INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO

SAN ANTONIO

Escuela de Ciencias de la Salud

“Diseño de un protocolo técnico para la elaboración de coronas individuales en prótesis fija mediante el uso de los software Exocad y Blender For Dental en el Laboratorio TESA, Quito, 2026.”

Solange Estefanía García Barrera

Mauricio Andrés Romero Cevallos

Aparatología Dental

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito para la obtención del título de

Tecnólogo Superior en Aparatología Dental

Quito, 20 de mayo de 2026

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO SAN ANTONIO

Escuela de Ciencias de la Salud

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

Diseño de un protocolo técnico para el diseño de coronas individuales en prótesis fija mediante el uso de los software Exocad y Blender For Dental en el Laboratorio TESA, Quito, 2026.

Solange Estefanía García Barrera

Mauricio Andrés Romero Cevallos

Denisse Yánez, Tecnóloga Superior en Aparatología Dental

Quito, 20 de mayo de 2026

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales del Instituto Superior Tecnológico San Antonio TESA, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual TESA, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a TESA para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad con lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Nombres y apellidos: Solange Estefanía García Barrera

Código estudiante: 1952

Cédula de identidad: 1721005807

Lugar y fecha: Quito, mayo de 2026

Nombres y apellidos: Mauricio Andrés Romero Cevallos

Código estudiante: 2152

Cédula de identidad: 1725809394

Lugar y fecha: Quito, mayo de 2026

Aclaración para Publicación

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, pese a estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en ttp://bit.ly/COPETheses.

Unpublished Document

Note: The following capstone project is available through Instituto Superior Tecnológico San Antonio TESA institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around these publishing available on http://bit.ly/COPETheses.

Dedicatoria

A Dios por ser mi fuente de fortaleza, por darme la sabiduría para comprender, la salud para continuar y la fe necesaria para alcanzar esta meta que hoy pongo en sus manos.

A mi amado compañero de vida José Luis, quien ha caminado junto a mí en esta maravillosa experiencia académica con amor, paciencia y comprensión; por haber sido mi apoyo en los momentos difíciles. Este logro es tan como tuyo como mío.

A mi querida familia, quienes con su apoyo incondicional me han enseñado que con esfuerzo y perseverancia no existen metas inalcanzables, y por creer en mis sueños desde el primer día. Este logro es el fruto de su amor y confianza en mí.

Solange García.

Dedico este trabajo a Dios por brindarme fortaleza, salud y sabiduría durante cada etapa de mi formación académica y permitirme culminar este objetivo profesional.

A mi madre, por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional a lo largo de mi carrera. Gracias por creer siempre en mí, por acompañarme en cada paso de este proceso, por el sacrificio realizado para hacer posible mi formación académica y por brindarme siempre el apoyo necesario para alcanzar este objetivo profesional.

Asimismo, dedico este trabajo a mi hermana Raquel, quien, a través de su formación en odontología, despertó en mí la inspiración y el interés por seguir la carrera de Aparatología Dental.

Mauricio Romero.

Agradecimiento

A mis estimados docentes, TDP. Luis Muñoz, TPD. José Luis Miranda, TPD. Pablo Santamaría, gracias por ser los arquitectos de mi formación y brindarme las herramientas necesarias para alcanzar esta meta. Pero un agradecimiento especial para mi apreciada tutora TDP. Denisse Yánez por su orientación constante y su infinita paciencia.

A mis queridos amigos, quienes han compartido más que un aula: compartimos sueños, metas, sonrisas y los mejores momentos de mi formación. Gracias, chicos: Francisco, Andrés, David, pero en especial Mauricio, con quien he compartido este proyecto. Gracias por tu compromiso, por las largas horas de trabajo, por demostrar que la colaboración y la amistad son una clave para alcanzar grandes metas. Este logro es el resultado de nuestro mutuo esfuerzo.

Solange García.

Agradezco a todo el personal docente del Instituto TESA por los conocimientos y apoyo brindados durante mi formación académica. De manera especial, agradezco a los docentes Luis Muñoz, Pablo Santamaría, Angélica Torres y José Luis Miranda, quienes tuvieron un impacto positivo en mi formación académica, profesional y personal. Asimismo, expreso un agradecimiento especial a Denisse Yánez, asesora de esta tesis, por su acompañamiento y apoyo constante durante el desarrollo de este proyecto.

Agradezco también a los amigos y personas que conocí durante mi formación en el Instituto TESA, quienes fueron un apoyo importante durante esta etapa académica. De manera especial, agradezco a mi compañera y amiga Solange, con quien compartí este proyecto de titulación y gran parte de mi formación profesional, brindándonos apoyo mutuo y compañerismo durante toda la carrera.

Mauricio Romero.

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un protocolo técnico para el diseño de coronas individuales sobre muñón mediante los software Exocad y Blender for Dental, aplicado en el laboratorio TESA. La razón principal para desarrollar radica en la necesidad de sistematizar protocolos digitales que permitan garantizar la calidad y minimizar errores en el flujo de trabajo.

El enfoque metodológico se sustenta en la investigación aplicada, de carácter descriptivo y comparativo, documentando paso a paso las herramientas y funciones específicas de cada programa bajo condiciones equivalentes.

Los resultados más relevantes que se encontraron fueron la identificación de similitudes y diferencias operativas entre ambos software, además de la elaboración de manuales didácticos que facilitan la capacitación técnica.

Las conclusiones evidencian que la integración de Exocad y Blender for Dental no solo fortalece la práctica profesional, sino que también abre perspectivas futuras en innovación educativa, optimización de recursos y desarrollo de protocolos replicables en otros laboratorios, consolidando un aporte significativo al campo de la odontología digital.

Palabras clave: odontología digital, software, coronas individuales, protocolo, herramientas digitales, estandarización de procesos.

Abstract

This study aims to develop a technical protocol for the design of individual crowns on abutments using the Exocad and Blender for Dental software applications at the TESA laboratory. The project was motivated by the need to systematize digital protocols that ensure quality standards and minimize errors throughout the workflow.

The methodological approach was based on applied research of a descriptive and comparative nature, documenting step by step the tools, functions, and operational processes of each software program under equivalent conditions. The study analyzed the performance and technical characteristics of both platforms in order to identify their practical applications in digital dentistry.

The most significant findings included the identification of similarities and operational differences between the two software programs, as well as the development of didactic manuals designed to facilitate technical training and improve procedural understanding.

The conclusions indicate that the integration of Exocad and Blender for Dental not only strengthens professional practice in dental laboratories, but also opens new perspectives for educational innovation, resource optimization, and the development of replicable protocols in other laboratory settings. Consequently, this study represents a valuable contribution to the field of digital dentistry and the standardization of digital workflows.

Keywords: digital dentistry, software, individual crowns, protocol, digital tools, process standardization.

Tabla de Contenidos

Resumen 7

Abstract 8

Capítulo I Introducción 18

1.1. Planteamiento del Problema 18

1.2. Justificación 19

1.3. Alcance 21

1.4. Objetivos General y Específicos 22

1.4.1. Objetivo General 22

1.4.2. Objetivos Específicos 22

Capítulo II Marco Teórico 23

2.1. Marco Conceptual 23

2.1.1. Protocolo Técnico 25

2.1.2. Importancia del Protocolo Técnico en el Laboratorio Dental 25

2.1.3. Componentes de un Protocolo Técnico 26

2.1 Prótesis Fija Dental 26

2.2.1. Concepto de Prótesis Fija Dental 26

2.2.2. Evolución de la prótesis fija 27

2.2.3. Función de la Prótesis Fija en la Rehabilitación Oral 28

2.2.4. Clasificación de las Prótesis Fijas 29

2.2 Coronas Dentales 32

2.3.1 Concepto de Corona Dental 32

2.3.2. Evolución Histórica de las Coronas Dentales 32

2.3.3. Clasificación de las Coronas 34

2.3.4 Importancia del Ajuste y la Precisión en Coronas Individuales 36

2.4. Odontología Digital 37

2.4.1 Concepto de Odontología Digital 37

2.4.2 Evolución de la Odontología Digital 37

2.4.3 Importancia de la odontología digital en la Rehabilitación Protésica 38

2.5. Sistema CAD/CAL en Odontología 40

2.5.1 Concepto del Sistema CAD/CAM 40

2.5.2. Componentes del Sistema CAD/CAM 40

2.5.3. Flujo de Trabajo Digital en Prótesis Fija 48

2.5.4. Aplicación del Sistema CAD/CAM en Prótesis Fija Dental. 48

2.6. Software Exocad 50

2.6.1. Concepto y Características Generales 50

2.6.2. Interfaz y Herramientas Principales 50

2.6.3. Flujo de Trabajo para el Diseño de Coronas Individuales 51

2.6.4. Ventajas y Limitaciones Técnicas del Exocad 52

2.7. Software Blender for Dental 54

2.7.1. Concepto y Características Generales 54

2.7.2. Interfaz y Herramientas Principales 54

2.7.3 Flujo de Trabajo para el Diseño de Coronas Individuales 55

2.7.4 Ventajas y Limitaciones Técnicas 57

2.8. Protocolo Técnico Digital para el Diseño de Coronas en Sistemas CAD/CAM 58

2.8.1. Necesidad de estandarización en el diseño digital de coronas 59

2.8.2. Parámetros técnicos en el diseño digital 59

2.8.3. Integración del protocolo en el uso de Exocad y Blender for Dental 60

2.8.4. Secuencia estandarizada del diseño de coronas individuales 61

Capítulo III Marco Metodológico 62

3.1. Tipo de Investigación 62

3.1.1. Según el propósito 62

3.1.2. Según la Manipulación de Variables 63

3.1.3. Según el tiempo de Desarrollo 63

3.2. Tipo de Enfoque 64

3.3. Herramientas Metodológicas 64

3.3.1. Encuesta semiestructurada 65

3.3.2. Focus Group 65

3.4. Técnicas 65

3.4.1. Observación técnica 66

3.4.2. Análisis de documentos 66

3.4.3. Checklist 66

3.4.4. Matriz de Validación 66

3.5. Estudios Iniciales 66

3.5.1. Criterios y exclusión. 66

3.5.2. Muestreo no Probabilístico por Conveniencia y Deliberado 67

3.6. Desarrollo de los Protocolos Técnicos para el Diseño Digital de Coronas 67

3.6.1. Protocolo del paso a paso para elaborar una corona individual sobre muñón en el programa Exocad. 67

Capítulo IV Resultados y Discusión 100

4.1 Análisis e interpretación de resultados de la encuesta inicial 100

4.2. Análisis e interpretación de resultados de la encuesta final 110

4.2.1. Validación por Expertos / Focus Group 111

4.1.2 Interpretación de Encuesta Final del Focus Grup 111

4.1.3. Matriz de Validación del Producto 119

4.2. Discusión de resultados 120

Conclusiones y Recomendaciones 121

Referencias Bibliográficas 123

ANEXO A: FOCUS GROUP 130

ANEXO B: ENCUESTA INICIAL 131

ANEXO C: ENCUESTA DEL FOCUS GROUP 134

ANEXO D: CORONAS REALIZADAS EN EXOCAD Y BLENDER FOR DENTAL 138

Índice de Tablas

Tabla 1 Ventajas y Limitaciones Frente a Técnicas Convencionales.....39

Tabla 2 Ventajas y Limitaciones Técnicas de Exocad.....52

Tabla 3 Ventajas y Limitaciones Técnicas de Blender for Dental.....57

Tabla 4 Criterios de inclusión y exclusión.....66

Tabla 5 Matriz de Validación 119

Índice de Figuras

Figura 1 Escáner intraoral.....41

Figura 2 Escáner dental de mesa……..42

Figura 3 Modelo digital dental en formato STL.....43

Figura 4 Modelo digital dental en formato PLY.....44

Figura 5 Modelo digital dental en formato OBJ.....45

Figura 6 Fresadora dental en sistemas CAD/CAM.....47

Figura 7 Impresora 3D en sistemas CAD/CAM dentales.....47

Figura 8 Diseño en Exocad, paso 1.....68

Figura 9 Diseño en Exocad, paso 2.....69

Figura 10 Diseño en Exocad, paso 3.....69

Figura 11 Diseño en Exocad, paso 4.....70

Figura 12 Diseño en Exocad, paso 5.....70

Figura 13 Diseño en Exocad, paso 6.....71

Figura 14 Diseño en Exocad, paso 7.....71

Figura 15 Diseño en Exocad, paso 8.....72

Figura 16 Diseño en Exocad, paso 9.....72

Figura 17 Diseño en Exocad, paso 10.....73

Figura 18 Diseño en Exocad, paso 11.....74

Figura 19 Diseño en Exocad, paso 12.....74

Figura 20 Diseño en Exocad, paso 13.....75

Figura 21 Diseño en Exocad, paso 14.....75

Figura 22 Diseño en Exocad, paso 15.....76

Figura 23 Diseño en Exocad, paso 16.....76

Figura 24 Diseño en Exocad, paso 17 77
Figura 25 Diseño en Exocad, paso 18 77
Figura 26 Diseño en Exocad, paso 19 78
Figura 27 Diseño en Exocad, paso 20 78
Figura 28 Diseño en Blender for Dental, paso 1 80
Figura 29 Diseño en Blender for Dental, paso 2 80
Figura 30 Diseño en Blender for Dental, paso 3 81
Figura 31 Diseño en Blender for Dental, paso 4 81
Figura 32 Diseño en Blender for Dental, paso 5 82
Figura 33 Diseño en Blender for Dental, paso 6 83
Figura 34 Diseño en Blender for Dental, paso 7 83
Figura 35 Diseño en Blender for Dental, paso 8 84
Figura 36 Diseño en Blender for Dental, paso 9 85
Figura 37 Diseño en Blender for Dental, paso 10 85
Figura 38 Diseño en Blender for Dental, paso 11 86
Figura 39 Diseño en Blender for Dental, paso 12 87
Figura 40 Diseño en Blender for Dental, paso 13 87
Figura 41 Diseño en Blender for Dental, paso 14 88
Figura 42 Diseño en Blender for Dental, paso 15 89
Figura 43 Diseño en Blender for Dental, paso 16 89
Figura 44 Diseño en Blender for Dental, paso 17 90
Figura 45 Diseño en Blender for Dental, paso 18 91
Figura 46 Diseño en Blender for Dental, paso 19 91
Figura 47 Diseño en Blender for Dental, paso 20 92
Figura 48 Diseño en Blender for Dental, paso 21 92

Figura 49 Diseño en Blender for Dental, paso 22 93
Figura 50 Diseño en Blender for Dental, paso 23 94
Figura 51 Diseño en Blender for Dental, paso 24 94
Figura 52 Diseño en Blender for Dental, paso 25 95
Figura 53 Diseño en Blender for Dental, paso 26 95
Figura 54 Diseño en Blender for Dental, paso 27 96
Figura 55 Diseño en Blender for Dental, paso 28 96
Figura 56 Diseño en Blender for Dental, paso 29 97
Figura 57 Diseño en Blender for Dental, paso 30 98
Figura 58 Diseño en Blender for Dental, paso 31 98
Figura 59 Diseño en Blender for Dental, paso 32 99
Figura 60 Diseño en Blender for Dental, paso 33 99
Figura 61 Resultado Encuesta Inicial: Pregunta 1 101
Figura 62 Resultado Encuesta Inicial: Pregunta 2 102
Figura 63 Resultado Encuesta Inicial: Pregunta 3 103
Figura 64 Resultado Encuesta Inicial: Pregunta 104
Figura 65 Resultado Encuesta Inicial: Pregunta 5 105
Figura 66 Resultado Encuesta Inicial: Pregunta 6 106
Figura 67 Resultado Encuesta Inicial: Pregunta 107
Figura 68 Resultado Encuesta Inicial: Pregunta 8 108
Figura 69 Resultado Encuesta Inicial: Pregunta 9 109
Figura 70 Resultado Encuesta Inicial: Pregunta 10 110
Figura 71 Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 1 112
Figura 72 Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 2 112
Figura 73 Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 3 113

Figura 74 Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 4 114

Figura 75 Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 5 114

Figura 76 Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 6 115

Figura 77 Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 7 116

Figura 78 Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 8 117

Figura 79 Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 9 117

Figura 80 Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 10 118

Figura 81 Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 11 118

Capítulo I

Introducción

1.1. Planteamiento del Problema

En los últimos años, la odontología digital ha transformado de manera significativa los procesos de diseño y fabricación de prótesis dentales, especialmente en coronas individuales. El empleo de tecnologías CAD/CAM ha permitido alcanzar mayores niveles de precisión y ajuste protésico, estandarización y reducción de tiempos de trabajo, lo que representa un cambio sustancial respecto a los métodos tradicionales. Sin embargo, existe un aspecto crítico para la elección correcta del software de diseño dental, debido a que cada programa tiene sus ventajas, ciertas limitaciones y opera de distinta forma.

Uno de los programas más reconocidos en el ámbito de diseño dental es Exocad, mayormente utilizado por su flujo de trabajo automatizado, y como alternativa se presenta Blender for Dental, un software de menor costo que ha generado interés en la odontología digital. Ambos programas presentan diferencias en sus técnicas de diseño, precisión y ajuste protésico de una corona sobre muñón y costo, lo que podría dificultar la elección de la herramienta más adecuada para los procesos digitales.

En el ámbito profesional, los resultados de esta investigación permitirán contar con información objetiva que servirá de guía a los técnicos dentales, estudiantes, y profesionales que buscan opciones que facilite la selección del software más adecuado según sus necesidades técnicas, económicas y formativas para el diseño dental digital, y de esta manera brindar criterios comparativos claros.

Esta situación se evidencia en el laboratorio Kennedy del Instituto Superior Tecnológico San Antonio (TESA), donde se utilizan herramientas digitales para la fabricación de coronas individuales, no obstante, existe esta indecisión sobre qué tipo de software es el más adecuado para utilizar, ya que por un lado, Exocad ofrece un flujo de

trabajo optimizado y con mucha precisión, pero en ocasiones su costo elevado supone un desafío para muchos; en contraste, Blender for Dental es una alternativa mucho más económica.

Esta limitación puede repercutir en la formación de las futuras generaciones de tecnólogos en aparatología dental debido a que la desinformación de su uso correcto puede ocasionar que el conocimiento sea solo empírico más no académico, de esta forma los estudiantes no desarrollan competencias digitales adecuadas ya que no hay claridad sobre el uso de estas herramientas, por otro lado, puede influir en la capacidad del laboratorio TESA para implementar procesos digitales más eficientes, sostenibles y de bajo costo; otro aspecto a considerar es que debido a la ausencia de parámetros objetivos técnicos y estandarizados del uso adecuado de los software, puede suceder que los resultados en el momento de diseñar las coronas individuales presenten variaciones o no tengan una legítima reproducibilidad al momento de la fabricación y con esto ocasionar problemas al usuario final.

Por estas razones, se evidencia que de lo expuesto surge la necesidad de elaborar y diseñar un protocolo técnico que permita unificar criterios, optimizar recursos y garantizar resultados que sean reproducibles.

1.2. Justificación

La presente investigación se realiza por la necesidad de obtener información técnica que analice las herramientas digitales disponibles para el diseño de prótesis dentales; en la actualidad, el optimizar el flujo de trabajo se ha convertido en algo fundamental, por lo que el emplear software para el diseño asistido por computadora es importante con el fin de garantizar la calidad, precisión y eficiencia de los trabajos protésicos realizados en el laboratorio. Sin embargo, el alto costo de licencias de software especializadas en estas tareas limita su uso en instituciones educativas y pequeños laboratorios debido a que se genera desigualdad de costo-beneficio por el acceso a estas tecnologías.

Desde el punto de vista académico, este estudio propone documentar y sistematizar el uso de dos softwares de diseño digital, por un lado, Exocad, que es reconocido mundialmente y optimizado para la odontología digital, y por otro, Blender for Dental, que es una extensión del programa gratuito de modelado 3D Blender, un software poco renombrado para el diseño de coronas para prótesis fija sobre muñón. Debido a que existe escasa información que detalle procedimientos técnicos y operativos para el diseño de coronas fijas con estos programas, este estudio aportará conocimiento objetivo y práctico que permita fortalecer las prácticas dentro de la odontología digital.

Los resultados de esta investigación ofrecerán un protocolo técnico con información objetiva que servirá de guía a los técnicos dentales, estudiantes, y profesionales que buscan opciones que faciliten la selección del software más adecuado según sus necesidades técnicas, económicas y formativas de cada uno.

Por otro lado, el acceso limitado a software puede generar prácticas inadecuadas, ya que en muchas ocasiones se recurre a versiones piratas de los programas, y esto podría ocasionar ciertas implicaciones legales, económicas y de seguridad informática. Establecer los protocolos de herramientas legales y accesibles permite fomentar prácticas responsables y éticas dentro de los procesos digitales.

La presente investigación impulsa a la innovación al explorar herramientas digitales con diferentes formas de acceso, aplicadas a los procesos de diseño de prótesis dentales. Al definir un paso a paso de cada software, este enfoque impulsa la reflexión y la creatividad, y aprovecha el potencial del uso de las tecnologías digitales, fomentando el aprovechamiento de sus funciones, además de promover el desarrollo de nuevas estrategias de aprendizaje en la odontología digital.

1.3. Alcance

El presente trabajo tiene un alcance descriptivo y aplicado, ya que busca desarrollar un protocolo técnico para el diseño digital de coronas individuales en prótesis fija mediante el uso de los software Exocad y Blender for Dental.

Se diseñará una corona fija de manera digital, en cada software, documentando el paso a paso de cada procedimiento; aplicando parámetros estandarizados de diseño protésico, registrando las herramientas utilizadas y las funciones específicas de cada programa. Los modelos digitales obtenidos se prepararán para impresión 3D con resina de precisión.

Esto permitirá comprender las herramientas de cada uno de los dos programas dentro del contexto de la odontología digital, obteniendo modelos bajo condiciones equivalentes, asegurando una base objetiva para una evaluación posterior, sin buscar probar hipótesis ni determinar cuál es mejor, sino estableciendo similitudes, diferencias y posibles limitaciones en su uso académico y profesional.

No obstante, la presente investigación se limitará a realizar un análisis descriptivo del proceso digital y no contemplará aspectos clínicos ni experimentales, en este sentido no se realizará una validación clínica con pacientes, ni se evaluará el comportamiento tanto funcional como biológico de las restauraciones en boca, tampoco se llevará se realizará un análisis comparativo experimental que determine la superioridad de un software sobre el otro, aplicando pruebas estadísticas, así como no se evaluará la resistencia mecánica mediante métodos instrumentales, ni la durabilidad de ciertos materiales empleados en impresiones 3D.

Por lo cual, los resultados que obtengan se enfocarán netamente en el análisis descriptivo del proceso digital, las herramientas de cada software, y las características de los diseños generados por cada programa, esto dentro de un contexto laboral y académico.

1.4. Objetivos General y Específicos

1.4.1. Objetivo General

Desarrollo de un protocolo técnico para el diseño digital de coronas individuales en prótesis fija sobre muñón, mediante el uso de los software Exocad y Blender for Dental, en el laboratorio TESA de Quito en el año 2026.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar los fundamentos teóricos, técnicos y funcionales de los programas Exocad y Blender for Dental en el contexto del diseño digital de coronas para prótesis fija sobre muñón.
- Diseñar una corona sobre muñón en ambos software dentales, utilizando los mismos parámetros de diseño.
- Establecer un protocolo técnico estandarizado que analice la precisión, detalle y acabado de los diseños generados en Exocad y Blender for Dental tanto digitalmente como en sus impresiones 3D para determinar la viabilidad de cada programa en laboratorios dentales.

Capítulo II

Marco Teórico

El diseño digital dental basado en tecnología CAD/CAM ha transformado significativamente los procedimientos de rehabilitación protésica, permitiendo mejorar la precisión, estandarización y reproducibilidad de las restauraciones dentales. Dentro de este flujo digital, las coronas individuales sobre muñón constituyen una de las restauraciones más utilizadas en prótesis fija, debido a que permiten recuperar la función y estética dental mediante procedimientos apoyados en herramientas informáticas especializadas.

En comparación con los métodos convencionales, los sistemas digitales permiten optimizar los tiempos de trabajo, disminuir errores asociados a la manipulación manual, y mejorar el control de calidad durante las diferentes etapas del diseño y fabricación de restauraciones protésicas. Revilla-León y Özcan (2019) señalan que la incorporación de tecnologías digitales en odontología ha permitido incrementar la precisión de las restauraciones y mejorar los resultados clínicos.

Diversos estudios han evaluado el desempeño de los sistemas CAD aplicados al diseño de restauraciones dentales. Entre ellos, Wang et al. (2025), en su estudio Accuracy analysis of all-ceramic crowns, reportan que el software Exocad presenta elevados niveles de precisión en la reproducción de la morfología dental durante el diseño de coronas cerámicas, mostrando mínimas desviaciones respecto a los modelos de referencia. Estos hallazgos respaldan la utilización de herramientas digitales especializadas para la elaboración de restauraciones protésicas de alta calidad.

Asimismo, investigaciones recientes han analizado diferentes programas de diseño digital aplicados a prótesis dentales, evaluando parámetros relacionados con precisión, adaptación y calidad de las restauraciones obtenidas (Lee et al., 2022; El-Danasory et al., 2025). Sin embargo, aún existe una limitada cantidad de estudios que comparen directamente

software odontológico especializado con herramientas orientadas al diseño dental digital, particularmente en el diseño de coronas individuales sobre muñón.

Desde el punto de vista técnico, uno de los programas más utilizados en laboratorios dentales y clínicas odontológicas es Exocad. Este software ha alcanzado una amplia aceptación debido a su interfaz intuitiva, flujo de trabajo guiado y bibliotecas anatómicas preconfiguradas, que permiten agilizar el diseño de restauraciones dentales. Gracias a estas características, Exocad se ha consolidado como una de las principales herramientas utilizadas dentro de los sistemas CAD/CAM para el diseño de prótesis fijas.

Como alternativa, Blender for Dental ha despertado interés dentro del campo de la odontología digital. Esta extensión desarrollada sobre la plataforma Blender incorpora herramientas específicas para el diseño de restauraciones dentales, permitiendo realizar procedimientos de modelado, ajuste y personalización de estructuras protésicas dentro de un entorno digital. A diferencia de Exocad, Blender for Dental se caracteriza por ofrecer una mayor flexibilidad de modelado y personalización, aunque requiere una participación más activa del usuario durante el proceso de diseño (A González, 2025).

La existencia de diferencias en el flujo de trabajo, nivel de automatización y posibilidades de personalización entre Exocad y Blender for Dental justifica la necesidad de realizar estudios comparativos que permitan analizar sus características técnicas. En este sentido, el presente trabajo se sustenta en la necesidad de evaluar ambos programas dentro del diseño digital de coronas individuales sobre muñón y desarrollar protocolos técnicos que permitan estandarizar los procedimientos, facilitar el aprendizaje y contribuir a la formación académica y profesional en odontología digital.

De esta manera los fundamentos teóricos, científicos y técnicos expuestos respaldan el desarrollo de la presente investigación y justifican la elaboración de protocolos técnicos

aplicados a Exocad y Blender For Dental como herramientas para el diseño digital de coronas individuales en prótesis fija.

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. Protocolo Técnico

Un protocolo técnico en el laboratorio dental se define como un documento que establece de manera ordenada los procedimientos y parámetros técnicos necesarios para la elaboración de una restauración protésica. Su finalidad es estandarizar las etapas de trabajo dentro de un laboratorio para que de esta forma el trabajo se lleve a cabo de manera más organizada, y de esta manera garantizar la precisión y calidad del resultado final (Rosenstiel et al., 2016).

2.1.2. Importancia del Protocolo Técnico en el Laboratorio Dental

Un protocolo técnico tiene un papel fundamental en la organización y control de los procedimientos de elaboración de restauraciones protésicas en el laboratorio dental, ya que se establece de forma clara las reglas y el flujo de trabajo que debe cumplirse durante el proceso de fabricación (Rosenstiel et al., 2016).

La existencia de un protocolo técnico facilita la estandarización de los procedimientos, y en consecuencia se reducen errores durante la elaboración de las restauraciones dentales. También permite que las distintas etapas de trabajo puedan ejecutarse de manera uniforme, garantizando la adaptación, y acabado final de la prótesis.

Seguir un conjunto definido de procedimientos, el técnico puede verificar que cada fase del proceso de trabajo cumpla con los parámetros establecidos antes de pasar a la siguiente etapa, reduciendo la posibilidad de fallas en la restauración final, contribuyendo a mejorar la organización del trabajo en el laboratorio dental, y asegurando la calidad de las restauraciones protésicas.

2.1.3. Componentes de un Protocolo Técnico

De manera general, un protocolo técnico puede estructurarse en los siguientes componentes:

- **Objetivo.** Describe el propósito del procedimiento y lo que se pretende alcanzar mediante su aplicación.
- **Materiales y equipos.** Incluye los instrumentos, herramientas o recursos necesarios para ejecutar el procedimiento.
- **Procedimiento detallado.** Presenta de forma ordenada las etapas o pasos que deben realizarse para desarrollar correctamente el proceso.
- **Control o verificación del proceso.** Establece los criterios que permiten comprobar que las actividades se realizaron correctamente y que el resultado cumple con los parámetros técnicos establecidos.
- **Registro o documentación.** Consiste en la anotación de la información relevante del procedimiento realizado, lo que permite llevar control y seguimiento de las actividades desarrolladas.

2.2 Prótesis Fija Dental

2.2.1. Concepto de Prótesis Fija Dental

La prótesis fija dental es una modalidad de rehabilitación oral diseñada para restaurar tejido dental afectado o perdido mediante estructuras confeccionadas con materiales biocompatibles y de alta resistencia mecánica. Este tipo de restauraciones se integran al sistema estomatognático mediante la cementación permanente de piezas dentales previamente tratadas o sobre implantes osteointegrados; permitiendo que el paciente lo perciba como parte de su propia anatomía dental. Este tipo de restauraciones se confecciona a partir de estudios clínicos y modelos específicos de cada paciente, respetando la anatomía y morfología dental.

A diferencia de las prótesis removibles estas no pueden ser retiradas por el paciente, lo que le proporciona una mayor estabilidad y adaptación. (Rosenstiel et al., 2016).

2.2.2. Evolución de la prótesis fija

La evolución de las prótesis fijas en odontología representa un avance progresivo desde soluciones rudimentarias basadas en materiales naturales hasta restauraciones digitales precisas y altamente estéticas gracias a la tecnología CAD/CAM y materiales cerámicos avanzados.

Las primeras prótesis fijas datan de civilizaciones antiguas. Los etruscos (siglo de VII A.C), y Fenicios (siglo IV A.C) fabricaron puentes fijos utilizando bandas de oro para unir dientes naturales, y de animales con alambres para estabilizarlos. Estos son los primeros ejemplos documentados de prótesis fija (Casamayor, 2012; Mirea, 2021).

En Egipto y Fenicia se utilizaban alambres de oro para fijar dientes móviles o reemplazar perdidos con dientes de marfil o huesos de animal. Estos fueron hallazgos del siglo IV A.C. (Villalba Rojas, s.f.).

Griegos y romanos, siglos V a.C. - I d.C estudiaron los dientes y emplearon ligaduras de oro o plata para realizar puentes fijos. En la era Maya siglo VII D.C. se evidenciaron intentos de proto-implantes con conchas en los alveolos, mostrando conceptos tempranos de integración ósea.

En la edad media y el renacimiento existió muy poco avance hasta el siglo XVIII. Pierre Pauchard, considerado el padre de la odontología moderna logró describir técnicas protésicas avanzadas, que incluían puentes y coronas fijas con materiales como oro y marfil (Mirea, 2021). Claude Mouton introdujo la corona de concha, marcando el inicio formal de la prótesis fija moderna con anclaje en dientes preparados (History of Prosthodontics, s.f.).

Durante el siglo XIX la revolución industrial impulsó innovaciones como: porcelana dental, coronas de espiga, y materiales como vulcanita, aunque esto se utilizaba más en

prótesis removibles; en la prótesis fija se avanzó en coronas telescópicas y puentes con aleaciones metálicas (Mirea, 2021).

El siglo XX trajo la era de los materiales biomédicos como porcelana fundida sobre metal para mayor estética y resistencia; el descubrimiento de la osteointegración por Brånemark revolucionó las prótesis fijas sobre implantes. En las décadas de 1980-1990, cerámicas de alta resistencia como zirconio y adhesivos mejoraron la retención y estética sin metal (Paredes Balseca et al., 2023).

En conclusión, la evolución ha pasado de ligaduras primitivas a restauraciones digitales predictibles, priorizando biocompatibilidad, estética y eficiencia (Mirea, 2021).

2.2.3. Función de la Prótesis Fija en la Rehabilitación Oral

La prótesis fija cumple un papel fundamental en rehabilitación oral, ya que permite devolver al paciente la función masticatoria mediante la recuperación del ciclo masticatorio, y la correcta distribución de las fuerzas oclusales. Esto mantiene el equilibrio funcional del sistema estomatognático, previniendo que existan sobrecargas que puedan afectar a los dientes remanentes, la ATM, o ciertas estructuras periodontales.

Por otro lado, también contribuye con la recuperación de la estética dental al reemplazar dientes perdidos o dañados devolviendo al paciente la armonía facial y la apariencia natural de la sonrisa al reproducir las mismas características como forma y tamaño del diente natural. De igual forma favorece a restablecer la fonación al permitir pronunciar correctamente ciertos sonidos que dependen del contacto entre dientes y lengua.

Además, las prótesis fijas protegen dientes que están debilitados, desgastados, fracturados o con tratamientos de conducto, incrementando su resistencia estructural y reduciendo el riesgo de fracturas. (Rosenstiel et al., 2016).

2.2.4. Clasificación de las Prótesis Fijas

2.2.4.1. *Según Extensión.* La clasificación de prótesis fijas de acuerdo con la extensión hace referencia a la cantidad de dientes que se reemplazan o rehabilitan dentro de la arcada dental (Shillingburg et al., 2012). Dentro de esta clasificación se cuenta con:

- ***Coronas Individuales***. La corona individual, también conocida como prótesis fija unitaria es un tipo de restauración extra coronaria que recubre la superficie externa de una pieza dental previamente tratado o a su vez de el pilar de un implante. Según Anusavice et al. (2023), su objetivo primordial es restaurar la morfología, la función masticatoria, y la estética del sistema estomatognático, protegiendo al mismo tiempo la estructura dentaria remanente que ha sido comprometida por caries extensas, fracturas o tratamientos de endodoncia.
- ***Prótesis Parcial fija.*** La prótesis parcial fija, también denominada puente dental, es un tipo de restauración protésica que se encuentra cementada de forma permanente a dientes naturales remantes o implantes. Está conformada por retenedores, pónticos, y conectores que trabajan conjuntamente para restaurar la función masticatoria y la continuidad del arco dental (Carr & Brown, 2015). Este tipo de prótesis son una alternativa moderna a las prótesis removibles, proporcionando mayor estabilidad, eficiencia masticatoria y confort para el paciente (Misch, 2015). Permite transmitir las fuerzas al hueso alveolar, contribuyendo a la preservación ósea y mejorando la estética facial y la calidad de vida del paciente.
- ***Incrustaciones.*** Las incrustaciones son parte de las prótesis fijas, son restauraciones indirectas que se realizan en odontología; su clasificación principalmente es de acuerdo con su extensión, en relación con el área del diente que recubren, especialmente se dan en dientes posteriores (molares y premolares), donde ha existido pérdida de estructura dental

ya sea por caries, fracturas o desgaste, pero que no requiera una corona completa. Existe una clasificación de estas:

a) **Inlay:** conserva la mayor cantidad del tejido dental sano, restaura la parte interna del diente, solo la superficie oclusal entre las cúspides.
b) **Onlay:** cubre la superficie oclusal, cuando una o más cúspides están afectadas.
c) **Overlay:** cubre casi todas las cúspides y la superficie oclusal del diente.

2.2.4.2. *Según su Soporte.* Este tipo de clasificación hace referencia a la naturaleza del pilar que proporciona el anclaje y la estabilidad biomecánica, por lo que se clasifican en:

- ***Prótesis Fijas Dentosoportadas*.** Las prótesis dentosoportadas son aquellas que se encuentran cementadas sobre dientes naturales y remanentes del paciente, las mismas que actúan como pilares de la estructura protésica. Este tipo de restauración necesita de una preparación biomecánica previa también conocida como tallado de las piezas que son pilares, esto se realiza con el fin de recibir los medios cementantes que permitan una retención definitiva. La característica principal de este tipo de prótesis es que se apoya del ligamento periodontal para la correcta distribución de las fuerzas oclusales, lo que permite tener una carga oclusal óptima; dentro de esta clasificación se encuentran las coronas individuales y los puentes fijos. (Garzón Tello, 2024).

Estudios recientes han demostrado que la adaptación marginal y la precisión del ajuste interno de las prótesis dentosoportadas influyen directamente en la duración y longevidad clínica, especialmente cuando son diseñadas mediante sistemas CAD/CAM. (Alharbi & Wismeijer, 2021).

- ***Prótesis Implantosoportadas***. Este tipo de restauraciones se anclan sobre un dispositivo de titanio o zirconio que se ha integrado quirúrgicamente dentro del hueso alveolar; a diferencia de los dientes naturales esta prótesis carece de apoyo sobre el ligamento periodontal, la carga se transmite directamente a la interfase hueso – implante mediante la

osteointegración. (Dentisalud, 2026). La precisión en el diseño digital es imprescindible en restauraciones implantosoportadas, con esto se evita tensiones mecánicas, desajustes pasivos y complicaciones protésicas. (Papaspyridakos et al., 2020).

2.2.4.3. *Según el Material.* La evolución en la ciencia de los materiales ha permitido que de aleaciones metálicas se muden a estructuras cerámicas de alta resistencia y polímeros avanzados; por lo tanto, esta clasificación es según la composición de la infraestructura y el recubrimiento.

- ***Prótesis metal***. Son fabricadas íntegramente en aleaciones metálicas; estas incluyen coronas metálicas coladas en oro tipo III o IV, aleaciones de cromo-niquel o cromo-cobalto. Son altamente resistentes y biocompatibles, su desventaja es que son opacas y poco estéticas, por lo que se indican en el sector posterior o en pacientes que presenten bruxismo severo (Rivero Claure, 2023; Phillips, 2021)
- ***Prótesis Cerámicas monolíticas.*** Estas incluyen zirconio monolítico, disilicato de litio, y otras cerámicas de alta resistencia. Por un lado, el zirconio ofrece excelente resistencia a la fractura (>900 MPa) y biocompatibilidad superior, mientras que el disilicato de litio destaca por su traslucidez y estética en sectores anteriores (Oufroukhi, 2022; Edelhoff et.,2019).
- Estas opciones son preferidas en flujos digitales CAD/CAM, debido a su precisión y estética natural.
- ***Resinas o polímeros***. Pueden ser coronas de resina acrílica o composites reforzados. Presentan una buena estética inicial, pero su resistencia al desgaste es menor y su degradación cromática a largo plazo es mayor; su uso es limitado a provisionales o en casos de bajo requerimiento oclusal. (Phillips, 2021).

- ***Metal-cerámica.*** También conocida como metal-porcelana, es una estructura metálica (aleación noble o no noble) recubierta con cerámica feldespática o de vidrio. Este tipo de restauraciones ofrecen una alta resistencia y estética aceptable, pese a que en ciertas ocasiones puedes presentar problemas de opacidad en márgenes o desceramicado (chipping) en zirconio-metal (Oufroukhi, 2022; Koutayas et al., 2019). Estas siguen siendo estándar en puntes de larga extensión.
- ***Metal- resina.*** Es una estructura metálica con recubrimiento de resina; son menos utilizadas en la actualidad debido a su degradación estética rápida y menor adherencia, a pesar de ser útiles en provisionales o pacientes con alguna alergia a las cerámicas. (Rivero Claure, 2023).

2.3 Coronas Dentales

2.3.1 Concepto de Corona Dental

La corona dental es una restauración protésica extracoronal en la que se recubre al diente con la prótesis, cementándola o fijándola permanentemente; de esta manera, el diente puede recuperar su función, morfología y estética, además de proteger la estructura remanente del diente de daños adicionales (Shillingburg et al., 2012).

2.3.2. Evolución Histórica de las Coronas Dentales

La evolución de las coronas dentales está ligada al desarrollo de la tecnología, y a la invención de diferentes materiales biocompatibles a lo largo de la historia. En la antigüedad muchas civilizaciones usaron principalmente metal para restauraciones dentales. Según lo descrito en Phillips' Science of Dental Materials, alrededor del año 3000 a.C. las personas utilizaban bandas y alambres de oro para estabilizar dientes. Los etruscos por el año 700 a.C., también usaban oro y otras estructuras metálicas para la restauración de

dientes. Aunque estas restauraciones no se pueden llamar a coronas en sí en el sentido moderno, estos fueron los primeros antecedentes del uso de metales en la restauración dental.

En el siglo XVIII se dieron los primeros intentos de coronas dentales. Mouton describió que en 1746 las llamadas gold shell crowns fueron las antecesoras de las coronas metálicas. En 1873 Beers patentó estas restauraciones, estandarizando así el concepto de recubrimiento total del diente con una estructura metálica. En del siglo XIX aparecieron los modelos de yeso, lo cual permitió mejorar la adaptación marginal de estas restauraciones (Anusavice et al., 2013).

A principios del siglo XX se comenzó a emplear la técnica de colado por cera perdida, esta técnica fue refinada por Taggart en el año 1907, lo que permitió la elaboración de coronas caladas con mejor precisión y ajuste. También paralelamente se desarrollaban nuevas y diferentes aleaciones metálicas, incluyendo oro, aleaciones nobles y metales base, que mejoraron la resistencia mecánica y la longevidad de las restauraciones. En la mitad del silo XX se perfeccionó la unión entre metal y porcelana, originando de esta manera a las coronas metal-cerámicas, las cuales combinaban una resistencia estructural con mejor estética (Anusavice et al., 2013).

En el año 1950 surgió un acontecimiento importante en el área de la odontopediatría, y es que se introdujo las coronas preformadas de acero inoxidable, atribuidas a Humphrey. Estas restauraciones ofrecieron una solución adecuada y de bajo costo para dientes deciduos con destrucción significativa, reduciendo la necesidad de procedimientos de laboratorio. Según Virolé Suñer et al. (2010), publicada en Evolución de las coronas como material de restauración en dentición temporal, las coronas preformadas incorporaron una simplificación técnica y mejoró la eficiencia clínica en pacientes pediátricos.

En la década de 1980 aparecieron alternativas nuevas para la estética de coronas, como las llamadas coronas open-faced, las cuales combinaban una estructura metálica con

una ventana vestibular restaurada con resina compuesta. Mientras que en la década de 1990 tuvo se desarrollaron coronas preformadas con frente estético en la zona vestibular de la corona metálica. Estas invenciones creativas contribuyeron a la demanda estética de los pacientes (Virolé Suñer et al., 2010).

En las últimas décadas la evolución de las coronas dentales ha estado marcado por materiales cerámicos libres de metal, como las cerámicas reforzadas y el zirconio, que ofrecen una resistencia alta al desgaste y una sólida biocompatibilidad con resultados estéticamente superiores. Paralelamente, la incorporación de tecnologías digitales CAD/CAM ha permitido el diseño y fabricación de restauraciones con mayor precisión y optimizando los procesos clínicos y de laboratorio (Fuster-Torres et al., 2009).

2.3.3. Clasificación de las Coronas

2.3.3.1. ***Según el Material.*** Los materiales utilizados en la fabricación de coronas dentales pertenecen principalmente a las categorías de metales, cerámicas y polímeros, de acuerdo con la clasificación general de los materiales dentales (Anusavice et al., 2013).

- ***Metales.*** En la categoría de metales, se utilizan diferentes aleaciones metálicas para la elaboración de coronas completas, especialmente para dientes posteriores como molares y premolares donde se requiere una alta resistencia mecánica. Se emplean aleaciones de oro y aleaciones de base metal, las cuales han sido utilizadas ampliamente por su durabilidad, resistencia al desgaste y comportamiento favorable (Anusavice et al., 2013).
- ***Cerámicas.*** Las cerámicas se emplean en la fabricación de coronas totalmente cerámicas y metal-cerámica. Las cerámicas para aplicaciones dentales ofrecen propiedades estéticas superiores gracias a su translucidez y capacidad para imitar el esmalte dental, además de ser altamente biocompatibles con el ser humano (Anusavice et al., 2013).

- ***Zirconio.*** El dióxido de zirconio forma parte de las cerámicas de alta resistencia. Este material, debido a su alta resistencia a la fractura, ha ampliado las posibilidades clínicas de las coronas, ya que brinda estabilidad estructural (Anusavice et al., 2013).
- ***Polímeros y resinas.*** Los polímeros y resinas forman parte de los materiales utilizados en coronas dentales, principalmente en restauraciones provisionales. Estos materiales presentan facilidad de manipulación y bajo costo; sin embargo, su resistencia y estabilidad a largo plazo son menores en comparación con materiales metálicos o cerámicos (Anusavice et al., 2013).

2.3.3.2. *Según su Carácter (provisionales y definitivas).*

- ***Coronas provisionales***. Una corona provisional es una restauración dental temporal que se coloca en el diente preparado durante período de la confección de la restauración definitiva. Su principal función es proteger al diente remanente y mantener la estética, la forma, las relaciones oclusales, y su funcionalidad mientras se confecciona la corona definitiva (Christiani & Devecchi, 2017).
- ***Coronas definitivas***. Según el Glossary of Prosthodontic Terms (American College of Prosthodontists, 2017), una prótesis dental definitiva es aquella diseñada para su uso a largo plazo por el paciente. En el caso de las coronas dentales, son restauraciones de cobertura total permanentes, que cumplen el objetivo de restablecer la función, la anatomía y estética del diente preparado.

2.3.3.3. *Según el Método de Elaboración (Convencional y Digital)*

- ***Método convencional***. El método convencional se refiere al método manual en la confección de la corona dental. Este método inicia con la toma de impresión dental del paciente con utilizando materiales de impresión, estas impresiones deben incluir las estructuras dentarias adyacentes y su antagonista para verificar la correcta oclusión. A

partir de estas impresiones se procede a realizar el encerado de la restauración. Luego la estructura es fabricada mediante la técnica de cera perdida, en la que el patrón de cera es investido y colado en metal para obtener la restauración final (Jamnare et al., 2024).

En el caso de coronas de metal-cerámica, una vez obtenida la cofia metálica se procede a realizar la estratificación manual de porcelana sobre ella, seguido de procesos de cocción en un horno para obtener la corona definitiva lista para el paciente.

Estudios publicados en The Journal of Prosthetic Dentistry señalan que cada etapa del procedimiento convencional desde la impresión hasta el acabado final puede influir en el ajuste marginal y el ajuste interno de la restauración.

- ***Método digital.*** El método digital es aquel en el que se incorpora el sistema CAD/CAM en el diseño virtual y la manufactura automatizada de restauraciones dentales, por lo que este método sustituye las etapas manuales del método convencional, lo que conlleva a un flujo de trabajo óptimo en la confección de estas restauraciones (Jamnare et al., 2024).

  La literatura científica publicada en The Journal of Prosthetic Dentistry señala que los sistemas CAD/CAM reducen los errores que se pueden llegar a dar en los métodos convencionales, y mejoran la estandarización en el proceso de fabricación, favoreciendo la precisión del ajuste marginal y el ajuste interno de las restauraciones.

2.3.4 Importancia del Ajuste y la Precisión en Coronas Individuales

El éxito clínico de las coronas individuales se origina en el adecuado ajuste marginal. Si se llegara a originar un desajuste en la adaptación marginal de la corona, podría ocasionar microfiltración, acumulación de bacterias e inflamación de los tejidos gingivales, lo que puede ocacionar caries secundaria y eventualmente el fracaso de la prótesis a mediano o largo plazo (Anusavice, Shen, & Rawls, 2013). Por estas razones, la exactitud en la adaptación protésica es fundamental para los pacientes, ya que influye en la longevidad y estabilidad biológica de la restauración.

En la odontología digital, la precisión se relaciona con la capacidad de los programas dentales para reproducir fielmente las estructuras dentales escaneadas y diseñadas mediante software CAD/CAM. De acuerdo con Mangano, Gandolfi, Luongo y Logozzo (2017), la exactitud de un sistema digital se compone de dos parámetros fundamentales: la veracidad (trueness), que describe la cercanía entre el modelo digital obtenido y la realidad clínica, y la precisión (precision), que se refiere a la repetibilidad de los resultados al realizar múltiples mediciones bajo las mismas condiciones.

2.4. Odontología Digital

2.4.1 Concepto de Odontología Digital

La odontología digital se define como la integración de tecnologías informáticas y de fabricación en los procesos clínicos y de laboratorio odontológicos; abarcando desde la adquisición de datos intraorales mediante escáneres digitales hasta el diseño asistido por computadora (CAD) y la fabricación asistida por computadora (CAM) de restauraciones, implantes y aparatos (Gawali, 2024; Abduo, 2025). Este enfoque sustituye o complementa métodos analógicos tradicionales mediante herramientas como escáneres intraorales, software de diseño, fresadoras, impresoras 3D y análisis oclusal digital, permitiendo un flujo de trabajo completamente digital o híbrido (Lam et al., 2026). El concepto radica en la digitalización precisa de la anatomía oral, que facilita la planificación predictiva, la personalización de tratamientos y la optimización de resultados estéticos y funcionales en rehabilitación protésica (Dimitrova, 2025).

2.4.2 Evolución de la Odontología Digital

La evolución de la odontología digital inicia en la década de 1980 con los primeros sistemas CAD/CAM protésicos, pero se acelera significativamente desde el 2010 con la democratización de los escáneres intraorales de alta precisión y software open – source o

accesibles (Gawali, 2024). En la década de 2020 existieron avances en la inteligencia artificial, impresión 3D aditiva y materiales monolíticos como el zirconio traslúcido y el disilicato de litio que han ayudado a desarrollar los flujos digitales, pasando de workflows cerrados a abiertos e interoperables (Abduo, 2025). Estudios recientes destacan la integración de CBCT (Cone Beam Computed Tomography), face scanning, y análisis oclusal digital, transformando la prótesis fija de un proceso manual a uno predictivo y reproducible (Lam et al., 2026; Corsalini et al., 2024). Para el 2025 – 2026 la odontología digital se ha consolidado como una opción preferida en rehabilitación protésica, con enfásis en flujos completamente digitales que permiten reducir errores acumulativos de técnicas convencionales (Bessadet et al., 2025).

2.4.3 Importancia de la odontología digital en la Rehabilitación Protésica

Dentro de la rehabilitación protésica fija, la odontología digital juega un rol fundamental al mejorar la precisión del ajuste marginal e interno, la estética y la eficiencia operativa en coronas individuales, puentes y rehabilitaciones sobre implantes (Dimitrova, 2025; Abduo, 2025). Permite la visualización tridimensional inmediata, simulación virtual de oclusión y diseño personalizado, lo que reduce el riesgo de sufrir complicaciones como filtraciones marginales o fracturas (Corsalini et al., 2024).

2.4.4 Ventajas y Limitaciones Frente a Técnicas Convencionales

La odontología digital se ha transformado significativamente con el paso de los años; algunos procesos clínicos y de laboratorio ofrecen ventajas en comparación con técnicas convencionales, como reducción de tiempos de flujo de trabajo, mayor precisión en la obtención de datos y mejor comunicación entre clínica y laboratorio. A diferencia de los métodos convencionales que dependen totalmente de impresiones físicas y modelos de yeso que pueden ser susceptibles a distorsiones. A continuación, en la Tabla 1 se detallan las principales ventajas y limitaciones.

Tabla 1

Ventajas y Limitaciones Frente a Técnicas Convencionales

Aspecto	Ventajas de la odontología digital	Limitaciones de la odontología digital frente a la técnica convencional
Precisión y exactitud	Mayor o comparable precisión; menos distorsión que las impresiones físicas. Ajuste perfecto en restauraciones unitarias, coronas e implantes (margen < 120 µm clínicamente aceptable).	En arcos completos o preparaciones subgingivales complejas puede haber errores de "stitching" o menor precisión en algunos sistemas.
Tiempo de procedimiento	Reducción importante de hasta 38-60 % menos tiempo activo y 75 % menos tiempo dentro del laboratorio. Menos visitas y posibilidad de restauraciones chairside.	Al inicio puede tomar más tiempo mientras el profesional está en curva de aprendizaje.
Comodidad del paciente	Mucho más cómoda; puesto que elimina materiales viscosos, reflejo nauseoso y sensación de ahogo. Mayor aceptación por los pacientes.	Algunos escáneres tienen cabezales grandes que pueden resultar incómodos en pacientes con boca pequeña.
Costo	Ahorro a largo plazo, menos materiales consumibles, menos remakes y el envío digital es gratuito.	Existe un alto costo inicial de escáneres, fresadoras, software y mantenimiento, lo que sugiere un desafío para ciertos técnicos.
Almacenamiento y comunicación	Archivos digitales fáciles de guardar, compartir y enviar al laboratorio al instante. Mejor colaboración remota.	Dependencia total de la tecnología; posibles problemas de compatibilidad de archivos entre sistemas.
Curva de aprendizaje y adaptación	Una vez dominada, simplifica y estandariza los procedimientos y el flujo de trabajo.	Requiere formación específica y tiempo de adaptación para los profesionales y equipo auxiliar.
Diagnóstico y planificación	Visualización 3D en tiempo real, planificación precisa.	Se necesita software especializado y actualización constante.

A partir de la información presentada en la tabla anterior, se interpreta que la odontología digital representa mejoras y ventajas significativas frente a las técnicas convencionales, ya que cambia el trabajo tradicional del laboratorio dental, permitiendo un mayor control en los procesos de trabajo. Sin embargo, las limitaciones identificadas señalan que se requiere recursos tecnológicos y capacitación especializada, lo que inicialmente puede dificultar su adopción. El uso de herramientas digitales se vuelve relevante para el desarrollo de protocolos técnicos que permiten optimizar procedimientos como el desarrollo de coronas en prótesis fija.

2.5. Sistema CAD/CAL en Odontología

2.5.1 Concepto del Sistema CAD/CAM

El término CAD/CAM es el acrónimo de Computer – Aided Design que significa diseño asistido por computadora y Computer Aided Manufacturing cuyo significado es fabricación asistida por computadora; en el contexto de la rehabilitación protésica se define como una tecnología integrada que utiliza lo digital para diseñar y fabricar restauraciones dentales de alta precisión, como coronas, carillas, incrustaciones y estructuras sobre implantes. (Velasco, 2025). El concepto CAD/CAM implica un flujo digital integrado que permite transformar datos analógicos o digitales en restauraciones físicas mediante un diseño asistido por computadora (CAD) y manufactura asistida por computadora (CAM).

2.5.2. Componentes del Sistema CAD/CAM

- **Digitalización.** La digitalización es el inicio en el flujo CAD/CAM, se realiza mediante escáneres intraorales que captan la geometría de la preparación dental, tejidos blandos y antagonistas en forma de nube, de puntos, o malla 3D. Existen dos tipos de escáner para la digitalización:
- ***Escáneres intraorales***. Ofrecen alta precisión y eliminan materiales de impresión tradicionales, mejorando así la comodidad del paciente y reduciendo distorsiones (Dimitrova, 2025; Abad-Coronel et al., 2023). En prótesis fija, la digitalización precisa del margen cervical y la anatomía oclusal es crítica para el diseño subsiguiente. (Gorripati & Godbole Dubey, 2024). Como se puede apreciar en la Figura 1.

Figura 1

Escáner intraoral



Nota. Imagen de escáner intraoral tomada de Pinterest (https://www.pinterest.com/pin/4592475448830553856/)

- ***Escáneres de mesa.*** Son un complemento a este proceso ya que permiten la digitalización de modelos de yeso, impresiones de manera convencional y registros de mordida físicos. Esto dispositivos son útiles cuando se requiere verificar la exactitud de un modelo físico; estos ofrecen una alta resolución y estabilidad, ya que capturan detalles finos de la superficie dental y de ciertas estructuras complejas, lo que los transforma en una herramienta versátil para laboratorios dentales y también en la integración de flujos híbridos entre técnicas analógicas y digitales. Como se presenta en la Figura 2.

Figura 2

Escáner dental de mesa



Nota. Imagen de escáner de mesa tomada de 3Dnatives (https://www.3dnatives.com/es/escaner-3d-sector-dental-030620212/).

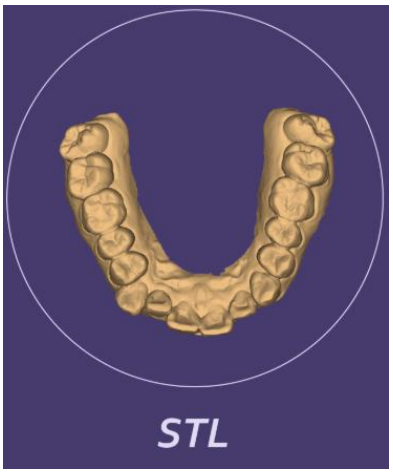
- ***Archivos Digitales (STL, PLY, OBJ).*** Los procesos de digitalización en CAD/CAM, realizados por medio de escáneres intraorales o escáneres de mesa generan ciertos archivos digitales que contienen la geometría tridimensional de las estructuras dentales. Estos archivos obtenidos, comúnmente en formato STL, PLY, OBJ, son una nube de puntos o malla 3D que nos brinda el escaneo, constituyen una base para el diseño asistido por computadora, gracias a estos es posible transferir la información anatómica del paciente de manera precisa hacia el software de diseño, garantizando de esta manera la continuidad en el flujo digital y facilitando la comunicación clínica y laboratorio. A continuación, se detalla los archivos mencionados previamente.

- **Archivos STL (Standard Tessellation Language).**

Es el formato más utilizado y conocido como el estándar de oro debido a su compatibilidad universal con casi todos los softwares de diseño y máquinas de fresado. Entre sus características, define la geometría de la superficie del objeto mediante una malla de triángulos (teselación). Como una limitante existe que es un archivo monocromático, quiere decir que solo guarda la forma geométrica, más no guarda el color y la textura (Galal et, al., 2024). Como se observa en la Figura 3.

Figura 3

Modelo digital dental en formato STL



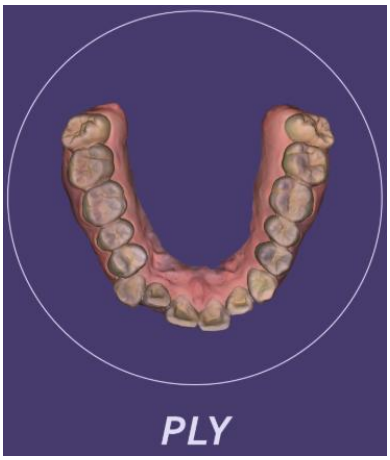
Nota. Imagen de modelo dental en formato STL tomada de *Launca Medical Device Technology Co., Ltd.* (s. f.).

- **Archivo PLY (Polygon File Format)**

Este formato cada vez incrementa su popularidad en la rehabilitación estética, gracias a su capacidad para almacenar datos adicionales. Su principal característica a diferencia de STL es que permite guardar información de color y propiedades de los materiales. Una limitante es la lentitud en la transferencia de datos, además de la subjetividad del color ya que no sustituye la toma de color con una guía física o espectrofotómetro, por otro lado, posee una necesidad frecuente de convertir los archivos a STL para la producción, y por último requiere de un hardware de alta gama para obtener un manejo fluido. (ReserchGate, 2024). Como se presenta en la Figura 4.

Figura 4

Modelo digital dental en formato PLY



Nota. Imagen de modelo dental en formato PLY tomada de *Launca Medical Device Technology Co., Ltd.* (s. f.).

- **Archivo OBJ (Object File)**

Este formato de geometría 3D es un puente entre la odontología y el diseño digital de alto nivel, este archivo es la representación tridimensional más completa, utilizada especialmente cuando la estética y el análisis facial son una prioridad. Permite almacenar una cantidad masiva de datos sobre la superficie de un objeto, utiliza archivos complementarios que proyectan una imagen fotográfica real sobre el modelo 3D. Según Velasco (2025), se puede visualizar de manera hiperrealista la textura del esmalte, las características de la encía y las micro sombras dentales. Como limitante se encuentra la dependencia de los archivos para que el color se pueda observar, este archivo debe ir acompañado de archivos de textura como .jpg o .png y de materiales. mtl, si se llega a perder uno el modelo queda gris (ReserchGate, 2024). También se tiene la complejidad del procesado ya que requiere de estaciones de trabajo con tarjetas de video (GPU) dedicadas para poder rotar y editar los modelos sin latencia. Como se presenta en la Figura 5.

Figura 5

Modelo digital dental en formato OBJ



Nota. Imagen de modelo dental en formato OBJ tomada de *Launca Medical Device Technology Co., Ltd.* (s. f.).*2.5.2.3 Diseño Asistido por Computadora (CAD)*

- **Diseño.** El componente CAD corresponde al diseño asistido por computadora, constituye una etapa importante en la elaboración de restauraciones digitales, en esta fase se emplean software especializados que permiten realizar el modelado virtual de las prótesis a partir de los archivos digitales, de esta manera se asegura la morfología, precisión y estética.

Existen herramientas para realizar este tipo de diseño, como por ejemplo Exocad que ofrecen wizards guiados, bibliotecas de dientes anatómicos, parámetros de diseño protésico (Gorripati & Godbole Dubey, 2024; Wu et al., 2024). Por otro lado, existe Blender for Dental, que está basado en Blender 3D, proporciona un modelado libre y paramétrico de alta personalización, aunque su curva de aprendizaje es mayor (Abad, Coronel et al., 2023).

A estos software se suman otros programas como, 3Shape Denatl System, que es ampliamente empleado en laboratorios dentales gracias a su integración con escáneres intraorales y módulos de ortodoncia e implantología (Dimitrova, 2025); por otro lado, se cuenta con Dental Wings, un software que proporciona soluciones completas para prótesis e

implantes con interfaces intuitivas (Martínez – Rodríguez et al., 2024), también se puede encontrar a Meshmixer, un software gratuito de autodesk que facilita la edición de mallas 3D y la preparación de ciertos archivos para impresión (López – Pacheco et al., 2022). Asimismo, existen plataformas emergentes como Easy Dental CAD cuyo propósito es democratizar el acceso al diseño digital mediante opciones que son open source (Abad, Coronel et al., 2023).

En conjunto estas herramientas permiten asegurar precisión morfológica y una excelente estética en prótesis fija.

- **Manufactura.** La fase CAM traduce el diseño CAD en instrucciones para la máquina de fabricación ya sea sustractiva (fresado) o aditiva (impresión 3D). Esta incluye la preparación de trayectoria de herramientas, selección de material y parámetros de post procesamiento (Holban, et al., 2025).

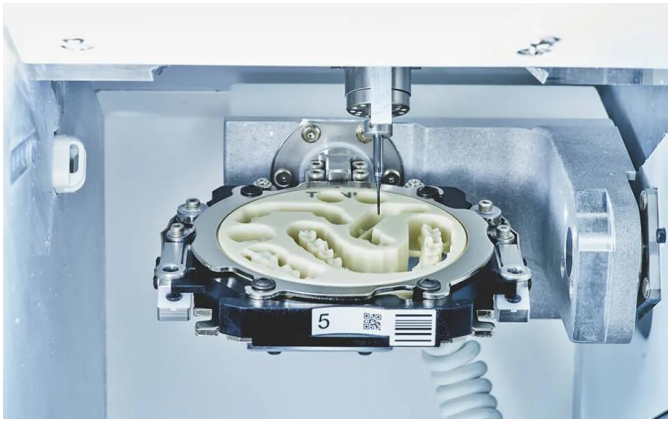
Equipos de Manufactura: Fresadoras e Impresoras 3D.

- **Fresadoras Dentales (Unidades de tallado)**

Son máquinas de control numérico computarizado que utilizan herramientas rotatorias (fresas) para eliminar material. Las fresadoras de 5 ejes mecanizan bloques de cerámica o resina con alta precisión entre los que destacan el zirconio, el disilicato de litio, las resinas compuestas y cerámicas híbridas, siendo especialmente utilizadas para la elaboración de coronas permanentes. Las fresadoras de 4 ejes permiten la rotación del bloque de material mientras las fresas se mueven en tres dimensiones son ideales para coronas y puentes sencillos (Holban et al., 2025). Como se coloca en la Figura 6.

Figura 6

Fresadora dental en sistemas CAD/CAM



Nota. Imagen de fresadora dental tomada de *Roland DGA* (s. f.).

- **Impresoras 3D (Unidades Aditivas)**

Utilizan tecnologías de fotopolimerización para crear estructuras capa por capa. Fabrican provisionales o estructuras complejas con menor desperdicio, aunque con variabilidad en la precisión según su orientación y post procesamiento (Holban et al., 2025; Abad, Coronel et al., 2023). Estas impresoras emplean diferentes tipos de resinas, entre las que destacan las resinas biocompatibles para uso intraoral, resinas para modelos dentales, resinas calcinables usadas en procesos de colado y resinas para dientes provisionales, cada una con propiedades específicas según su aplicación. Como se puede observar en la Figura 7.

Figura 7

Impresora 3D en sistemas CAD/CAM dentales



*Nota***.** Imagen de impresora 3D dental tomada de *Formlabs* (s. f.).

2.5.3. Flujo de Trabajo Digital en Prótesis Fija

El flujo de trabajo digital en prótesis fija inicia mediante el escaneo de las estructuras dentarias del paciente, escaneando la zona donde se debe realizar la restauración y escaneando ambas arcadas, la superior e inferior, para verificar la correcta oclusión. Este escaneo permite obtener modelos dentales virtuales para el diseño digital de la restauración en el programa (Jamnare et al., 2024).

Una vez obtenido el modelo virtual, se procede a importarlos a un software especializado en la odontología digital. En esta fase se definen parámetros como: espacio para cemento, contornos anatómicos, puntos de contacto proximal, relaciones oclusales, y el programa ayuda a automatizar el diseño de la restauración dental teniendo en cuenta los parámetros ya mencionados.

Después del diseño la etapa final es la confección de las restauraciones. Su fabricación se lleva a cabo por fresadoras automáticas, y el fresado se realiza a partir de datos generados a partir del modelo 3D. De esta manera, la fresadora fabrica la restauración reduciendo los errores asociados a la fabricación manual.

Resulta fundamental establecer un protocolo técnico que permita organizar cada una de estas etapas de flujo digital, asegurando un proceso ordenado, reproducible y eficiente en el diseño de coronas mediante el uso de software especializado dentro del laboratorio dental.

2.5.4. Aplicación del Sistema CAD/CAM en Prótesis Fija Dental.

CAD CAM dentro de prótesis fija dental facilita fabricar coronas y puentes con alta precisión, reduciendo tiempos de trabajo con una excelente estética y funcionalidad. Las aplicaciones principales se centran en:

- ***Coronas Unitarias.*** Se usan con la finalidad de restaurar dientes individuales con un ajuste marginal confiable y alta estética.

- ***Puentes Fijos de Múltiples Unidades.*** Se puede confeccionar estructuras que reemplacen algunas piezas dentales, con excelente resistencia mecánica y un diseño anatómico que sea reproducible.
- ***Incrustaciones.*** Permiten confeccionar restauraciones parciales con alta estética y durabilidad. Estas restauraciones pueden ser inlay y overlay.
- ***Carillas.*** Permiten elaborar restauraciones estéticas en dientes anteriores con excelente adaptación digital al color y forma de la pieza dental del paciente.
- ***Pilares Personalizados para Prótesis Sobre Implantes.*** Se emplea para mejorar la integración y ajuste de coronas cementadas sobre implantes. El diseñar el pilar con la forma exacta de la pieza dental faltante, permite que las fuerzas oclusales se distribuyan de manera axial, reduciendo de esta manera el riesgo de aflojamiento del tornillo.
- ***Prótesis Provisionales.*** Son diseñados de manera digital con el fin de conservar la función masticatoria y estética en lo que se confecciona la prótesis definitiva. Como el diseño se realiza en computadora, el sellado es exacto; por lo cual evita filtraciones ya que el ajuste es hermético en comparación del método convencional. Es más segura para el hueso del paciente, más fáciles de limpiar y más precisas que aquellas que son realizadas con técnicas convencionales.
- ***Prótesis Híbridas.*** En el pasado las prótesis híbridas eran pesadas y gruesas, actualmente son ligeras, biocompatibles y muy resistentes. Es más segura para el hueso del paciente, más fáciles de limpiar y más precisas que aquellas que son realizadas con técnicas convencionales.
- En conclusión, CADCAM no solo mejora la calidad de las prótesis fijas, sino que ha cambiado la forma de trabajar dentro de la odontología. Las restauraciones digitales actualmente son más precisas, estéticas y duraderas.

2.6. Software Exocad

2.6.1. Concepto y Características Generales

Exocad es un software CAD dental de arquitectura abierta, desarrollado por exocad GNbH en Alemania, diseñado específicamente para laboratorios dentales y clínicas que requieran flexibilidad e interoperabilidad en flujos digitales CAD/CAM (Exocad, 2025; Gorripati &Godbole Dubey, 2024). Se ha posicionado como una solución versátil en el mercado, permitiendo el diseño de una amplia gama de restauraciones fijas como coronas, puentes, incrustaciones inlays, overlays, veneers, onlays y por otro lado también removibles, haciendo énfasis en prótesis fija monolíticas (Exocad, 2025; Wu et al., 2024). Sus características principales son que posee modularidad (licencias base + módulos adicionales), compatibilidad con la gran mayoría de escáner intraorales, fresadoras e impresoras 3D, posee workflows que son guiados por wizard para personas principiantes y también cuenta con un modo experto para personalización avanzada con actualizaciones frecuentes e integración de inteligencia artificial para propuestas autónomas de coronas y optimización de diseños (Exocad, 2025).

2.6.2. Interfaz y Herramientas Principales

La interfaz del software exocad es bastante intuitiva y cuenta con wizard based, quiere decir que guía paso a paso al usuario desde la importación de archivos hasta su exportacion a CAM, el modo wizard (asistente) generalmente es utilizado en flujos rápidos y el modo avanzado para realizar ajustes finos (Exocad, 2025) Adicional incluye panales laterales para herramientas contextuales, vista 3D manipulable (rotación, zoom, secciones, etc.), también posee herramientas de visualización como TruSmile (previsualización fotorealista) y DICOM Viewer para integración CBCT.

Este software cuenta con herramientas principales para prótesis fija.

- Deteccion automática de márgenes y sugerencias de ejes de inserción.

- Bibliotecas anatómicas, dientes virtuales con ajustes de oclusión dinámica.
- Ajustes paramétricos, sirve para el espacio de cementación, espesor mínimo, cutback para veneering.
- Herramienta de escultura, sirve para relizar modificaciones manuales
- Módulos IA, permite generar propuestas automáticas de coronas en segundos, de esta manera se optimiza la morfología oclusal y proximal.
- Virtual articulator, sirve como un simulador oclusal preciso.

2.6.3. Flujo de Trabajo para el Diseño de Coronas Individuales

El flujo para realizar coronas individuales en Exocad es el siguiente:

1) Elaboración del caso, se importan los archivos para su correcta preparación, entre ellos el antagonista y la mordida.
2) Alineación manual o automática de los modelos.
3) Detección del margen, puede ser automática con refinamiento manual.
4) Selección de la indicación, single crown (corona individual) y buscar en la biblioteca de dientes.
5) Propuesta inicial del caso, el wizard sugiere una anatomía basada en el antagonista y la biblioteca, también existe la opción IA para generación rápida.
6) Ajustes claves, se define el espacio para el ingreso del cemento, reducción oclusal, contactos proximales, ejes de inserción y morfología.
7) Simulación oclusal y verificar si existen interferencias.
8) Exportación de los archivos hacia CAM para iniciar el proceso de fresado o de impresión 3D. (Exocad, 2025e).

2.6.4. Ventajas y Limitaciones Técnicas del Exocad

El software se posiciona como un estándar global en la rehabilitación digital, gracias a ser open system, tiene una alta flexibilidad e interoperabilidad del software con archivos como STL, PLY, OBJ provenientes de cualquier escáner o unidad de fresado (Velasco, 2025). A continuación, en la Tabla 2 se detallan las principales ventajas y limitaciones de este software.

Tabla 2

Ventajas y Limitaciones Técnicas de Exocad

Aspectos	Ventajas de Exocad	Limitaciones técnicas
Flexibilidad y personalización	Es totalmente abierto y modular, se puede saltar entre pasos del diseño libremente con expert mode, personalizar workflows, añadir módulos a medida y adaptar el software a necesidades específicas. Ideal para casos complejos y creativos.	La curva de aprendizaje es más pronunciada para principiantes; la libertad puede generar inconsistencias si no se domina bien el flujo.
Compatibilidad e integraciones	Es de arquitectura abierta, excelente compatibilidad con casi cualquier escáner intraoral, fresadora, impresora 3D, implantes y materiales de terceros. Muy versátil en entornos mixtos.	Requiere configuración manual en algunos casos; posibles problemas menores de compatibilidad con hardware muy específico o antiguo si no se actualiza.
Velocidad y rendimiento	Es rápido en operaciones diarias, especialmente con casos grandes y complejos. Posee un buen manejo de archivos pesados y respuesta fluida (mejoras notables en versiones 3.2–3.3 con AI).	Exige un hardware potente, GPU dedicada recomendada en 2026; en PCs de gama baja puede ralentizarse con diseños muy detallados o full-arch.

Precisión y calidad de diseño	Posee una alta precisión en restauraciones unitarias, puentes, implantes y prótesis; herramientas avanzadas de control. Comparable o superior en muchos estudios de ajuste marginal.	En algunos estudios se muestra una ligera inferioridad en adaptación interna/oclusal; depende mucho de la habilidad del diseñador.
Herramientas avanzadas	Tiene excelentes módulos como, Smile Creator, Full Denture, Implant Module, etc. Es fuerte en diseños altamente personalizados, veneer, wax-up digitales y edentulous.	Algunas funciones como AI (tooth placement, symmetry) son potentes, pero aún no tan automáticas como en competidores premium; requiere más intervención manual en casos estéticos complejos.
Facilidad de uso – Interfaz	Su wizard mode es intuitivo para principiantes y el expert mode para expertos; posee una comunidad grande con tutoriales y librerías compartidas.	Su interfaz puede ser menos "guiada" y más técnica; puede sentirse abrumadora al inicio o para usuarios que prefieren flujos lineales fijos.
Actualizaciones y soporte	Contiene una licencia perpetua posible más un contrato de upgrade anual razonable; acceso a nuevas funciones, librerías de implantes, materiales y dentalshare.	Sin un contrato de upgrade no hay soporte técnico ni nuevas funciones; dongle físico vulnerable, si se pierde pueden existir complicaciones para el reemplazo.
Costo técnico (licencias)	Modular donde se compra solo lo que necesita; generalmente es más asequible a largo plazo que las suscripciones full.	La inversión inicial es alta, especialmente perpetual más módulos; versiones completas pueden ser caras para usuarios individuales o laboratorios que apenas comienzan en el mundo del diseño digital.

A partir del análisis presentado en la anterior tabla, se interpreta que Exocad destaca por su capacidad de adaptarse a distintos niveles de complejidad dentro del diseño protésico dental digital, y esto es lo que permite desarrollar flujos de trabajo personalizados, lo cual resulta fundamental en la estructuración de protocolos técnicos en un laboratorio. Sin

embargo, esta flexibilidad también exige dominio del software. El uso de Exocad dentro de un protocolo técnico bien definido permite optimizar el diseño de coronas en prótesis fija.

2.7. Software Blender for Dental

2.7.1. Concepto y Características Generales

Blender for Dental es un conjunto de programas integrados o add-ons que se instalan dentro del software gratuito de modelado y escultura 3D de código abierto Blender. Esto conjunto de complementos están diseñados para adaptar Blender a los requerimientos y al flujo de trabajo óptimo para la odontología digital (Blender for Dental®, s. f.).

El sistema se presenta como una solución modular orientada a la realización de procedimientos digitales en odontología, permitiendo el acceso a funciones específicas según las necesidades del usuario (Blender for Dental®, s. f.).

2.7.2. Interfaz y Herramientas Principales

La interfaz de Blender permite obtener una vista tridimensional de modelos digitales en formato STL, facilitando a las herramientas de Blender for Dental la manipulación digital de las estructuras dentales escaneadas utilizando la rotación, escalado, y edición de estructuras dentales. A través de paneles laterales y herramientas personalizadas, el usuario puede acceder a funciones específicas orientadas al diseño protésico.

Entre las herramientas principales del sistema se encuentran:

- ***Módulo Crown & Bridge.*** destinado al diseño de coronas y puentes, permitiendo la delimitación de márgenes, el ajuste del espacio para cemento y el modelado anatómico. Herramientas de escultura digital: empleadas para modificar contornos y anatomía oclusal de forma manual.
- ***Control de espesores y adaptación interna.*** utilizado para verificar parámetros estructurales de la restauración.

- ***Compatibilidad con exportación en formato STL.*** que posibilita la posterior manufactura mediante impresión 3D o fresado.
- ***Tutoriales integrados por módulo.*** diseñados para facilitar el aprendizaje y uso de las herramientas disponibles.

La estructura modular del sistema permite seleccionar únicamente las funciones necesarias según el tipo de procedimiento protésico a realizar, lo que proporciona flexibilidad dentro del flujo digital en prótesis fija (Blender for Dental®, s. f.).

2.7.3 Flujo de Trabajo para el Diseño de Coronas Individuales

En el diseño de coronas individuales en Blender for Dental, se sigue una secuencia organizada pero dinámica. No es que se importa el archivo y se genera una corona automáticamente, sino que implica una serie de pasos en los que el usuario interviene constantemente para ajustar, corregir y personalizar la restauración hasta obtener un resultado adecuado.

Primero se debe importar el modelo 3D dentro de Blender. Este modelo normalmente se encuentra en formato OBJ junto con su archivo MTL el cual sirve para poder visualizar la textura y los colores que el escaneo copió de la cavidad oral del paciente. Una vez cargado el modelo, es importante verificar la orientación espacial de los modelos, y para ello se utiliza la herramienta de alineación dentro del módulo Model Designer, donde se establece un modelo de trabajo y otro modelo como antagonista. Este paso es fundamental ya que una mala alineación inicial puede generar errores posteriores en la oclusión o en el ajuste final de la corona.

Posteriormente se importa una biblioteca con el módulo Wax Up, donde se selecciona el diente correspondiente a la pieza que se restaurará, y se posiciona sobre el modelo preparado. En esta fase se realizan ajustes básicos de ubicación utilizando herramientas de movimiento, escala y rotación. En esta fase se debe lograr una adaptación anatómica

preliminar que no interfiera con los dientes adyacentes y que se respete la morfología dental para una buena estética.

Una herramienta importante de este software es el mapa de calor, el cual sirve para visualizar la oclusión con el antagonista, y resulta útil cuando se quiere evaluar rápidamente dónde existen interferencias o contactos excesivos antes de continuar con el diseño definitivo.

Una vez que la restauración dental esté correctamente posicionada se pasa al módulo Crown, donde comienza el diseño de la restauración. Para esto primero se traza manualmente la línea de margen siguiendo el límite cervical de la preparación donde se define el contorno de la futura corona. Al cerrar el trazado, el sistema genera la superficie interna inicial.

Después se realiza el análisis de socavados y el respectivo bloqueo mediante la función de block out, lo que permite asegurar una vía de inserción adecuada. A continuación, se establece el margen definitivo, por ejemplo 0.2 mm y se configura el espacio para el cemento. Es importante considerar que el valor ingresado se distribuye hacia ambos lados de la superficie, por lo que debe calcularse correctamente para lograr una adaptación clínica adecuada. En esta etapa también se define la llamada zona de seguridad que determina el espesor mínimo estructural de la corona y que posteriormente se integrará con la anatomía seleccionada de la biblioteca.

En cuanto a la oclusión, el software permite visualizar el antagonista y generar un objeto de corte que ajusta la corona a la relación funcional. Puede aplicarse un pequeño desplazamiento para evitar contactos prematuros, considerando que no debe existir interpenetración entre superficies. El ajuste debe realizarse con criterio, buscando un equilibrio entre conservar la anatomía dental y obtener una oclusión funcional correcta.

Una vez completados estos ajustes, el sistema genera la morfología final de la corona mediante un cálculo automático. Sin embargo, el trabajo no termina ahí, ya que es necesario

revisar y definir adecuadamente los contactos proximales. Para ello se utilizan herramientas de modelado y esculpido que permiten ampliar o reducir las áreas de contacto sin afectar el margen cervical. El programa protege la superficie interna durante este procedimiento, evitando modificaciones no deseadas en la adaptación marginal.

Finalmente se realizan retoques de escultura para que le corona quede lista para la exportación en formato STL, el cual permite la fabricación de la restauración mediante impresión 3D o fresado. En general el flujo de trabajo de Blender for Dental es relativamente rápido, pero depende en gran medida del criterio técnico del operador y ajustes manuales para asegurar una restauración funcional y bien adaptada.

2.7.4 Ventajas y Limitaciones Técnicas

Antes de analizar el uso de Blender for Dental en el diseño de prótesis dentales, es importante identificar sus principales características desde el punto de vista técnico. En este sentido, a continuación, se presenta una síntesis de sus ventajas y limitaciones, considerando aspectos relacionados con su funcionamiento, accesibilidad y condiciones de uso dentro del entorno del laboratorio dental. A continuación, en la Tabla 3 se describen las ventajas y limiaciones Técnicas de Blender for Dental.

Tabla 3

Ventajas y Limitaciones Técnicas de Blender for Dental

Aspectos	Ventajas de Blender for Dental	Limitaciones técnicas
Costo y acceso	No requiere suscripciones anuales, lo que representa una alternativa económica frente a otros softwares de diseño dental.	El acceso está limitado por licencia, permitiendo su instalación únicamente en tres equipos.
Licenciamiento	Incluye actualizaciones sin costo adicional, favoreciendo su uso continuo (Blender for Dental®, s. f.).	No dispone de modalidad en línea, lo que limita su uso en entornos colaborativos o remotos.
Estructura del software	Presenta una estructura modular que permite adaptar sus funciones según las necesidades del laboratorio.	Depende de la versión de Blender en la que se ejecute, lo que puede generar problemas de compatibilidad.

Aprendizaje	Incorpora tutoriales paso a paso que facilitan el aprendizaje incluso en usuarios sin experiencia previa.	Requiere cierto nivel de adaptación al entorno de Blender, lo que puede dificultar su uso inicial.
Requisitos técnicos	Puede ejecutarse en distintos equipos siempre que cumplan con los requisitos básicos del sistema.	Su funcionamiento depende del rendimiento del equipo, ya que requiere recursos técnicos adecuados para su correcta ejecución.
Actualización del sistema	Permite mantenerse actualizado sin costos adicionales.	La empresa desarrolladora puede descontinuar versiones anteriores, lo que obliga a realizar actualizaciones para mantener la compatibilidad (Blender for Dental®, s. f.).

A partir del análisis presentado en la anterior tabla, se puede interpretar que Blender for Dental es una herramienta competente y viable dentro del entorno dental digital, especialmente en contextos donde se busca reducir costos sin afectar la funcionalidad del diseño protésico. Sin embargo, sus limitaciones evidencian la necesidad de contar con condiciones técnicas adecuadas. En este sentido su aplicación dentro de un protocolo técnico requiere una planificación precisa que garantica su compatibilidad, permitiendo aprovechar sus capacidades dentro del diseño de prótesis fija.

2.8. Protocolo Técnico Digital para el Diseño de Coronas en Sistemas CAD/CAM

En la odontología restauradora el desarrollo de protocolos técnicos digitales responde a la necesidad de organizar de forma sistémica ciertos procedimientos que intervienen en el diseño de coronas dentro del sistema CAD/CAM. En comparación de los métodos convencionales, los sistemas digitales necesitan una secuencia estructurada de sus pasos para asegurar la utilización adecuada de las herramientas tecnológicas y la interpretación de los datos obtenidos mediante el escaneo.

Dentro de este contexto un protocolo técnico digital integra conocimientos teóricos con aplicación práctica, determinando lineamientos claros para el diseño de restauraciones que van desde la importación de archivos hasta obtener el modelo final listo para su

fabricación. Lo que contribuye a mejorar la repetibilidad, precisión, calidad y repetibilidad del proceso con excelentes resultados protésicos (Miyazaki et al., 2009).

2.8.1. Necesidad de estandarización en el diseño digital de coronas

Es fundamental la estandarización en el diseño de coronas para asegurar resultados excelentes dentro del laboratorio dental. En lo que respecta a los sistemas de CAD/CAM, todas las etapas del proceso desde digitalización hasta el diseño final, puede tener variaciones que dependen del operador si no existe una guía estructurada.

La falta de protocolos definidos puede producir errores que interfieren en el ajuste marginal, oclusión, o en la anatomía de la restauración, lo que puede afectar en la calidad del producto final. Esta es la razón por la cual implementar un protocolo técnico es necesario para reducir la variabilidad durante los procedimientos, asegurando que cada diseño tenga parámetros clínicos aceptables.

Adicional, la estandarización mejora y facilita la formación de estudiantes y técnicos, ya que nos brinda una secuencia clara de trabajo que puede ser replicada y evaluada. De esta forma, no solo se optimiza la calidad del diseño, sino también la eficacia y eficiencia en el flujo de trabajo digital (Beuer et al., 2008).

2.8.2. Parámetros técnicos en el diseño digital

Cuando se habla del diseño de coronas dentro del sistema CAD/CAM, se necesita el control de ciertos parámetros técnicos que tienen influencia directamente en la adaptación, funcionalidad y tiempo de vida de la restauración.

Uno de los parámetros fundamentales es el espacio del cemento, que permite la adecuada inserción de la corona sobre el muñón. El tener un espacio que no es el adecuado puede causar problemas correspondientes a la retención o durante la colocación. Este espacio, generalmente se configura en valores micrométricos que se deben ajustar de acuerdo al tipo de material y la técnica de fabricación.

Otro factor crítico es el ajuste marginal, ya que este determina la adaptación de la corona en el límite cervical. Un ajuste incorrecto puede ocasionar que existan filtraciones, acumulación de placa bacteriana y ciertas fallas clínicas a un largo plazo (Alharbi & Wismeijer, 2021).

De igual manera los contactos proximales deben tener un diseño adecuado para evitar que existan espacios interdentales o presiones que sean excesivas y que puedan afectar la estabilidad de las restauraciones. Por otra parte, la oclusión debe estar ajustada de manera cuidadosa para asegurar una adecuada relación funcional con el antagonista, evitando así interferencias y contactos que sean prematuros. Tener un control correcto de estos parámetros ayuda a obtener restauraciones precisas y funcionales.

2.8.3. Integración del protocolo en el uso de Exocad y Blender for Dental

La integración de un protocolo técnico digital implica la adaptación a las herramientas accesibles en los diferentes softwares de diseño dental. De esta forma tanto Exocad como Blender for Dental ayudan a desarrollar el diseño de coronas por medio de flujo de trabajo digitales pese a que tienen diferentes niveles de automatización.

La incorporación del protocolo no depende netamente del software, sino de la organización adecuada de las etapas del proceso. Lo que quiere decir, es que el protocolo define qué se debe hacer, mientras el software brinda las herramientas necesarias para ejecutarlo.

En Exocad la mayoría de las funciones se encuentran automatizadas, lo cual facilita la aplicación del protocolo por medio de asistentes guiados. Por otra parte, Blender for Dental necesita una intervención manual mayor, por lo que es necesario seguir una secuencia más controlada de sus pasos para obtener resultados adecuados.

Aunque tienen estas diferencias, estos programas pueden ser utilizados dentro de un mismo protocolo técnico, siempre que se tenga en cuenta y se respeten los parámetros y etapas previamente establecidas para el diseño de coronas.

2.8.4. Secuencia estandarizada del diseño de coronas individuales

El elaborar un protocolo técnico digital requiere que se tenga definido una secuencia lógica de trabajo que organice el proceso del diseño de coronas individuales.

Desde una vista general, la secuencia inicia con la importación y revisión del modelo digital, donde se procede a verificar la integridad de los archivos previamente obtenidos mediante escaneo. Después se realiza la adecuada alineación de los modelos, asegurando la correcta relación entre los modelos tanto superior como inferior.

Posteriormente se procede a realizar el diseño anatómico inicial, dentro del cual se selecciona y se adapta la morfología de la corona en función a la pieza dental que se va a restaurar; luego se definen los parámetros técnicos, como el espacio de cementación, el margen y la zona de seguridad estructural.

A continuación, se realizarán los ajustes oclusales y contactos proximales, verificando de esta manera la correcta relación funcional con las estructuras que se encuentran adyacentes. Finalmente se genera la corona digital, la cual será exportada para su fabricación mediante sistemas CAM.

Esta secuencia logra que se organice de manera clara el proceso digital, facilitando la aplicación dentro de los laboratorios dentales.

Capítulo III

Marco Metodológico

3.1. Tipo de Investigación

Este tipo de investigación es aplicada ya que se caracteriza por llevar la parte teórica a la práctica. Se integrarán conceptos de diseño digital, materiales dentales y metodologías de laboratorio con herramientas tecnológicas, generando de esta manera un recurso útil para los estudiantes.

Adicional es de tipo descriptiva y propositiva. Descriptiva porque busca especificar de forma detallada y sistémica las características, configuraciones, propiedades, parámetros técnicos, pasos y flujos de trabajo que son necesarios para elaborar coronas individuales. Se va a centrar en describir de manera precisa el paso a paso de cómo se realiza el proceso sin establecer relaciones causales ni manipular variables de manera experimental; y propositiva, ya que no solo describe los procedimientos actuales, si no que propone, desarrolla y diseña un nuevo protocolo técnico adaptado al laboratorio TESA. Este enfoque permite la creación de una herramienta práctica que será implementada, validada y seguramente replicada por los estudiantes y técnicos de laboratorios dentales, lo cual va a contribuir a mejorar la calidad, eficiencia y eficacia en la producción de prótesis fija CAD/CAM.

3.1.1. Según el propósito

Este tipo de investigación es de tipo aplicada ya que responde y resuelve un problema determinado dentro del laboratorio TESA, y esto es la falta de un protocolo técnico estandarizado para la elaboración de coronas individuales sobre muñón en prótesis fija utilizando los software Exocad y Blender for Dental. Esta investigación se orienta a la aplicación de forma inmediata, de tecnologías y conocimientos existentes para optimizar

procesos reales en contextos específicos, sin generar nuevas teorías de uso y aplicación. (Haro Sarango, 2024).

3.1.2. Según la Manipulación de Variables

De acuerdo con este enunciado, esta investigación es un estudio no experimental, debido a que las variables independientes, no se manipulan de manera directa, más bien se observan en su contexto natural. En este caso los softwares Exocad y Blender for Dental se utilizarán bajo condiciones normales de funcionamiento; no existirán modificaciones en el código de los programas, ni se crearán escenarios artificiales, solamente se observa y registra la manera en cómo influyen en la elaboración de coronas individuales. (Kerlinger & Lee, 2002).

3.1.3. Según el tiempo de Desarrollo

De acuerdo con el desarrollo del proyecto, la presente investigación se clasifica como transversal, ya que el análisis se va a realizar en un momento temporal, específicamente en el año 2026 en el laboratorio TESA de Quito. Este enfoque observa y compara el desempeño de los softwares Exocad y Blender for Dental en condiciones reales de aplicación, sin prolongar el estudio en diferentes etapas. Según Hernández-Sampieri, Fernández-Collado y Baptista (2014). los estudios transversales son caracterizados por recolectar datos en un solo punto en el tiempo, lo cual hace que sea más fácil la descripción y comparación de variables dentro de un contexto determinado.

De esta forma, el carácter transversal permite que los hallazgos reflejen la situación concreta del laboratorio en el periodo que se desarrolla la investigación, aportando de esta manera evidencia que resulte útil para la toma de decisiones.

3.2. Tipo de Enfoque

La investigación adopta un enfoque mixto (cuantitativo-cualitativo), debido a que permite analizar y comprender de mejor manera el proceso de diseño de coronas dentales individuales, mediante la elaboración de un protocolo técnico aplicado para el laboratorio dental de TESA.

El enfoque cualitativo se centra en detallar de manera clara los procedimientos para el diseño de coronas individuales en sistemas CAD/CAM, mediante el uso de las herramientas digitales Exocad y Blender for Dental. Esta fase permite estructurar de manera secuencial y clara el proceso de diseño de las coronas, así como también poder identificar parámetros técnicos necesarios para la elaboración del protocolo.

El enfoque cuantitativo se refiere a la obtención de datos medibles dentro de la aplicación del protocolo técnico, como los tiempos de ejecución del proceso de diseño, la verificación de ajuste de las restauraciones y el cumplimiento de los parámetros establecidos para el diseño y la fabricación. Estos dados permiten evaluar objetivamente la viabilidad del protocolo dentro del laboratorio dental.

La integración de ambos enfoques permite describir el procedimiento técnico y también respaldar su aplicación mediante resultados comprobables, lo cual fortalece el carácter descriptivo, aplicado y propositivo de la investigación.

3.3. Herramientas Metodológicas

Con el fin de garantizar la validez y confiabilidad de los resultados, esta investigación emplea herramientas metodológicas que permitirán recolectar información acerca del desempeño de los softwares Exocad y Blender for Dental.

3.3.1. Encuesta semiestructurada

Esta encuesta es un elemento clave para recopilar datos dentro de esta investigación; esta será dirigida a técnicos dentales, estudiantes, docentes, y odontólogos cuyo fin será la recolección de datos medibles sobre el diseño de coronas individuales sobre muñón en ambos programas, se hará uso de preguntas cerradas que facilitan la medición y comparación de variables también se garantiza la sistematización de la información, la facilidad durante el análisis estadístico y la posibilidad para establecer comparaciones objetivas entre ambos programas; generalmente estas preguntas se organizan en escalas de valoración tipo Likert y de opción múltiple. Este instrumento busca medir variables como el tiempo de diseño, la precisión marginal, los costos de producción, y la curva de aprendizaje de ambos softwares.

3.3.2. Focus Group

El focus group será una herramienta complementaria que se orientará a profundizar la percepción de los técnicos dentales sobre el uso de los software. Este se va a conformar de un grupo de personas reducido que será de entre 3 y 8 participantes, guiados por los expositores que plantearán preguntas que sean estratégicas relacionadas con la elaboración del protocolo técnico de diseño. La interacción grupal permite generar debates, obtener conclusiones compartidas, y poder contrastar opiniones para ayudar a identificar patrones comunes y divergencias. Según Krueger y Casey (2015)., los focus group permiten explorar percepciones profundas y obtener información que no se puede obtener mediante las encuestas. Como se presenta en el ANEXO A.

3.4. Técnicas

En la investigación se emplearán diversas técnicas que permitirán la recolección y análisis de información necesaria para el diseño y aplicación de un protocolo técnico en la elaboración de coronas individuales en sistemas CAD/CAM.

3.4.1. Observación técnica

La observación técnica permitirá registrar de forma ordenada los parámetros y procedimientos realizados durante el uso de las herramientas digitales Exocad y Blender for Dental. Esta técnica servirá para la identificación de las etapas del proceso y las configuraciones para la estructuración del protocolo.

3.4.2. Análisis de documentos

Se aplica el análisis de documentos, mediante la revisión de manuales, guías técnicas y fuentes bibliográficas relacionadas en el diseño de prótesis dentales en sistemas CAD/CAM, ya que esto servirá para la elaboración del protocolo propuesto.

3.4.3. Checklist

Se usa un checklist como instrumento de apoyo, ya que permitirá organizar de manera secuencial cada etapa del diseño de coronas individuales sobre muñón.

3.4.4. Matriz de Validación

La matriz de validación se usa como un instrumento de control y aseguramiento de calidad dentro del proyecto. Su finalidad es comprobar que cada paso, producto o resultado cumple con los criterios previamente definidos.

3.5. Estudios Iniciales

3.5.1. Criterios y exclusión.

En la Tabla 4 se presentan los criterios de inclusión y exclusión.

Tabla *4*

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
Técnicos dentales que conozcan el manejo del software Exocad.	Técnicos dentales que no conozcan de diseño digital.
Técnicos dentales que conozcan el manejo del software Blender for Dental.	Estudiantes que no conozcan de diseño digital.

Docentes que elaboren coronas individuales diseñadas con el software Exocad.	Odontólogos que no conozcan de diseño digital.
Docentes que elaboren coronas individuales diseñadas con el software Blender for Dental.	Docentes que no conozcan sobre el diseño de coronas individuales con el software Exocad.
Odontólogo que conozca sobre el diseño de coronas individuales.	Docentes que no conozcan sobre el diseño de coronas individuales con el software Blender for Dental.

3.5.2. Muestreo no Probabilístico por Conveniencia y Deliberado

El presente estudio empleó un muestreo no probabilístico de tipo conveniencia y deliberado. Se utilizó el muestreo por conveniencia debido a que la selección del escenario de estudio, correspondiente al laboratorio TESA, se realizó considerando su accesibilidad y disponibilidad para el desarrollo de la investigación. Asimismo, el muestreo deliberado permitió seleccionar de manera intencional a los participantes que cuentan con experiencia en el área de diseño dental y el uso de software CAD/CAM, como Exocad y Blender for Dental.

En cuanto a la selección de los encuestados, se consideró su disponibilidad y facilidad de acceso para participar en el estudio. La muestra estuvo conformada por técnicos de laboratorio dental, docentes, odontólogos y estudiantes relacionados con el área, quienes aportaron información relevante para el análisis del proceso de diseño de coronas sobre muñón.

3.6. Desarrollo de los Protocolos Técnicos para el Diseño Digital de Coronas

Se desarrollaron protocolos técnicos para Exocad y Blender for Dental, describiendo de forma secuencial las etapas del diseño digital de coronas individuales. A continuación se presenta el flujo general de trabajo de cada software.

3.6.1. Protocolo del paso a paso para elaborar una corona individual sobre muñón en el programa Exocad.

El siguiente protocolo de trabajo dentro del software exocad constituye una guía metodológica destinada a estandarizar el proceso de diseño digital de coronas individuales

sobre muñón. La correcta aplicación garantiza coherencia técnica, precisión en la elaboración de restauraciones y uniformidad en la práctica profesional.

- **Materiales e Insumos**

    a) Modelos digitales escaneados en formato STL (arcada superior e inferior).

    b) Biblioteca dental digital con coronas anatómicas.

    c) Material de restauración seleccionado, preferentemente Zirconio por su resistencia y estética.

- **Equipos e Instrumentos**

    a) Computador con software Exocad instalado y licenciado.

    b) Escáner intraoral o de laboratorio para la obtención de modelos digitales.

- **Pasos por Seguir -Configuración inicial**

1. Ejecutar Exocad y abrir la interfaz inicial.

Este paso establece el entorno de trabajo digital, garantizando el acceso a las herramientas necesarias para el diseño protésico. Como se observa en la Figura 8.

Figura 8

Diseño en Exocad, paso 1

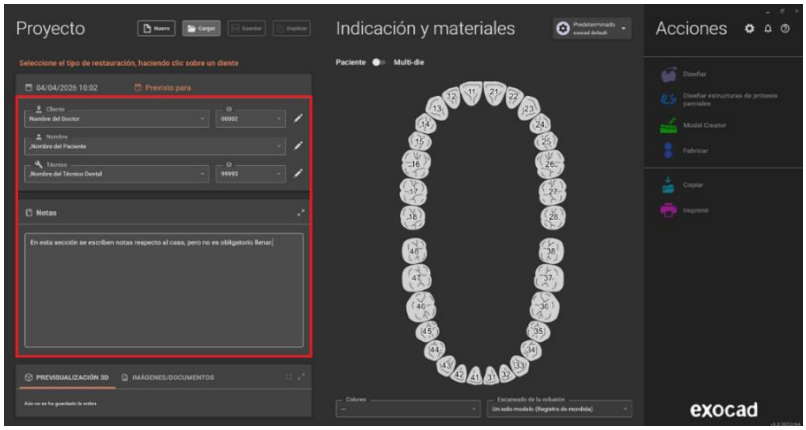


2. Ingresar los datos clínicos**:** nombre del doctor, paciente y técnico; añadir observaciones en notas si corresponde.

La incorporación de datos asegura la trazabilidad del caso y la correcta identificación de la restauración. Como se observa en la Figura 9.

Figura 9

Diseño en Exocad, paso 2



- **Selección del diente y tipo de restauración**

3. Seleccionar la pieza dental número 26 y definir el tipo de restauración como corona anatómica.

La elección precisa de la pieza y del tipo de trabajo orienta el flujo de diseño hacia parámetros específicos de la corona. Como se presenta en la Figura 10.

Figura 10

Diseño en Exocad, paso 3

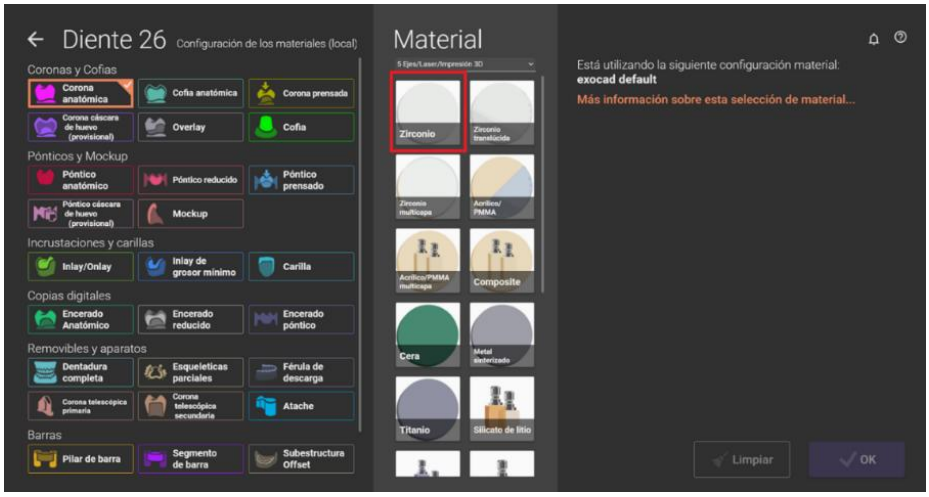


4. Escoger el material de restauración, seleccionando Zirconio.

El Zirconio se emplea por su resistencia mecánica y estética, siendo idóneo para coronas unitarias. Como se observa en la Figura 11.

Figura 11

Diseño en Exocad, paso 4



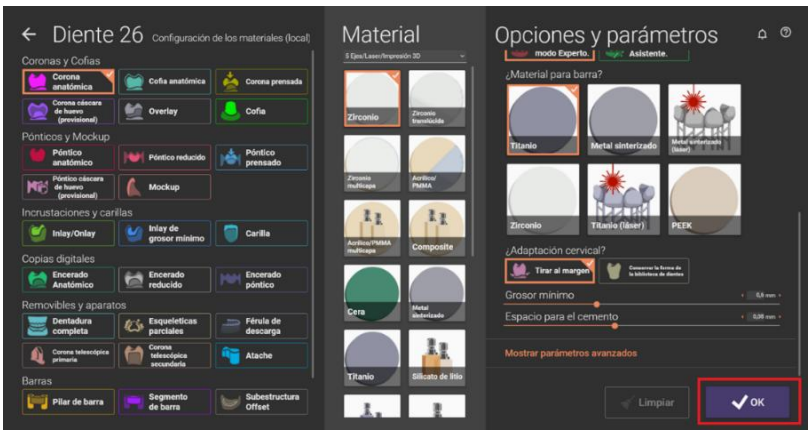
- **Parámetros automáticos del material**

5. Confirmar parámetros automáticos del material y aceptar configuraciones por defecto.

El software establece valores óptimos de espesor y espacio para cemento, garantizando seguridad estructural. Como se aprecia en la Figura 12.

Figura 12

Diseño en Exocad, paso 5

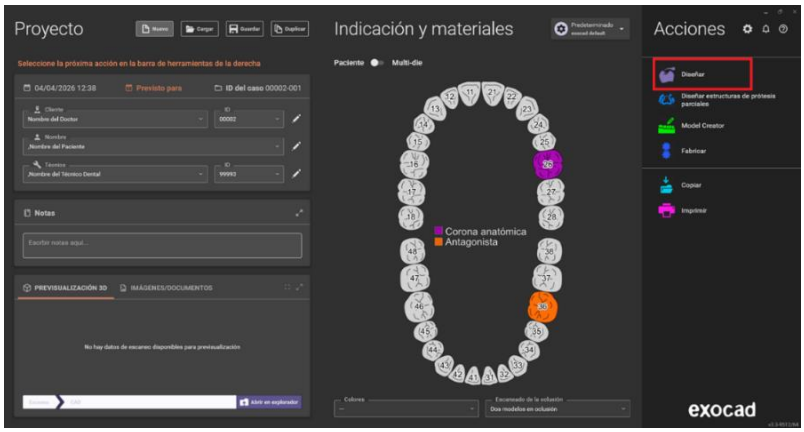


6. Guardar el caso en el odontograma y verificar la pieza de trabajo y el antagonista.

Este registro permite avanzar al diseño con los modelos correctamente asignados. Como se aprecia en la Figura 13.

Figura 13

Diseño en Exocad, paso 6



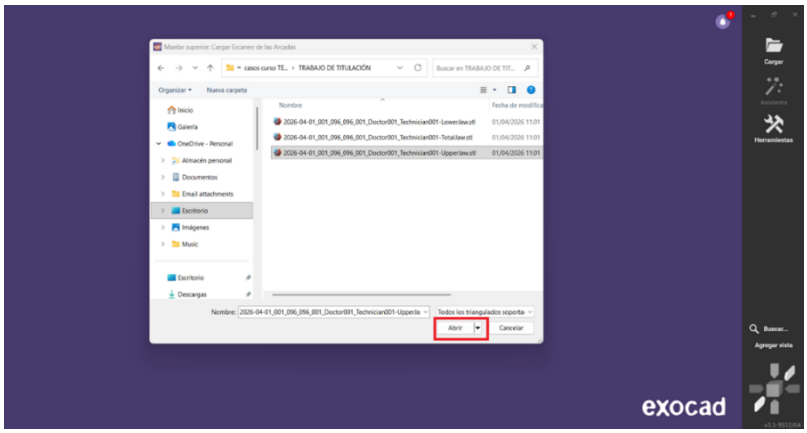
- **Carga y orientación de modelos**

7. Cargar el modelo escaneado del maxilar superior.

La importación del modelo constituye la base digital sobre la cual se realizará la restauración. Como se distingue en la Figura 14.

Figura 14

Diseño en Exocad, paso 7

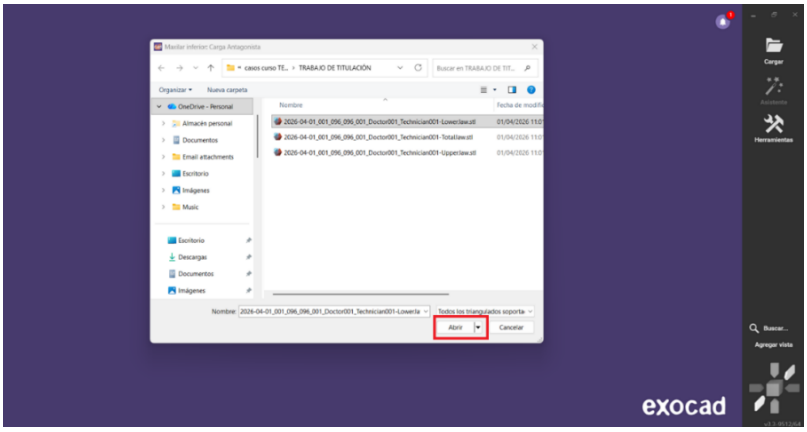


8. Cargar el modelo antagonista del maxilar inferior.

La incorporación del antagonista asegura la evaluación oclusal y la correcta relación intermaxilar. Como se observa en la Figura 15.

Figura 15

Diseño en Exocad, paso 8

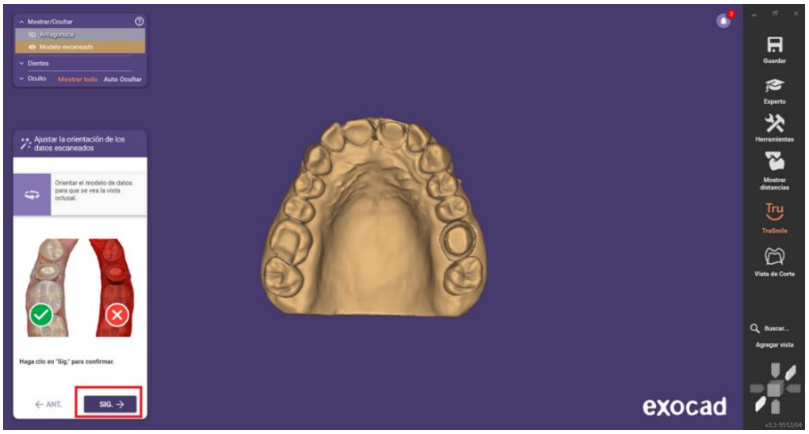


9. Orientar el modelo escaneado de forma oclusal y confirmar la posición adecuada.

La orientación correcta evita errores de visualización y garantiza precisión en el diseño. Como se aprecia en la Figura 16.

Figura 16

Diseño en Exocad, paso 9



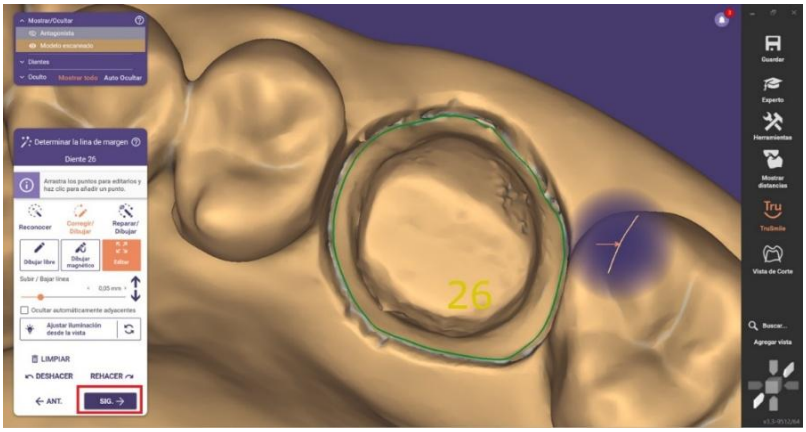
- **Definición de línea de margen**

10. Dibujar la línea de margen de la corona mediante la opción “Corregir/Dibujar”.

La delimitación del margen cervical define el límite de la restauración y su adaptación marginal. Como se observa en la Figura 17.

Figura 17

Diseño en Exocad, paso 10



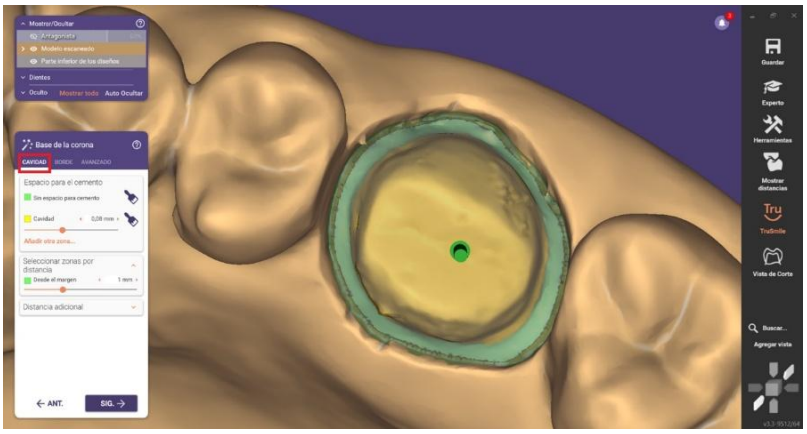
- **Ajustes de parámetros de cemento y borde cervical.**

11. Verificar los parámetros predeterminados de cemento y zona sin cemento, y seleccionar la opción “Siguiente”.

En este paso se verifican los valores predeterminados establecidos por exocad para la cavidad y la zona sin cemento. El software configura por defecto un espacio para cemento de 0.08 mm y una distancia de 1 mm, ya que estos parámetros favorecen la adaptación y el sellado adecuado de la restauración. Una vez comprobados los valores se selecciona la opción “Siguiente” para continuar con el flujo de trabajo. Como se presenta en la Figura 18.

Figura 18

Diseño en Exocad, paso 11

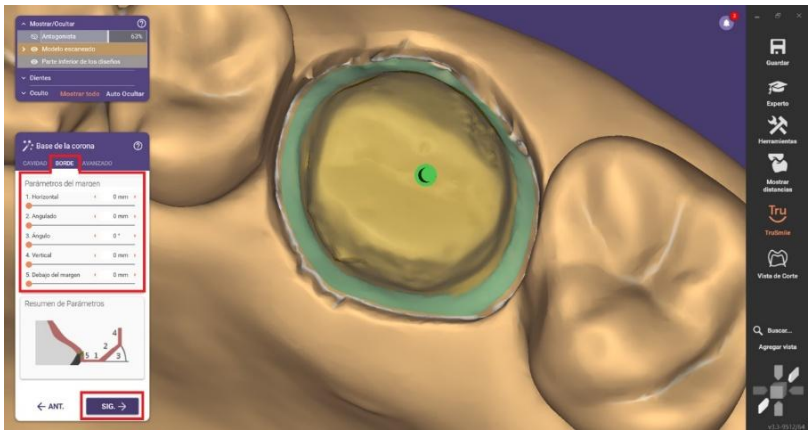


12. Verificar los parámetros del borde cervical manteniendo los valores en 0 mm y seleccionar la opción “Siguiente”.

En este paso se revisan los parámetros del borde externo en la pestaña “Borde”. Los valores horizontal, angulado, vertical y debajo del margen se mantienen en 0 mm, mientras que el ángulo permanece en 0°, con el propósito de conservar una terminación cervical uniforme y una correcta adaptación marginal de la restauración. Una vez comprobados estos parámetros se selecciona la opción “Siguiente” para continuar con el flujo de trabajo. Como se aprecia en la Figura 19.

Figura 19

Diseño en Exocad, paso 12



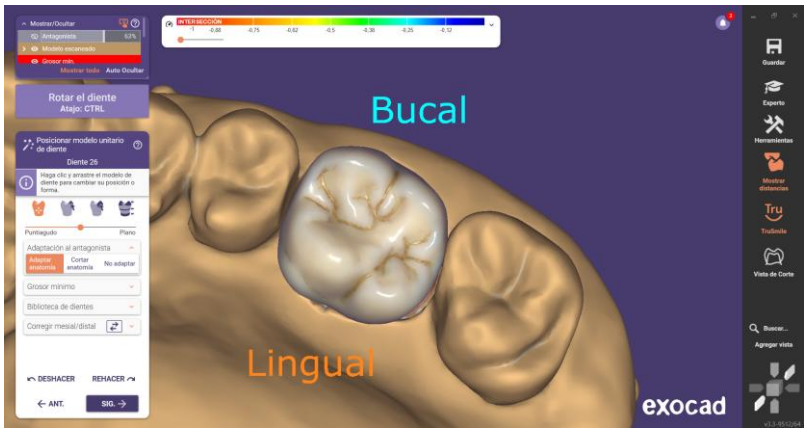
- **Selección de biblioteca dental**

13. Seleccionar la opción “no adaptar” si el diente por defecto no cumple con los estándares requeridos.

Esta acción permite personalizar la selección de la biblioteca dental según criterios técnicos. Como se observa en la Figura 20.

Figura 20

Diseño en Exocad, paso 13

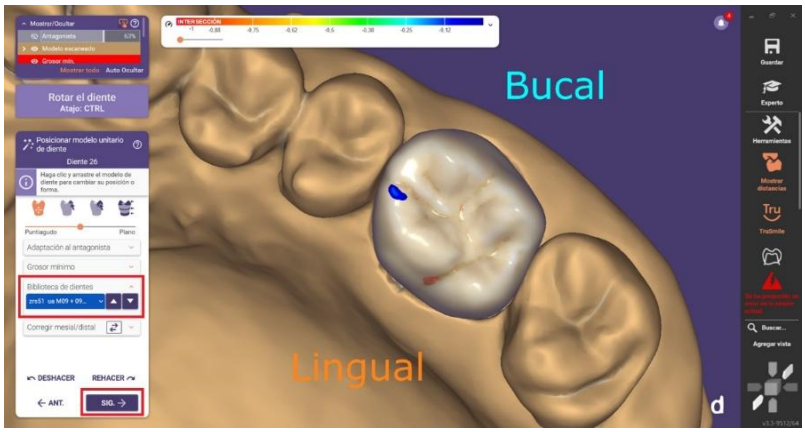


14. Escoger el diente adecuado desde la biblioteca dental y confirmar.

La elección del diente garantiza funcionalidad y estética acorde al caso clínico. Como se aprecia en la Figura 21.

Figura 21

Diseño en Exocad, paso 14



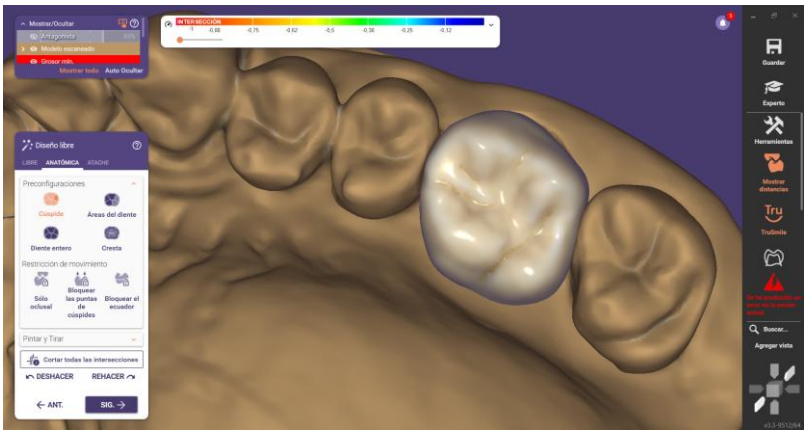
- **Diseño y adaptación**

15. Modelar la corona con ajustes funcionales.

El diseño tridimensional asegura la integración anatómica y funcional de la restauración. Como se presenta en la Figura 22.

Figura 22

Diseño en Exocad, paso 15

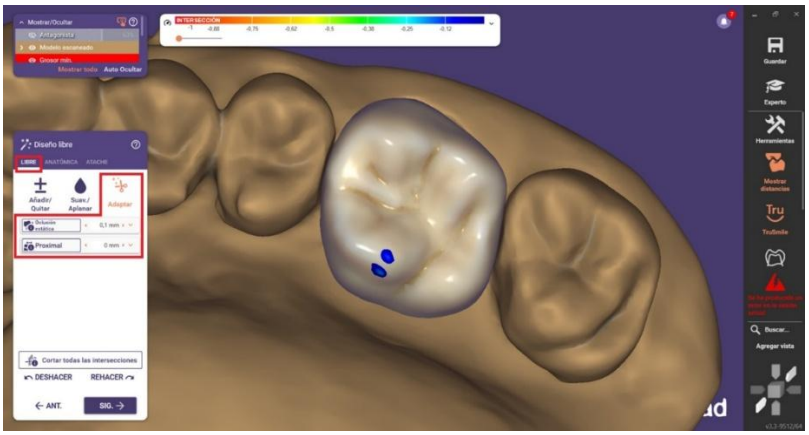


16. Aplicar las opciones de adaptación: libre, oclusión estática y proximal.

Estas funciones optimizan el ajuste oclusal e interproximal de la corona. Como se aprecia en la Figura 23.

Figura 23

Diseño en Exocad, paso 16

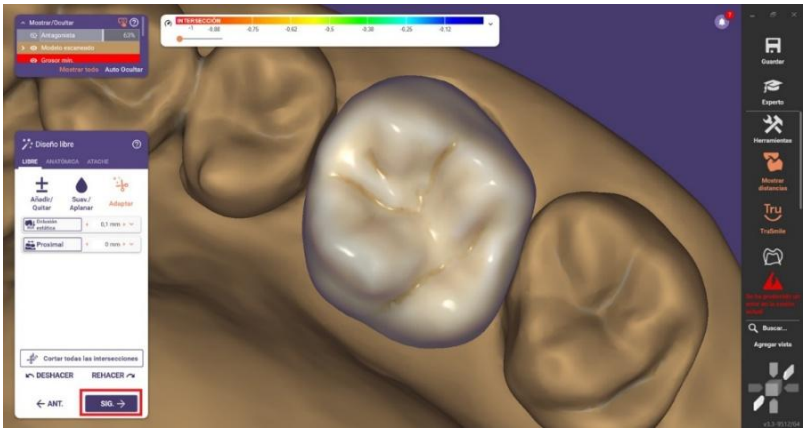


17. Confirmar el diseño y avanzar al siguiente paso.

La validación permite consolidar las modificaciones realizadas en el modelo digital. Como se aprecia en la figura 24.

Figura 24

Diseño en Exocad, paso 17

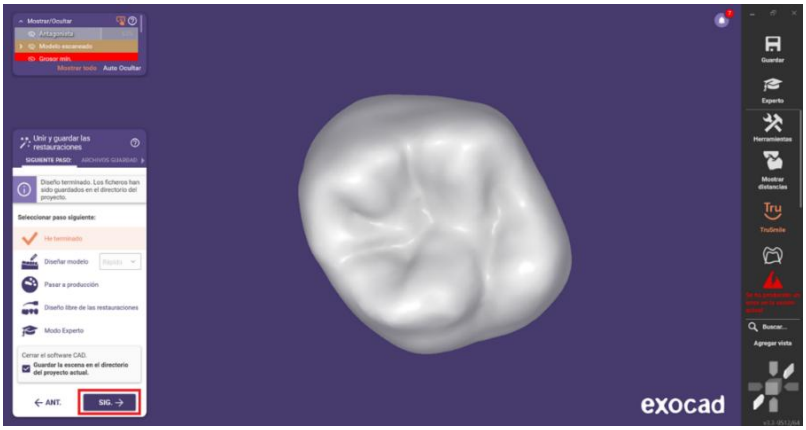


18. Generar la corona terminada y adaptada**.**

El software produce la restauración final lista para exportación. Como se observa en la Figura 25.

Figura 25

Diseño en Exocad, paso 18



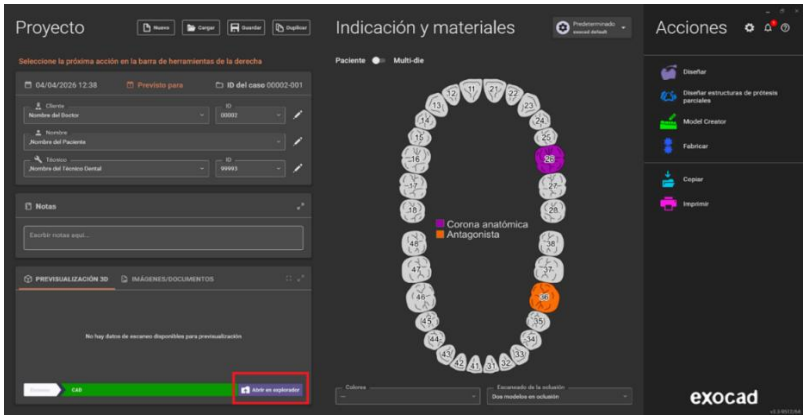
- **Finalización y exportación**

19. Localizar el archivo STL de la corona en el explorador.

La exportación en formato STL facilita la fabricación mediante sistemas CAD/CAM. Como se presenta en la Figura 26.

Figura 26

Diseño en Exocad, paso 19

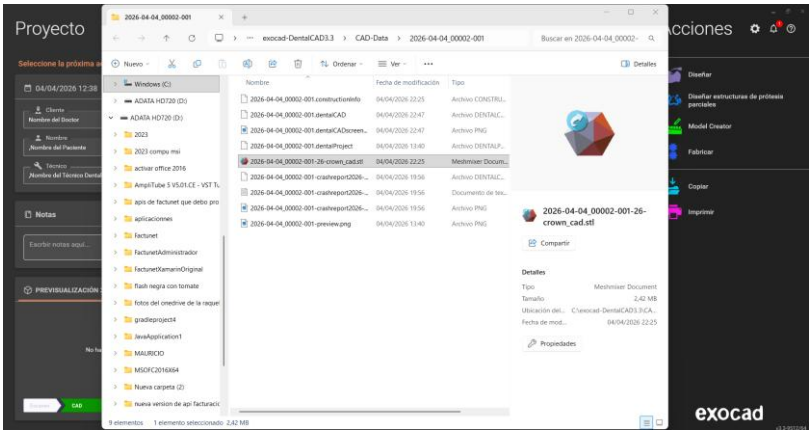


20. Identificar el archivo con nombre por defecto “crown_cad.stl”.

La nomenclatura automática asegura la organización y trazabilidad del archivo digital. Como se aprecia en la Figura 27.

Figura 27

Diseño en Exocad, paso 20



3.6.2. Protocolo del paso a paso para elaborar una corona individual sobre muñón en el programa Blender for Dental.

El presente protocolo de trabajo en el software Blender for Dental constituye una guía metodológica orientada a estandarizar el proceso de diseño digital de coronas individuales sobre muñón. Su correcta aplicación permite garantizar precisión en el modelado, coherencia técnica en cada etapa del flujo digital y uniformidad en la elaboración de restauraciones dentro del laboratorio TESA.

- **Materiales e Insumos**
    - **a)** Modelos digitales escaneados en formato STL (arcada superior e inferior).
    - **b)** Bibliotecas digitales de piezas dentales disponibles en Blender for Dental.
    - **c)** Material de restauración seleccionado, preferentemente Zirconio por su resistencia y estética.
- **Equipos e Instrumentos**
    - a) Computador con software Blender 3.6.21 y complemento Blender for Dental instalado.
    - b) Escáner intraoral o de laboratorio para la obtención de modelos digitales.
- **Pasos por Seguir**

1. Seleccionar la opción “General” en la interfaz inicial de Blender.

Al iniciar el software Blender versión 3.6.21, se presenta una pantalla de inicio que permite seleccionar diferentes espacios de trabajo, como se observa en la Figura 28. La opción “General” habilita el entorno estándar para el modelado tridimensional, el cual será utilizado en el desarrollo del diseño protésico.

Figura 28

Diseño en Blender for Dental, paso 1

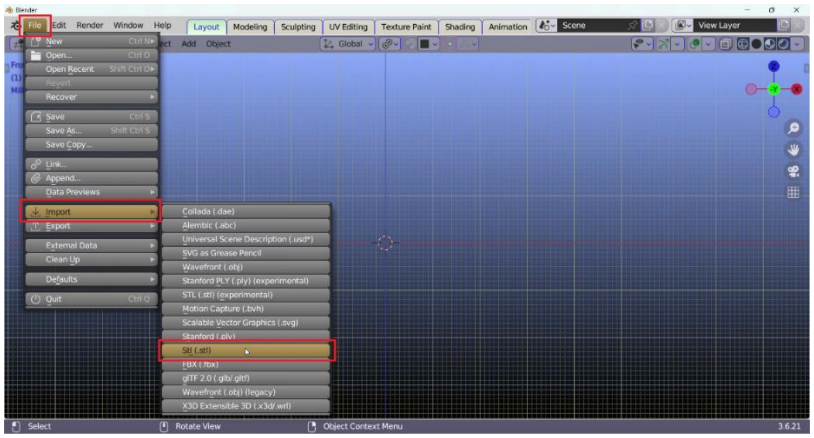


2. Acceder al menú “File”, seleccionar “Import” y elegir el formato “STL”.

Este procedimiento permite ingresar a la función de importación del software, mediante la cual se gestiona la incorporación de archivos tridimensionales al entorno de trabajo, como se observa en la Figura 29.

Figura 29

Diseño en Blender for Dental, paso 2

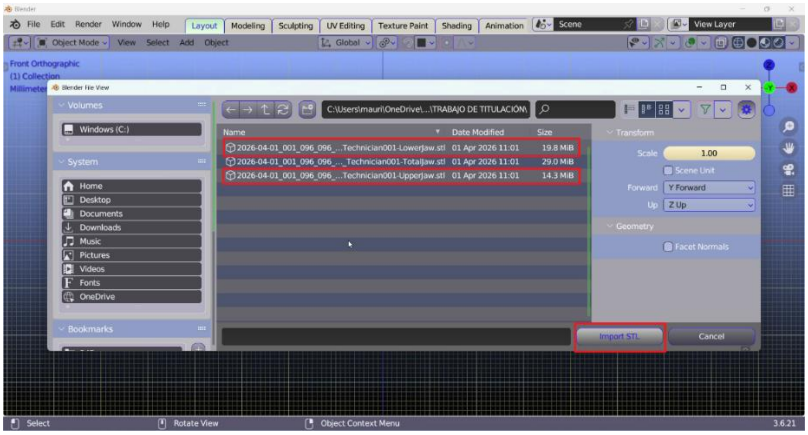


3. Localizar y seleccionar los archivos STL correspondientes a los modelos superior e inferior, y ejecutar la importación.

La selección de los archivos STL permite incorporar los modelos digitales específicos de las arcadas dentales, los cuales serán utilizados como base para el desarrollo del diseño protésico, como se observa en la Figura 30.

Figura 30

Diseño en Blender for Dental, paso 3

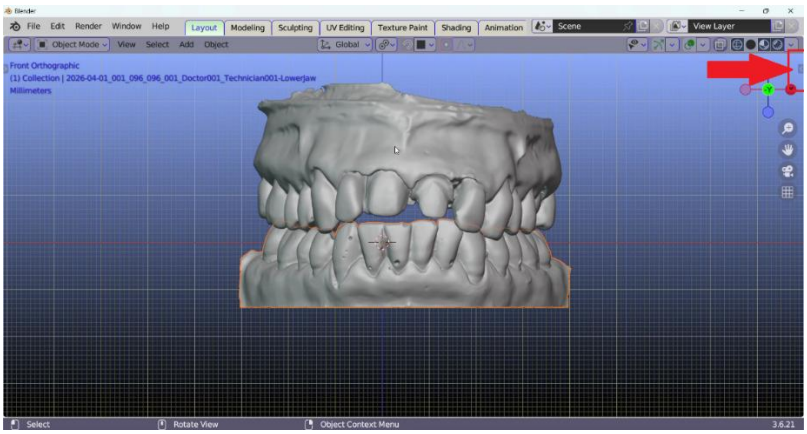


4. Acceder al panel de herramientas ubicado en la esquina superior derecha de la interfaz.

El panel de herramientas contiene las funciones específicas de Blender for Dental, necesarias para la manipulación y diseño de estructuras protésicas, como se observa en la Figura 31.

Figura 31

Diseño en Blender for Dental, paso 4

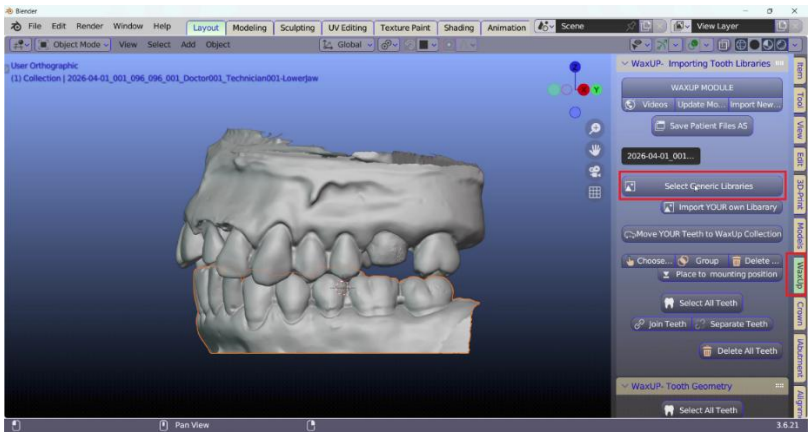


5. Seleccionar el módulo “WaxUp” y acceder a la opción “Select Generic Libraries”.

El acceso a la opción “Select Generic Libraries” permite visualizar las bibliotecas digitales disponibles dentro del módulo WaxUp, desde las cuales se podrán seleccionar posteriormente las piezas dentales necesarias para el diseño protésico, como se observa en la Figura 32.

Figura 32

Diseño en Blender for Dental, paso 5

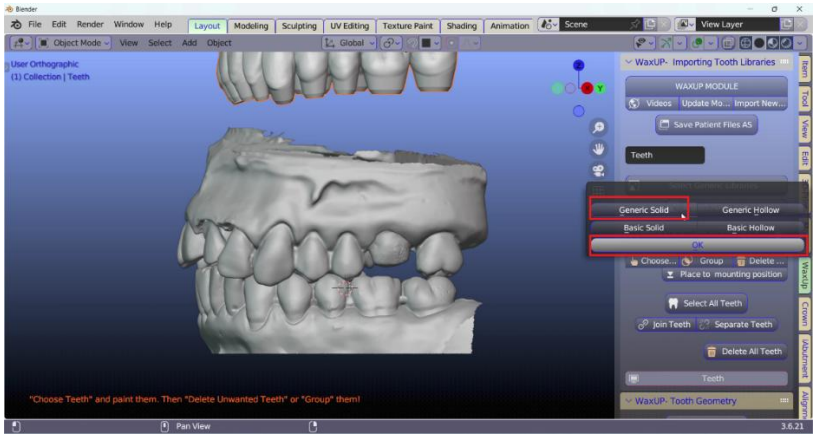


6. Seleccionar la opción “Generic Solid” y confirmar mediante el botón “Ok”.

La selección de la biblioteca “Generic Solid” permite cargar un conjunto de piezas dentales predefinidas en formato tridimensional. Estos elementos constituyen la base para la posterior selección, adaptación y diseño de la restauración protésica dentro del entorno digital, como se observa en la Figura 33.

Figura 33

Diseño en Blender for Dental, paso 6

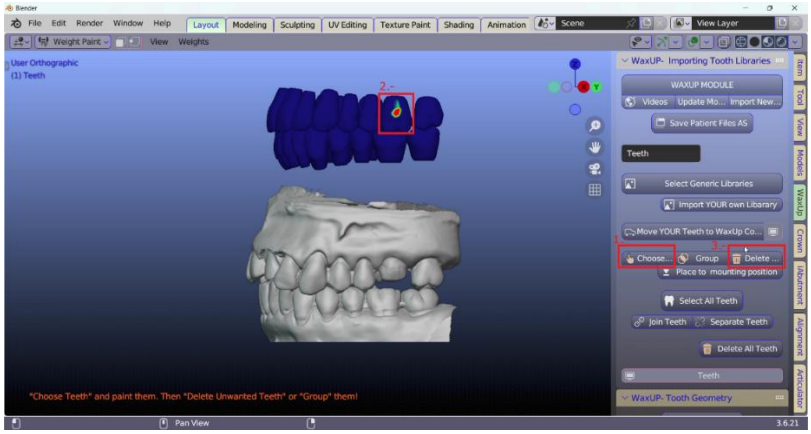


7. Seleccionar la opción “Choose”, delimitar la pieza dental de interés mediante el mapa de selección y eliminar las estructuras no requeridas mediante la opción “Delete”.

La herramienta “Choose” permite realizar la selección individual de una pieza dental dentro del conjunto cargado mediante un sistema de selección visual. La opción “Delete” elimina las estructuras no seleccionadas, permitiendo trabajar exclusivamente con la pieza dental de interés y optimizando el proceso de diseño protésico, como se observa en la Figura 34.

Figura 34

Diseño en Blender for Dental, paso 7

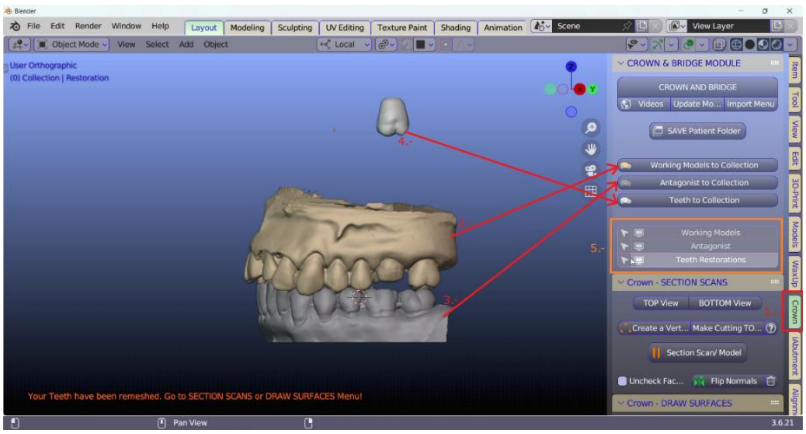


8. Acceder al módulo “Crown” dentro de la sección “CROWN & BRIDGE MODULE”. Asignar el modelo de trabajo mediante la opción “Working Model to Collection”, el modelo antagonista mediante “Antagonist to Collection” y la pieza dental mediante “Teeth to Collection”.

La asignación de los elementos a sus respectivas colecciones permite organizar el modelo de trabajo, el antagonista y la pieza dental dentro del entorno digital. Esta estructuración facilita la gestión individual de cada componente durante el diseño protésico. Adicionalmente, el panel de visualización permite controlar la visibilidad de los objetos, optimizando el análisis y la manipulación de las estructuras involucradas, como se observa en la Figura 35.

Figura 35

Diseño en Blender for Dental, paso 8

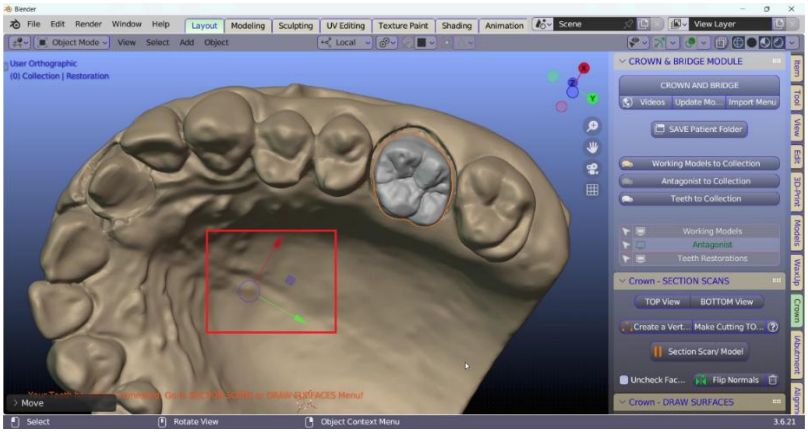


9. Posicionar la pieza dental sobre el muñón mediante el uso del gizmo de transformación.

El gizmo de transformación permite desplazar la pieza dental dentro del entorno tridimensional para su correcta ubicación sobre el muñón. Sin embargo, el punto de origen del objeto puede no coincidir con el centro de su geometría, lo que puede afectar la precisión del posicionamiento inicial, como se observa en la Figura 36.

Figura 36

Diseño en Blender for Dental, paso 9

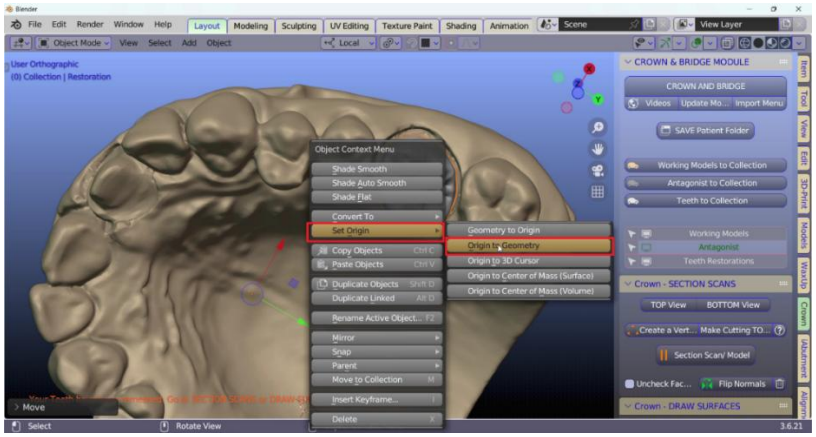


10. Acceder al menú contextual del objeto, seleccionar la opción “Set Origin” y definir “Origin to Geometry”.

La opción “Origin to Geometry” permite reposicionar el punto de origen del objeto al centro de su geometría. Este ajuste garantiza que el gizmo de transformación se ubique correctamente, facilitando un posicionamiento preciso de la pieza dental sobre el muñón, como se observa en la Figura 37.

Figura 37

Diseño en Blender for Dental, paso 10

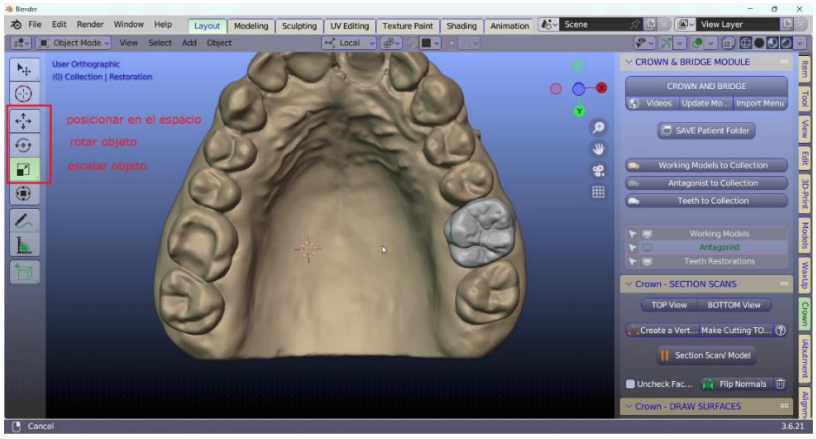


11. Ajustar la posición, rotación y escala de la pieza dental mediante las herramientas de transformación en modo objeto.

Las herramientas de transformación permiten modificar la ubicación, orientación y proporción de la pieza dental dentro del entorno tridimensional. Este ajuste es fundamental para lograr una adecuada alineación con el muñón y una correcta integración en el contexto oclusal del modelo protésico, como se observa en la Figura 38.

Figura 38

Diseño en Blender for Dental, paso 11

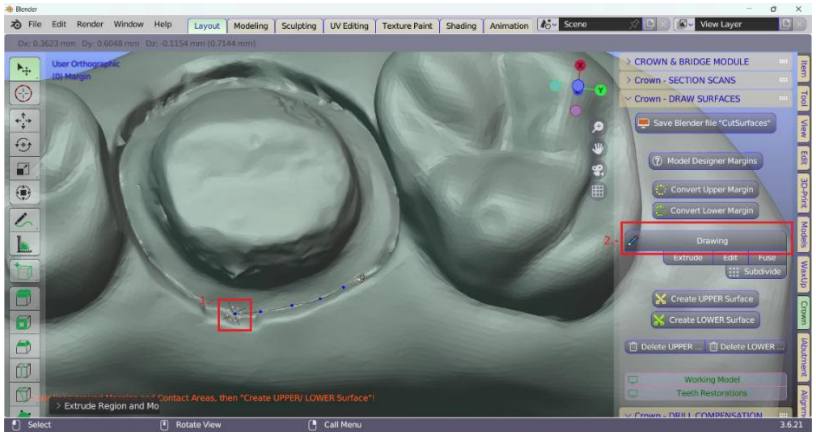


12. Acceder a la sección “Crown-DRAW SURFACES”, posicionar el cursor 3D sobre el muñón, seleccionar el modelo de trabajo y activar la opción “Drawing” para iniciar el trazado del margen mediante la extrusión de vértices.

El trazado del margen protésico se realiza a partir de la delimitación precisa del contorno del muñón, utilizando herramientas de modelado que permiten generar una línea continua mediante la extrusión de vértices. Este procedimiento es fundamental para definir el límite de la restauración, asegurando una adecuada adaptación cervical y precisión en el diseño de la corona, como se observa en la Figura 39.

Figura 39

Diseño en Blender for Dental, paso 12

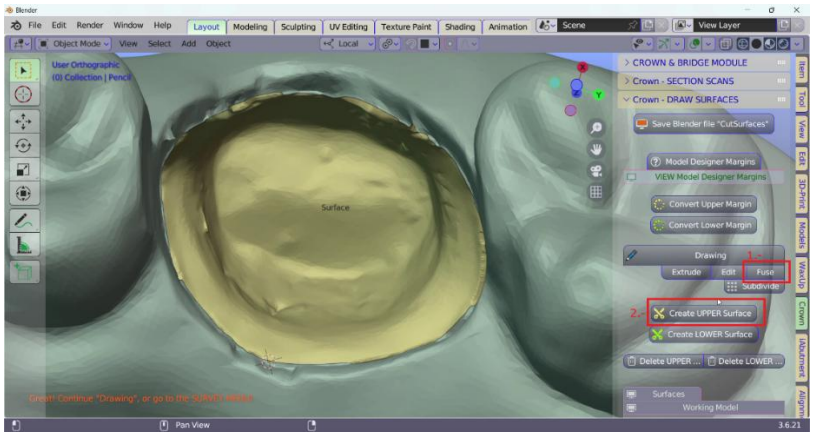


13. Cerrar la línea de margen mediante la opción “Fuse” y generar la superficie superior utilizando “Create UPPER Surface”.

El uso de la herramienta “Fuse” permite unificar los vértices del trazado, logrando el cierre completo del margen protésico. Posteriormente, la opción “Create UPPER Surface” genera una superficie tridimensional sobre el muñón, estableciendo la base para la construcción de la restauración, como se observa en la Figura 40.

Figura 40

Diseño en Blender for Dental, paso 13

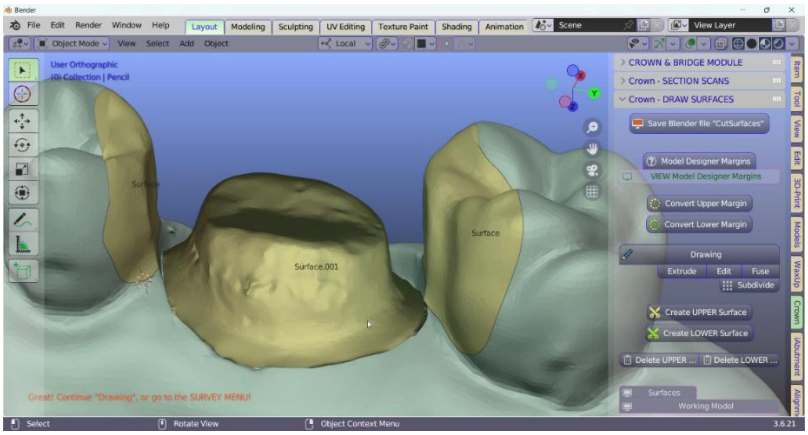


14. Delimitar las áreas proximales en las zonas mesial y distal mediante la herramienta “Drawing”.

La herramienta “Drawing” permite trazar las áreas proximales mediante la generación de vértices sobre las piezas dentales adyacentes del modelo. Una vez definido el contorno se emplea la opción “Fuse” para unificar los vértices y cerrar el trazado. Posteriormente, mediante “Create UPPER Surface”, se generan las superficies tridimensionales correspondientes. Este procedimiento permite establecer las bases para la formación de contactos interproximales adecuados con las piezas dentales adyacentes, como se observa en la Figura 41.

Figura 41

Diseño en Blender for Dental, paso 14

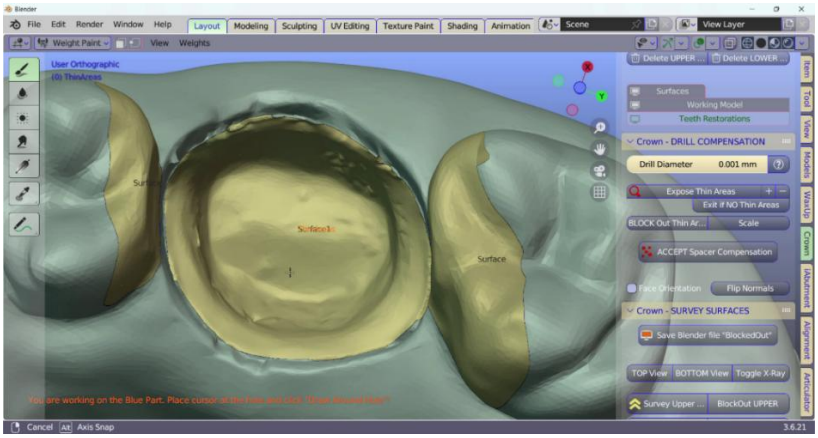


15. Acceder a la sección “Crown – Drill Compensation” y ajustar el parámetro “Drill Diameter”.

La compensación de fresa permite adaptar el diseño de la restauración a las limitaciones físicas de las herramientas de fresado. El parámetro “Drill Diameter” define el diámetro de la fresa que será utilizada en el proceso de manufactura, permitiendo al software realizar ajustes en las zonas internas de la restauración para evitar interferencias y garantizar una adecuada reproducibilidad del diseño, como se observa en la Figura 42.

Figura 42

Diseño en Blender for Dental, paso 15

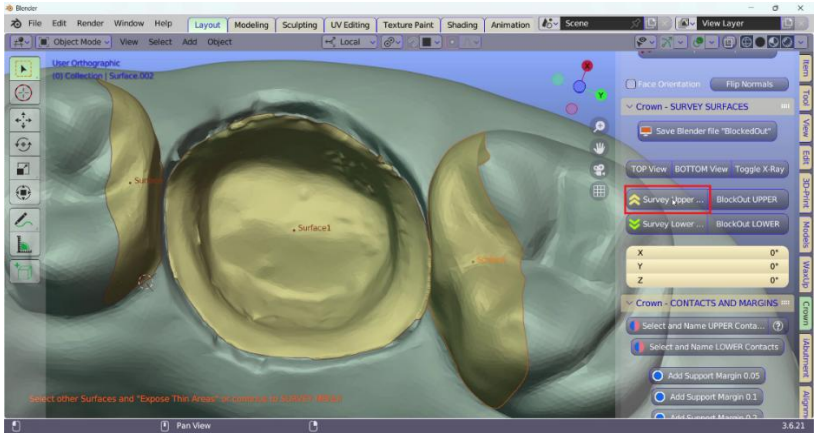


16. Acceder a la sección “Crown-Survey Surfaces”, seleccionar las superficies proximales y la superficie del muñón, y ejecutar la opción “Survey Upper”.

La herramienta “Survey Surfaces” permite analizar la dirección de inserción de la restauración mediante la evaluación de las superficies seleccionadas. La opción “Survey Upper” identifica posibles interferencias y socavados, facilitando el ajuste del diseño para garantizar una correcta adaptación y colocación de la corona sobre el muñón, como se observa en la Figura 43.

Figura 43

Diseño en Blender for Dental, paso 16

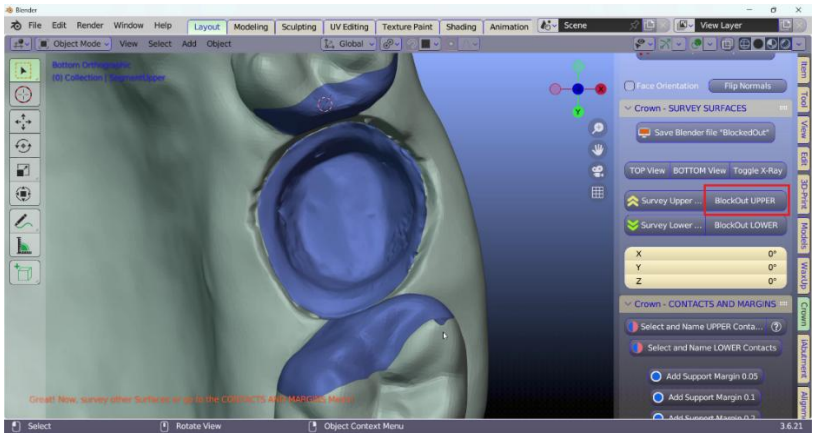


17. Ejecutar la opción “BlockOut UPPER” para el bloqueo de socavados en las superficies analizadas.

La herramienta “BlockOut UPPER” permite eliminar los socavados presentes en las superficies seleccionadas, generando una configuración más paralela que favorece la correcta vía de inserción de la restauración, como se observa en la Figura 44. La visualización de las superficies en color azul actúa como un indicador del software que confirma la aplicación del bloqueo.

Figura 44

Diseño en Blender for Dental, paso 17

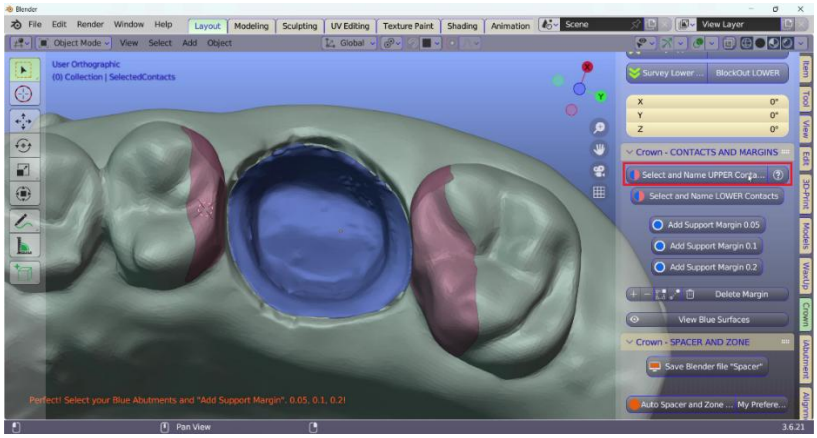


18. Acceder a la sección “Crown-CONTACTS AND MARGINS”, seleccionar las superficies proximales y ejecutar la opción “Select and Name Upper Contacts”.

La opción “Select and Name UPPER Contacts” permite definir las áreas de contacto interproximal en la restauración. La visualización en color rosa actúa como indicador de su correcta selección, como se observa en la Figura 45.

Figura 45

Diseño en Blender for Dental, paso 18

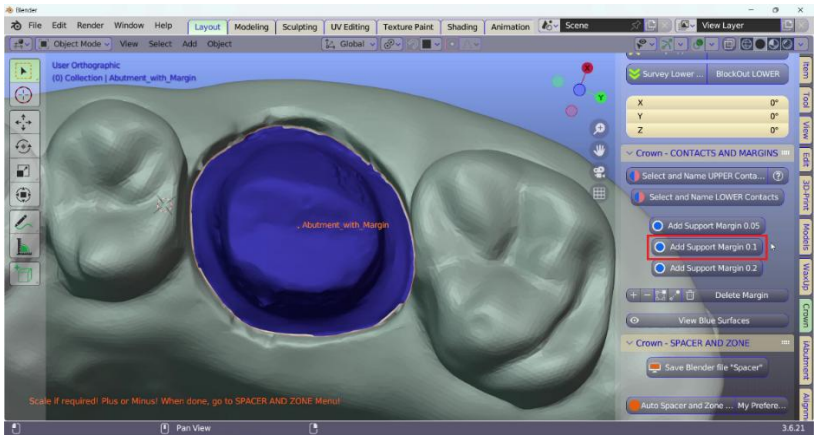


19. Seleccionar el muñón y ejecutar la opción “Add Support Margin 0.1”.

La opción “Add Support Margin 0.1” genera un margen de soporte alrededor del muñón con un espesor de 0.1 mm, proporcionando una delimitación adecuada para el diseño de la restauración. La visualización del margen y el cambio de color del modelo actúan como indicadores de su correcta aplicación, como se observa en la Figura 46.

Figura 46

Diseño en Blender for Dental, paso 19

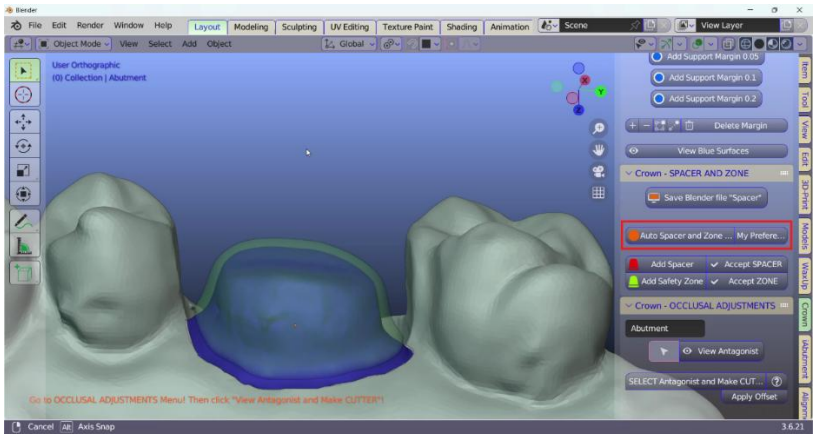


20. Acceder a la sección “Crown – SPACER AND ZONE” y ejecutar la opción “Auto Spacer and Zone”.

La opción “Auto Spacer and Zone” genera el espacio interno necesario para el cemento entre la restauración y el muñón, como se observa en la Figura 47.

Figura 47

Diseño en Blender for Dental, paso 20

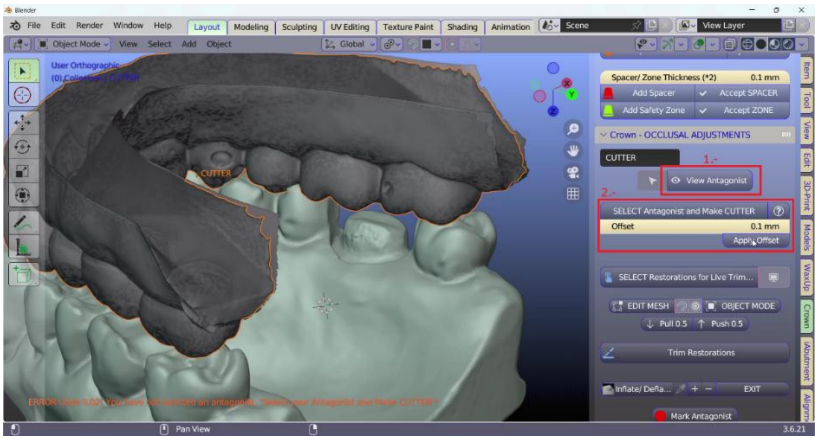


21. Acceder a la sección “Crown – OCCLUSAL ADJUSTMENTS”, activar la opción “View Antagonist”, seleccionar el modelo antagonista, definir un offset de 0.1 mm y aplicar el ajuste mediante “Apply Offset”.

El ajuste oclusal permite establecer una distancia controlada entre la restauración y el modelo antagonista. La aplicación de un offset de 0.1 mm evita contactos prematuros, favoreciendo una oclusión adecuada y funcional, como se observa en la Figura 48.

Figura 48

Diseño en Blender for Dental, paso 21

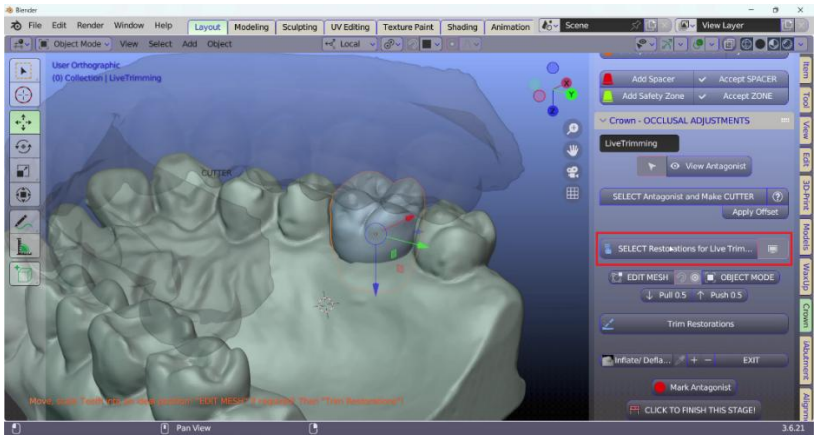


22. Seleccionar la restauración y ejecutar la opción “Select Restorations for Live Trim”.

Como resultado del ajuste oclusal previo, el modelo antagonista se presenta en modo translúcido, lo que facilita la visualización de las áreas de contacto. La herramienta “Live Trim” permite realizar un ajuste automático de la restauración, eliminando interferencias oclusales y optimizando la relación funcional con el antagonista, como se observa en la Figura 49.

Figura 49

Diseño en Blender for Dental, paso 22

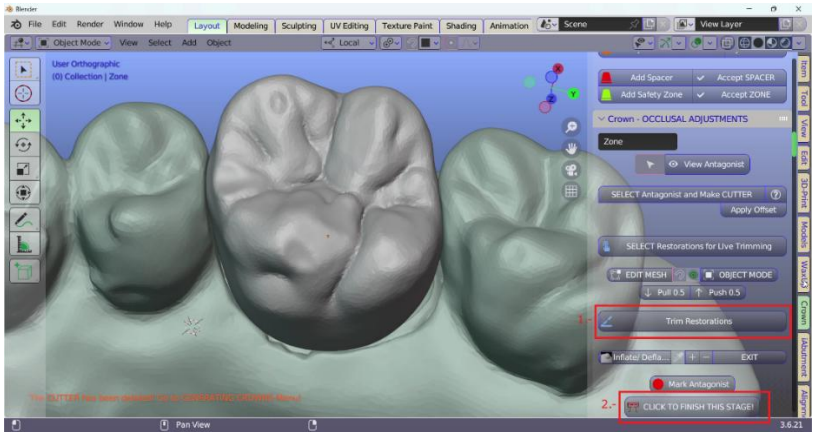


23. Ejecutar la opción “Trim Restorations” y finalizar la etapa mediante “CLICK TO FINISH THIS STAGE”.

La opción “Trim Restorations” realiza el recorte automático de la restauración en función de los contactos con el modelo antagonista, eliminando interferencias oclusales residuales, como se observa en la Figura 50.

Figura 50

Diseño en Blender for Dental, paso 23

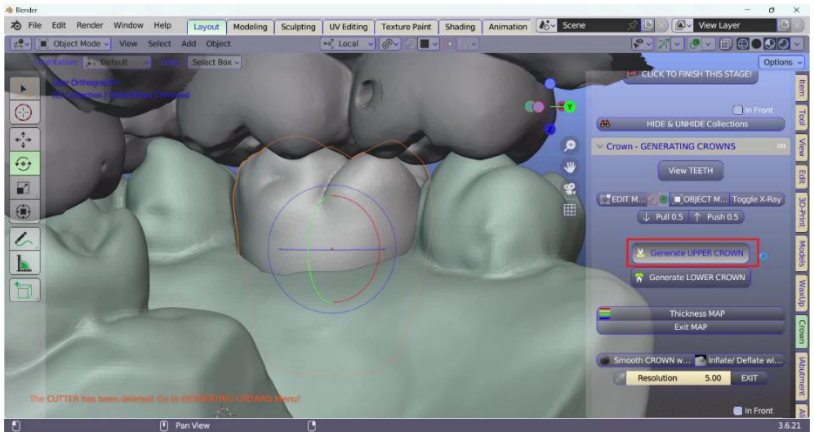


24. Acceder a la sección “Crown – GENERATING CROWNS”, seleccionar la restauración y ejecutar la opción “Generate UPPER Crown”.

La opción “Generate UPPER Crown” permite generar automáticamente la morfología final de la restauración, ajustándola a las condiciones del muñón y a los parámetros previamente definidos en el diseño, como se observa en la Figura 51.

Figura 51

Diseño en Blender for Dental, paso 24

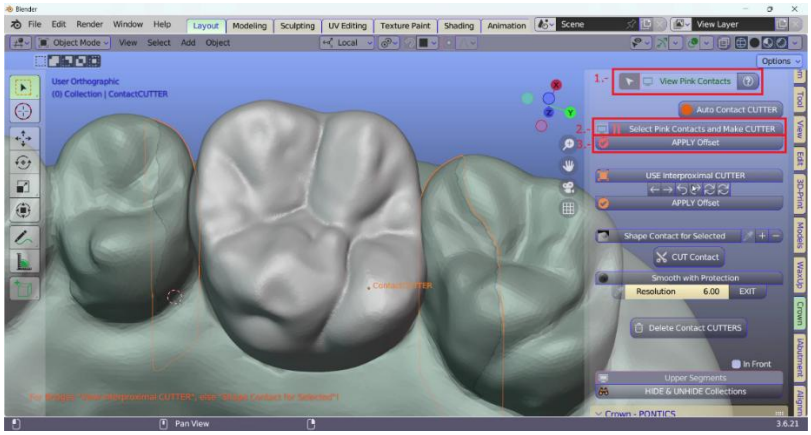


25. Acceder a la sección “Crown – CONTACT CREATION”, activar la opción “View Pink Contacts”, ejecutar “Select Pink Contacts and Make CUTTER” y aplicar el ajuste mediante “Apply Offset”.

La herramienta “Contact Creation” permite generar superficies de contacto interproximal mediante la creación de elementos tipo cutter, los cuales ajustan la morfología de la restauración en las zonas adyacentes, como se observa en la Figura 52.

Figura 52

Diseño en Blender for Dental, paso 25

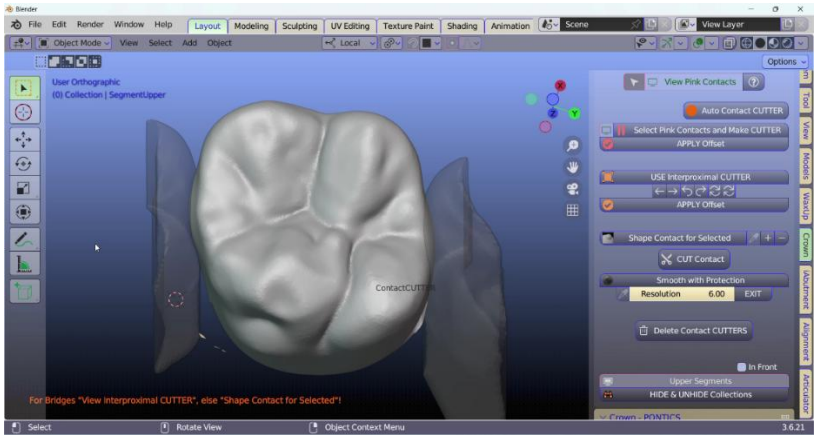


26. Ocultar el modelo antagonista para la evaluación de los contactos interproximales.

La ocultación del modelo antagonista permite una visualización clara de las áreas de contacto interproximal, facilitando su análisis y ajuste dentro del diseño de la restauración, como se observa en la Figura 53.

Figura 53

Diseño en Blender for Dental, paso 26

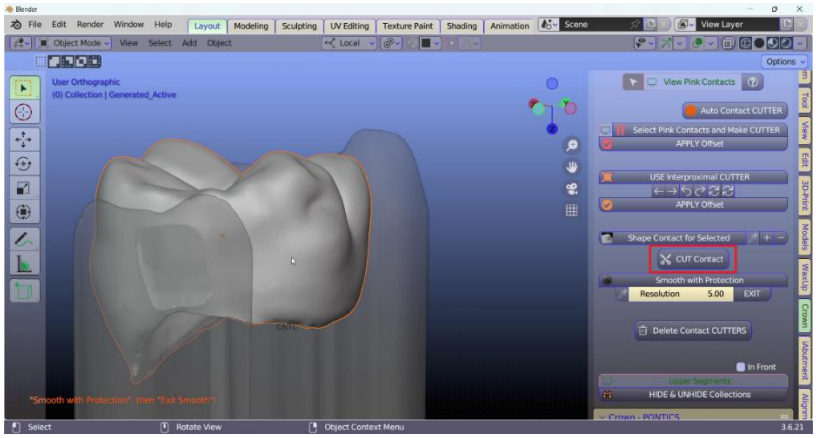


27. Seleccionar la restauración y ejecutar la opción “CUT Contact”.

La herramienta “CUT Contact” permite ajustar las áreas interproximales mediante el recorte de la restauración en función de los contactos con las piezas adyacentes, optimizando su adaptación dentro del arco dental, como se observa en la Figura 54.

Figura 54

Diseño en Blender for Dental, paso 27

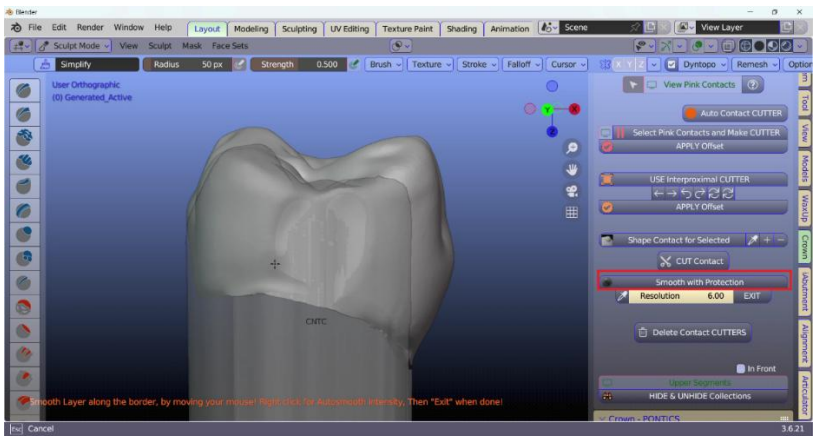


28. Ejecutar la opción “Smooth with Protection” para el suavizado de las áreas interproximales.

La herramienta “Smooth with Protection” permite regularizar las superficies interproximales tras el recorte, manteniendo las áreas críticas de contacto y mejorando la continuidad y acabado de la restauración, como se observa en la Figura 55.

Figura 55

Diseño en Blender for Dental, paso 28

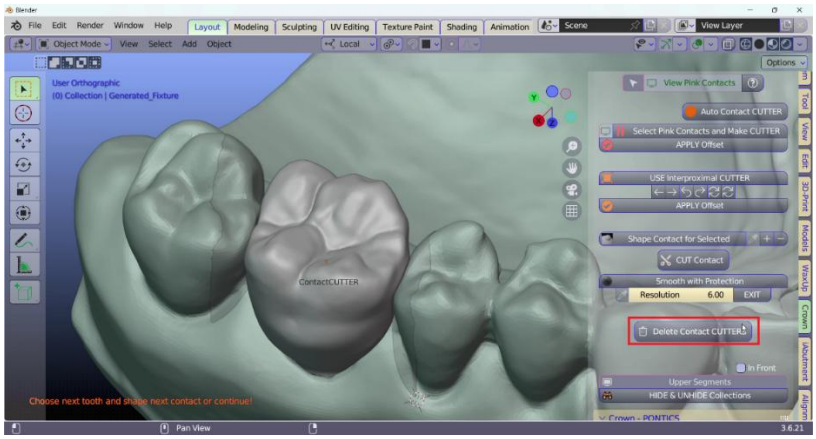


29. Salir del modo escultura mediante “EXIT” y eliminar los elementos auxiliares utilizando “Delete Contact CUTTER”.

La opción “EXIT” permite finalizar el modo escultura utilizado en el suavizado de superficies. Posteriormente, “Delete Contact CUTTER” elimina los elementos auxiliares empleados en el ajuste de contactos interproximales, conservando únicamente la geometría final de la restauración, como se observa en la Figura 56.

Figura 56

Diseño en Blender for Dental, paso 29

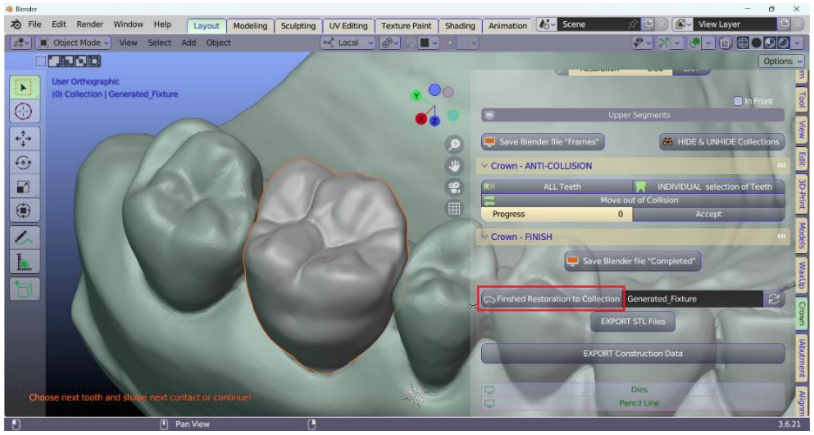


30. Acceder a la sección “Crown – FINISH”, seleccionar la restauración y ejecutar la opción “Finished Restoration to Collection”.

La opción “Finished Restoration to Collection” permite organizar la restauración final dentro de una colección específica, separándola de los elementos de trabajo y consolidándola como resultado definitivo del proceso de diseño, como se observa en la Figura 57.

Figura 57

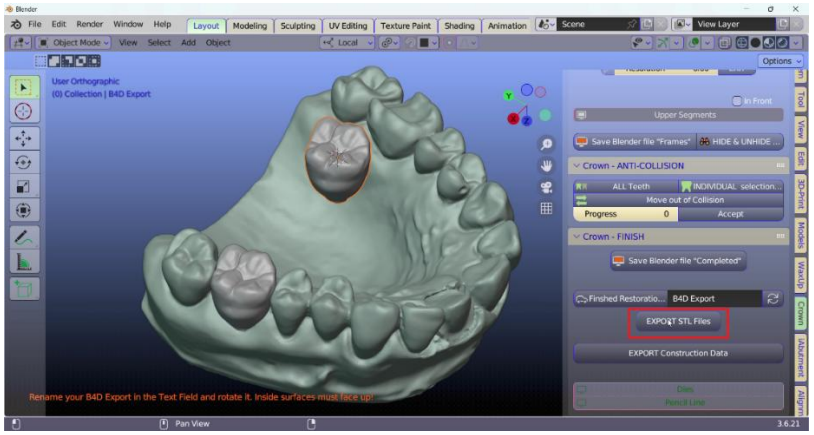
Diseño en Blender for Dental, paso 30



31. Seleccionar la restauración final generada en la colección y ejecutar la opción "EXPORT STL Files", como se observa en la Figura 58.

Figura 58

Diseño en Blender for Dental, paso 31

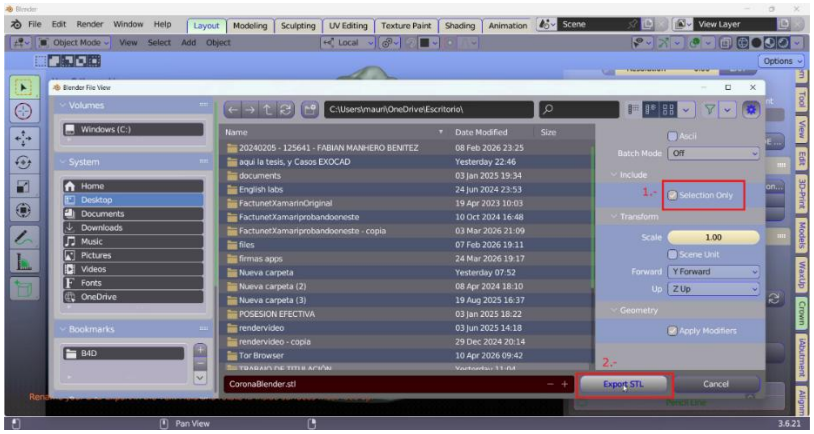


32. Definir la ruta de almacenamiento, activar la opción "Selection Only" y ejecutar la exportación mediante "Export STL".

La opción "Selection Only" permite exportar exclusivamente la restauración seleccionada, evitando la inclusión de otros elementos del entorno. La definición de la ruta de almacenamiento garantiza la correcta gestión del archivo STL para su uso en procesos de fabricación digital, como se observa en la Figura 59.

Figura 59

Diseño en Blender for Dental, paso 32

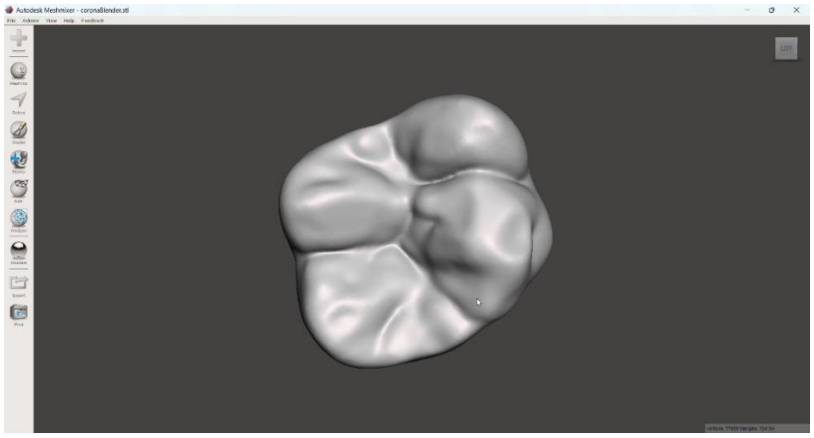


33. Abrir el archivo STL exportado para la verificación de la restauración final.

La apertura del archivo STL permite visualizar la restauración de manera independiente, confirmando su correcta generación como producto final del diseño digital, como se observa en la Figura 60.

Figura 60

Diseño en Blender for Dental, paso 33



Capítulo IV

Resultados y Discusión

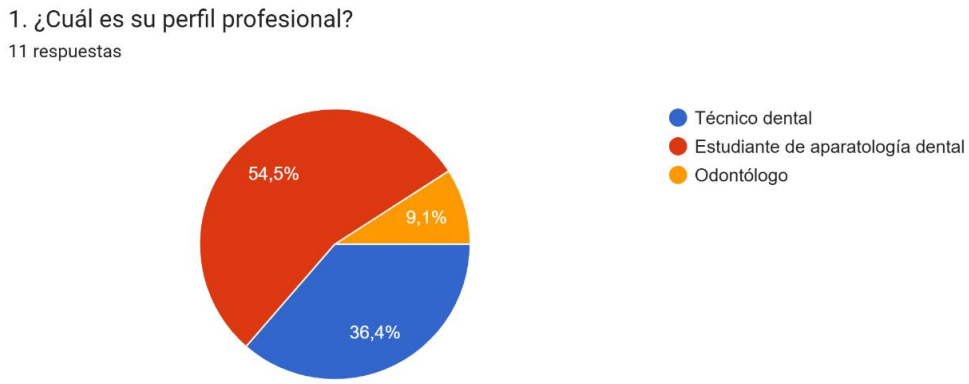
4.1 Análisis e interpretación de resultados de la encuesta inicial

La encuesta inicial fue diseñada con el propósito de obtener una visión panorámica y objetiva sobre las percepciones, experiencias y conocimientos de los diversos participantes en relación con el tema de estudio. Este instrumento, que consta de 10 preguntas, como se evidencia en el ANEXO B, fue aplicado a una muestra de 11 participantes. La encuesta permitió recopilar información relevante y sistémica, que constituyó una base diagnóstica que analizó necesidades, fortalezas y ciertas áreas de mejora. Al estar conformada por preguntas estructuradas, aseguró la validez de los datos y facilitó su estudio, aportando evidencia empírica para la discusión académica y técnica.

Los resultados obtenidos en la pregunta 1, presentados en la Figura 61, evidencian que la mayor parte de los encuestados corresponde en un 54.5% a estudiantes de aparatología dental, seguidos por el 36.4% de técnicos dentales, mientras que la participación de odontólogos es menor y corresponde a un 9.1%. Esto indica que la muestra se encuentra principalmente enfocada en un contexto formativo y técnico, lo cual resulta pertinente para el desarrollo del presente estudio, ya que permite analizar la percepción y el nivel de conocimiento desde quienes se encuentran en proceso de formación y futura aplicación de herramientas digitales en el laboratorio dental.

Figura 61

Resultado Encuesta Inicial: Pregunta 1

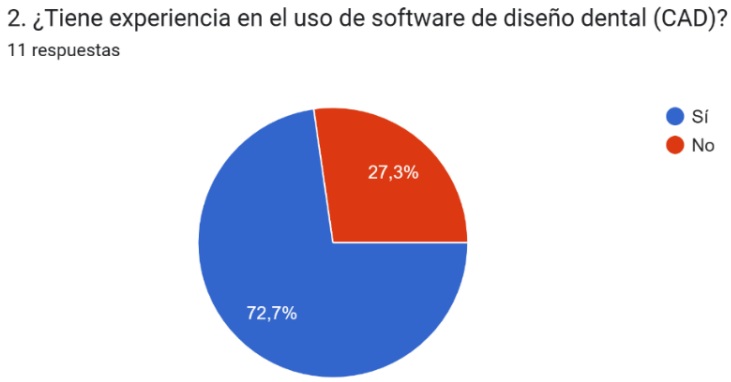


Nota. Resultado de encuesta inicial aplicada

Los resultados obtenidos para la pregunta 2, presentados en la Figura 62, muestran que el 72,7% de los encuestados ha trabajado previamente con software de diseño dental, mientras que un 27,3% no ha tenido experiencia previa, lo que indica que existe una base con herramientas digitales en el ámbito del laboratorio. Sin embargo, el porcentaje de personas que no tienen experiencia, evidencia que aún hay parte del personal en proceso de adaptación. Esta situación refuerza la importancia de desarrollar un protocolo que permita estandarizar el diseño de coronas sobre muñón en Exocad y Blender for Dental.

Figura 62

Resultado Encuesta Inicial: Pregunta 2

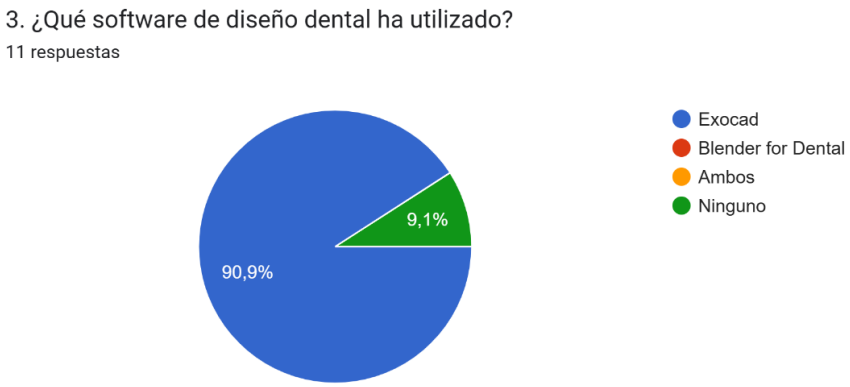


Nota. Resultado de encuesta inicial aplicada

Los datos obtenidos para la pregunta 3, presentados en la Figura 63, reflejan que el 90,9% de los encuestados ha utilizado Exocad como el software principal de diseño dental, mientras que Blender for Dental no ha sido empleado por ninguno, lo que indica una preferencia clara por Exocad entre los participantes. Esta tendencia sugiere que el protocolo técnico deberá considerar de manera prioritaria las funcionalidades de Exocad. Pero el pequeño porcentaje equivalente al 9,1% no ha utilizado ningún software, lo que evidencia la necesidad de incluir procesos de formación para aquellos que carecen de experiencia en el uso de herramientas digitales en el área dental.

Figura 63

Resultado Encuesta Inicial: Pregunta 3

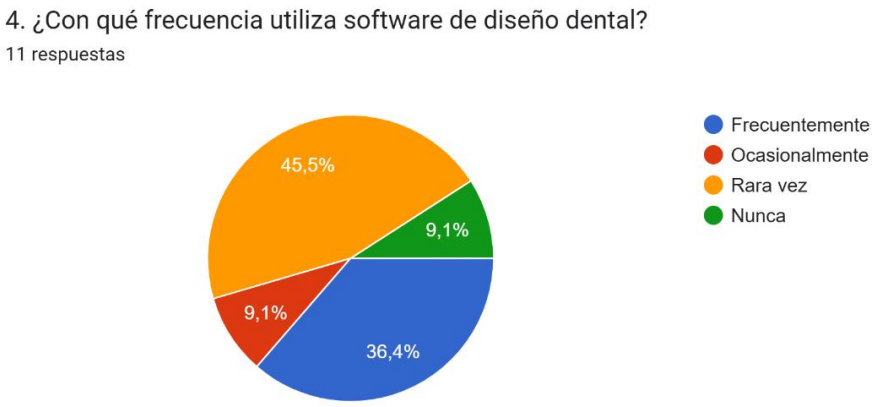


Nota. Resultado de encuesta inicial aplicada

Los resultados obtenidos para la pregunta 4, presentados en la Figura 64, evidencian que el uso de software de diseño dental no se encuentra completamente integrado en la práctica habitual de los encuestados: solo el 45.5% utiliza exocad con poca frecuencia, un 36.4% lo utiliza de manera frecuente, un 9.1% ocasionalmente y otro 9.1% nunca ha utilizado. Esto sugiere que, aunque existe cierto nivel de conocimiento sobre estas herramientas, su aplicación práctica todavía es limitada, posiblemente debido a factores como la falta de experiencia, acceso o dominio técnico. Por lo tanto, se evidencia la necesidad de fortalecer el uso continuo de estos programas mediante la implementación de procedimientos estructurados que faciliten su aplicación dentro del laboratorio dental.

Figura 64

Resultado Encuesta Inicial: Pregunta

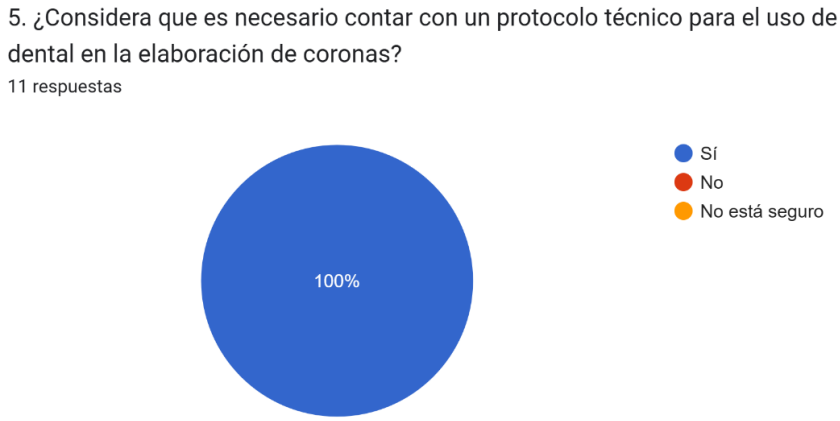


Nota. Resultado de encuesta inicial aplicada

Los resultados para la pregunta 5, presentados en la Figura 65, evidencian una aceptación total del 100% de los encuestados respecto a la necesidad de contar con un protocolo técnico para el uso de software de diseño dental en la elaboración de coronas. Esto refleja la importancia de establecer una guía clara para usar el software correctamente de manera ordenada y sin errores en el proceso de diseño. En este sentido se confirma que el desarrollo de un protocolo técnico resulta necesario dentro del laboratorio dental.

Figura 65

Resultado Encuesta Inicial: Pregunta 5



Nota. Resultado de encuesta inicial aplicada

Los resultados obtenidos para la pregunta 6, presentados en la Figura 66, evidencian que el 63.6% de los encuestados sugiere que la precisión del diseño es el aspecto más valorado al momento de realizar una corona digital, lo que refleja que la calidad y la exactitud son prioridad en el resultado final. En menor medida, con un 18.2%, se consideran otros factores como el ajuste protésico, con un 9.1% la facilidad del proceso y 9.1% el tiempo de trabajo, lo que indica que, pese a ser relevantes, no superan la importancia de lograr un diseño preciso.

Figura 66

Resultado Encuesta Inicial: Pregunta 6

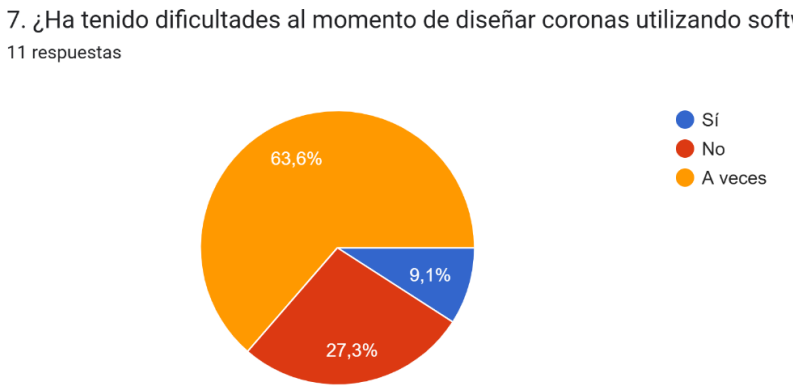


Nota. Resultado de encuesta inicial aplicada

Los resultados obtenidos en la pregunta 7, presentados en la Figura 67, permiten observar que el 63,6% de los encuestados presenta dificultades ocasionales al momento de diseñar coronales utilizando software CAD, lo que indica que pese a existir cierto nivel de manejo de estas herramientas aún no se alcanza un dominio completo de su aplicación. Por otro lado, el 27,3% no presenta dificultades, lo que sugiere que la experiencia y el conocimiento influyen en el desempeño del diseño digital. Y por último, el 9.1% sugiere haber tenido problemas con su diseño; por lo que se identifica la necesidad de establecer procedimientos que orienten el proceso de diseño, mejorando los resultados y reduciendo errores.

Figura 67

Resultado Encuesta Inicial: Pregunta

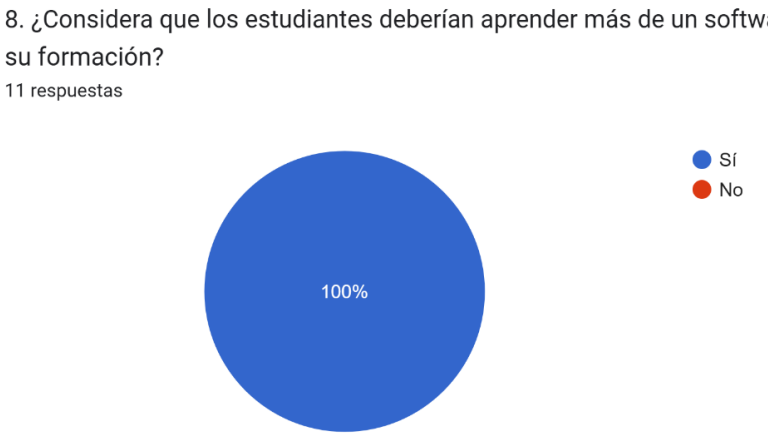


Nota. Resultado de encuesta inicial aplicada

Los resultados que arroja la pregunta 8, presentados en la Figura 68, evidencian un consenso total del 100% entre los encuestados sobre la importancia de que los estudiantes adquieran conocimientos en más de un software de diseño dental durante su formación académica. Esto refleja la necesidad de desarrollar competencias digitales más amplias que permitan a los futuros profesionales adaptarse a distintos entornos tecnológicos, y se destaca que una formación integral no se limite a una sola herramienta, sino que promueva el manejo de diversas plataformas para mejorar la capacidad de diseño y resolución de problemas en el ámbito protésico.

Figura 68

Resultado Encuesta Inicial: Pregunta 8

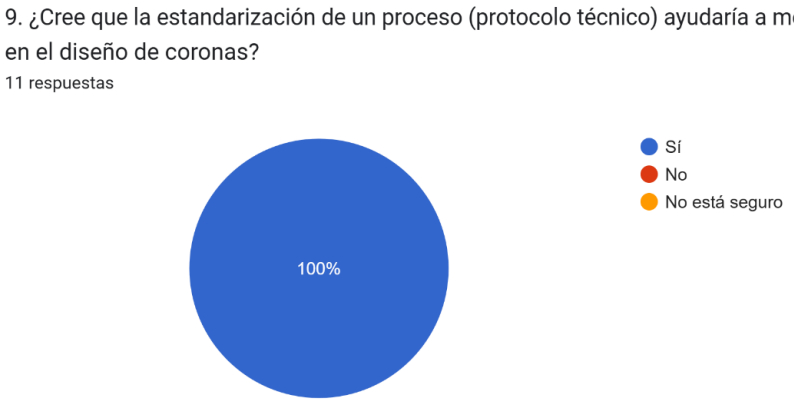


Nota. Resultado de encuesta inicial aplicada

Los resultados obtenidos en la pregunta 9, presentados en la Figura 69, evidencian una aceptación unánime del 100% respecto a la importancia de estandarizar el proceso de diseño de coronas mediante un protocolo técnico. Esto indica que los encuestados reconocen que la organización de pasos claros dentro del flujo digital puede contribuir a mejorar la calidad de los resultados.

Figura 69

Resultado Encuesta Inicial: Pregunta 9

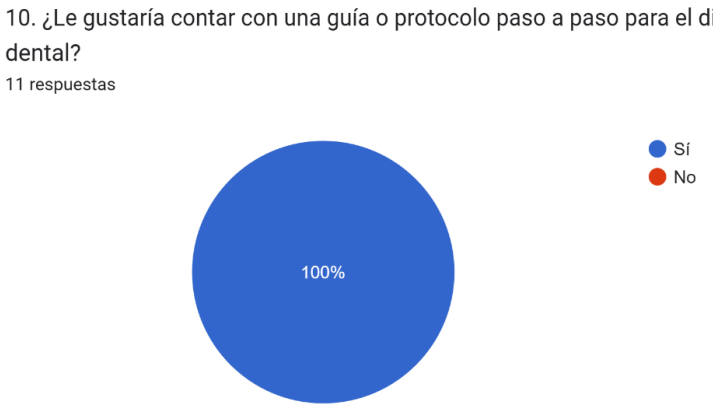


Nota. Resultado de encuesta inicial aplicada

Los resultados obtenidos en la pregunta 10, presentados en la Figura 70, sugieren un interés total del 100% por parte de los encuestados en contar con una guía o protocolo para el diseño de coronas en software dental. Esto refleja la necesidad de disponer de herramientas prácticas que faciliten el aprendizaje y la aplicación correcta de los procesos digitales. La implementación de un protocolo estructurado no solo servirá como apoyo técnico, sino también como recurso formativo para mejorar el desempeño en el diseño protésico dentro del laboratorio dental.

Figura 70

Resultado Encuesta Inicial: Pregunta 10



Nota. Resultado de encuesta inicial aplicada

4.2. Análisis e interpretación de resultados de la encuesta final

Los resultados obtenidos mediante herramientas como focus group y encuesta permitieron recabar datos significativos en la percepción de los participantes respecto al protocolo. Por una parte, el análisis ayudó a identificar fortalezas y aspectos técnicos de cada software como, por ejemplo, la precisión en el diseño, la continuidad metodológica en el proceso, y la aplicabilidad práctica en distintos escenarios de formación; mientras que la interpretación de estos hallazgos ofrece una lectura integral que vincula ciertos aspectos técnicos con las expectativas académicas. De esta manera, los resultados permiten apreciar el manual no solo como recurso didáctico, sino también como un implemento a futuro en la capacitación profesional.

4.2.1. Validación por Expertos / Focus Group

El focus group organizado y realizado en torno al protocolo de elaboración de coronas individuales permitió validar la claridad, replicabilidad, y aplicabilidad dentro de contextos técnicos y académicos.

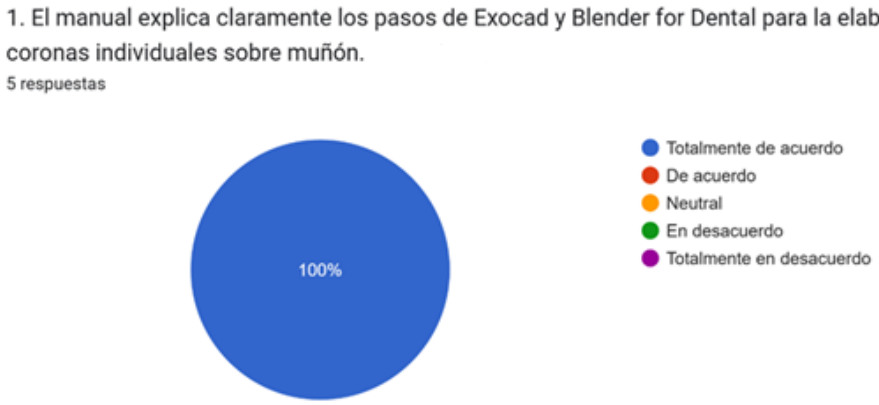
La validación del manual técnico se llevó a cabo mediante una encuesta aplicada a 5 participantes relacionados con el área odontológica, entre los cuales se encontraban 3 técnicos dentales, 1 estudiante de aparatología dental y 1 odontólogo como se muestra en el ANEXO C. Esta encuesta permitió recopilar apreciaciones sobre distintos aspectos del manual, específicamente con la claridad del contenido, la organización de los pasos, la comprensión del flujo de trabajo digital, la aplicabilidad del protocolo y el nivel de aceptación general. La información se obtuvo mediante una escala tipo Likert de 5 puntos, cuyos valores oscilaron entre “Totalmente de acuerdo” y “De acuerdo”. Este método facilitó el análisis de las percepciones de los participantes.

4.1.2 Interpretación de Encuesta Final del Focus Grup

Los resultados de la pregunta 1, presentados en la Figura 71, evidencian que el 100% de los participantes del focus group estuvieron totalmente de acuerdo con la claridad de los pasos presentados en el manual. Esto indica que la estructura desarrollada permite comprender el manual de manera adecuada. Estos resultados demuestran que el manual cumple con su función de orientar y estandarizar el proceso de diseño de coronas sobre muñón.

Figura 71

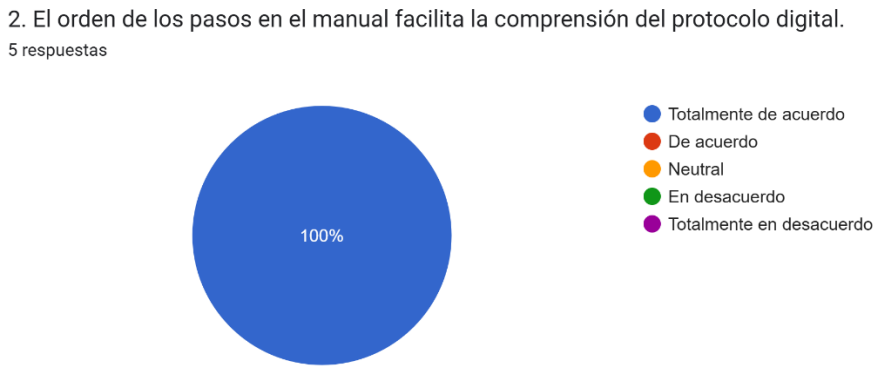
Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 1



Los resultados obtenidos de la pregunta 2, presentados en la Figura 72, reflejan que el 100% de los participantes del focus group se encontraron totalmente de acuerdo con el orden secuencial de los pasos establecidos en el manual, y que esta distribución estructurada favorece el seguimiento del flujo de trabajo secuencial, facilitando la ejecución de cada etapa del diseño de coronas individuales dentro del laboratorio dental.

Figura 72

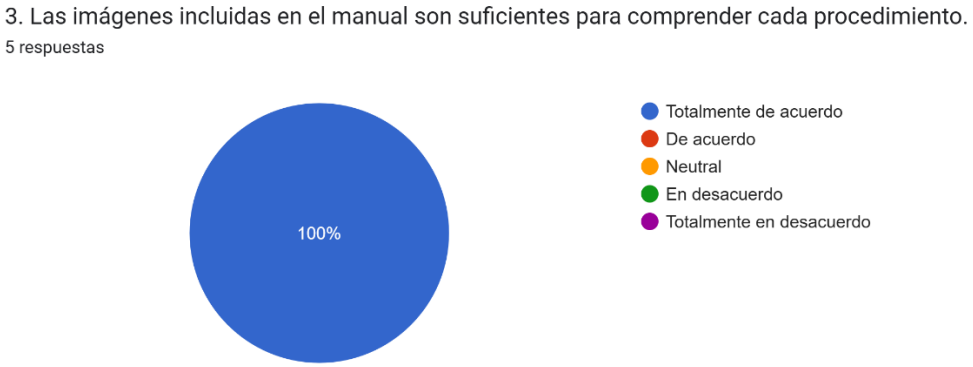
Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 2



Los resultados obtenidos en la pregunta 3, presentados en la Figura 73, muestran que el 100% de los participantes del focus group estuvo totalmente de acuerdo con la suficiencia y la utilidad de las imágenes incluidas en el manual, ya que las capturas de pantalla y las señalizaciones incorporadas permiten identificar de manera clara las herramientas y opciones utilizadas en Exocad y Blender for Dental durante el desarrollo de las coronas individuales.

Figura 73

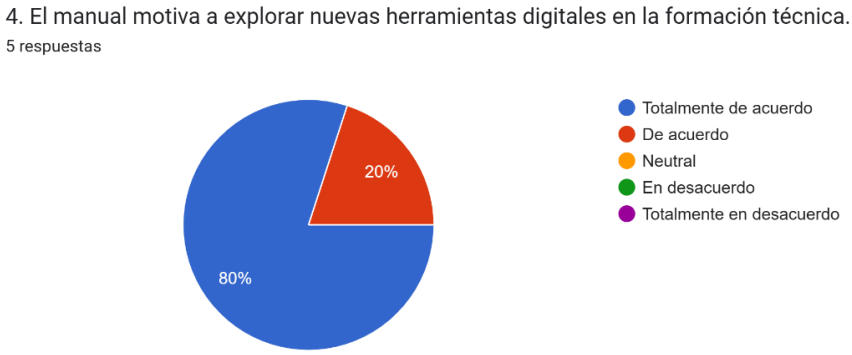
Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 3



Los resultados obtenidos en la pregunta 4, presentados en la Figura 74, evidencian que el 80% de los participantes del focus group estuvo totalmente de acuerdo, y el 20% con que el manual motiva a explorar nuevas herramientas digitales dentro de la formación técnica. Estos resultados evidencian que el manual no solo cumple una función orientativa, sino también formativa, incentivando el uso de herramientas tecnológicas en el entorno académico y profesional.

Figura 74

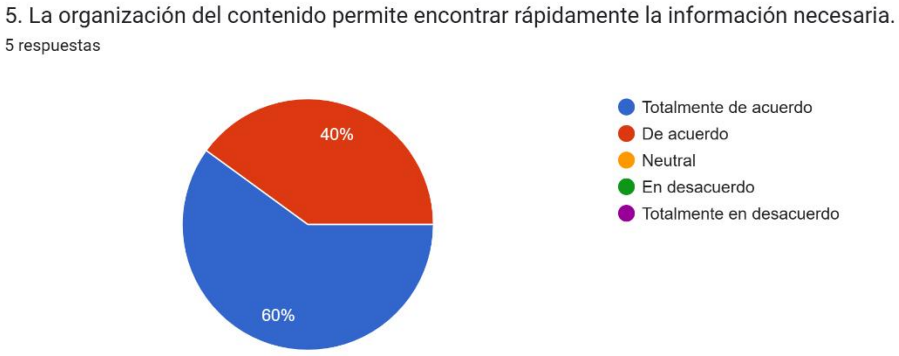
Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 4



Los resultados obtenidos en la pregunta 5, presentados en la Figura 75, muestran que el 60% de los participantes del focus group se encontraron totalmente de acuerdo, y el 40% de acuerdo con la organización del contenido del manual. Esto evidencia que la estructura implementada facilita la localización rápida de la información del protocolo digital.

Figura 75

Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 5



Los resultados obtenidos en la pregunta 6, presentados en la Figura 76, evidencian que el 80% de los participantes del focus group se encontraron totalmente de acuerdo y el 20% de

acuerdo con que el manual puede adaptarse a diferentes niveles de experiencia dentro del área odontológica. Esto demuestra que el contenido presentado mantiene equilibrio entre el lenguaje técnico y la claridad explicativa para mantener su comprensión tanto para estudiantes como para profesionales con mayor experiencia.

Figura 76

Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 6

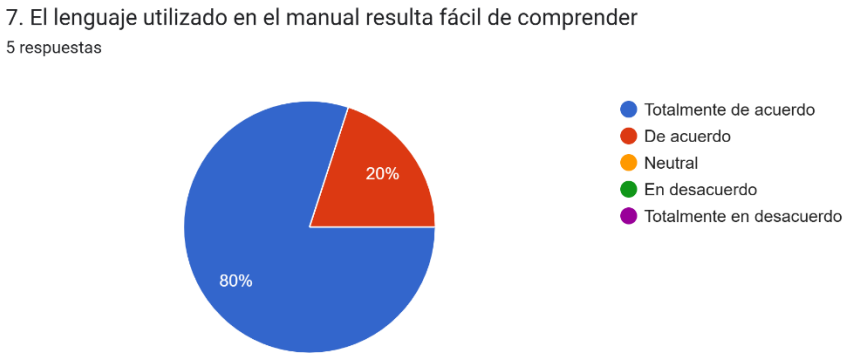


Los resultados obtenidos en la pregunta 7, presentados en la Figura 77, muestran que el 80% de los participantes del focus group se encontraron totalmente de acuerdo y el 20% de acuerdo con la facilidad de comprensión del lenguaje utilizado en el Manual. Estos resultados

demuestran que el manual mantiene un equilibrio entre lenguaje técnico y claridad comunicativa.

Figura 77

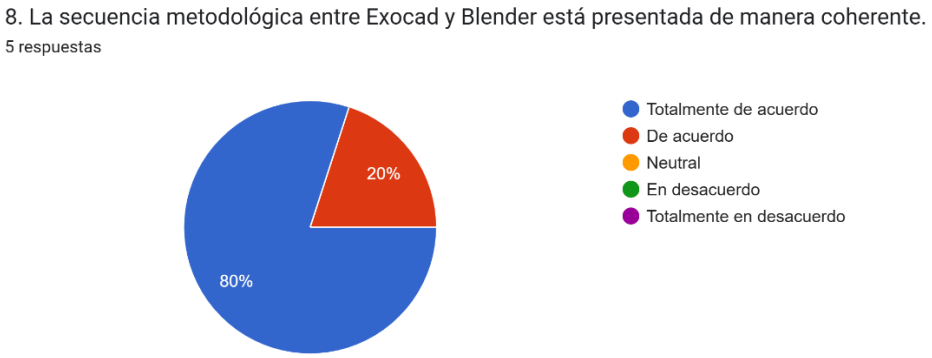
Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 7



Los resultados obtenidos en la pregunta 8, presentados en la Figura 78, evidencian que el 80% de los participantes del focus group se encontraron totalmente de acuerdo y el 20% de acuerdo con la coherencia de la secuencia metodológica presentada en el manual, y que la estructura secuencial permite identificar de manera clara las diferencias y similitudes entre Exocad y Blender for Dental.

Figura 78

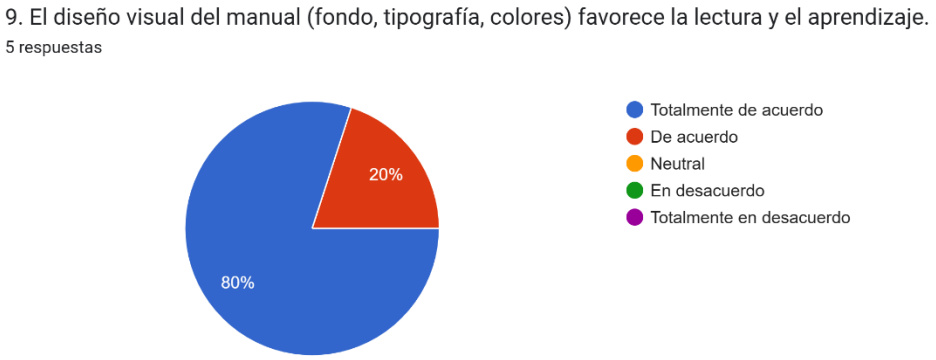
Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 8



Los resultados obtenidos en la pregunta 9, presentados en la Figura 79, evidencia que el 80% de los participantes del focus group está totalmente de acuerdo, mientras que un 20% está de acuerdo con que el diseño visual del manual favorece a su entendimiento, lectura y aprendizaje.

Figura 79

Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 9



Los resultados obtenidos en la pregunta 10, presentados en la Figura 80, demuestran que el 80% de los participantes está totalmente de acuerdo y, por otro lado, el 20% está de

acuerdo en que el manual expuesto es un recurso válido y útil para ser utilizado como herramienta de aprendizaje.

Figura 80

Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 10



Los resultados de la pregunta 11, presentados en la Figura 81, demuestran que el 80% de los participantes están totalmente de acuerdo, mientras que el 20% esta parcialmente de acuerdo en que el manual se podría recomendar a otros colegas, estudiantes, y profesionales que requieran información sobre el diseño de coronas en software Exocad y Blender for Dental.

Figura 81

Resultado encuesta de satisfacción: Pregunta 11



4.1.3. Matriz de Validación del Producto

Por otro lado, en la Tabla 5 se presenta la matriz de validación, que es útil para convertir las percepciones del focus group en criterios verificables, mostrando de manera clara si el manual cumple con su objetivo.

Tabla 5

Matriz de Validación

Criterio técnico	Exocad	Blender for Dental
Tiempos de ejecución	Flujo de trabajo automatizado, pasos guiados que reducen el tiempo de diseño.	Mayor tiempo de ejecución por configuración manual, aunque flexible en casos personalizados.
Curva de aprendizaje	Interfaz clínica estandarizada, capacitación rápida con manuales oficiales.	Requiere mayor curva de aprendizaje; aprendizaje autodidacta o talleres más extensos.
Herramientas del programa	Bibliotecas dentales integradas, parámetros predefinidos, herramientas optimizadas para prótesis fija.	Herramientas abiertas y personalizables; requiere importar bibliotecas externas y adaptarlas.
Usabilidad	Interfaz intuitiva, menús organizados, accesibilidad alta para técnicos dentales.	Interfaz más compleja, flexible pero menos guiada; demanda mayor control técnico.
Pertinencia académica	Adecuado para formación técnica estandarizada en el laboratorio TESA; facilita capacitación rápida.	Favorece innovación y creatividad; útil en contextos académicos que promueven exploración y personalización.

4.2. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos en el Focus group reflejan que el manual tuvo una percepción positiva respecto a la elaboración de coronas individuales en Exocad y Blender for Dental en la realización de coronas individuales sobre muñón dentro del laboratorio dental. Esta percepción favorable del contenido del manual se debe a la claridad del lenguaje, y el apoyo visual del manual evidencia la importancia de contar con registros técnicos que faciliten el aprendizaje de procedimientos CAD/CAM.

La aceptación de los participantes frente a la secuencia metodológica del manual sugiere que la distribución de los pasos favorece el seguimiento del flujo digital tanto en Exocad como en Blender for Dental. Esto resulta relevante dentro del entorno académico debido a que la ausencia de protocolos estandarizados puede generar dificultad en la comprensión y aplicación de herramientas digitales.

Las diferencias entre Exocad y Blender for Dental reflejan distintos enfoques en el flujo de trabajo. Mientras que Exocad prioriza la automatización, y el acompañamiento secuencial, Blender for Dental requiere una participación más activa en la configuración de parámetros, lo que puede influir en la complejidad del desarrollo de los procedimientos digitales.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Los resultados obtenidos permitieron evidenciar que la estructura del manual técnico facilita la comprensión y ejecución del flujo de trabajo digital para la elaboración de coronas individuales sobre muñón, permitiendo estandarizar procedimientos dentro del laboratorio TESA.

Exocad y Blender for Dental evidenciaron diferencias significativas en el flujo de trabajo de ambos programas. Exocad presentó aproximadamente 20 pasos debido a su automatización de procesos y asistente guiado, mientras que Blender for Dental requirió alrededor de 33 pasos y una mayor intervención manual, incrementando el tiempo de elaboración.

Los resultados del focus group demostraron una aceptación positiva del manual técnico, ya que la mayoría de los participantes estuvieron totalmente de acuerdo con la claridad de los procedimientos, la organización del contenido, la facilidad del lenguaje técnico, y la utilidad de las imágenes, por lo que se determinó que el manual facilita la comprensión práctica del flujo de trabajo digital para la elaboración de coronas individuales.

Se concluye que la elección entre Exocad y Blender for Dental dependerá de las necesidades técnicas, el nivel de experiencia del usuario y los recursos disponibles que posea, ya que ambos programas presentan ventajas específicas dentro del diseño digital de coronas individuales.

Recomendaciones

Se recomienda gestionar la aprobación oficial del protocolo dentro del Laboratorio TESA, de manera que pueda ser utilizado como recurso institucional en la formación de técnicos dentales. Esta implementación garantizará la estandarización de los procesos y la continuidad metodológica, fortaleciendo la calidad académica y la pertinencia práctica del manual.

Asimismo, resulta fundamental promover un programa de capacitación continua que integre talleres periódicos dirigidos a técnicos dentales. Dichos talleres deberían contemplar módulos diferenciados según el nivel de experiencia de los participantes, abordando tanto la curva de aprendizaje inicial como la optimización avanzada de las herramientas digitales. De igual manera, se sugiere incluir sesiones de actualización sobre nuevas versiones de Exocad y Blender, asegurando que el protocolo se mantenga vigente frente a los avances tecnológicos.

En el ámbito técnico, se recomienda documentar de manera sistemática los tiempos de ejecución y la curva de aprendizaje de ambos softwares, generando informes comparativos que permitan evaluar su desempeño en distintos contextos. Esta práctica contribuirá a la mejora continua del manual y a la identificación de oportunidades de optimización.

En cuanto a sostenibilidad, se plantea establecer un plan de revisión del manual cada dos años, incorporando innovaciones tecnológicas y nuevas herramientas digitales. Paralelamente, se recomienda fomentar prácticas ambientales responsables en el uso de materiales y equipos, reduciendo residuos y promoviendo la eficiencia energética en los laboratorios. La implementación de un sistema de retroalimentación continua con los usuarios del protocolo permitirá garantizar mejoras constantes y mantener su relevancia práctica.

Referencias Bibliográficas

A González. (2025). *The evolution of digital technologies in dentistry*. Open Research Europe. https://open-research-europe.ec.europa.eu/articles/5-276

Abad-Coronel, C., Pazán, D. P., Hidalgo, L., & Larriva Loyola, J. (2023). Comparative analysis between 3D-printed models designed with generic and dental-specific software. *Dentistry Journal, 11*(9), 216. https://doi.org/10.3390/dj11090216

Abduo, J. (2025). *Digital workflows in prosthodontics. Australian Dental Journal, 70*(S1), S146–S158. https://doi.org/10.1111/adj.70005

Alharbi, N., & Wismeijer, D. (2021). Accuracy of CAD/CAM systems in dental crown fabrication: A systematic review. *Journal of Prosthodontics, 30*(6), 492–502. https://doi.org/10.1111/jopr.13300

Almadani, G. Z., Alqahtani, A. S., Alqahtani, N. A., Aljohani, M. H., Alharbi, R. A., & Alshammari, A. M. (2025). *Conventional vs. digital impressions: Preferences and comfort level among prosthodontic patients. The Open Dentistry Journal, 19*, e18742106397234. https://doi.org/10.2174/18742106397234

American College of Prosthodontists. (2017). *The glossary of prosthodontic terms* (9th ed.). *The Journal of Prosthetic Dentistry, 117*(5S), e1–e105.

American Psychological Association. (2020). *Publication manual of the American Psychological Association* (7th ed.). https://doi.org/10.1037/0000165-000

Anusavice, K. J., Shen, C., & Rawls, H. R. (2013). *Phillips' science of dental materials* (12th ed.). Elsevier.

Bessadet, M., Rignon-Bret, C., Dupont, N., & Fages, M. (2025). *Time efficiency and cost analysis between digital and conventional workflows for the fabrication of fixed dental prostheses: A systematic review. The Journal of Prosthetic Dentistry.* Advance online publication. https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2024.01.003

Beuer, F., Schweiger, J., & Edelhoff, D. (2008). Digital dentistry: An overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *British Dental Journal, 204*(9), 505–511. https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2008.350

Blender for Dental®. (s. f.). *Blender for Dental.* https://www.blenderfordental.com/

Carr, A. B., & Brown, D. T. (2015). *McCracken's removable partial prosthodontics* (13th ed.). Elsevier.

Casamayor, M. R. G. (2012). Prótesis dental. Apuntes sobre su historia. *Revista Cubana de Estomatología, 49*(4). https://www.redalyc.org/pdf/5517/551757269039.pdf

Corsalini, M., Di Venere, D., Rapone, B., Stefanachi, G., Pettini, F., & Scarano, A. (2024). *Comparison between conventional and digital workflow in implant prosthetic rehabilitation: A randomized controlled trial. Journal of Functional Biomaterials, 15*(6), 149. https://doi.org/10.3390/jfb15060149

Christiani, J. J., & Devecchi, J. R. (2017). Materiales para prótesis provisionales. *Odontoestomatología*, 19(29), 28–36. http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S2393-63042017000100028&script=sci_arttext

Decisions in Dentistry. (2025, June 16). *The evolution of full-arch implant rehabilitation.* https://decisionsindentistry.com/article/the-evolution-of-full-arch-implant-rehabilitation

Dimitrova, M. (2025). The role of digital innovations in shaping contemporary fixed prosthodontics: A narrative review. *Prosthesis, 5*(4), 84. https://doi.org/10.3390/prosthesis5040084

Edelhoff, D., Schweiger, J., Prandtner, O., Stimmelmayr, M., & Güth, J.-F. (2019). Advances in materials and concepts in fixed prosthodontics: A selection of possible treatment modalities. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 31*(5), 411–424. https://doi.org/10.1111/jerd.12503

El-Danasory, M. B., Khamis, M. M., & Neena, A. F. (2025). *Dimensional accuracy of different dental CAD software programs in fixed partial denture construction: An in vitro study*. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2025.08.037

Exocad. (2025a). *DentalCAD – Overview.* https://exocad.com/our-products/dentalcad

Exocad. (2025b). *BOOST YOUR PRODUCTIVITY: DentalCAD brochure.* https://bcontent.exocad.com/fileadmin/content/brochures/exocad_DentalCAD_brochure_EN_screen.pdf

Exocad. (2025c). *Exocad presents numerous new products, services and features at IDS 2025*. https://exocad.com/news-1/press-area-1/press-release/exocad-presents-numerous-new-products-sevices-and-features-at-the-international-dental-show-in-cologne-germany

Exocad. (2025e). *Video tutorials: Basic features / Crown design.* https://wiki.exocad.com/wiki/index.php/Video_tutorials

Formlabs. (s. f.). *Cómo elegir impresora 3D dental para clínica o laboratorio*. https://formlabs.com/es/blog/como-elegir-impresora-3d-dental-para-clinica-laboratorio/

Fuster-Torres, M. A., Albalat-Estela, S., Alcañiz-Raya, M., & Peñarrocha-Diago, M. (2008). CAD/CAM dental systems in implant dentistry: Update. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal, 14*(3), E141–E145.

Galal, A., et al. (2024). Digital workflows: *The impact of file formats on the accuracy of fixed prostheses*. *International Journal of Computerized Dentistry.*

Gawali, N. (2024). The evolution of digital dentistry: A comprehensive review. *Cureus, 16*(9), e68945. https://doi.org/10.7759/cureus.68945

Gorripati, J. P., & Godbole Dubey, S. A. (2024). Designing a single lithium disilicate crown: A computer-aided design and computer-aided manufacturing approach with Exocad software. *Cureus, 16*(4), e57384. https://doi.org/10.7759/cureus.57384

Haro Sarango, A. F., Chisag Pallmay, E. R., Ruiz Sarzosa, J. P., & Caicedo Pozo, J. E. (2024). Tipos y clasificación de las investigaciones. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, 5*(2), 956–966. https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.1927

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill.

Holban, C. C., Tatarciuc, M., Vitalariu, A. M., Vasluianu, R.-I., Antohe, M., Diaconu, D. A., Stamatin, O., & Dima, A. M. (2025). *Three-dimensional printing and CAD/CAM milling in prosthodontics: A scoping review of key metrics towards future perspectives. Journal of Clinical Medicine, 14*(14), 4837. https://doi.org/10.3390/jcm14144837

Jamnare, S. A., Sable, J. B., Chorey, S., Wasu, P., & Ambadkar, S. (2024). Use of CAD/CAM in dentistry. In *Futuristic trends in medical sciences* (IIP Series, Vol. 3, Book 26, Part 2, Chapter 2). Iterative International Publishers. https://iipseries.org/assets/docupload/rsl20244DC27D2188D24CC.pdf

Kerlinger, F. N., & Lee, H. B. (2002). *Investigación del comportamiento: Métodos de investigación en ciencias sociales* (4ª ed.). McGraw-Hill.

Lam, W. Y. H., Ling, Z., Mao, K., Park, J.-M., Zandinejad, A., Porto Carreiro, A. da F., Mangano, F. G., Platt, J. A., & Schwendicke, F. (2025). *Digital dentistry in clinical practice: A scoping review of current capabilities and future directions. International Dental Journal, 76*(1), 109296. https://doi.org/10.1016/j.identj.2025.109296

Launca Medical Device Technology Co., Ltd. (s. f.). *Understanding 3D model file formats in digital dentistry: STL vs PLY vs OBJ*. https://www.launcadental.com/es/blog/understanding-3d-model-file-formats-in-digital-dentistry-stl-vs-ply-vs-obj/

Lee, Y.-S., Kim, S.-Y., Oh, K.-C., & Moon, H.-S. (2022). A comparative study of the accuracy of dental CAD programs in designing a fixed partial denture. *Journal of Prosthodontics, 31*(3), 215–220. https://doi.org/10.1111/jopr.13406

Mangano, F., Gandolfi, A., Luongo, G., & Logozzo, S. (2017). Intraoral scanners in dentistry: A review of the current literature. *BMC Oral Health, 17*, 149. https://doi.org/10.1186/s12903-017-0442-x

Mirea, R. B. (2021). *Del neolítico al 3D: Un vistazo a la evolución de la prótesis dental (y II). Gaceta Dental.* https://gacetadental.com/wp-content/uploads/2021/06/336_LABORATORIO_Neolitico3D.pdf

Misch, C. E. (2015). *Dental implant prosthetics* (2nd ed.). Elsevier Mosby.

Miyazaki, T., Hotta, Y., Kunii, J., Kuriyama, S., & Tamaki, Y. (2009). A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives. *Dental Materials Journal*, 28(1), 44–56. https://doi.org/10.4012/dmj.28.44

Oufroukhi, H. (2022). *Materiales en prótesis parciales fijas: Una revisión sistemática sobre la elección del material idóneo* [Trabajo Fin de Grado]. Universidad Europea. https://titula.universidadeuropea.com/bitstream/handle/20.500.12880/1872/tfg_HannaOUFROUKHI.pdf

Papaspyridakos, P., et al. (2020). Digital workflow in implant dentistry: A systematic review. *Clinical Oral Implants Research, 31*(S21), 74–87. https://doi.org/10.1111/clr.13586

Paredes Balseca, J. C., et al. (2023). Sistema CAD/CAM en la confección de prótesis totales dentales. *Revista Cubana de Estomatología.* http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03002023000100020&script=sci_arttext

Pegoraro, L. F., Do Valle, A. L., De Araujo, C. R., Bonfante, G., & Rodríguez, P. C. (2001). *Prótesis fija*. Artes Médicas.

Phillips, R. W. (2021). *Ciencia de los materiales dentales* (13.ª ed.). Elsevier. (Capítulo sobre materiales para prótesis fijas).

Pipatphatsakorn, M., et al. (2025). Clinical outcomes of translucent zirconia and lithium disilicate in fixed prostheses. *Journal of International Dental and Medical Research, 18*(3), 1309–1319.

Revilla-León, M., Besné-Torre, A., Sánchez-Rubio, J. L., Fábrega, J. J., & Özcan, M. (2019). Digital tools and 3D printing technologies integrated into the workflow of restorative treatment: A clinical report. *The Journal of Prosthetic Dentistry, 122*(6), 608–615. https://go.digitalsmiledesign.com/hubfs/DSD%20Articles/Articles%20by%20others/Digital%20tools%20and%203D%20printing%20technologies%20integrated%20into%20the.pdf

Rivero Claure, V. V. (2023). *Manual de prótesis fija: Tallado de muñones para coronas.* Universidad Privada Abierta Latinoamericana. https://upal.edu.bo/wp-content/uploads/2023/01/MANUAL-DE-PROTESIS-FIJA-Vivian-Rivero.pdf

Roland DGA. (s. f.). *DWX-53DC 5-axis dry dental milling machine*. https://www.rolanddga.com/es-la/productos/dental-y-medico-cad-cam/dwx-53dc-5-axis-dry-dental-milling-with-automatic-disc-changer

Rosenstiel, S. F., Land, M. F., & Walter, R. D. (2016). *Contemporary fixed prosthodontics* (5th ed.). Elsevier.

Sharma, R. (2025). Recent trends in dental ceramics: A comprehensive review. *Journal of Advanced Dental Education.* https://doi.org/10.25259/JADE_37_2024

Shillingburg, H. T., Hobo, S., Whitsett, L. D., Jacobi, R., & Brackett, S. E. (2012). *Fundamentals of fixed prosthodontics* (4th ed.). Quintessence Publishing.

Topdagi, B., et al. (2025). Comparison of long-term clinical outcomes of zirconia and lithium disilicate prostheses: A retrospective cohort study. *Biomimetics, 10*(11), 740. https://doi.org/10.3390/biomimetics10110740

Velasco, J. (2025). *Fundamentos de odontología digital: Del escaneo a la cementación.* Editorial Médica Panamericana.

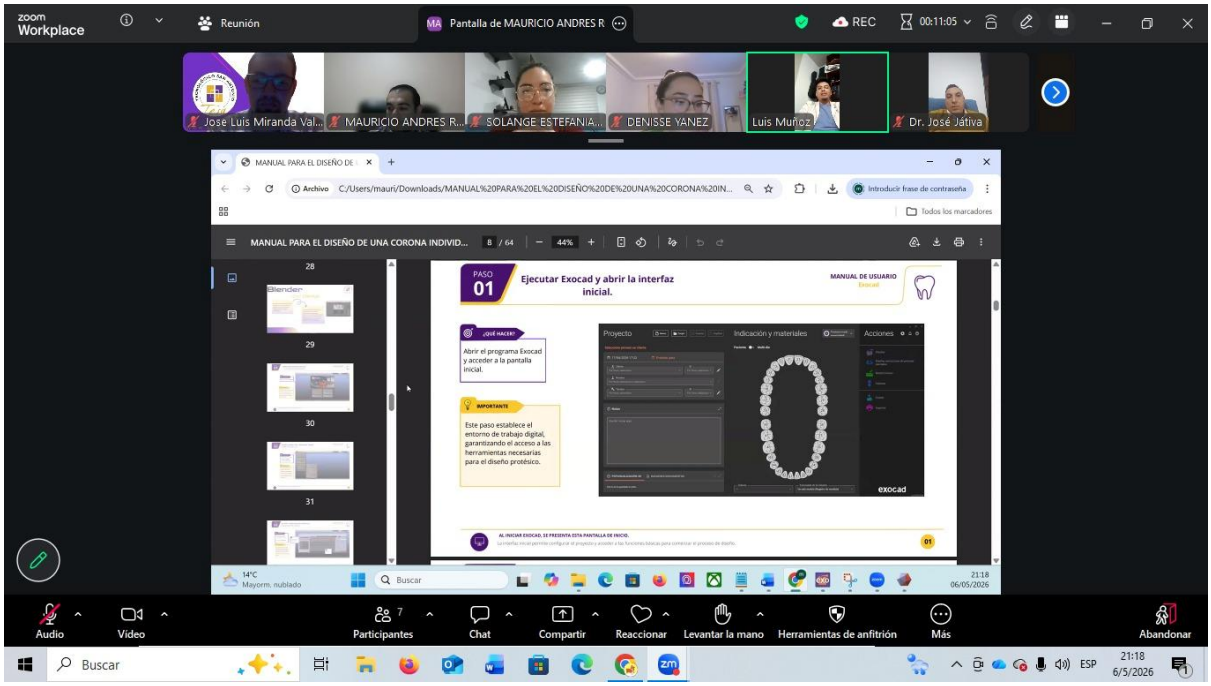
Vijan, K. (2024). Emerging trends and clinical recommendations for zirconia ceramic crowns: A concise review. *British Dental Journal*. https://doi.org/10.1038/s41415-024-7616-0

Virolé Suñer, M. M., Mayné Acién, R., Guinot Jimeno, F., & Bellet Dalmau, L. J. (2010). Evolución de las coronas como material de restauración en dentición temporal: Revisión de la literatura. *Odontología Pediátrica, 18*(3), 185–200. https://www.odontologiapediatrica.com/wp-content/uploads/pdf/179_revision1-3-10.pdf

Wang, X., Li, J., & Zhang, Y. (2025). Accuracy analysis of all-ceramic crowns with different materials in CAD/CAM digital replication mode. *BMC Oral Health, 25*(1), 92.

Wu, Z., et al. (2024). Comparison of the efficacy of artificial intelligence-powered software in crown design: An in vitro study. *International Dental Journal, 75*(1), 127–134. https://doi.org/10.1016/j.identj.2024.06.023

ANEXO A: FOCUS GROUP



ANEXO B: ENCUESTA INICIAL

Encuesta sobre el uso de software CAD/CAM y la necesidad de un protocolo técnico en el diseño de coronas dentales

Descripción del formulario

1. ¿Cuál es su perfil profesional?

- ○ Técnico dental
- ○ Estudiante de aparatología dental
- ○ Odontólogo
- ○ Otro: .....

2. ¿Tiene experiencia en el uso de software de diseño dental (CAD)?

- ○ Sí
- ○ No

3. ¿Qué software de diseño dental ha utilizado?

- ○ Exocad
- ○ Blender for Dental
- ○ Ambos
- ○ Ninguno

4. ¿Con qué frecuencia utiliza software de diseño dental?

- ◯ Frecuentemente
- ◯ Ocasionalmente
- ◯ Rara vez
- ◯ Nunca

5. ¿Considera que es necesario contar con un protocolo técnico para el uso de software de diseño dental en la elaboración de coronas?

- ◯ Sí
- ◯ No
- ◯ No está seguro

6. ¿Cuál de los siguientes aspectos considera más importante al realizar el diseño de una corona digital?

- ◯ Precisión del diseño
- ◯ Ajuste protésico
- ◯ Facilidad del proceso
- ◯ Tiempo de trabajo

7. ¿Ha tenido dificultades al momento de diseñar coronas utilizando software CAD?

- ○ Sí
- ○ No
- ○ A veces

8. ¿Considera que los estudiantes deberían aprender más de un software de diseño dental durante su formación?

- ○ Sí
- ○ No

9. ¿Cree que la estandarización de un proceso (protocolo técnico) ayudaría a mejorar los resultados en el diseño de coronas?

- ○ Sí
- ○ No
- ○ No está seguro

10. ¿Le gustaría contar con una guía o protocolo paso a paso para el diseño de coronas en software dental?

- ○ Sí
- ○ No

ANEXO C: ENCUESTA DEL FOCUS GROUP

Focus Group para la Validación de un Manual Técnico de Exocad y Blender for Dental en la Elaboración de Coronas Individuales

Descripción del formulario

1. El manual explica claramente los pasos de Exocad y Blender for Dental para la elaboración de coronas individuales sobre muñón.nta sin título

- ○ Totalmente de acuerdo
- ○ De acuerdo
- ○ Neutral
- ○ En desacuerdo
- ○ Totalmente en desacuerdo

2. El orden de los pasos en el manual facilita la comprensión del protocolo digital.

- ○ Totalmente de acuerdo
- ○ De acuerdo
- ○ Neutral
- ○ En desacuerdo
- ○ Totalmente en desacuerdo

3. Las imágenes incluidas en el manual son suficientes para comprender cada procedimiento.

- ○ Totalmente de acuerdo
- ○ De acuerdo
- ○ Neutral
- ○ En desacuerdo
- ○ Totalmente en desacuerdo

4. El manual motiva a explorar nuevas herramientas digitales en la formación técnica.

- ○ Totalmente de acuerdo
- ○ De acuerdo
- ○ Neutral
- ○ En desacuerdo
- ○ Totalmente en desacuerdo

5. La organización del contenido permite encontrar rápidamente la información necesaria.

- ○ Totalmente de acuerdo
- ○ De acuerdo
- ○ Neutral
- ○ En desacuerdo
- ○ Totalmente en desacuerdo

6. El manual se adapta a diferentes niveles de experiencia (estudiantes, técnicos y odontólogos).

- ○ Totalmente de acuerdo
- ○ De acuerdo
- ○ Neutral
- ○ En desacuerdo
- ○ Totalmente en desacuerdo

7. El lenguaje utilizado en el manual resulta fácil de comprender

- ○ Totalmente de acuerdo
- ○ De acuerdo
- ○ Neutral
- ○ En desacuerdo
- ○ Totalmente en desacuerdo

8. La secuencia metodológica entre Exocad y Blender está presentada de manera coherente.

- ○ Totalmente de acuerdo
- ○ De acuerdo
- ○ Neutral
- ○ En desacuerdo
- ○ Totalmente en desacuerdo

9. El diseño visual del manual (fondo, tipografía, colores) favorece la lectura y el aprendizaje.

- ○ Totalmente de acuerdo
- ○ De acuerdo
- ○ Neutral
- ○ En desacuerdo
- ○ Totalmente en desacuerdo

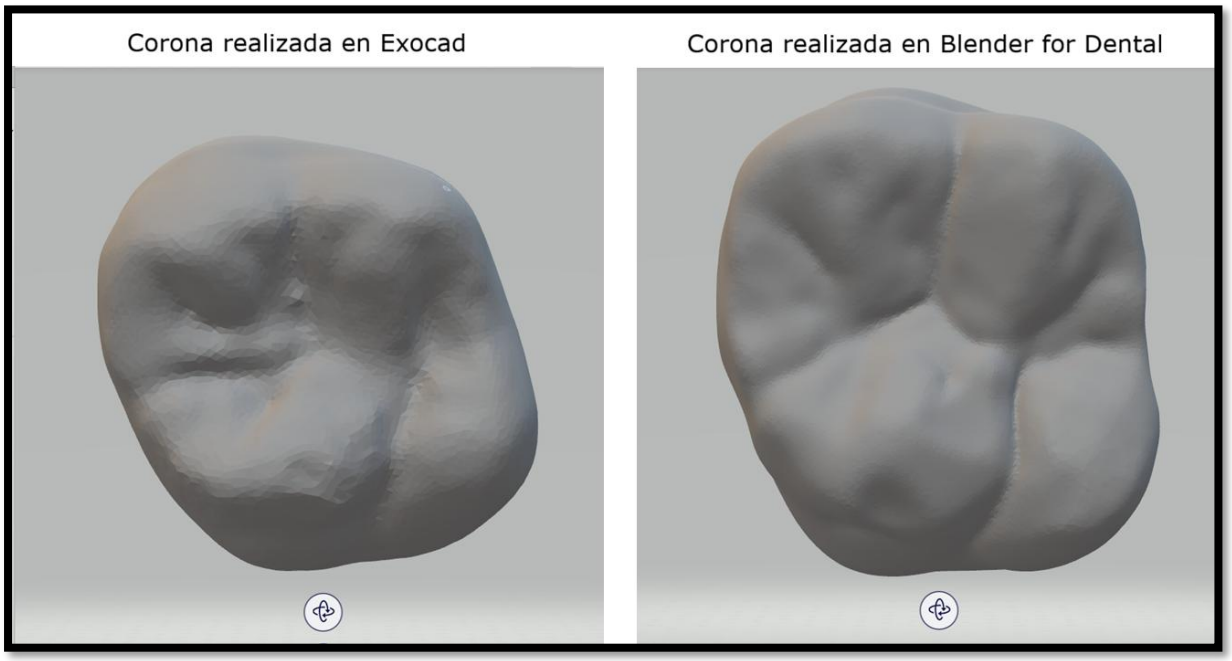
10. Considera que es un recurso útil en el aprendizaje

- ○ Totalmente de acuerdo
- ○ De acuerdo
- ○ Neutral
- ○ En desacuerdo
- ○ Totalmente en desacuerdo

11. Recomendaría el manual a otros colegas.

- ○ Totalmente de acuerdo
- ○ De acuerdo
- ○ Neutral
- ○ En desacuerdo
- ○ Totalmente en desacuerdo

ANEXO D: CORONAS REALIZADAS EN EXOCAD Y BLENDER FOR DENTAL



TECNOLÓGICO SAN ANTONIO Tesa

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD
TESA

La Dirección de Titulación, certifica que el trabajo final presentado por **ROMERO CEVALLOS MAURICIO ANDRES**, ha sido sometido a un análisis de similitud mediante la herramienta Turnitin.

El resultado obtenido refleja un **15%** de similitud, porcentaje que se encuentra dentro de los parámetros establecidos por el Instituto Superior Tecnológico San Antonio – TESA, cumpliendo con los criterios de originalidad y autenticidad académica exigidos.

Quito, 03 de junio del 2026

TECNOLÓGICO SAN ANTONIO Tesa

COORDINACIÓN TITULACIÓN

TECNOLÓGICO SAN ANTONIO Tesa

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

TESA

La Dirección de Titulación, certifica que el trabajo final presentado por **GARCIA BARRERA SOLANGE ESTEFANIA**, ha sido sometido a un análisis de similitud mediante la herramienta Turnitin.

El resultado obtenido refleja un **15%** de similitud, porcentaje que se encuentra dentro de los parámetros establecidos por el Instituto Superior Tecnológico San Antonio – TESA, cumpliendo con los criterios de originalidad y autenticidad académica exigidos.

Quito, 03 de junio del 2026

TECNOLÓGICO SAN ANTONIO Tesa

COORDINACIÓN TITULACIÓN