es un indicador crítico del éxito del tratamiento, la evaluación subjetiva carece de reproducibilidad científica. Las variables como las expectativas culturales, las preferencias individuales y los sesgos del observador clínico impiden establecer un estándar de comparación fiable. Por tanto, confiar exclusivamente en criterios subjetivos introduce una alta variabilidad que dificulta el control de calidad institucional y la auditoría de los resultados en investigaciones clínicas o flujos universitarios (Fürhauser y otros, 2005).

- **Evaluación objetiva.**

Con el objetivo de estandarizar los criterios de éxito, la odontología contemporánea ha implementado métodos de evaluación objetiva. Estos se fundamentan en parámetros geométricos, biomiméticos y matemáticos medibles que restringen la arbitrariedad del observador. La evaluación objetiva utiliza índices clínicos validados, fotografías estandarizadas, análisis cefalométricos y herramientas de software digital (como el Diseño de Sonrisa Digital o DSD) para cuantificar las proporciones dentarias, las simetrías de los contornos tisulares y las características ópticas de los materiales. Este enfoque permite recopilar datos reproducibles, facilitando la comunicación interdisciplinaria entre el clínico y el laboratorio, y asegurando un marco de evaluación auditable y riguroso (Jafri y otros, 2020).

Índice Pink Esthetic Score/White Esthetic Score (PES/WES)

El índice combinado *Pink Esthetic Score* y *White Esthetic Score* (PES/WES) es el instrumento métrico y de diagnóstico más ampliamente aceptado a nivel internacional para evaluar objetivamente la calidad estética de las restauraciones implantosoportadas unitarias, especialmente en la zona anterior o de alta exigencia estética. Propuesto originalmente en su componente periimplantario por Fürhauser et al. (2005) y posteriormente consolidado de forma conjunta, este sistema evalúa de manera independiente el estado de los tejidos blandos (estética rosa) y las características de la corona protésica (estética blanca), utilizando siempre como referencia de normalidad el diente homólogo natural contralateral sano.

- **Componentes del índice**

PES (Tejidos Blandos)

El *Pink Esthetic Score* (PES) se enfoca exclusivamente en la arquitectura, el volumen y la salud de la mucosa periimplantaria. De acuerdo con el protocolo de Fürhauser et al. (2005), este componente evalúa siete variables críticas fundamentales frente al diente natural de referencia:

1. **Papila mesial:** Valora la presencia, integridad y llenado del espacio interproximal mesial.
2. **Papila distal:** Valora la presencia y la preservación de la altura de la papila interproximal distal.
3. **Nivel del margen gingival:** Compara la posición del punto más apical del contorno mucoso (cenit) con respecto al diente homólogo.
4. **Contorno de la mucosa:** Evalúa la suavidad y naturalidad de la curvatura parabólica de la encía periimplantaria.
5. **Deficiencia del proceso alveolar:** Analiza si existe una pérdida de volumen tridimensional (pérdida de la convexidad de la tabla ósea y mucosa vestibular).
6. **Color de la mucosa:** Compara el tono y la homogeneidad cromática del tejido periimplantario frente a la encía adyacente sana, identificando alteraciones como la translucidez grisácea provocada por pilares inadecuados.

7. **Textura superficial:** Valora la presencia de características biológicas normales, como el puntillado en "cáscara de naranja" o la consistencia queratinizada (Fürhauser y otros, 2005).

La estabilidad a largo plazo de estos siete parámetros del PES depende críticamente de factores biológicos como el biotipo periodontal y de factores biomecánicos como el empleo de pilares personalizados CAD/CAM, los cuales optimizan el sellado biológico y el soporte de la mucosa marginal (Lops y otros, 2023).

Figura 4

Variables que evalúa el PES



Fuente: (Fürhauser y otros, 2005)

WES (Restauración Protésica)

El *White Esthetic Score* (WES) se enfoca específicamente en las propiedades intrínsecas de la corona artificial. Su objetivo es dictaminar el nivel de mimetismo óptico y morfológico alcanzado por la fase de laboratorio o manufactura digital (Jafri y otros, 2020).

Consta de cinco variables principales analizadas frente al homólogo natural:

1. **Forma dental:** Evaluación de la silueta bidimensional y la correspondencia anatómica de la corona.

2. **Volumen / Proporción de la corona:** Medición de las dimensiones macroestéticas (relación ancho/largo y volumetría tridimensional en el arco).

3. **Color (Matiz, Croma y Valor):** Grado de acoplamiento óptico y saturación cromática de la restauración.

4. **Translucidez y Caracterización:** Presencia de opalescencia natural, efectos incisales, halos y rasgos individuales del esmalte del paciente.

5. **Textura superficial:** Replicación de las microestructuras del diente, tales como las líneas de periquimata o el grado de brillo y pulido del material cerámico (Fürhauser y otros, 2005).

Sistema de puntuación e interpretación clínica del índice

El sistema de aplicación del PES/WES está diseñado bajo una estructura cuantitativa ordinal estandarizada para garantizar la reproducibilidad entre diferentes observadores (Fürhauser et al., 2005).

Cada una de las variables individuales de ambos índices recibe una puntuación clínica de acuerdo con los siguientes criterios de ajuste con respecto al diente natural homólogo.

Tabla 1

Parámetros evaluados en el índice PES/WES

PES (a)			
Parameter	**Absent**	**Incomplete**	**Complete**
(1) Mesial papilla	0	1	2
(2) Distal papilla	0	1	2
	Major discrepancy	Minor discrepancy	No discrepancy
(3) Curvature of facial mucosa	0	1	2
(4) Level of facial mucosa	0	1	2
(5) Root convexity/soft tissue color and texture	0	1	2
Maximum total Modified PES score			10
WES (b)			
Parameter	**Major discrepancy**	**Minor discrepancy**	**No discrepancy**
(1) Tooth form	0	1	2
(2) Tooth volume/outline	0	1	2
(3) Color (hue and value)	0	1	2
(4) Surface texture	0	1	2
(5) Translucency	0	1	2
Maximum total Modified PES score			10

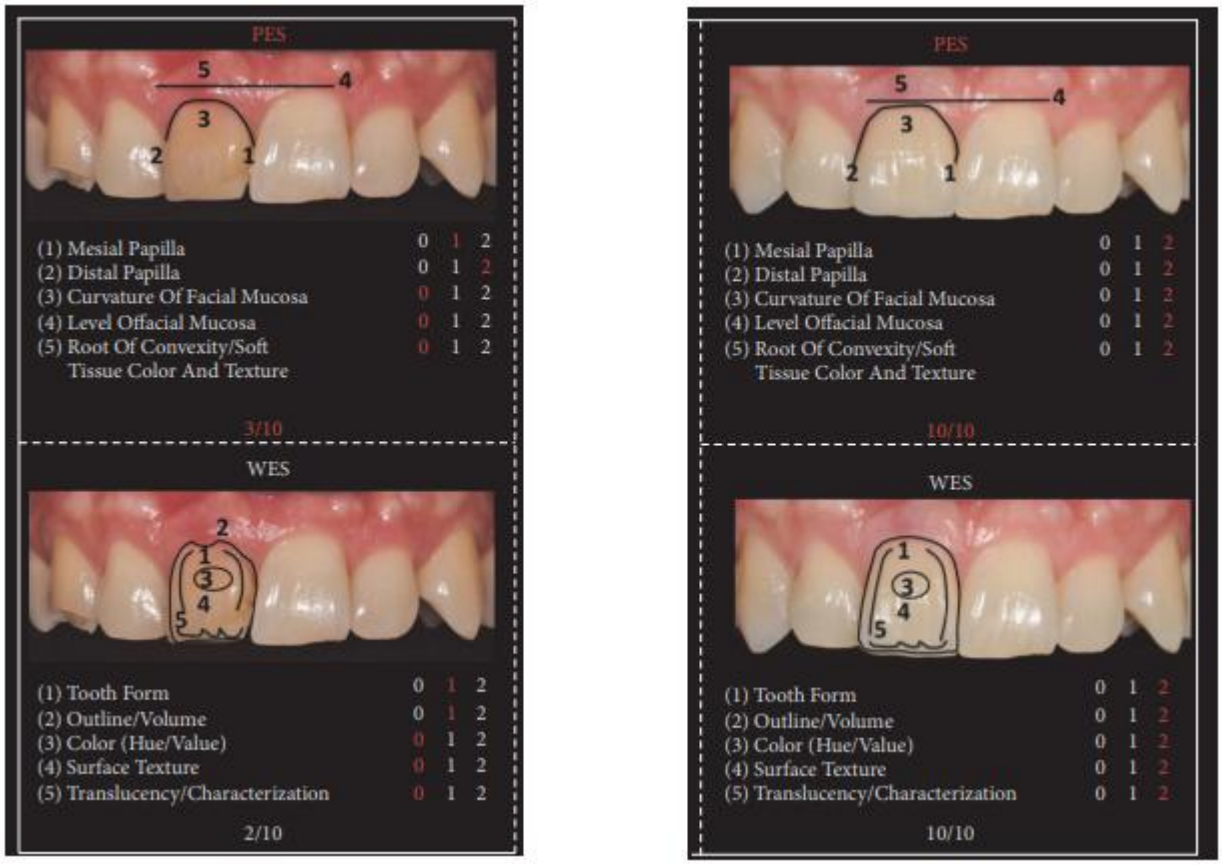
Fuente: (Sánchez y otros, 2021)

Dado que el PES evalúa 7 variables y el WES evalúa 5, la distribución de las puntuaciones máximas posibles y su interpretación clínica se desglosan de la siguiente manera:

- Puntuación máxima del PES: 14 puntos.
- Puntuación máxima del WES: 10 puntos.
- Puntuación máxima combinada (PES/WES): 24 puntos.

Figura 5

Ejemplo de caso clínico donde se utiliza el índice PES/WES en dientes naturales



Fuente: (Lanza y otros, 2017)

Interpretación y umbral de aceptabilidad clínica

La literatura científica establece parámetros claros para dictaminar la calidad del resultado estético basado en la sumatoria de los puntos:

- Resultado Estéticamente Excelente: Puntuaciones combinadas cercanas al máximo (valores de 20 a 24 puntos), lo que demuestra un mimetismo biológico completo tanto en el componente rosa como en el blanco.

- Umbral Mínimo de Aceptabilidad Clínica: Se fija un valor de 6 puntos independientes para cada índice (PES ≥6 y WES ≥6) o una puntuación combinada mínima general de 12 puntos. Cualquier caso clínico que obtenga una puntuación inferior a 6 en cualquiera de los dos segmentos se interpreta como un fracaso estético que requiere intervención correctiva o la reformulación de la restauración (Fürhauser y otros, 2005).

Para asegurar de forma predictiva que las restauraciones superen holgadamente este umbral de aceptabilidad, los flujos de trabajo contemporáneos recurren a la planificación protésicamente guiada mediante herramientas CAD/CAM y Diseño de Sonrisa Digital, permitiendo al clínico estabilizar de forma simultánea el soporte de los tejidos blandos (PES) y la morfología idónea de la corona (WES) antes de la instalación definitiva en boca (Lops y otros, 2023).

9. Marco Metodológico

El marco metodológico constituye la ruta operativa de la investigación, donde se definen y justifican las decisiones que guiarán la recolección y análisis de los datos. De acuerdo con Guevara et al. (2020), la elección de la metodología es el eje fundamental que delimita los pasos a seguir del estudio y sirve de guía al investigador sobre las técnicas, instrumentos y métodos que se pueden emplear válidamente. En este apartado se detalla de forma precisa y sistemática los pasos considerados para la presentación, análisis y solución de un caso clínico.

9.1 Tipo de investigación

Según el enfoque

La presente investigación se enmarca principalmente dentro del enfoque cualitativo, con un componente cuantitativo de carácter descriptivo.
Se fundamenta en el análisis detallado de dos casos clínicos, orientado a comprender y comparar la predictibilidad estética de los flujos convencional y digital en rehabilitaciones implantosoportadas del sector anterior, apoyándose en la descripción sistemática, la observación clínica estructurada y la interpretación de resultados.
De manera complementaria, se incorporan mediciones objetivas que permiten reforzar el análisis comparativo (Creswell & Poth, 2017).

Según la aplicabilidad de sus resultados

Es una investigación aplicada, también conocida como investigación práctica o empírica, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad (Vargas, 2009).

Según el nivel de profundidad del conocimiento

Es una investigación descriptiva, ya que se encarga de puntualizar las características de la población que está estudiando. En esta investigación se describirán dos casos clínicos, donde se presentará desde el registro del flujo convencional y digital, análisis e interpretación de los procesos y sus implicaciones en la práctica clínica, proporcionando información sistemática y comparable con la de otras fuentes (Guevara y otros, 2020).

Según su orientación en el tiempo

La presente investigación se clasifica como un estudio longitudinal de tipo prospectivo, dado que se realiza un seguimiento sistemático de dos casos clínicos a lo largo de diferentes fases del tratamiento implantológico, desde el diagnóstico inicial hasta la evaluación del resultado estético final. Este enfoque permite analizar la evolución de los procedimientos mediante flujo convencional y digital, así como sus implicaciones clínicas en el tiempo (Fletcher y otros, 2014).

Según tipo de diseño

Se define como una investigación de campo respaldada por un diseño documental. Es un estudio de campo debido a que la recolección de los datos primarios se realiza directamente de la realidad, en el entorno natural donde se manifiesta el fenómeno clínico: la clínica odontológica (Guzmán, 2019). Para la obtención de la información de primera mano, se recurre a la observación estructurada y al uso de instrumentos diagnósticos especializados como historias clínicas, modelos de estudio, registros fotográficos intraorales de alta resolución, exámenes radiográficos y tomografías computarizadas de haz cónico (CBCT). Estos datos de campo se complementan con una revisión documental y bibliográfica exhaustiva para triangular y validar los hallazgos clínicos (Guzmán, 2019).

9.2 Criterios de selección del caso o los casos

En los diseños de investigación basados en reportes de casos múltiples o estudios comparativos de casos, la delimitación de los criterios de selección es indispensable para garantizar la homogeneidad de la muestra, la validez interna del estudio y la reducción de variables confusas que puedan alterar los resultados estéticos o mecánicos. Los criterios adoptados se desglosan a continuación:

Criterios de inclusión

- Pacientes con necesidad de rehabilitación prostodóntica unitaria fija sobre implantes oseointegrados en la zona estética del sector anterior maxilar.
- Implantes que hayan completado exitosamente el periodo de oseointegración y presenten estabilidad clínica y radiográfica óptima al momento de iniciar la fase protésica.
- Pacientes con un estado de salud sistémica controlado (ASA I o ASA II) que no contraindique los procedimientos odontológicos restaurativos.
- Presencia del diente homólogo natural contralateral sano, el cual servirá como estándar de oro y referencia anatómica para la aplicación de los índices estéticos objetivos.
- Pacientes que demuestren un índice de higiene oral óptimo (Índice de Placa de O'Leary ≤20%) y tejidos periimplantarios sanos, libres de inflamación activa o signos de periimplantitis.
- Aceptación voluntaria del tratamiento y seguimiento mediante la firma del consentimiento informado escrito.

Criterios de exclusión

- Pacientes que presenten hábitos parafuncionales severos no controlados (como bruxismo céntrico o excéntrico) que pongan en riesgo la integridad mecánica de las restauraciones o la estabilidad de los tejidos óseos.
- Presencia de patologías activas en la cavidad oral, tales como enfermedad periodontal no tratada, lesiones cariosas cavitadas o infecciones endodónticas adyacentes a la zona de estudio.
- Pacientes con antecedentes de tabaquismo pesado (más de 10 cigarrillos al día) o condiciones médicas sistémicas que afecten negativamente la microvascularización y la cicatrización de los tejidos blandos periimplantarios (ej. diabetes mellitus no controlada, terapias activas con bisfosfonatos o radioterapia en cabeza y cuello).
- Evidencia radiográfica de reabsorción ósea severa o pérdida del soporte óseo interproximal en los dientes adyacentes que imposibilite la formación o preservación de las papilas interdentales.
- Pacientes que muestren antecedentes de hipersensibilidad o alergias documentadas a los materiales utilizados en los flujos de trabajo (siliconas por adición, poliéteres, resinas acrílicas, zirconio o aleaciones de titanio).
- Pérdida de seguimiento clínico o incumplimiento de las citas programadas para el desarrollo cronológico de los flujos comparativos.

9.3 Definición operativa de las variables (o matriz de descriptores)

Tabla 2
Matriz operativa de variables del objetivo 1

Categoría	Unidad de observación	Campo de análisis	Unidad de análisis	Instrumento
Contorno de la papila mesial	Tejidos periimplantarios del implante anterior	Presencia y forma de la papila mesial	Papila mesial	Ficha clínica de evaluación estética PES/WES
Contorno de la papila distal	Tejidos periimplantarios del implante anterior	Presencia y forma de la papila distal	Papila distal	Ficha clínica de evaluación estética PES/WES
Nivel del margen gingival	Encía periimplantaria	Posición del margen gingival respecto a dientes adyacentes	Margen gingival periimplantario	Ficha clínica de evaluación estética PES/WES
Contorno de tejidos blandos	Tejido gingival periimplantario	Forma y armonía del contorno gingival	Contorno gingival	Ficha clínica de evaluación estética PES/WES
Color y textura gingival	Encía periimplantaria	Similitud con tejidos gingivales adyacentes	Tejido gingival	Ficha clínica de evaluación estética PES/WES

Nota: En esta tabla se muestran los descriptores en para el objetivo 1 y se utiliza para la construcción del instrumento de recolección de datos.

Tabla 3

Matriz operativa de variables del objetivo 2

Categoría	Unidad de observación	Campo de análisis	Unidad de análisis	Instrumento
Forma de la corona	Restauración protésica implantosoportada	Morfología de la corona en relación con dientes vecinos	Corona protésica	Ficha clínica de evaluación estética PES/WES
Contorno y volumen de la corona	Restauración implantosoportada	Proporción y volumen de la restauración	Contorno coronario	Ficha clínica de evaluación estética PES/WES
Color de la restauración	Corona protésica	Correspondencia cromática con dientes naturales	Color dental	Ficha clínica de evaluación estética PES/WES
Textura superficial	Superficie protésica	Características de la superficie del material restaurador	Textura de la corona	Ficha clínica de evaluación estética PES/WES
Translucidez	Restauración dental	Grado de translucidez respecto a dientes adyacentes	Propiedades ópticas	Ficha clínica de evaluación estética PES/WES

Nota: En esta tabla se muestran los descriptores en para el objetivo 2 y se utiliza para la construcción del instrumento de recolección de datos.

Tabla 4
Matriz operativa de variables del objetivo 3

Categoría	Unidad de observación	Campo de análisis	Unidad de análisis	Instrumento
Valor total PES	Evaluación estética de tejidos blandos	Sumatoria de puntuaciones PES	Índice PES	Ficha clínica de registro PES/WES
Valor total WES	Evaluación estética de restauración	Sumatoria de puntuaciones WES	Índice WES	Ficha clínica de registro PES/WES
Valor total PES/WES	Resultado estético global	Integración de puntuaciones PES y WES	Resultado estético total	Ficha clínica de registro PES/WES
Tipo de flujo de trabajo	Procedimiento clínico	Flujo convencional o flujo digital	Protocolo de tratamiento	Ficha clínica comparativa
Predictibilidad estética	Resultado del tratamiento	Comparación de resultados estéticos entre flujos	Resultado clínico final	Ficha clínica comparativa

Nota: En esta tabla se muestran los descriptores en para el objetivo 3 y se utiliza para la construcción del instrumento de recolección de datos.

9.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la presente investigación se empleará la técnica de observación directa, participante, estructurada y de campo como uno de los principales métodos de recolección de datos.

- La observación directa implica que el investigador registra los fenómenos en el mismo momento en que ocurren, sin intermediarios, permitiendo obtener información de primera mano durante las distintas fases del tratamiento implantológico.

- Asimismo, se trata de una observación participante, ya que el investigador no solo observa, sino que interviene activamente en el desarrollo de los procedimientos clínicos, al formar parte del equipo tratante en la ejecución de los casos.
- De igual forma, la observación será estructurada, dado que se realizará siguiendo criterios previamente definidos y organizados, tales como protocolos clínicos, parámetros estéticos, registros fotográficos, radiográficos y digitales, lo que garantiza sistematicidad y reproducibilidad en la recolección de la información.
- Finalmente, corresponde a una observación de campo, debido a que se lleva a cabo en el entorno natural donde ocurre el fenómeno de estudio, es decir, en el contexto clínico real, permitiendo analizar las variables en condiciones habituales de la práctica profesional (Díaz-Sanjuán, 2011).

9.5 Validez y confiabilidad de los instrumentos

Validez del instrumento

La validez metodológica del instrumento se sustenta en sus componentes de contenido, constructo y validez externa:

– **Validez de contenido**

Se garantiza debido a que la matriz de evaluación clínica adopta de forma estricta los parámetros descritos en los índices Pink Esthetic Score (PES) y White Esthetic Score (WES), los cuales constituyen el estándar internacional para la evaluación estética objetiva en implantología anterior (Belser et al., 2009; Fürhauser et al., 2005). Los ítems incluidos (presencia de papilas, niveles marginales, color y textura de la mucosa, forma, translucidez y caracterización de la corona) agotan todas las dimensiones teóricas y biológicas relevantes que configuran la estética rosa y blanca periimplantaria.

– **Validez de constructo**

El instrumento demuestra capacidad psicométrica y clínica para medir de forma aislada y precisa el concepto abstracto de integración y predictibilidad estética, discriminando con claridad

la respuesta biológica del tejido blando (PES) frente a la fidelidad de manufactura de la restauración protésica (WES).

- **Validez externa**

Al fundamentarse en índices universales validados y publicados ampliamente en la literatura científica indexada, el instrumento posee una elevada validez externa, permitiendo que los resultados cuantitativos obtenidos en esta investigación sean directamente comparables con bases de datos y ensayos clínicos ejecutados en otros centros de investigación a nivel global.

Confiabilidad del instrumento

La confiabilidad se asegura mediante la objetividad y estandarización del sistema de medición. Los índices PES y WES emplean escalas ordinales cerradas y restringidas (valores de 0, 1 y 2) con definiciones operacionales inequívocas para cada puntuación, lo que minimiza el error de medición y la ambigüedad en la asignación de puntajes.

Para neutralizar la variabilidad del observador y asegurar una alta reproducibilidad intraobservador, el investigador principal se someterá a un proceso previo de calibración clínica bajo la supervisión directa del tutor de la tesis. Este proceso de calibración involucra la revisión exhaustiva de casos piloto, la estandarización de las técnicas fotográficas intraorales y la unificación de criterios ante registros digitales y modelos analógicos. La confiabilidad de estos índices está respaldada por la literatura científica, donde han demostrado índices de correlación intraclase y coeficientes Kappa elevados, confirmando su estabilidad interobservador e intraobservador (Fürhauser y otros, 2005).

9.6 Procedimientos para el procesamiento y análisis de información

Procesamiento de la información

Una vez concluidas las fases clínicas y de laboratorio de ambos flujos de trabajo, los datos primarios registrados en las fichas clínicas serán transferidos a una matriz de vaciado digital

organizada en hojas de cálculo. En esta matriz se codificarán de forma sistemática tanto las variables sociodemográficas (edad, sexo) y clínicas generales (pieza dental, tipo de conexión del implante, tipo de flujo ejecutado, tiempos clínicos de trabajo) como las puntuaciones específicas asignadas a cada una de las variables que componen los índices estéticos.

El control de calidad de los datos se realizará mediante un proceso de auditoría y triangulación interna, contrastando de forma cruzada la matriz digitalizada con la historia clínica física, la serie fotográfica estandarizada, las imágenes tomográficas y los archivos de diseño óptico abiertos (STL), garantizando la total correspondencia y depuración de la información antes del análisis.

Análisis cuantitativo

Dado el tamaño de la muestra inherente a un diseño de casos múltiples, el análisis cuantitativo se ejecutará bajo un enfoque estrictamente descriptivo, prescindiendo del uso de pruebas estadísticas inferenciales o de contraste de hipótesis paramétricas debido a la ausencia de representatividad probabilística. El análisis descriptivo consistirá en el cálculo y distribución de frecuencias de las puntuaciones matemáticas obtenidas a través de la aplicación del índice estético combinado:

- **Puntajes individuales del índice PES:** Rango cuantitativo de 0 a 14 puntos (7 parámetros evaluados con escala de 0 a 2).
- **Puntajes individuales del índice WES:** Rango cuantitativo de 0 a 10 puntos (5 parámetros evaluados con escala de 0 a 2).
- **Puntaje total combinado (PES/WES):** Rango cuantitativo total de 0 a 24 puntos.

Los datos se estructurarán en tablas de contingencia y gráficos de barras comparativos que permitirán contrastar visual y matemáticamente las discrepancias posicionales o estéticas existentes entre las restauraciones obtenidas mediante el flujo convencional y aquellas confeccionadas bajo el ecosistema CAD/CAM digital. El umbral mínimo de aceptabilidad clínica se fijará en un valor ≥6 puntos para cada índice por separado o una puntuación combinada mínima general de 12 puntos (Fürhauser y otros, 2005).

Análisis cualitativo

El análisis cualitativo se basará en la hermenéutica y la interpretación clínica de los procesos metodológicos y biológicos observados. Se empleará un enfoque de análisis comparativo de casos que permitirá realizar un escrutinio detallado de cada fase operativa del tratamiento. Este análisis profundizará en tres ejes fundamentales:

- **Comportamiento dinámico de los tejidos periimplantarios:** Evaluación cualitativa de la inflamación, los cambios de volumen en la tabla vestibular y la respuesta gingival ante pilares convencionales frente a pilares personalizados CAD/CAM (Lops y otros, 2023).
- **Integración estética de la restauración:** Análisis visual del mimetismo óptico, la textura superficial y el reflejo de la luz en los materiales cerámicos seleccionados bajo ambos flujos (Jafri y otros, 2020).
- **Variables clínicas operacionales:** Evaluación analítica sobre el nivel de distorsión lineal, la presencia de artefactos ópticos inducidos por saliva o profundidad marginal y los factores que afectan la precisión de los registros oclusales virtuales y el ajuste pasivo final de las estructuras (Corsalini y otros, 2024).

Integración de resultados

La fase conclusiva de la investigación se guiará por el principio de triangulación metodológica. Este procedimiento articulará de forma integrada los hallazgos cuantitativos (los puntajes numéricos del PES/WES) con las interpretaciones cualitativas de la evolución clínica y los datos documentales extraídos de la literatura científica indexada. Esta convergencia de datos permitirá contextualizar las puntuaciones numéricas, ofreciendo una visión holística y profunda de la influencia real que ejerce la selección de un flujo de trabajo (convencional o digital) sobre la predictibilidad y estabilidad estética de las rehabilitaciones implantosoportadas en el sector anterior.

9.7 Consideraciones éticas

La presente investigación se desarrollará bajo el estricto cumplimiento de los principios éticos fundamentales establecidos para la investigación biomédica en seres humanos, rigiéndose por los lineamientos internacionales de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (AMM, 2013) y el marco normativo nacional dictado por la Ley General de Salud de la República de Nicaragua (Ley N.º 423) y sus regulaciones vigentes (AN-Nicaragua, 2023).

Se garantizará de manera prioritaria el respeto a la dignidad humana, la autonomía, la privacidad y la confidencialidad de los sujetos participantes. Todos los pacientes seleccionados serán exhaustivamente informados de manera verbal y escrita acerca de la naturaleza de la investigación, los objetivos académicos del estudio, las fases de los flujos de trabajo clínicos a implementar, los beneficios terapéuticos esperados y los riesgos o incomodidades mínimas asociadas (como los tiempos de escaneado o toma de impresión elastomérica). La aceptación voluntaria de los pacientes se formalizará mediante la suscripción del Consentimiento Informado escrito.

Todos los procedimientos clínicos e intervenciones quirúrgico-protésicas ejecutadas en este estudio responderán estrictamente a criterios de necesidad terapéutica, beneficencia y no maleficencia, garantizando que el diseño experimental no induzca riesgos adicionales ni altere los estándares de calidad de la atención odontológica convencional. Para resguardar el derecho a la privacidad y el anonimato de los participantes, toda la información recolectada será manejada bajo un protocolo de anonimato y codificación de datos, sustituyendo las identidades de los pacientes por códigos alfanuméricos confidenciales. Los datos obtenidos e imágenes iconográficas serán utilizados de forma exclusiva para fines científicos, de divulgación académica y de investigación institucional, asegurando los principios éticos de responsabilidad, justicia y veracidad científica.

10. Resultados y discusiones

En el presente apartado se describe la evolución clínica de una paciente joven sometida a colocación de un implante dental en la zona estética correspondiente a la pieza 21.

Durante el procedimiento quirúrgico fue necesario realizar regeneración ósea guiada, asociado a un defecto óseo, utilizando biomaterial de β-trifosfato de calcio y membrana reabsorbible de colágeno, con el propósito de favorecer la estabilidad ósea periimplantaria y apoyar el proceso de osteointegración.

Asimismo, se presenta paso a paso el procedimiento realizado en la paciente, desde la evaluación clínica y radiográfica inicial, el proceso quirúrgico asistido por guía quirúrgica, colocación del implante, regeneración ósea guiada, provisional inmediato y las evaluaciones clínicas y de radiográficas por 8 meses. Se evaluó la cicatrización de los tejidos blandos periimplantarios, la estabilidad clínica del implante y el comportamiento óseo periimplantario.

10.1 Descripción y evolución detallada del caso o los casos

En este apartado se presenta de manera cronológica la evolución clínica y radiográfica del caso durante las diferentes fases del tratamiento implantológico. Se describen las características iniciales de la paciente, la planificación diagnóstica, el procedimiento quirúrgico, así como los hallazgos clínicos y radiográficos observados durante el proceso de cicatrización, osteointegración y rehabilitación protésica. La documentación fotográfica y radiográfica permitió registrar de forma sistemática la evolución periimplantaria y los resultados obtenidos durante el seguimiento longitudinal del caso.

Caso con flujo digital

Se trata de una paciente femenina de 23 años de edad, sistémicamente sana, ASA I. La paciente afirma que a la edad de 17 años tuvo accidente donde se cayó en una acera y se fracturó un diente y al que le efectuaron una endodoncia. Tres años después comenzó a observar coloración oscura e hinchazón, por lo que le realizaron la extracción de la pieza dentaria.

Figura 6

Fotografía inicial de la paciente del caso con flujo digital

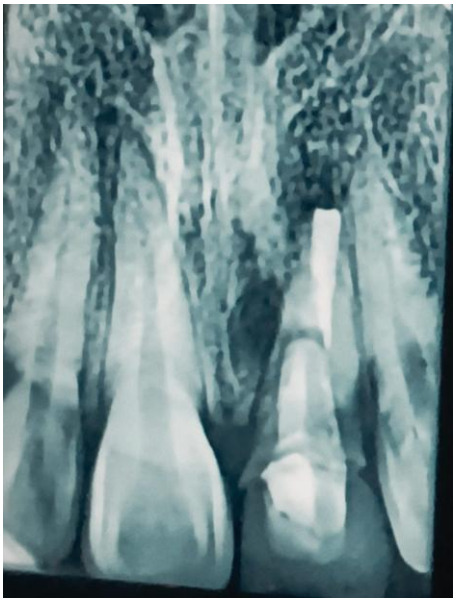


Nota: Vista frontal de los dientes anterosuperiores.

Se observa una marcada discromía (coloración grisácea/oscura) en el incisivo central superior izquierdo (pieza 21), compatible con necrosis pulpar sumado al antecedente de tratamiento endodóntico. Asimismo, en la mucosa adyacente a la zona apical de dicha pieza, se evidencia una lesión eritematosa sobreelevada compatible con una fístula activa. El resto del sector anterior presenta zonas difusas de hipomineralización/manchas blancas adamantinas en los tercios incisales y medios de caninos e incisivos, junto con una leve alteración del contorno gingival.

Figura 7

Radiografía periapical inicial del caso con flujo digital



Nota: Radiografía periapical.

Se observa el incisivo central superior izquierdo (pieza 21) con un tratamiento de conducto previo, el cual se muestra radiopaco, pero subobturado o con aparente pérdida de sellado apical. Se evidencia una marcada zona radiolúcida de límites difusos en la región periapical y lateral radicular, compatible con una lesión periapical crónica (osteítis rarefaciente / granuloma o quiste radicular) asociada a la fístula clínica.

A la paciente se le solicitaron exámenes de laboratorio como Biometría Hemática Completa (BHC), Tiempo de Protombina (TP), Tiempo Parcial de Tromboplastina (TPT), creatinina y glicemia en ayunas. Así como una CBCT de la zona anterior para evaluación diagnóstica y quirúrgica del caso.

Figura 8

Fotografías intraorales del caso con flujo digital

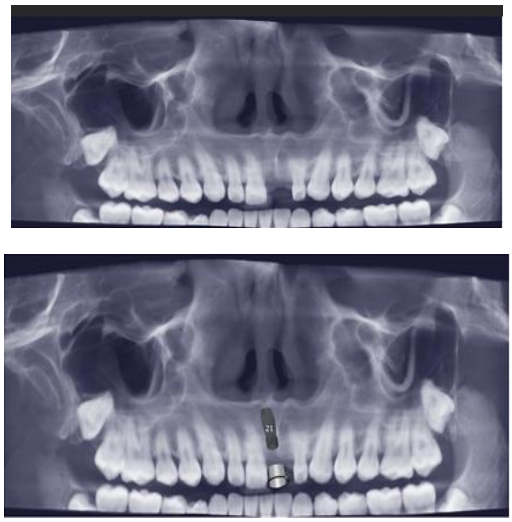


Nota: se presentan imágenes en máxima intercuspidación, laterales y del reborde alveolar.

En la fotografía izquierda, se observa el área edéntula del diente 21 y se muestra toda la oclusión anterior en su contexto alveolar y periodontal. Esto facilita la evaluación de la alineación y la salud gingival de arco a arco. En la vista palatina, se observan las características anatómicas y estructuras de interés como el cíngulo y la relación con los bordes incisales inferiores y en la vista oblicua se aprecia la forma tridimensional y la intercuspidación lateral.

Figura 9

Imágenes tomográficas en vista panorámica del caso con flujo digital



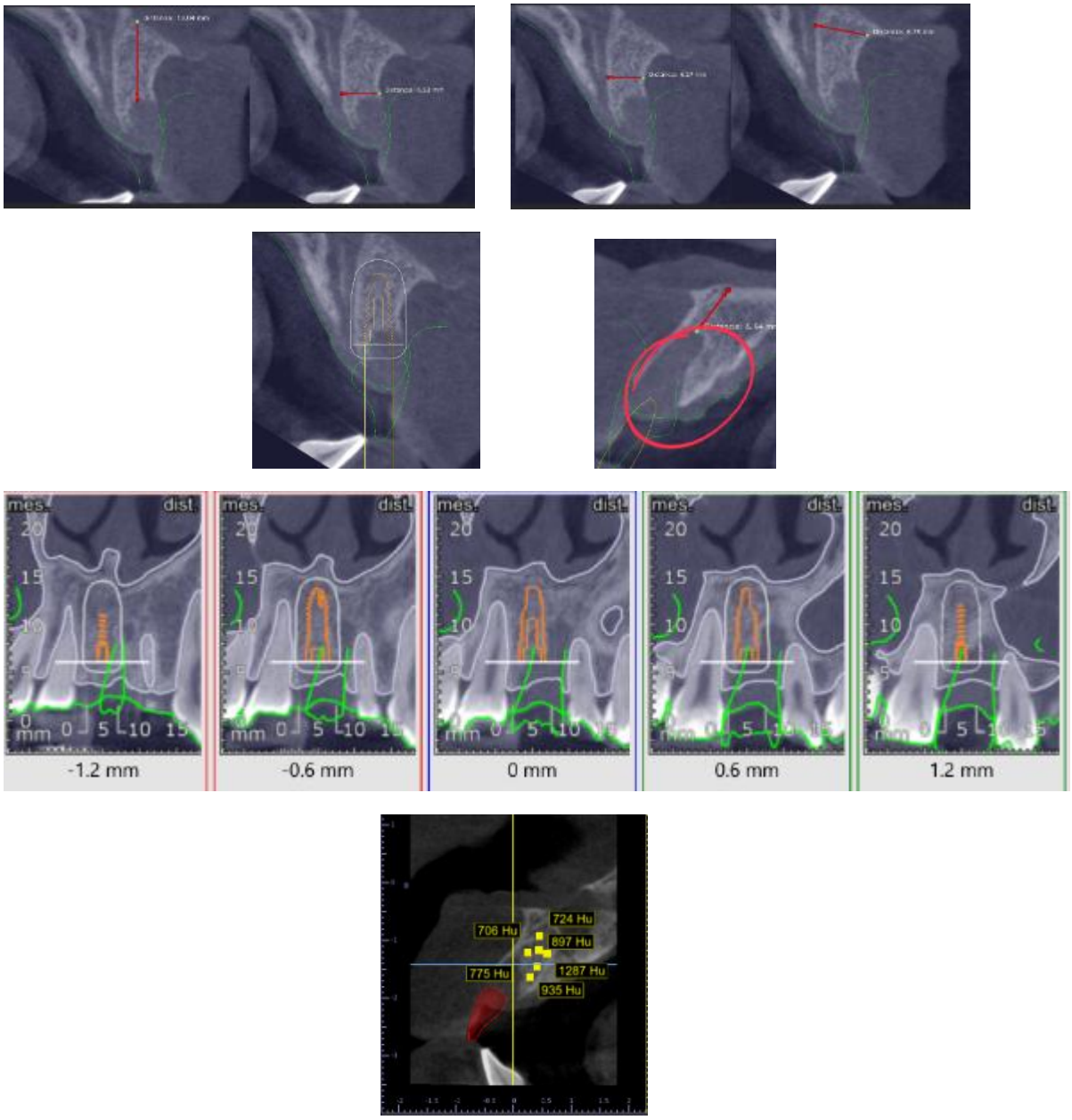
Nota: Radiografía panorámica extraída de la CBCT.

Se observa simetría en las estructuras óseas maxilomandibulares. Los senos maxilares se muestran neumáticos, con corticales continuas y sin evidencia de procesos patológicos o radiopacidades compatibles con sinusitis o quistes de retención. Las fosas nasales y el septo nasal presentan una morfología dentro de los límites de la normalidad. En el maxilar superior se evidencia la ausencia clínica de la pieza 21, observándose una zona de densidad ósea homogénea en el reborde alveolar residual, compatible con un sitio en proceso de consolidación o cicatrización ósea post-extracción. Se constata la presencia de terceros molares superiores (piezas 18 y 28) retenidos/impactados en posición alta.

Mediante el uso de software de flujo digital, se realiza la proyección tridimensional preliminar para la terapéutica con implantes en la zona edéntula de la pieza 21. Se aprecia la simulación del cuerpo del implante endóseo posicionado en el centro del defecto alveolar residual, respetando los límites anatómicos del piso de las fosas nasales y manteniendo el paralelismo con los ejes longitudinales de los dientes adyacentes (piezas 11 y 22). Asimismo, se observa la representación digital del pilar de cicatrización o aditamento protésico planificado para guiar la emergencia estética y la posterior rehabilitación.

Figura 10

Cortes tomográficos del área a implantar del caso con flujo digital



Nota: Cortes tomográficos.

El estudio tridimensional mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) permite evaluar de forma precisa las dimensiones óseas remanentes, la densidad del tejido y la viabilidad del sitio receptor para la colocación del implante planificado.

Medidas de Altura y Anchura Alveolar:

En el corte sagital de la zona edéntula, se evidencia una altura ósea remanente vertical de 13.04 mm medida desde la cresta alveolar hasta el piso de la fosa nasal o estructura anatómica limitante. El remanente óseo muestra una configuración cónica. En el tercio medio-crestal se registra una anchura inicial de 5.51 mm, la cual se reduce ligeramente a 5.27 mm en un corte contiguo, ofreciendo un lecho óseo suficiente en sentido vestíbulo-palatino para albergar un implante de diámetro estándar sin necesidad de procedimientos mayores de regeneración ósea guiada en bloque. Hacia la porción más basal y apical del proceso alveolar, la anchura ósea se incrementa notablemente hasta alcanzar los 8.71 mm.

Evaluación de zonas críticas o reparos anatómicos

Se identificó y delimitó mediante un círculo de control la relación con las estructuras óseas circundantes y la trayectoria de la cortical, midiendo una distancia de seguridad de 6.64 mm con respecto a posibles variaciones de la inclinación del eje o vecindad con el canal nasopalatino o piso nasal, asegurando una correcta distancia biológica.

Simulación e inserción virtual del implante

Se observa la planificación del implante endóseo en una posición tridimensional óptima. El eje longitudinal se alinea de acuerdo con el perfil de emergencia y el contorno de la futura restauración coronaria virtual (línea verde), garantizando una distribución de cargas oclusales axialmente favorable. El estudio seriado en intervalos milimétricos (desde -1.2 mm hasta 1.2 mm) confirma la constancia del volumen óseo a lo largo del cuerpo del implante planificado. En todos los cortes se constata el mantenimiento de un grosor adecuado de las tablas óseas vestibular y palatina (mínimo 1.5 - 2 mm recomendados).

Análisis de Densidad Ósea en Unidades Hounsfield

Se realizó un mapeo cuantitativo de la densidad mineral ósea en el sitio de la osteotomía virtual. Se registran valores que oscilan entre 706 HU y 1287 HU. Estos hallazgos son compatibles con un hueso de calidad Tipo II o Tipo III (según la clasificación de Misch), caracterizado por una cortical gruesa y un trabeculado denso, lo cual es altamente predictivo para lograr una excelente estabilidad primaria durante el acto quirúrgico.

Con la información obtenida de la CBCT, se selecciona implante Frontier 3.75 X 11.5 mm.

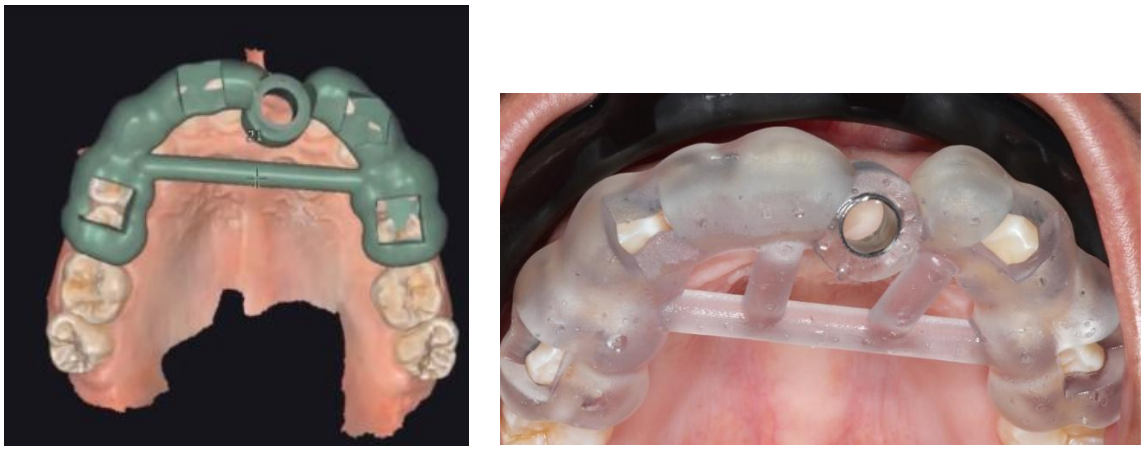
Figura 11
Escaneo digital



Nota: Vista en oclusal y laterales derecha e izquierda.

El escaneo digital se realizó con el escáner Medit i600

Figura 12
Guía quirúrgica

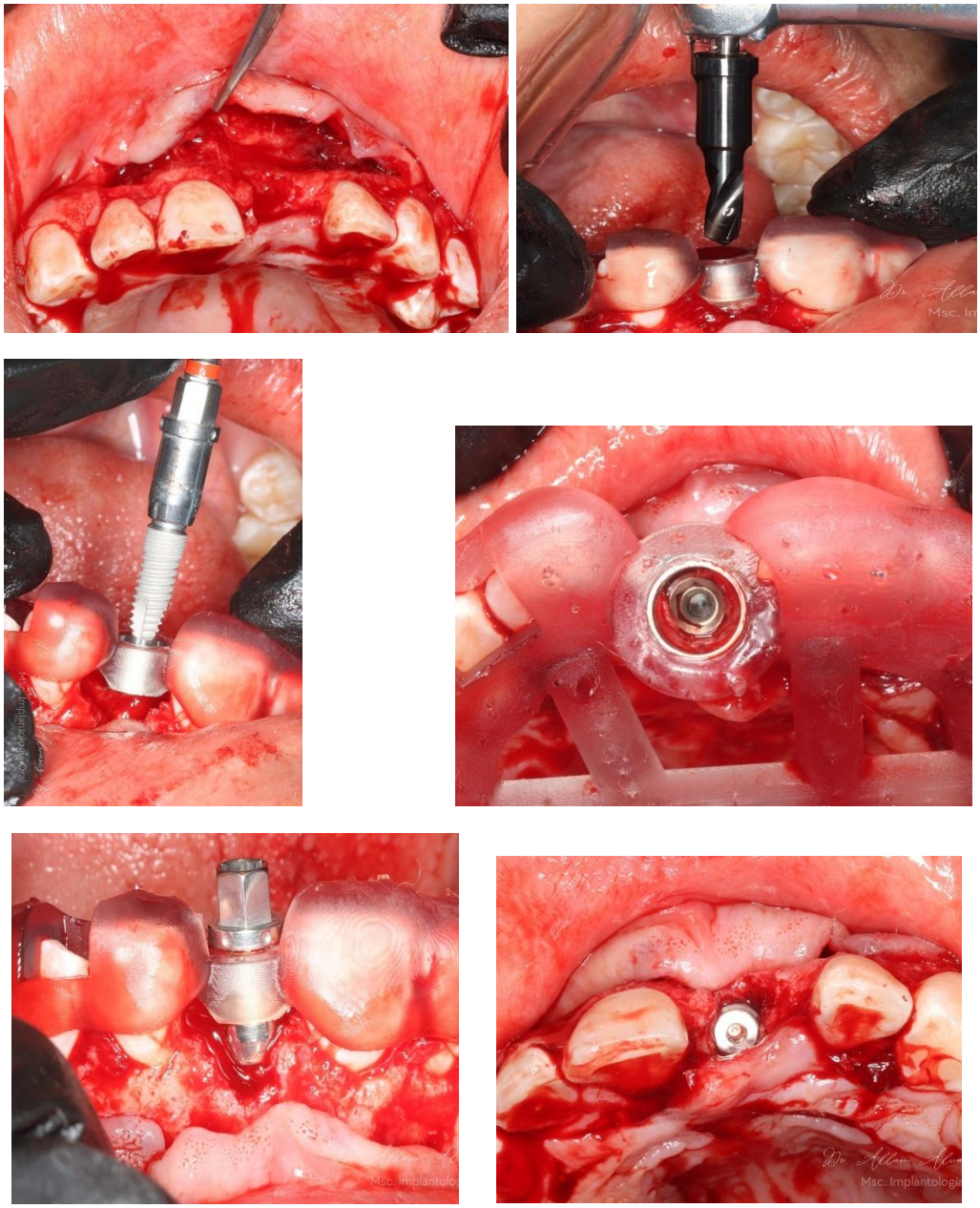


Nota: Guía quirúrgica en vista oclusal.

En la imagen la izquierda se observa la imagen de la planificación de la guía quirúrgica digital tomando como base el escaneo digital del maxilar superior y a la derecha se observa la guía quirúrgica impresa en 3D en pruebas previas sobre el área a implantar.

Figura 13

Inserción del implante dental en zona operatoria



Nota: Protocolo quirúrgico guiado observado en las vistas oclusal y frontal.

Protocolo Quirúrgico y Secuencia de Instrumentación Transoperatoria

Bajo anestesia local infiltrativa, se procedió a realizar un colgajo de espesor total, mediante una incisión supracrestal complementada con incisiones intrasurculares en las piezas adyacentes,

se realizó el desprendimiento del tejido blando con un periostótomo para exponer de forma amplia el remanente óseo alveolar en la zona edéntula. Esto permitió la inspección directa de la arquitectura ósea y de las tablas corticales vestibular y palatina.

Se posicionó y estabilizó en la arcada una guía quirúrgica de soporte dentomucoso riguroso. Se constata el inicio de la secuencia de fresado guiado empleando una fresa inicial de diámetro reducido y con recubrimiento de carbono. La instrumentación se introdujo a través del anillo metálico maestro de la guía, controlando estrictamente la dirección, angulación y profundidad tridimensional de la osteotomía para salvaguardar las estructuras anatómicas vecinas.

Manteniendo la guía quirúrgica en posición se continuó con la instrumentación secuencial mediante fresas de diámetros progresivos bajo irrigación profusa con solución salina estéril, asegurando la preservación de la viabilidad celular ósea y evitando el sobrecalentamiento tisular. La perspectiva oclusal confirma el centrado óptimo del canal de fresado en relación con la parábola del arco y el espacio interproximal.

Retirada la guía para verificar el lecho, se procedió a la inserción del implante autorroscante de conexión cónica interna, el implante se transportó e introdujo inicialmente de forma mecanizada/manual acoplado a su respectivo aditamento de inserción.

La plataforma del implante quedó ubicada ligeramente infracrestal (conforme a los criterios de preservación ósea marginal para conexiones cónicas) y alineada con los perfiles de emergencia de los dientes adyacentes. El lecho quirúrgico se muestra limpio, con las tablas óseas íntegras, preparándose el sitio para la colocación del tornillo de cierre/cicatrización y el posterior afrontamiento del colgajo mediante sutura.

Figura 14

Radiografías intraoperatorias de la inmersión del implante dental

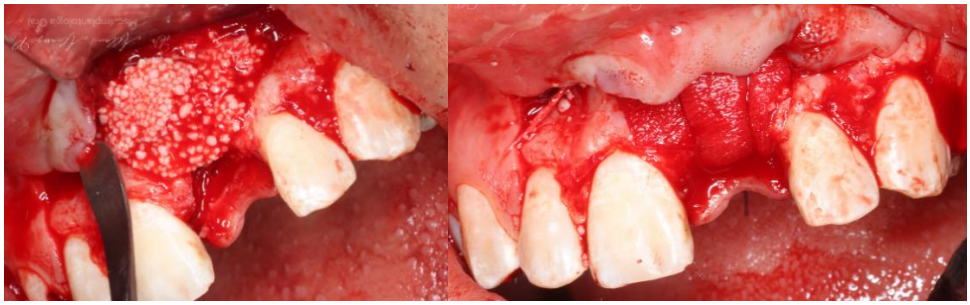


Nota: Secuencia de fresado del implante observado en radiografías periapicales.

En estas imágenes se observa el fresado quirúrgico e instalación final del implante dental. En zona cervical periimplantaria se observa un defecto óseo y se planifica una regeneración ósea guiada.

Figura 15

Regeneración ósea guiada en zona implantada

A  B

Nota: Vista frontal del procedimiento quirúrgico.

Figura 15A: Debido a un defecto óseo, se realizó regeneración ósea guiada en zona implantada. En el material quirúrgico se utilizó hueso Iceberg-Oss.

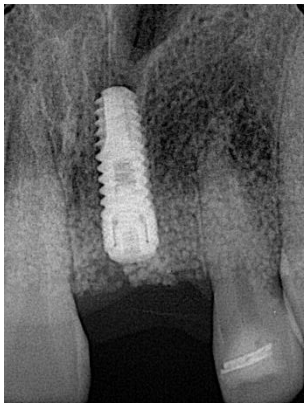
Figura 15B: Se colocó membrana Collaflex de la casa GMI.

Tras la correcta colocación posicional del implante endóseo, se procedió a ejecutar el protocolo de Regeneración Ósea Guiada (ROG) para corregir el defecto óseo alveolar remanente, optimizar el volumen en la tabla vestibular y asegurar la estabilidad de los tejidos a largo plazo.

Una vez expuesto el defecto y estabilizado el implante, se realizó el empaquetamiento compacto de material de injerto óseo particulado directamente sobre la dehiscencia/defecto de la tabla externa. El injerto se distribuyó de forma homogénea para rellenar la concavidad del reborde, buscando ganar volumen en sentido vestíbulo-palatino. El colgajo mucoperióstico se mantiene retraído mediante un elevador periostático para garantizar un campo completamente limpio y delimitar la zona interproximal con los órganos dentarios adyacentes.

Con el objetivo de evitar la invaginación de células epiteliales y conectivas del colgajo hacia el interior del injerto óseo, se procedió a la colocación de una membrana de barrera reabsorbible. La membrana se extiende más allá de los márgenes del defecto para asegurar una exclusión celular efectiva y una correcta estabilidad del injerto. Se evidencia la integridad de los tejidos blandos circundantes y la adecuada liberación del colgajo para permitir, en el paso posterior, un afrontamiento primario y un cierre hermético sin tensión.

Figura 16
Radiografía intraoperatoria final



Nota: Radiografía periapical.

En la región de la plataforma cervical, se aprecia una zona radiopaca compatible con biomaterial de regeneración ósea guiada en fase de estabilización y adecuada adaptación al lecho óseo receptivo.

Figura 17
Colocación de provisional inmediato impreso en 3D

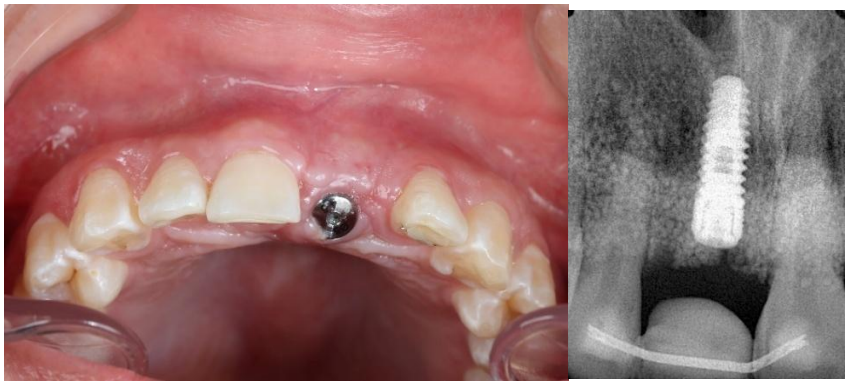


Nota: Vista en oclusión del caso.

El provisional se colocó en el postoperatorio inmediato a la instalación del implante dental. Los controles postoperatorios se llevaron a cabo a los 7 días, al mes y luego cada 3 meses.

Figura 18

Colocación del healing anatómico y provisional de resina impresa

A  B

Nota: Vista oclusal y radiográfica del healing anatómico.

Figura 18A: Se observa una excelente respuesta de los tejidos blandos. La mucosa queratinizada periimplantar se muestra completamente sana, con una coloración rosa pálida homogénea, óptimo trofismo y ausencia total de signos clínicos de inflamación, eritema o edema. Tras la colocación del healing anatómico, se evidencia el mantenimiento del volumen del reborde alveolar en sentido vestíbulo-palatino, lo que demuestra el éxito del procedimiento de regeneración ósea previo. La arquitectura gingival contigua a las piezas adyacentes preserva las papilas interdentales de forma armónica.

Figura 18B: La radiografía periapical digital de control confirma la correcta integración biológica del implante endóseo en el maxilar superior. Se observa un patrón de radiopacidad ósea trabeculada íntimamente adaptado a lo largo de todas las espiras del implante, sin evidencias de zonas radiolúcidas periimplantares. Las crestas óseas marginales, tanto mesial como distal, se mantienen estables a la altura de la plataforma del implante. Asimismo, en el espacio interproximal y periimplantar inferior, se logra apreciar la densidad del injerto óseo particulado colocado durante la fase de regeneración ósea guiada, el cual se encuentra en proceso de maduración y sustitución. El eje longitudinal del implante guarda una distancia biológica adecuada y segura respecto a las raíces de los órganos dentarios adyacentes.

Figura 19

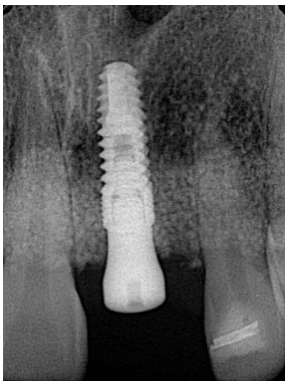
Prueba de asentamiento del scan body

A



B





C

Nota: Vista frontal del scan body (clínica, escaneo digital y radiográfica).

Figura 19A: Fotografía clínica en vista frontal que muestra el posicionamiento de un aditamento de escaneo (*scanbody*) de transferencia digital, acoplado directamente sobre la plataforma del implante en la zona anterosuperior. Se observa una adecuada cicatrización de los tejidos blandos periféricos y el mantenimiento del perfil de emergencia gingival con respecto a las piezas homólogas colindantes, libre de signos inflamatorios.

Figura19B: Renderización tridimensional del arco maxilar superior obtenida mediante el uso de un escáner intraoral. La imagen ilustra la digitalización de la morfología del arco, los tejidos blandos y el *scanbody* virtualizado en posición. Este procedimiento captura con precisión micrométrica la posición tridimensional, la angulación y la orientación de la conexión del implante para el posterior diseño computarizado de la estructura protésica definitiva.

Figura 19C: Radiografía periapical digital de control de la zona anterior. Se constata la correcta adaptación y el asentamiento pasivo del pilar de cicatrización/emergencia sobre la plataforma del implante endóseo, descartando brechas (*gaps*) o desajustes mecánicos. Asimismo, se evidencia estabilidad del nivel óseo marginal crestal en las superficies mesial y distal, junto con una óptima densidad ósea trabeculada periimplantar.

Figura 20

Control postoperatorio de la colocación del provisional

A  **B**

Nota: Vistas frontal del provisional de resina y del margen de emergencia.

Figura 20A: Fotografía clínica intraoral en vista frontal que muestra el resultado de la restauración provisional colocada en el sector anterosuperior izquierdo. Se observa una óptima integración óptica y morfológica de la corona provisional en relación con las piezas homólogas y adyacentes, logrando una adecuada simetría en los bordes incisales y los puntos de contacto. Los tejidos blandos periimplantares muestran una arquitectura gingival armónica, con niveles estables en los zenits y una coloración e integridad tisular compatibles con salud periodontal.

Figura 20B: Fotografía intraoral en perspectiva oclusal obtenida tras la remoción del aditamento protésico provisional. Se evidencia la delimitación de un perfil de emergencia tridimensionalmente idóneo, caracterizado por un contorno circular y un adecuado grosor de la mucosa queratinizada en la vertiente vestibular. La ausencia de colapso del tejido blando confirma el éxito del soporte mucoso logrado mediante la terapia provisional previa y los procedimientos de regeneración ósea transoperatorios, garantizando el sellado biológico periimplantar.

Figura 21

Registro del color



Nota: Vista frontal durante el registro del color.

En el registro del color se auxilió de un filtro polarizador para obtener un color más preciso.

Figura 22

Análisis del PES/WES en el caso con flujo digital

Análisis PES

(1)= Papila mesial (2 puntos)
(2)=Papila distal (2 puntos)
(3)=Margen gingival (2 Puntos)
(4)=Nivel de la mucosa facial (2 puntos)
(5)=Color y textura de tejidos blandos (2 puntos)

PES Total= 10 puntos

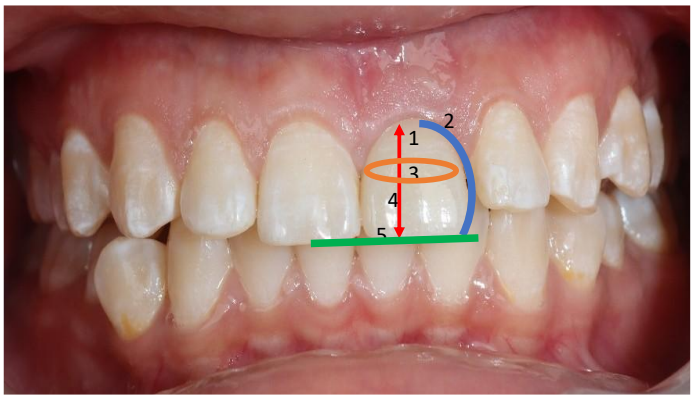


A

Análisis WES

(1)= Forma del diente (2 puntos)
(2)=Contorno de la corona (2 puntos)
(3)=Color (2 Puntos)
(4)=Textura superficial (2 puntos)
(5)=Traslucidez/ Caracterización (2 puntos)

WES Total= 10 puntos



B

Nota: Vista en oclusión.

Figura 22A: El índice PES se enfoca exclusivamente en la arquitectura, el volumen y la salud de la mucosa periimplantaria. En este caso se realizó una evaluación del PES modificado (papila mesial, papila distal, contorno de la mucosa, nivel del margen gingival y color de la mucosa y textura superficial) con un puntaje de 2 puntos por parámetro ya que se encontraron completos, dando una suma de 10 puntos.

Figura 22B: El WES evalúa la corona artificial en la que se evaluó la forma dental, proporción coronaria, color, traslucidez y textura superficial, dando un puntaje de 2 puntos a cada parámetro debido a que no presentaron discrepancias, obteniéndose 10 puntos. El PES/WES sumado del caso fue de 20 puntos interpretándose como un resultado estéticamente excelente.

Caso 2 con flujo convencional

Se trata de una paciente femenina de 35 años de edad, sistémicamente sana, ASA I. La paciente acude a la clínica de la UNICA porque sentía molestias en una pieza dental en la cual le efectuaron un tratamiento endodóntico más corona. Se procedió a realizar extracción de la pieza 11.

Figura 23

Fotografías clínicas y radiográficas iniciales del caso de flujo convencional



A **B**

Nota: Vista en oclusión y radiográfica.

Figura 23A: Imagen clínica inicial del caso 2 donde se observa fístula en el fondo del vestíbulo.

Figura 23B: Radiografía periapical donde se observa fractura en el tercio medio de la raíz que invade 5 mm de la zona crestal.

A la paciente se le solicitaron exámenes de laboratorio como Biometría Hemática Completa (BHC), Tiempo de Protombina (TP), Tiempo Parcial de Tromboplastina (TPT), creatinina y glicemia en ayunas. Así como una CBCT de la zona anterior para evaluación diagnóstica y quirúrgica del caso.

Figura 24

Fotografías intraorales del caso de flujo convencional



Nota: Vistas en oclusión y laterales derecha e izquierda.

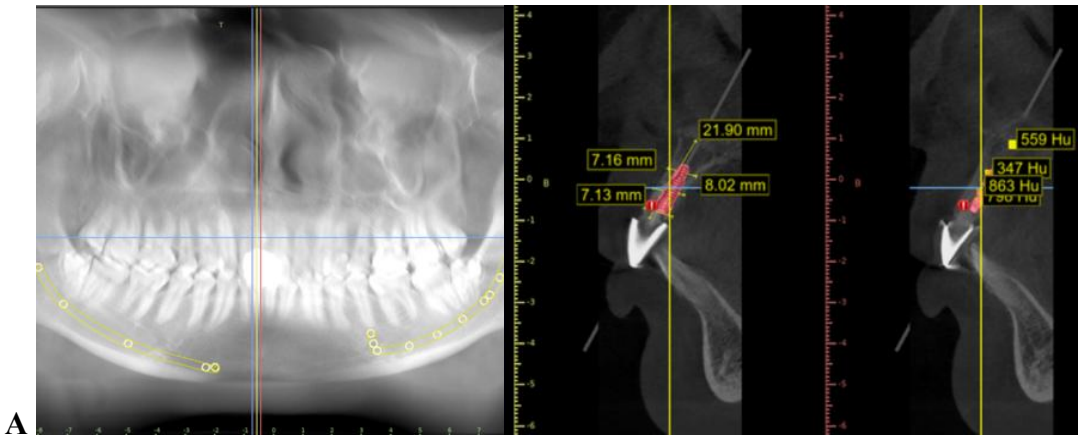
Composición fotográfica intraoral que muestra la relación intermaxilar y el acoplamiento oclusal en máxima intercuspidación desde las vertientes laterales. En el análisis del sector derecho se observa una tendencia a la estabilidad oclusal, evaluando el engranaje de las cúspides vestibulares superiores con los surcos y espacios interproximales inferiores. En el sector izquierdo se constata la correspondencia clínica de las vertientes interdentales, mostrando una adecuada guía y engranaje de los sectores premolares y molares.

Ambas imágenes demuestran un estado de salud gingival generalizado en los sectores posteriores. La mucosa queratinizada se aprecia firme, con una coloración rosa pálida homogénea y contornos gingivales estables que siguen la línea amelocementaria. Las papilas interdentales se encuentran preservadas, ocupando por completo los espacios troneras sin signos clínicos de recesión activa, bolsas periodontales aparentes o inflamación marginal en las zonas evaluadas.

Se evidencia la continuidad de la línea de oclusión y la correcta alineación tridimensional de las piezas posteriores en sus respectivas arcadas. Las coronas anatómicas preservan sus contornos y morfología funcional, lo cual contribuye a la estabilidad de la dimensión vertical y al soporte oclusal posterior del paciente.

Figura 25

Imágenes tomográficas del caso con flujo convencional



Nota: Radiografía panorámica y la de los cortes del área a implantar.

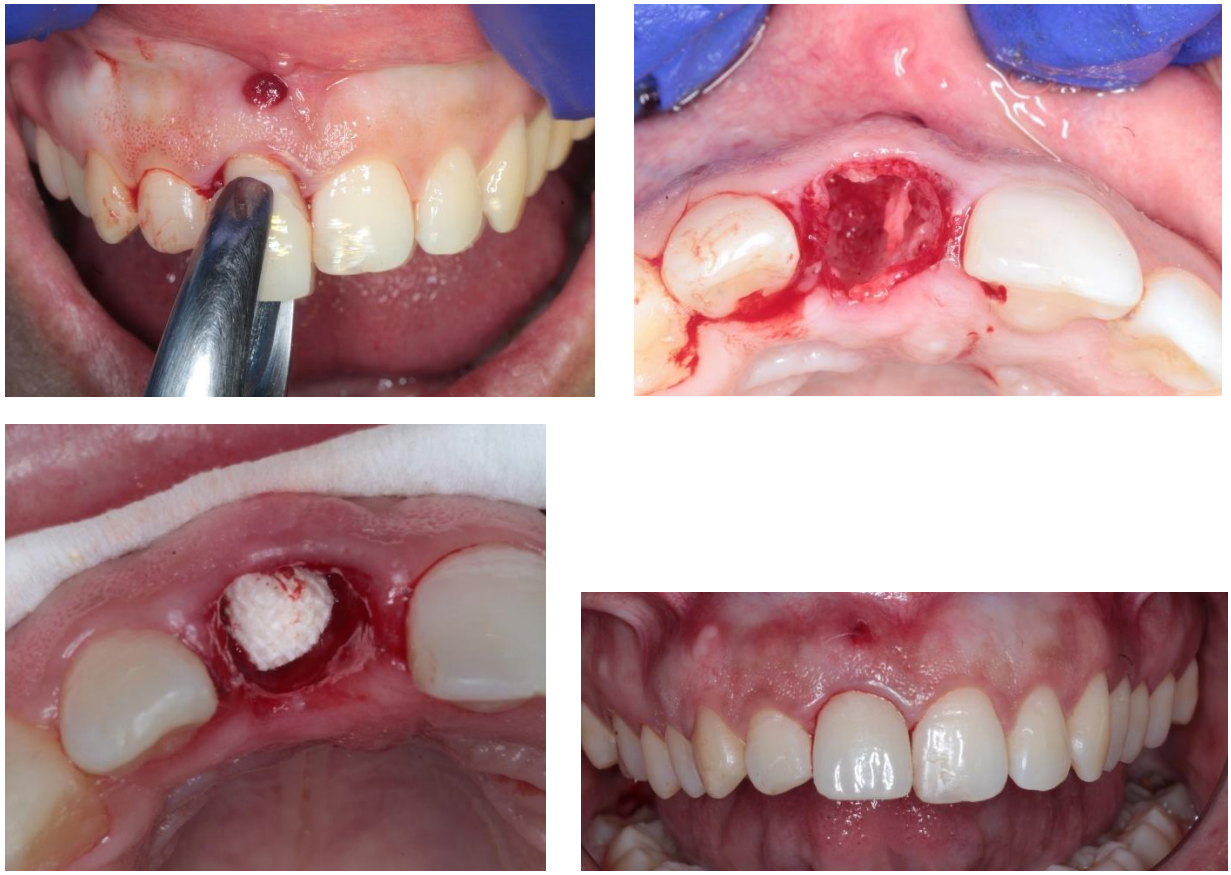
Figura 25A: Reconstrucción panorámica bidimensional generada a partir del volumen tomográfico (CBCT). Se observa el mapeo y la delimitación del recorrido del canal mandibular bilateral para el control de seguridad de las estructuras vasculonerviosas en el maxilar inferior. Las líneas de referencia ortogonales determinan el plano de corte transversal exacto en la zona anterosuperior objeto de estudio, asegurando una evaluación tridimensional precisa del remanente óseo.

Figura 25B: Corte tomográfico sagital/transversal del sector anterosuperior que muestra la simulación tridimensional del implante endóseo en una posición ideal guiada por la prótesis. El software de planificación permite determinar las dimensiones óseas críticas disponibles: una altura alveolar total de 21.90 mm, un espesor crestal en el tercio cervical/medio que varía entre 7.13 mm y 7.16 mm, y un ancho basal de 8.02 mm. Se aprecia una cortical vestibular delgada, lo que

justifica la inclinación del eje largo del implante hacia la pared palatina para optimizar el anclaje óseo y asegurar la tabla externa.

Figura 26

Primera fase del manejo quirúrgico del caso con flujo convencional



Nota: Exodoncia.

Se observa extracción de la pieza 11, curetaje y colocación de tapón de colágeno Tape Benacel GMI dentro del defecto alveolar. Este procedimiento de preservación de cresta tiene como propósito estabilizar el coágulo sanguíneo, andamiar el lecho para la neoformación ósea y contrarrestar la reabsorción tridimensional natural del reborde alveolar posterior a la pérdida dental. Este se dejó por 2 meses y su función es de un hemostático alveolar y apósito para heridas elaborado a base de celulosa oxidada regenerada purificada. Está diseñado específicamente para el control del sangrado en procedimientos quirúrgicos orales.

Posteriormente se le instaló un provisional, la cual actúa como un mantenedor de espacio y matriz biomecánica, brindando el soporte necesario para guiar la cicatrización guiada del tejido blando, conformar el perfil de emergencia y mantener la altura de las papilas interdentales, asegurando un resultado estético óptimo y la continuidad social del paciente durante la fase de integración.

Figura 27

Colocación del implante dental a mano alzada

A  **B**

Nota: Colocación del implante con flujo convencional.

Figura 27A: Fotografía clínica intraoral en vista frontal que documenta la fase de inserción activa de un implante endóseo autorroscante de morfología cónica en el alveolo del incisivo central superior derecho. Se observa el uso de un transportador o pilar de inserción manual/mecanizado acoplado al cuerpo del implante, el cual presenta espiras macro-roscadas y una superficie tratada con textura rugosa (compatible con procesos de arenado y grabado ácido). El abordaje se realiza mediante una técnica sin colgajo, lo que permite preservar al máximo la vascularización perióstica y la arquitectura de los tejidos blandos marginales y papilares adyacentes.

Figura 27B: Radiografía periapical digital de control inmediato tras la fijación del implante. Se constata el correcto posicionamiento tridimensional del cuerpo del implante en sentido corono-apical y mesio-distal, manteniendo un espacio biológico de seguridad adecuado respecto a las raíces de los órganos dentarios colindantes. Se evidencia un óptimo anclaje y estabilidad primaria en el hueso apical remanente. Adicionalmente, en la zona marginal e

interproximal, se observa una banda radiopaca compatible con la presencia de un aditamento protésico temporal o pilar difuminado por la superposición de la estructura provisional colocada para el soporte de los tejidos blandos anteriores.

Figura 28

Registro del color en el caso con flujo convencional

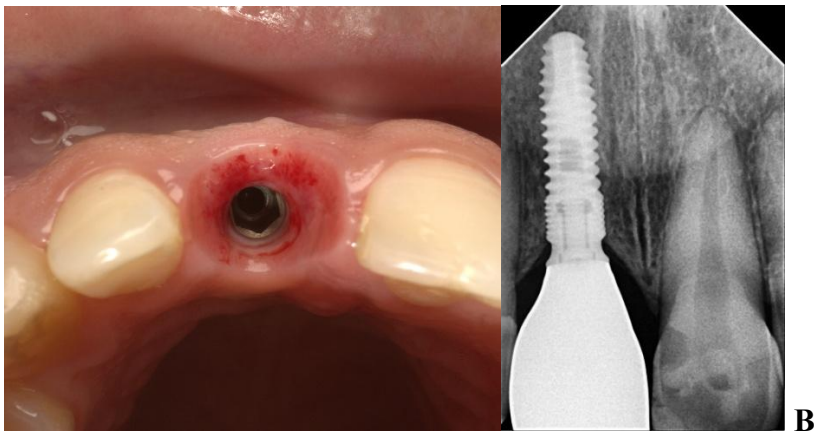


Nota: Registro del color.

Para la elección del color se utilizó el registro cromático mediante el colorímetro *Vita-Guide 3D-Master*.

Figura 29

Perfil de emergencia e imagen radiográfica final del caso con flujo convencional

A  **B**

Nota: Perfil de emergencia y radiografía final.

Figura 29A: Fotografía clínica intraoral en vista oclusal que documenta el lecho periimplantar en el sector anterosuperior izquierdo tras el retiro del pilar provisional. Se evidencia la conformación de un perfil de emergencia tridimensionalmente delimitado, circular y libre de colapso, con un adecuado anillo de mucosa queratinizada. El tejido transgingival muestra una ligera hiperemia fisiológica marginal compatible con la presión remodeladora ejercida por el aditamento, denotando un óptimo trofismo y la preservación del volumen del reborde alveolar en sentido vestíbulo-palatino. En el fondo del reborde se observa la indexación interna de la plataforma del implante.

Figura 29B: Radiografía periapical digital intraoral de control de la zona anterior. Se constata el acoplamiento y asentamiento pasivo y micrométrico de la estructura protésica sobre la plataforma del implante endóseo, descartando desajustes o discontinuidades interfaciales (*gaps*). El cuerpo del implante exhibe una estabilidad ósea marginal idónea a nivel de la conexión, con un patrón radiopaco de trabeculado óseo periimplantar íntimamente adaptado y la preservación del espacio biológico interproximal con respecto al órgano dentario adyacente.

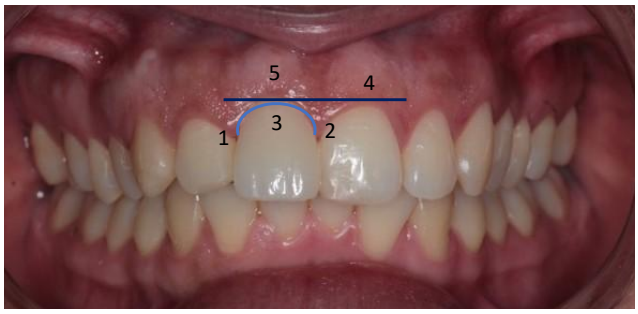
Figura 30

Análisis del índice PES/WES en el caso con flujo convencional

Análisis PES

(1)= Papila mesial (2 puntos)
(2)=Papila distal (1 punto)
(3)=Margen gingival (2 Puntos)
(4)=Nivel de la mucosa facial (1 punto)
(5)=Color y textura de tejidos blandos (2 puntos)

PES Total= 8 puntos

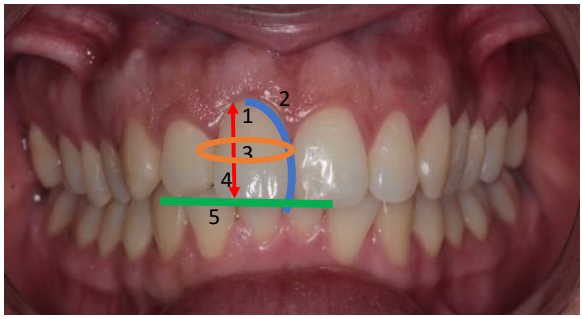


A

Análisis WES

(1)= Forma del diente (1 punto)
(2)=Contorno de la corona (1 punto)
(3)=Color (2 Puntos)
(4)=Textura superficial (2 puntos)
(5)=Traslucidez/ Caracterización (2 puntos)

WES Total= 8 puntos



B

Nota: Vista en oclusión en máxima intercuspidación de la paciente.

Figura 30A: En el análisis del PES modificado reflejó una puntuación (8/10 puntos), todos los parámetros estaban completos, y se le asignó un punto a la papila distal porque no obtuvo por completo la forma tridimensional y un punto al nivel de la mucosa facial porque quedó levemente superior al diente homólogo.

Figura 30B: En el análisis del WES para la corona artificial definitiva de la pieza 11 obtuvo una calificación de 8/10 puntos, se le asignó un punto a la forma dental y al contorno de la corona porque se observan levemente más grandes que la pieza contralateral. La sumatoria global del índice PES/WES en este caso alcanzó un total de 16 puntos y entra en la interpretación metodológica de resultados estéticamente aceptables.

10.2 Comparación con otros estudios o casos

Caso Clínico con Flujo Digital

Al analizar los resultados del caso clínico manejado mediante el flujo de trabajo digital para la rehabilitación de la pieza 21, la obtención de una puntuación global perfecta en el índice PES/WES (20/20 puntos) demuestra la alta predictibilidad estética y biológica que ofrecen las tecnologías contemporáneas en el sector anterior. Al contrastar estos hallazgos con la literatura científica internacional, se observan marcadas similitudes, pero también particularidades clínicas y terapéuticas que merecen ser discutidas.

En primera instancia, la evaluación de los tejidos periimplantarios mediante el componente del Índice Estético Rosa (PES) arrojó una calificación máxima (10/10 puntos). Este resultado guarda una estrecha relación de concordancia con el estudio clínico de Kadkhodazadeh et al. (2025), quienes demostraron que los escáneres intraorales son herramientas altamente confiables y precisas para monitorizar y calificar el índice PES, reportando un acuerdo sustancial del 70.8% entre la evaluación clínica en el sillón y la virtual. En nuestro caso, el uso del escáner intraoral

Medit i600 permitió una transferencia óptica milimétrica de la posición espacial del implante y del contorno gingival sin ejercer presión mecánica sobre el nicho.

Un aspecto terapéutico crítico en este caso fue el abordaje del defecto óseo vertical y horizontal mediante regeneración ósea guiada (ROG) con hueso *Iceberg-Oss* y membrana *Collaflex*, complementado con la instalación de un provisional inmediato impreso en 3D y el posterior uso de un *healing* anatómico. Este abordaje se alinea con la investigación de Gervasoni (2024), donde la transición al flujo digital tras una fase de maduración tisular guiada por provisionales garantizó el mantenimiento de la altura de las papilas mesial y distal, la curvatura del margen y el volumen del proceso alveolar. La necesidad de este injerto se fundamenta científicamente en los estudios tomográficos de Januário et al. (2011) y Chappuis et al. (2013) incluidos en el marco teórico, los cuales advierten que el grosor de la tabla ósea vestibular en el tercio coronal anterior mide menos de 1 mm en el 85% de los casos y sufre una reabsorción vertical severa de hasta 3.5 mm tras la pérdida del diente. La combinación de la ROG con la predictibilidad de la cirugía guiada por software (*Exoplan*) permitió contrarrestar esta fragilidad anatómica y posicionar el implante *Frontier* (3.75 x 11.5 mm) bajo las estrictas directrices tridimensionales, asegurando los 2 mm mínimos de protección ósea vestibular en el eje vestibulopalatino.

Respecto al componente del Índice Estético Blanco (WES), la corona definitiva monolítica obtuvo un desempeño óptimo (10/10 puntos), mimetizándose por completo con el incisivo central homólogo natural (diente 11). Este éxito posicional y restaurativo coincide con lo reportado por Bowen et al. (2023) y el estudio nacional de Ruiz (2024) en la UNAN-León, quienes concluyen que el flujo digital CAD/CAM confiere un control absoluto sobre el color, la morfología, el ajuste pasivo óptimo y la simetría de las restauraciones. Además, la individualización del contorno subgingival mediante el diseño digital permitió un perfil de emergencia fluido. Esto valida la evidencia científica recopilada por Izzetti et al. (2025) en el marco teórico, la cual demuestra que la confección de perfiles de emergencia cóncavos o rectos estrechos minimiza el estrés mecánico sobre los tejidos marginales, evitando la reabsorción ósea crestal acelerada que provocan los ángulos mayores a 30°.

Es importante destacar un hallazgo coincidente con la revisión sistemática de Zalai et al. (2026) y los antecedentes locales de Marín (2024): el uso de la tecnología digital no solo optimizó

los índices estéticos objetivos, sino que redujo el tiempo clínico de sillón y mejoró sustancialmente los índices de comodidad y aceptación por parte de la paciente, eliminando la ansiedad asociada a las tomas de impresión tradicionales con cubetas. Como aporte novedoso para la práctica clínica y la investigación local, este caso demuestra que la implementación sistemática de software de planificación tridimensional y el registro óptico con *scan body* permiten alcanzar la excelencia estética descrita originalmente en los parámetros internacionales de Belser et al. (2009), estableciendo un estándar de calidad riguroso, reproducible y totalmente viable dentro del panorama de la implantología oral contemporánea en Nicaragua.

Caso Clínico con Flujo Convencional

El análisis de los resultados en el caso clínico resuelto mediante el flujo de trabajo convencional para la rehabilitación de la pieza 11 arrojó una puntuación global de 16/20 puntos en el índice PES/WES, consolidándose como un resultado estéticamente aceptable. Esta puntuación se alinea con la media combinada total de 11 a 18 puntos reportada en el estudio clínico e internacional de Belser et al. (2009) en Suiza, quienes validaron la predictibilidad y estabilidad a mediano plazo de este sistema de evaluación objetiva en el sector anterior maxilar.

En lo que respecta a la estética periimplantaria, evaluada mediante Índice PES, la obtención de una calificación máxima (8/10 puntos) representa un hallazgo de gran relevancia. Sin embargo, mientras Ríos et al. (2019) advierten que el uso de postes de transferencia estándar en el flujo convencional es insuficiente y proponen la técnica analógica de personalización del nicho con resina fluida y polivinilsiloxano para evitar el colapso del tejido blando, en nuestro caso la estabilidad tridimensional de la mucosa se garantizó desde la primera fase quirúrgica. Esto se logró mediante una exodoncia mínimamente invasiva y la preservación alveolar utilizando un tapón de colágeno (*Tape Benacel*).

Este enfoque terapéutico analógico encuentra su explicación científica a través de los estudios tridimensionales de Januário et al. (2011) y Grunder et al. (2005), quienes demuestran que la tabla alveolar vestibular en el sector anterior es sumamente delgada (menor a 1 mm en el 85% de los casos) y sufre un colapso horizontal del 30% al 50% en los primeros 12 meses post-exodoncia. El uso del apósito de celulosa oxidada regenerada purificada funcionó como un

andamiaje hemostático que guio la cicatrización inicial durante dos meses, contrarrestando la reabsorción ósea vertical descrita por Chappuis et al. (2013) y permitiendo que, al momento de la inserción del implante a mano alzada, existiera un sustrato anatómico favorable para dar estabilidad al margen gingival y a las papilas.

En cuanto a la fase quirúrgica a mano alzada, la correcta posición apicocoronal y vestibulopalatinal del implante logró evitar una pérdida ósea marginal acelerada. Como demostraron recientemente Hedayatipanah et al. (2024), el posicionamiento vertical correcto actúa como un mecanismo de protección para el hueso crestal, lo que evita la recesión del tejido blando suprayacente y el sombreado grisáceo de los aditamentos. Aunque autores como Bowen et al. (2023) defienden que la precisión y predictibilidad de la cirugía guiada por computadora mediante protocolos digitales supera a la técnica habitual, este caso convencional demuestra que la pericia del operador guiada por los lineamientos tomográficos de la CBCT permite alcanzar la misma exactitud clínica.

Asimismo, ante la emergencia de nuevas tecnologías de diagnóstico, el estudio de Kadkhodazadeh et al. (2025) en Irán demostró una concordancia sustancial (coeficiente Kappa de 0.64 y 70.8% de puntuaciones idénticas) entre la evaluación estética del PES realizada de forma clínica convencional frente a la monitorización digital en modelos 3D. Esto valida científicamente que la inspección clínica directa empleada en este caso sigue siendo un método altamente seguro, confiable y plenamente vigente para calificar el estado de los tejidos periimplantarios.

Por otra parte, la confección de la corona definitiva sobre la pieza 11 logró un desempeño óptimo en el Índice WES con una puntuación de 8/10 puntos, mimetizándose con el incisivo natural homólogo (pieza 21). Para la selección del color, el uso del colorímetro *Vita-Guide 3D-Master* permitió superar la complejidad del valor, croma y traslucidez que Belser et al. (2009) catalogan como los parámetros más difíciles de copiar en la práctica clínica en comparación con la forma y el volumen de la corona.

Aunque el procesamiento de laboratorio dependió de fases analógicas tradicionales como las descritas por Gervasoni (2024), como es el vaciado en yeso tipo IV, la confiabilidad de los materiales elastoméricos de impresión permitió copiar con precisión el perfil de emergencia.

Contraste entre el flujo digital y el flujo convencional

Al contrastar los resultados clínicos y las variables metodológicas de los casos documentados, el hallazgo más significativo es la convergencia cuantitativa en la puntuación global del índice PES/WES. Ambos enfoques alcanzaron puntuaciones dentro del rango de éxito predecible y estético validado originalmente en Suiza por Belser et al. (2009), consolidando resultados estéticamente excelentes. No obstante, el análisis cualitativo revela diferencias operacionales, mecánicas y de percepción en el paciente que permiten comprender el comportamiento de cada flujo en la implantología contemporánea.

Tejidos Blandos Periimplantarios (PES)

El mantenimiento de la arquitectura gingival óptima en el flujo digital dependió directamente de la precisión milimétrica de la cirugía guiada por computadora. Al planificar el caso mediante la superposición de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y el escaneo intraoral, se garantizó el posicionamiento tridimensional del implante. Esto coincide con lo reportado por Bowen et al. (2023), quienes afirman que el uso de guías quirúrgicas y herramientas de diagnóstico tridimensional eleva drásticamente la precisión y la predictibilidad del tratamiento en el sector anterosuperior en comparación con las técnicas habituales.

Por el contrario, en el flujo convencional, la estabilidad del margen gingival ante una cirugía a mano alzada dependió de una estrategia biológica previa: la preservación del alveolo mediante un andamiaje de colágeno (*Tape Benacel*). Esto demuestra que, si bien la tecnología digital optimiza el posicionamiento, el flujo analógico puede compensar las limitaciones de precisión inherentes al operador mediante un manejo meticuloso del sustrato anatómico, contrarrestando eficazmente la reabsorción ósea descrita por Chappuis et al. (2013).

Asimismo, la monitorización del tejido blando se ve respaldada por el estudio de Kadkhodazadeh et al. (2025), quienes demostraron que existe una concordancia sustancial (70.8% de coincidencia exacta y un índice Kappa de 0.64) entre la evaluación del índice PES realizada de manera clínica convencional frente a la realizada a través de modelos tridimensionales virtuales. Esto valida que la inspección clínica directa en el sillón dental, propia del flujo convencional, es tan confiable y segura para el control de calidad como las plataformas de diagnóstico digital.

Precisión de la Transferencia y Ajuste Protésico (WES)

Una diferencia operacional crítica radica en el comportamiento tisular durante el registro de trabajo. En el flujo digital, el uso del *scan body* y el escáner intraoral elimina por completo la presión física sobre el perfil de emergencia previamente modelado por el provisional.

En contraste, el flujo convencional introdujo el reto descrito por Ríos et al. (2019), quienes advierten que los postes de transferencia estándar suelen ser insuficientes para copiar la tridimensionalidad del perfil de emergencia, provocando el colapso mucoso al retirar el provisional. No obstante, gracias a las excelentes propiedades hidrofílicas y reológicas de las siliconas por adición modernas se logró el desplazamiento de fluidos y un copiado exacto de la zona subgingival profunda, alcanzando un asentamiento protésico pasivo sin recurrir a la técnica analógica de personalización con resina fluida sugerida por Ríos.

En la fase de laboratorio, las características ópticas de la corona monolítica digital frente a la convencional procesada analógicamente alcanzaron un nivel equivalente de mimetización con sus respectivos dientes homólogos. Para la selección del color, el colorímetro *Vita-Guide 3D-Master* demostró ser un método analógico plenamente eficaz para resolver la complejidad del valor, el croma y la traslucidez; elementos que Belser et al. (2009) catalogan como los parámetros más difíciles de copiar, en contraste con la forma y el volumen de la corona que suelen ser más predecibles.

Eficiencia, Confort y Contexto Nacional

Al evaluar la experiencia global del tratamiento, la revisión sistemática de Zalai et al. (2026) aporta un sustento cuantitativo clave al demostrar que los flujos de trabajo completamente digitales reducen significativamente el tiempo clínico de sillón y mejoran la percepción del paciente al incrementar los índices de comodidad y disminuir la ansiedad asociada a las cubetas de impresión tradicionales.

A nivel nacional, esta transición tecnológica queda firmemente respaldada por Ruiz (2024) en la UNAN-León, cuyo estudio pionero en Nicaragua valida que la implementación de sistemas CAD/CAM y softwares de diseño como *Exocad* y *Exoplan* permiten diagnósticos sumamente

precisos, un control absoluto de la morfología y una alta aceptación estética en comparación con las técnicas tradicionales.

Sin embargo, como concluye Marín (2024) en su investigación en la UNICA (Nicaragua), el verdadero éxito en el sector anterior de la maxila —independientemente de la tecnología disponible— radica en la evaluación estricta y objetiva de los parámetros periimplantarios y protésicos a través de los índices PES/WES. Este contraste evidencia que, mientras el flujo digital optimiza los tiempos clínicos, el confort del paciente y la reproducibilidad técnica (Ruiz, 2024; Zalai et al., 2026), el flujo convencional sigue siendo un estándar de oro totalmente vigente, predecible y capaz de alcanzar la excelencia clínica y estética siempre que se fundamente en el respeto estricto de la biología tisular y los principios de oseointegración.

10.3 Implicaciones clínicas, educativas o investigativas

La evaluación y el contraste del éxito estético y biológico alcanzado en ambos casos clínicos (flujo digital y flujo convencional), medidos objetivamente mediante el índice PES/WES, trascienden la resolución individual de las afecciones de los pacientes. Los hallazgos de este estudio clínico y comparativo proyectan repercusiones significativas que impactan directamente la práctica profesional, los modelos de enseñanza odontológica y el desarrollo de la producción científica local en Nicaragua.

Implicaciones Clínicas

En el plano de la práctica asistencial, los resultados de esta investigación demuestran de manera contundente que la excelencia estética en el sector anterior no depende de forma exclusiva de la sofisticación tecnológica, sino del respeto irrestricto a los principios biológicos de la oseointegración y al manejo meticuloso de los tejidos.

Clínicamente, la convergencia de puntuaciones de éxito demuestra que el flujo convencional sigue siendo un estándar de oro totalmente vigente, predecible y capaz de competir con la odontología digital siempre que se fundamente en la preservación del sustrato anatómico. No obstante, la adopción del flujo digital se consolida como una vía de optimización ergonómica

y humana insustituible al agilizar los tiempos quirúrgico-protésicos y mejorar la aceptación psicológica del tratamiento.

Implicaciones Educativas y Estrategias de Enseñanza

En el ámbito académico y de formación de recursos humanos en salud oral, este estudio comparativo subraya una necesidad crítica de actualización en los planes de estudio los programas de especialización y maestría en Nicaragua.

Los hallazgos evidencian que la enseñanza de la implantología ya no puede limitarse a la destreza empírica analógica. Es imperativo, integrar competencias digitales desde el pregrado y la educación continua.

Implicaciones investigativas y futuras líneas de estudio

Desde el punto de vista de la investigación, esta monografía representa un hito al constituirse como uno de los estudios pioneros en el contexto de la salud privada y universitaria en Nicaragua en documentar la transición y el contraste tecnológico estructurado entre la vía analógica y los sistemas CAD/CAM. Asimismo, abre las puertas a nuevas y robustas líneas de investigación científica:

- Se propone el desarrollo de estudios clínicos con seguimiento a mediano y largo plazo (2, 5 y 10 años) que evalúen de forma cuantitativa la pérdida ósea crestal y la estabilidad tridimensional del implante en el sector anterior maxilar.
- Investigar la respuesta tomográfica y clínica comparativa entre diferentes marcas de sustitutos óseos y membranas de colágeno disponibles en el mercado nacional, con el fin de protocolizar de forma científica las terapias de preservación alveolar y regeneración ósea guiada en el sector anterosuperior.

11. Conclusiones

En el presente estudio, se evaluaron a dos pacientes con las siguientes caracteristicas sociodemográficas y clínicas: En el caso con flujo digital, se estudió a una mujer de 23 años sistémicamente sana (ASA I) y en el caso con flujo convencional, se evaluó a una fémina de 35 años, sistémicamente sana (ASA I).

El éxito y la predictibilidad estética en el sector anterior del maxilar superior dependen de un diagnóstico tridimensional mediante CBCT. Este recurso es el único método capaz de permitir al clínico clasificar minuciosamente los defectos óseos preexistentes y contrarrestar la fragilidad anatómica inherente a la tabla ósea vestibular antes de cualquier intervención quirúrgica, sirviendo como el pilar fundamental para evaluar la predictibilidad estética en zonas de alta exigencia.

Tanto la cirugía guiada como la técnica convencional, asistidas por CBCT demuestran ser altamente efectivas para lograr un posicionamiento tridimensional preciso del implante. El uso de biomateriales de regeneración ósea y las terapias de preservación alveolar actúan como andamiajes biológicos competentes que frenan la reabsorción natural del proceso alveolar, garantizando de forma predecible la altura de las papilas y la curvatura del margen mucoso a mediano plazo.

Ambas metodologías de transferencia clínica cumplen con la precisión requerida para un ajuste pasivo óptimo. El escaneado intraoral elimina la presión mecánica sobre la mucosa y transfiere con exactitud óptica el contorno tisular modelado por el provisional, por su parte, frente al reto analógico del colapso mucoso, el uso riguroso de siliconas por adición en el flujo convencional se mantiene como un estándar de oro vigente, exacto y confiable para registrar zonas subgingivales profundas y mimetizar las propiedades ópticas complejas evaluadas por el índice WES.

Cuantitativamente, se evidenció una superioridad en el resultado estético final a favor del flujo digital, el cual alcanzó la puntuación máxima de 20/20 puntos (excelencia estética absoluta) frente a los 16/20 puntos obtenidos mediante el flujo convencional según el PES/WES. Esta brecha demuestra que, aunque la evaluación clínica directa y la digital indirecta guardan una concordancia sustancial, el flujo digital maximiza el detalle clínico.

12. Recomendaciones

A los profesionales de la salud oral y especialistas en implantología

- Se recomienda instaurar la CBCT combinada con el análisis clínico visual del fenotipo gingival como el estándar diagnóstico inicial para clasificar correctamente los defectos óseos.
- En aquellos escenarios donde no sea viable un flujo digital inmediato y se deba optar por el enfoque convencional, se recomienda realizar exodoncias mínimamente invasivas acompañadas de técnicas de preservación alveolar. Esto permite contrarrestar la reabsorción ósea horizontal natural y mantener un volumen tisular predecible.
- Se sugiere a los clínicos incorporar paulatinamente el escaneado intraoral y la cirugía guiada en su práctica privada. Si bien el flujo convencional ofrece resultados de excelencia, el flujo digital optimiza los tiempos de sillón y reduce significativamente la ansiedad y el estrés procedimental en el paciente, elevando los estándares de confort y predictibilidad ergonómica.

A las instituciones académicas y facultades de odontología

- Se recomienda integrar las competencias de la odontología digital dentro de los planes de estudio de pregrado y, con mayor énfasis, en los programas de especialización y educación continua en Nicaragua.
- Se sugiere adoptar el uso del índice PES/WES en la evaluación final de tejidos blandos y la corona artificial del implante dental, ya que está respaldado con evidencia medible y reproducible.

13. Referencias

Abad-Coronel, C., Ruiz, D., Quelal, M., Estrada, D., Mena, N., & Aliaga, P. (2026). Comparative Evaluation of Conventional and Digital Workflow Impressions for Implant-Supported Restorations. *Dentistry Journal, 14*(120). https://doi.org/10.3390/10.3390/dj14020120

Albrektsson, T., Brånemark, P., Hansson, H., & Lindström, J. (1981). Osseointegrated Titanium Implants: Requirements for Ensuring a Long-Lasting, Direct Bone-to-Implant Anchorage in Man. *Acta Orthop Scand, 52*(2), 155-170. https://doi.org/10.3109/17453678108991776

AMM. (2013). Declaración de Helsinki: Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. *JAMA, 310*(20), 2191–2194. https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053

AN-Nicaragua. (2023). *Ley No. 423 Ley General de Salud.* La Gaceta, Diario Oficial. http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/09cf45d6fc893868062572650059911e/cd1c66b4256fbcb106258ad7006f1af0?OpenDocument

Belser, U., Grütter, L., Vailati, F., Bornstein, M., Weber, H., & Buser, D. (2009). Outcome evaluation of early placed maxillary anterior single-tooth implants using objective esthetic criteria: a cross-sectional, retrospective study in 45 patients with a 2- to 4-year follow-up using pink and white esthetic scores. *J Periodontol, 80*(1), 140-151. https://doi.org/10.1902/jop.2009.080435

Bowen, A., Arnaiz, F., & Cabanas, J. (2023). Rehabilitación del sector anterosuperior mediante protocolo digital. *Avances en Odontoestomatología, 39*(4), 184-190.

Brånemark, P. I. (1983). Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent, 50*(3), 399-410. https://doi.org/10.1016/s0022-3913(83)80101-2

Brånemark, P., Adell, R., Breine, U., Hansson, B., Lindström, J., & Ohlsson, A. (1969). Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg, 3*(2), 81-100. https://doi.org/10.3109/02844316909036699

Buser, D., Sennerby, L., & De Bruyn, H. (2017). Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions. *Periodontol 2000, 73*(1), 7-21. https://doi.org/10.1111/prd.12185

Chappuis, V., Engel, O., Reyes, M., Shahim, K., Nolte, L., & Buser, D. (2013). Ridge alterations post-extraction in the esthetic zone: a 3D analysis with CBCT. *J Dent Res, 92*(12), 195S-201S. https://doi.org/10.1177/0022034513506713

Corsalini, M., Barile, G., Ranieri, F., Morea, E., Corsalini, T., Capodiferro, S., & Palumbo, R. (2024). Comparison between Conventional and Digital Workflow in Implant Prosthetic Rehabilitation: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Functional Biomaterials, 15*(149). https://doi.org/10.3390/jfb15060149

Creswell, J., & Poth, C. (2017). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches.* SAGE Publications.

Díaz-Sanjuán, L. (2011). *La observación.* Departamento de Publicaciones UNAM-México. https://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf

Fletcher, R. H., Fletcher, S. W., & Fletcher, G. S. (2014). *Clinical epidemiology: The essentials.* Wolters Kluwer.

Fürhauser, R., Florescu, D., Benesch, T., Haas, R., Mailath, G., & Watzek, G. (2005). Evaluation of soft tissue around single-tooth implant crowns: the pink esthetic score. *Clin Oral Implants Res, 16*(6), 639-644. https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2005.01193.x

Gervasoni, A. (2024). *Comparación entre impresiones digitales y convencionales en la rehabilitación de arcada completa sobre implantes. Revisión sistemática (Trabajo de fin de grado).* Universidad Europea. https://titula.universidadeuropea.com/bitstream/handle/20.500.12880/8790/TFG_Alberto Gervasoni.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Grunder, U., Gracis, S., & Capelli, M. (2005). Influence of the 3-D bone-to-implant relationship on esthetics. *Int J Periodontics Restorative Dent, 25*(2), 639-644.

Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO, 4*(3), 163-173. https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173

Guzmán, J. (2019). *Técnicas de Investigación de Campo.* Unidad de Apoyo para el Aprendizaje. CUAED/Facultad de Contaduría y Administración. UNAM: https://repositorio-

uapa.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/2796/mod_resource/content/1/UAPA-Tecnicas-Investigacion-Campo/index.html

Hedayatipanah, M., Arasteh, H., Shokri, A., Alafchi, B., & Baghdadi, L. (2024). Effect of vertical implant position on marginal bone loss: a randomized clinical trial. *BMC Oral Health, 24*(1). https://doi.org/10.1186/s12903-024-04480-7

Izzetti, R., Cinquini, C., Nisi, M., Covelli, M., Alfonsi, F., & Barone, A. (2025). Influence of Prosthetic Emergence Profile on Peri-Implant Marginal Bone Stability: A Comprehensive Review. *Medicina (Kaunas), 61*(3). https://doi.org/10.3390/medicina61030517

Jafri, Z., Ahmad, N., Sawai, M., Sultan, N., & Bhardwaj, A. (2020). Digital Smile Design-An innovative tool in aesthetic dentistry. *J Oral Biol Craniofac Res, 10*(2), 194-198. https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2020.04.010

Januário, A., Duarte, W., Barriviera, M., Mesti, J., Araújo, M., & Lindhe, J. (2011). Dimension of the facial bone wall in the anterior maxilla: a cone-beam computed tomography study. *Clin Oral Implants Res, 22*(10), 1168-1171. https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2010.02086.x.

Kadkhodazadeh, M., Vasegh, Z., Safi, Y., Mohammadpour, M., & Hosseinzadeh, M. (2025). Comparison of Clinical and Digital Assessments of Peri-Implant Soft Tissue Esthetics using the Pink Esthetic Score. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 1-19. https://doi.org/10.11607/jomi.11416

Kim, D., Bassir, S., & Nguyen, T. (2020). Effect of gingival phenotype on the maintenance of periodontal health: An American Academy of Periodontology best evidence review. *J Periodontol, 91*(3), 311-338. https://doi.org/10.1002/JPER.19-0337

Lanza, A., Di Francesco, F., De Marco, G., Femiano, F., & Itro, A. (2017). Clinical Application of the PES/WES Index on Natural Teeth: Case Report and Literature Review. *Case Reports in Dentistry*. https://doi.org/10.1155/2017/9659062

Marín, C. (2024). *Resultados estéticos de la fase protésica tras la colocación de implantes dentales en la zona estética anterior de la maxila según el índice Pes y Wes, pacientes atendidos clínica de especialidad odontológica Universidad Católica Redemptoris Mater, marzo.* (Tesis de Maestría, Universidad Católica Redemptoris Mater UNICA-Nicaragua). https://repositorio.unica.edu.ni/309/1/IMPLANTO%20ORAL%200009%202024-

Mar%C3%ADn%20Galeano-Resultados%20est%C3%A9ticos%20de%20la%20fase%20prot%C3%A9sica%20tras%20la%20colocaci%C3%B3n%20de.pdf

Misch, C. (2014). *Dental Implant Prosthetics.* Mosby.

Ríos, A., Moreno, A., & Badillo, M. (2019). Rehabilitación anterior con personalización de nichos en implantología: reporte de caso. *Revista Odontológica Mexicana, 23*(4), 267-275. https://www.scielo.org.mx/pdf/rom/v23n4/1870-199X-rom-23-04-267.pdf

Ruiz, C. (2024). *Implementación de la tecnología digital en la rehabilitación oral completa: un reporte de caso (Tesis de Maestría).* Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. León. http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/10057/1/254356.pdf

Sánchez, A., Nicolas, A., Sánchez, C., Molina, S., Navarro, C., & Romanos, G. (2021). Primary stability and PES/WES evaluation for immediate implants in the aesthetic zone: a pilot clinical double-blind randomized study. *Scientific Reports, 11*. https://doi.org/10.1038/s41598-021-99218-8

Tavelli, L., Zucchelli, G., Stefanini, M., Rasperini, G., Wang, H., & Barootchi, S. (2023). Vertical soft tissue augmentation to treat implant esthetic complications: A prospective clinical and volumetric case series. *Clin Implant Dent Relat Res, 25*(2), 204-214. https://doi.org/10.1111/cid.13188

Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación, 33*(1), 155-165. https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf

Zailai, A., Aldwyyan, N., Alsaedy, M., Alasiri, A., Alharbi, R., Alothman, A., & Metwaly, A. (2026). Clinical Effectiveness and Accuracy of Fully Digital Workflows Versus Conventional Methods in Implant-Supported Restorations: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus, 18*(2). https://doi.org/10.7759/cureus.102864

14. Apéndices

Apéndice A. Consentimiento informado

Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo

Maestría en Implantologìa Oral

Título del estudio: Predictibilidad estética en rehabilitaciones implantosoportadas en el sector anterior: análisis comparativo entre el flujo de trabajo convencional y digital a través del índice PES/WES.

Autor: Cirujano dentista Allan Alberto Álvarez Rocha.

Consentimiento informado:

Estimado/a paciente:

Se le invita a participar en este proyecto de investigación clínica, cuyo objetivo es evaluar y comparar los resultados estéticos de las coronas sobre implantes dentales realizadas mediante dos métodos de trabajo diferentes: el método tradicional (con moldes de silicona) y el método moderno o digital (utilizando un escáner intraoral en tres dimensiones).

¿En qué consiste su participación? Si usted acepta participar, el odontólogo tratante registrará los datos generales de su tratamiento (como su edad, el diente reemplazado y las fechas de sus citas). Además, durante sus revisiones de control programadas entre los años 2024 y 2026, el especialista observará detalladamente la apariencia de su encía y de su corona dental utilizando una guía visual estandarizada llamada índice PES/WES. En estas revisiones se tomarán fotografías de su sonrisa para documentar el caso.

La evaluación estética se realiza de forma puramente visual y mediante fotografías clínicas, por lo que no genera ningún dolor, riesgo, ni gasto económico adicional para usted. Las citas coincidirán con sus controles habituales de mantenimiento.

Usted no recibirá un beneficio económico por participar. Sin embargo, los controles detallados asegurarán un monitoreo estricto de la salud de su implante. Además, su participación ayudará a que la comunidad odontológica de Nicaragua cuente con información científica local para mejorar la calidad de estos tratamientos en el futuro.

Su identidad será completamente protegida. En las hojas de recolección de datos y en el informe final de la tesis nunca aparecerá su nombre, sino un código numérico confidencial. Las fotografías tomadas se recortarán para mostrar únicamente el área de la boca y los dientes, evitando que su rostro sea reconocible.

Su participación es completamente voluntaria. Usted tiene el derecho de negarse a participar o de retirar su consentimiento en cualquier momento del estudio, sin tener que dar explicaciones y sin que esto afecte de ninguna manera la calidad de la atención médica u odontológica que recibe en esta clínica.

Por lo tanto, expreso libremente mi consentimiento y acepto participar en esta investigación.

Firma (o huella digital) del Paciente

Firma del Investigador Principal

Fecha: _____ / _____ / _____ Lugar: Managua, Nicaragua.

Apéndice B. Instrumento de recolección de datos

Título del estudio: Predictibilidad estética en rehabilitaciones implantosoportadas en el sector anterior: análisis comparativo entre el flujo de trabajo convencional y digital a través del índice PES/WES.

Autor: Cirujano dentista Allan Alberto Álvarez Rocha.

I. Datos generales

- Código del paciente: _____ Edad: _____ años Sexo: _____
- Pieza dental rehabilitada: _____
- Fecha de colocación del implante: _____ Fecha de rehabilitación protésica: _____
- Tiempo de seguimiento: _____
- Tipo de flujo de trabajo: Convencional _____ Digital _____

II. Evaluación estética de los tejidos periimplantarios a través del índice PES

Parámetro evaluado	**0**	**1**	**2**	**Puntaje**
Papila mesial	Ausente	Incompleta	Completa	
Papila distal	Ausente	Incompleta	Completa	
Nivel del margen gingival	Gran discrepancia	Discrepancia leve	Igual al diente contralateral	
Contorno del margen gingival	Muy diferente	Ligeramente diferente	Similar al diente contralateral	
Color y textura de tejidos blandos	Muy diferente	Ligeramente diferente	Similar al diente natural	

Puntaje PES total: _____/10

III. Evaluación estética de la restauración a través del índice WES

Parámetro evaluado	**0**	**1**	**2**	**Puntaje**
Forma del diente	Muy diferente	Ligeramente diferente	Igual al diente contralateral	
Volumen / contorno	Muy diferente	Ligeramente diferente	Similar al diente contralateral	
Color (tono y saturación)	Muy diferente	Ligeramente diferente	Igual al diente contralateral	
Textura superficial	Muy diferente	Ligeramente diferente	Similar al diente contralateral	
Translucidez / caracterización	Muy diferente	Ligeramente diferente	Igual al diente contralateral	

Puntaje WES total: _____/10

IV. Resultado estético global

Variable	**Resultado**
Puntaje PES	
Puntaje WES	
Puntaje total PES/WES	

Variable	**Resultado**
Interpretación estética	☐ Baja ☐ Aceptable ☐ Alta

Nombre y firma del examinador: 

15. Anexos

Anexo A. Declaración de autoría y cesión de derechos de publicación

Yo, Allan Alberto Álvarez Rocha con cédula de identidad 361-300891-0000B, egresado del programa académico de Maestría en Implantología Oral declaro que:

El contenido del presente documento es un reflejo de mi trabajo personal, y toda la información que se presenta está libre de derechos de autor, por lo que, ante cualquier notificación de plagio, copia o falta a la fuente original, me hago responsable de cualquier litigio o reclamación relacionada con derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo (UNICA).

Así mismo, autorizo a UNICA por este medio, publicar la versión aprobada del presente trabajo de investigación, bajo el título "Comparación de la predictibilidad estética en rehabilitaciones sobre implantes del sector anterior mediante flujo convencional y digital: reporte de dos casos clínicos" en el campus virtual y en otros espacios de divulgación, bajo la licencia Atribución-No Comercial-Sin derivados, irrevocable y universal para autorizar los depósitos y difundir los contenidos de forma libre e inmediata.

Todo esto se hace desde mi libertad y deseo de contribuir a aumentar la producción científica. Para constancia de lo expuesto anteriormente, se firma la presente declaración en la ciudad de Managua, Nicaragua a los 20 días del mes Junio de 2026.

Atentamente,

Allan Alberto Álvarez Rocha

Correo: a30rocha93@gmail.com

Firma: _____