

UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE DE MADRID

Departamento de: Odontología Conservadora y Prótesis



**ESTUDIO COMPARATIVO DE CORONAS DE
RECUBRIMIENTO TOTAL:
DISEÑO HUMANO VS LA INTELIGENCIA
ARTIFICIAL**

Alumna: Daniela Camargo Barreas

Tutor: Prof. Dr. Santiago Berrendero Dávila

Ciencias Odontológicas 2023/2024



MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS

COMPROMISO DEONTOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN, REDACCIÓN Y POSIBLE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE FIN DE MÁSTER (TFM)

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

ESTUDIANTE: Daniela Camargo

Barreras

TUTOR/TUTORA DEL TFM: Santiago Berrendero Dávila

TÍTULO DEL TFM: Estudio Comparativo de Coronas de Recubrimiento Total: Diseño Humano vs Inteligencia Artificial.

FECHA DE PRIMERA MATRÍCULA:

FECHA DE SEGUNDA MATRÍCULA (en caso de producirse): 16-19 de Septiembre

1. Objeto

El presente documento constituye un compromiso entre el estudiante matriculado en el Máster en Ciencias Odontológicas y su Tutor/tutora y en el que se fijan las funciones de supervisión del citado trabajo de fin de máster (TFM), los derechos y obligaciones del estudiante y de su/s profesor/es tutor/es del TFM y en donde se especifican el procedimiento de resolución de potenciales conflictos, así como los aspectos relativos a los derechos de propiedad intelectual o industrial que se puedan generar durante el desarrollo de su TFM.

2. Colaboración mutua

El/la tutor/a del TFM y el autor del mismo, en el ámbito de las funciones que a cada uno corresponden, se comprometen a establecer unas condiciones de colaboración que permitan la realización de este trabajo y, finalmente, su defensa de acuerdo con los procedimientos y los plazos que estén establecidos al respecto en la normativa vigente.

3. Normativa

Los firmantes del presente compromiso declaran conocer la normativa vigente reguladora para la realización y defensa de los TFM y aceptan las disposiciones contenidas en la misma.

4. Obligaciones del estudiante de Máster

- Elaborar, consensuado con el Tutor del TFM un cronograma detallado de trabajo que abarque el tiempo total de realización del mismo hasta su lectura.
- Informar regularmente al Tutor del TFM de la evolución de su trabajo, los problemas que se le planteen durante su desarrollo y los resultados obtenidos.
- Seguir las indicaciones que, sobre la realización y seguimiento de las actividades formativas y la labor de investigación, le hagan su tutor del TFM.
- Velar por el correcto uso de las instalaciones y materiales que se le faciliten por parte de la Universidad Complutense con el objeto de llevar a cabo su actividad de trabajo, estudio e investigación.

5. Obligaciones del tutor del TFM

- Supervisar las actividades formativas que desarrolle el estudiante; así como desempeñar todas las funciones que le sean propias, desde el momento de la aceptación de la tutorización hasta su defensa pública.
- Facilitar al estudiante la orientación y el asesoramiento que necesite.

6. Buenas prácticas

El estudiante y el tutor del TFM se comprometen a seguir, en todo momento, prácticas de trabajo seguras, conforme a la legislación actual, incluida la adopción de medidas necesarias en materia de salud, seguridad y prevención de riesgos laborales.

También se comprometen a evitar la copia total o parcial no autorizada de una obra ajena presentándola como propia tanto en el TFM como en las obras o los documentos literarios, científicos o artísticos que se generen como resultado del mismo. Para tal, el estudiante firmará la Declaración de No Plagio del ANEXO I, que será incluido como primera página de su TFM.

7. Procedimiento de resolución de conflictos académicos

En el caso de producirse algún conflicto derivado del incumplimiento de alguno de los extremos a los que se extiende el presente compromiso a lo largo del desarrollo de su TFM, incluyéndose la posibilidad de modificación del nombramiento de tutor, la coordinación del máster buscará una solución consensuada que pueda ser aceptada por las partes en conflicto. En ningún caso el estudiante podrá cambiar de Tutor directamente sin informar a su antiguo Tutor y sin solicitarlo oficialmente a la Coordinación del Máster.

En el caso de que el conflicto persista se gestionará según lo previsto en el SGIC de la memoria verificada.

8. Confidencialidad

El estudiante que desarrolla un TFM dentro de un Grupo de Investigación de la Universidad Complutense, o en una investigación propia del Tutor, que tenga ya una trayectoria demostrada, o utilizando datos de una empresa/organismo o entidad ajenos a la Universidad Complutense de Madrid, se compromete a mantener en secreto todos los datos e informaciones de carácter confidencial que el Tutor del TFM o de cualquier otro miembro del equipo investigador en que esté integrado le proporcionen así como a emplear la información obtenida, exclusivamente, en la realización de su TFM.

Asimismo, el estudiante no revelará ni transferirá a terceros, ni siquiera en los casos de cambio en la tutela del TFM, información del trabajo, ni materiales producto de la investigación, propia o del grupo, en que haya participado sin haber obtenido, de forma expresa y por escrito, la autorización correspondiente del anterior Tutor del TFM.

9. Propiedad intelectual e industrial

Cuando la aportación pueda ser considerada original o sustancial el estudiante que ha elaborado el TFM será reconocido como cotitular de los derechos de propiedad intelectual o industrial que le pudieran corresponder de acuerdo con la legislación vigente.

10. Periodo de Vigencia

Este compromiso entrará en vigor en el momento de su firma y finalizará por alguno de los siguientes supuestos:

- Cuando el estudiante haya defendido su TFM.
- Cuando el estudiante sea dado de baja en el Máster en el que fue admitido.



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. Facultad de Odontología

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

VISTO BUENO DEL TUTOR

MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS

El profesor/a tutor

Nombre y apellidos:

Santiago Berrendero Dávila

del estudiante

Nombre y apellidos

Daniela Camargo Barreras

encuadrado en la línea de investigación

Nuevas Tecnologías

DA EL VISTO BUENO

para que el Trabajo de Fin de Máster titulado

Estudio Comparativo de Coronas de Recubrimiento Total: Diseño Humano vs Inteligencia Artificial

sea admitido para su defensa ante Tribunal.

En Madrid, a 11 de Septiembre 2024

Fdo: el tutor/a

El presente Visto Bueno se debe acompañar del Trabajo de Investigación en formato electrónico.

INDICE

1. <u>INTRODUCCION.</u>	<u>3-6</u>
2. <u>JUSTIFICACION Y OBJETIVOS.</u>	<u>7-8</u>
3. <u>HIPOTESIS DEL TRABAJO</u>	<u>9</u>
4. <u>MATERIAL Y METODOS</u>	<u>10-41</u>
5. <u>RESULTADOS.</u>	<u>42-57</u>
6. <u>DISCUSION.</u>	<u>58-63</u>
7. <u>CONCLUSIONES</u>	<u>64</u>
8. <u>BIBLIOGRAFIA.</u>	<u>65-67</u>

1.- INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la odontología ha evolucionado significativamente con los avances en materiales y el uso de tecnología industrial. Sin embargo, la transformación digital se ha limitado principalmente al procesamiento, ya que el diseño y ajuste de restauraciones aún dependen de la intervención humana, lo que restringe la eficiencia de producción .(1)

La reciente aparición de la inteligencia artificial (IA) ha supuesto un nuevo escenario, que tiene como objetivo superar esta limitación, ya que es capaz de imitar capacidades humanas como el razonamiento y el aprendizaje. A día de hoy la IA es capaz de crear réplicas aceptables de dientes, pero todavía se requiere la intervención humana para finalizar los diseños y terminar de ajustar todos los parámetros, especialmente en casos clínicos complejos.(1)(2) Sin embargo, el futuro es prometedor y se espera que la IA mejore la reproducibilidad, eficiencia y precisión en las restauraciones dentales, siendo una verdadera ayuda en la fase de diseño.(3,4) La IA puede apoyar a los técnicos dentales de diversas maneras, incluyendo impresiones digitales, diseño asistido por computadora/fabricación asistida por computadora (CAD/CAM), análisis de imágenes y control de calidad (4–6). Pero sobre todo tiene el potencial de revolucionar la forma en que trabajan los técnicos dentales, ofreciendo oportunidades para aumentar la eficiencia, precisión y productividad en los laboratorios. La producción automatizada de restauraciones ofrece múltiples ventajas en comparación con los métodos convencionales realizados manualmente. En primer lugar, asegura una consistencia en la calidad, reduciendo la variabilidad y garantizando resultados más uniformes. Además, minimiza los errores humanos, ya que la automatización disminuye la posibilidad de fallos durante el proceso. También permite una mayor eficiencia, ya que los procesos digitales suelen ser más rápidos, lo que reduce el tiempo de producción. Finalmente, la automatización facilita la repetibilidad, permitiendo replicar resultados exactos, especialmente útil para producir prótesis de manera precisa y eficaz.(7)

El avance de los materiales ha permitido que los tratamientos dentales evolucionen desde el uso de restauraciones metal-cerámicas con pobre estética hacia materiales totalmente cerámicos, como las cerámicas de feldespato, cerámicas vítreas y la zirconia .(7) La zirconia monolítica, introducida en 2009, ha cambiado notablemente el enfoque en la odontología

restauradora por su versatilidad y resistencia. Este material, químicamente compuesto por dióxido de zirconio, es lo suficientemente fuerte para crear restauraciones monolíticas duraderas, eliminando la interfaz entre las estructuras de metal o zirconio y la cerámica de recubrimiento, que es principalmente el lugar donde se producen la mayoría de los fracasos por chipping. (6).(2) La zirconia monolítica ha demostrado tener una resistencia a la flexión mayor a 800 MPa, por lo que es un material ideal para la confección de coronas y puentes, especialmente en pacientes con hábitos parafuncionales. (1,4) Una de las mayores ventajas es que los espesores de las restauraciones se han reducido significativamente, por lo que los tallados son cada vez más conservadores con el tejido dentario. Además, de la resistencia, es un material que aporta gran estética, presenta una gran biocompatibilidad con los tejidos orales, y es respetuoso con los dientes antagonistas, ya que produce un desgaste mínimo, por todo ello ha demostrado ser el material de elección en la actualidad.(8)

Los materiales restauradores monolíticos se están aplicando cada vez más en los conceptos modernos de tratamiento protésico gracias a la transformación digital en odontología y a los avances en el diseño y fabricación asistidos por ordenador (CAD-CAM) (7,8). La zirconia, combinada con la fabricación CAD/CAM y flujos de trabajo completamente digitales, permite la realización de coronas unitarias, prótesis parciales fijas (FPDs) y restauraciones sobre implantes con alta precisión y una tasa de éxito elevada (9), demostrándose superiores a las realizadas por métodos manuales tradicionales, que son más vulnerables al error humano. (10,11). Las restauraciones monolíticas fabricadas digitalmente ofrecen varias ventajas en comparación con las coronas convencionales. Entre ellas, se encuentran la reducción del número de citas clínicas, un menor tiempo de tratamiento, y una disminución en los costos sin comprometer la calidad. Además, estas coronas digitales evitan la contracción por polimerización, lo que resulta en un mejor ajuste. También permiten una fácil fabricación de prótesis de repuesto a partir de datos digitales almacenados y reducen el tiempo de adaptación del paciente a las nuevas coronas.(10) Sin embargo, estos avances nos solo afectan a la prótesis fija, ya están llegando a otros campos de la protodoncia, como es la prótesis completa o la prótesis parcial removible. Hasta ahora, cada dentadura se fabricaba manualmente por un técnico dental, lo que resultaba en una calidad de prótesis a menudo muy variable, pero la introducción de la fabricación asistida por computadora (CAD)/fabricación asistida por computadora (CAM) ahorra muchos de los pasos de

fabricación de dentaduras y se cree que produce una calidad de dentadura más constante. Las primeras evidencias indican que las dentaduras fabricadas digitalmente tienen un resultado clínico más favorable en comparación con las dentaduras fabricadas convencionalmente. (12)

Además de las ventajas de ahorro en costes y tiempo, el uso de IA asociada a la tecnología CAD/CAM debe suponer una mejora significativa en la calidad final de las restauraciones, pero no solo a nivel del material, sino también, aunar los esfuerzos para obtener unos diseños más biocompatibles, naturales y funcionales. El principal objetivo es obtener un ajuste marginal e interno preciso de las coronas, puesto que es esencial para mantener la salud periodontal, prevenir la disolución del cemento y garantizar una retención y estabilidad óptimas de la prótesis.(13) La ausencia de este ajuste, puede desencadenar en múltiples problemas biológicos, estéticos y mecánicos. (5)

Otro de los factores a tener en cuenta a la hora de realizar el diseño de las coronas es la anatomía, las superficies oclusales deben replicar la forma natural del diente, incluyendo fisuras y cúspides funcionales.(14,15) Una correcta forma, supone una relación adecuada con los dientes adyacentes en cuanto a los puntos de contacto. Este contacto debe ser lo suficientemente amplio y fuerte para asegurar la salud periodontal y la higiene de la zona. La ausencia de contacto o el exceso de la fuerza puede provocar enfermedades, tales como la caries o la enfermedad periodontal. Además la forma también influye en las relaciones oclusales con los dientes antagonistas. La relación cúspide-fosa y cúspide-cresta describen cómo los dientes superiores e inferiores se alinean en máxima intercuspidad. Aunque se sugiere que la relación cúspide-fosa podría prevenir el impacto de alimentos y reducir las fuerzas laterales, no hay estudios concluyentes que demuestren su superioridad clínica.(5,15,16) La tripodización de cúspides, un esquema oclusal complejo, busca equilibrar fuerzas y mejorar la estabilidad, pero también carece de evidencia clínica sólida(13).

Por lo tanto, el éxito clínico de una restauración de prótesis fija, recae principalmente en el diseño de la misma, por ello el objetivo que tiene que tener un sistema CAD completamente automático debe ser igualar o superar la calidad de los modelos de cera tradicionales en el diseño de restauraciones. En el futuro, es posible que el diseño automático

de restauraciones completas para dientes únicos y múltiples se vuelva una realidad, requiriendo algoritmos que ajusten la morfología del diente en función de los dientes vecinos y antagonistas . (11)

2. JUSTIFICACION Y OBJETIVOS:

2.1 JUSTIFICACION

La inteligencia artificial (IA) esta emergiendo como una herramienta poderosa en la odontología; aunque su potencial para mejorar la reproducibilidad, eficiencia y precisión es significativo, su uso es relativamente nuevo y pocos estudios han comparado estos diseños con los realizados por técnicos dentales y odontólogos. Este trabajo pretende proporcionar datos cruciales para evaluar si la IA puede igualar o superar la calidad de los diseños humanos.

Un aspecto clave es la fabricación de coronas monolíticas de zirconia, un material que ha ganado popularidad por su resistencia, durabilidad y estética superior. La zirconia monolítica elimina la necesidad de cerámica de recubrimiento, reduciendo problemas como el chipping y conservando más tejido dental sano. La automatización en el diseño de estas coronas podría reducir la variabilidad y los errores humanos, ofreciendo una calidad más uniforme y precisa. Además se evaluará cómo la IA maneja aspectos clínicos como el ajuste marginal y la oclusión; ya que como se menciona el ajuste marginal es fundamental para la salud periodontal y estabilidad de las coronas; y una oclusión correcta relación cúspide-fosa es esencial para la funcionalidad de las coronas.

Dado que el técnico dental ya no influye directamente en el diseño la capacidad de IA para replicar estos detalles anatómicos será crucial.

Este estudio no solo contribuirá a la validación de IA en la odontología, si no que también abrirá nuevas vías de investigación para optimizar su uso, haciendo de este un campo prometedor que requiere un análisis y estudio continuos.

2.2 OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio in vitro fue la comparación de diferentes aspectos clínicos de coronas de recubrimiento total, diseñadas a partir de dos inteligencias artificiales y las diseñadas por dos humanos, un técnico de laboratorio y un odontólogo.

Para ello nos planteamos los siguientes objetivos específicos:

1.- Evaluar aspectos clínicos, mediante operadores entrenados, tales como la adaptación marginal, los puntos de contacto con los dientes adyacentes, la relación interoclusal con el diente antagonista, la anatomía y la fricción con su muñón de las coronas obtenidas a partir de cuatro diseños diferentes.

2.- Conocer si la inteligencia artificial es capaz de realizar diseños de coronas de recubrimiento total óptimos, clínicamente aceptables y/o superiores a los realizados por operadores humanos, ya sean protésicos u odontólogos.

3.- Comparar de manera global los resultados clínicos de las coronas mediante la selección final por parte de los operadores.

3.- HIPOTESIS DE TRABAJO

Las coronas de recubrimiento total diseñadas mediante inteligencia artificial presentan una adaptación marginal, puntos de contacto, relación interoclusal, anatomía y fricción con el muñon al menos equivalentes, y potencialmente superiores a las coronas diseñadas por operadores humanos (técnico de laboratorio y odontólogo), lo que sugiere que la IA puede ser una herramienta eficaz y clínica para la fabricación de prótesis dentales de alta calidad. De esta afirmación se puede formular la siguiente hipótesis nula:

H01.

No existen diferencias significativas en la adaptación marginal, puntos de contacto, relación interoclusal, anatomía y fricción con el muñon entre las coronas de recubrimiento total diseñadas por inteligencia artificial y las diseñadas por operadores humanos (técnico de laboratorio y odontólogo).

4.- MATERIAL Y METODOS:

4.1.- PREPARACIÓN DEL TIPODONTO

Sobre un tipodonto FRASACO modelo AG3, se prepararon dos dientes de acrílico, el primer premolar superior izquierdo (2.4) y el primer molar superior izquierdo (2.6).

Los dientes pilares se prepararon siguiendo los 5 principios de tallado propuestos por Herbert T. Shillinburg.(9)

- Preservación de la estructura dentaria
- Retención y resistencia
- Durabilidad estructural
- Integridad Marginal
- Preservación del periodonto.

Para ello se emplearon instrumentos rotatorios. Tanto turbina (Kavo) como multiplicador (BienAir) así como fresas de tallado de diamante troncocónicas (Intensiv, Suiza FGD6/6, FG D34/6C) y con punta redondeada. Así se obtuvo una línea de terminación en hombro redondeado y una conicidad total de 6° a 12°, de acuerdo a las recomendaciones de la mayor parte de la bibliografía.(3,9) El margen de la preparación se situó yuxtagingivalmente.

La secuencia de tallado fue:

- Reducción oclusal de 2mm
- Reducción vestibular de 1,5-2 mm aprox.
- Reducción interproximal 1,5-2 mm aprox
- Reducción lingual 1,5-2mm aprox
- Definición línea de terminación de 1-1,5mm en hombro redondeado
- Redondeado de ángulos vivos

Los tallados fueron repasados con fresas diamantadas de grano fino (Intensiv FG 50D7/6, Suiza), de la misma morfología que las fresas de tallado para pulir la superficie y redondear los ángulos.



Fig.1 Detalle del tipodonto tallado



Fig.1.1 Fotografía de cara oclusal superior de tipodonto tallado.

4.2.- DIGITALIZACIÓN DEL MODELO

Tras la preparación del tipodonto se llevó a cabo la digitalización del mismo. Para ello se usaron dos escáneres intraorales presentes en el Máster de Odontología Restauradora basada en las Nuevas Tecnologías de la Universidad Complutense de Madrid. Se usó el escaner TRIOS 5 de 3Shape(Copenhague, Dinamarca.) y el escaner PrimeScan de CEREC (Charlotte, NC, USA) Se siguieron las siguientes fases:

4.2.1 : Configuración del Escáner:

Para el escaner TRIOS de 3 Shape, se llevó a cabo en primer lugar la calibración 3D y de color del escáner, para obtener los mejores resultados en la impresión 3D.

Se creó en ambos escáneres un paciente llamado “Coronas protocolo IA”, rellenando los datos en la interfaz de cada escáner. Además se seleccionaban las preparaciones que presentaba el tipodonto tallado.



Fig.2 Tipodonto montado en articulador



Fig. 3 Fotografía de escaneado con CEREC



Fig. 4 Fotografía de escaneado con 3Shape

4.2.2 : Técnica de Escaneado:

En ambos casos, se escaneó el modelo superior completo, el modelo inferior completo y la oclusión de los mismos. Para asegurarnos la misma posición de los modelos, estos se montaron previamente en el articulador semiajustable Dentatus ARL (S. Menehould,FR.) con escayola de fraguado rápido, simulando el montaje de un paciente totalmente dentado.

Para los dos escáneres se siguió el protocolo de escaneado recomendado por el fabricante, que es muy similar para ambos escáneres. En la arcada superior se escaneó primero la zona oclusal desde el 17 al 27, volviendo por la parte vestibular y cerrando el escaneado por la zona lingual. En modelo inferior se escaneó primero la zona oclusal de 47 a 37, volviendo por la zona lingual y cerrando la malla tras escanear la zona vestibular. Para obtener los mejores resultados, se intentó mantener una distancia aproximada entre 5 y 15 mm, realizando movimientos suaves y constantes para cubrir todas las superficies y áreas, para obtener un archivo STL completo.

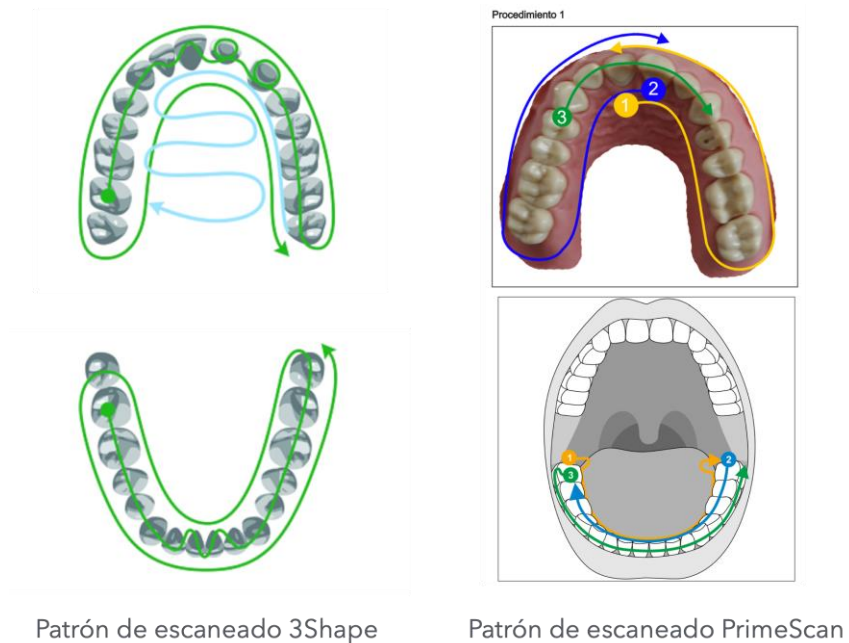


Fig.5 Imagen de técnica de escaneado

4.2.3 : Revisión, Corrección de errores y exportación.

Tras acabar con el escaneado, se revisó que el .STL estuviese completo, y se corrigieron las posibles alteraciones o artefactos del mismo, borrando la malla inicial y re escaneando encima. Se amplió el modelo 3D para asegurarse de que los márgenes de las preparaciones dentales eran claros y definidos.

Los .STL del escáner TRIOS, fueron exportados a una memoria externa para posteriormente realizar sobre ellos el diseño de las restauraciones.

El .STL de CEREC, se procesó y pasó a la fase de diseño en el mismo escáner, puesto que es un sistema Chairside o de procesado en clínica.

4.3.- DISEÑO DE LAS RESTAURACIONES

Se diseñaron para cada preparación dental cuatro coronas siguiendo cuatro flujos de trabajo diferentes, por lo que se formaron cuatro grupos de estudio:

- GRUPO PROTÉSICO: Las coronas fueron diseñadas por un técnico de laboratorio experimentado en el diseño CAD.
- GRUPO CHAIRSIDE: Las coronas fueron diseñadas por un odontólogo con más de diez años de experiencia en el diseño CAD de restauraciones con el sistema chairside CEREC.
- GRUPO IA IMAGO: Las coronas fueron diseñadas por la inteligencia artificial IMAGO.
- GRUPO IA 3SHAPE: Las coronas se diseñaron con el software de diseño por inteligencia artificial de 3Shape.

4.3.1.- Grupo Protésico

Las coronas de este grupo fueron diseñadas por un técnico de laboratorio experimentado en diseño de estructuras. Se llevaron a cabo con el software de diseño Dental System 2023 de 3shape (Copenhague, Din) , siguiendo las fases clásicas del diseño CAD.

- Importación del archivo .STL obtenido con el escáner intraoral TRIOS, cargando los datos en el software de diseño. Se revisaron las imágenes, verificando que el archivo era correcto. El archivo incluía el modelo superior con los dientes tallados, la arcada antagonista y la oclusión.
- Creación del proyecto: Se seleccionó la restauración a realizar, en este caso una corona para el diente 24 y otra corona para el diente 26.
- Posteriormente se definieron los márgenes de la preparación, usando las herramientas manuales para delinear la línea de terminación. Después el software ajustó automáticamente los márgenes.
- Se determinó la vía de inserción de la corona, teniendo en cuenta las zonas retentivas.
- Verificación del espacio de cementado: se aliviaron las preparaciones a partir de un milímetro desde la línea de terminación, dejando un espacio para el cemento de 50 micras.
- Diseño: El software generó una propuesta inicial de corona, basada en la morfología y oclusión del paciente. El técnico revisó la propuesta y modificó todos los parámetros que consideró oportuno para realizar un diseño óptimo. Se modificó la forma, para integrar mejor la restauración con los dientes adyacentes, se ajustaron los contactos interproximales y se optimizó la oclusión, corrigiendo los contactos anómalos con los dientes antagonistas.
- Aplicación de Textura: Se añadieron detalles de textura para mejorar el diseño final de la corona.



Fig. 6 Técnica de diseño anatómico corona 24, 26.

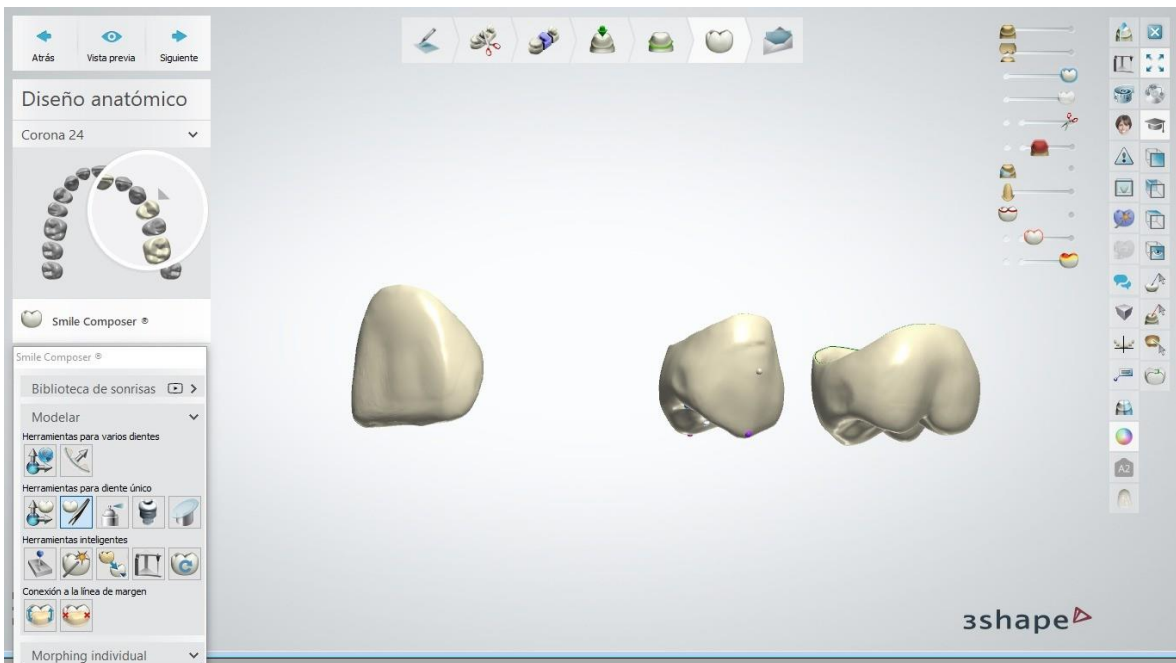


Fig.6.1 Diseño final anatómico.

4.3.2.- Grupo Chairside

Las coronas de este grupo fueron diseñadas por un prostodoncista con más de 10 años de experiencia en el diseño de restauraciones con el sistema Chairside CEREC.(Dentply Sirona,) Para este grupo se usó el software CEREC Premiun 4.5, siguiendo el flujo clásico de diseño de este sistema, usando el .STL obtenido con el escáner PrimeScan.

Tras la fase de adquisición, se comenzó con la fase de modelado, verificando la calidad y precisión del modelo digital y asegurándose de que todas las áreas relevantes estuviesen capturadas claramente. Posteriormente se seleccionó el tipo de restauración a realizar y se definió el diente preparado.

- Delineación de Márgenes: Se utilizó la herramienta del software para delinear los márgenes de la preparación dental con precisión. El odontólogo se aseguró que los márgenes estuviesen bien definidos para garantizar un ajuste adecuado de la restauración.
- Generación Automática del Diseño: El software CEREC ofrece opciones de diseño automático donde se genera una propuesta inicial de la restauración. El operador revisó la propuesta automática y realizó los ajustes necesarios con las herramientas asociadas al programa. Se ajustó la forma, el tamaño y la oclusión de la restauración, asegurándose de que la restauración se integrara armoniosamente con los dientes adyacentes y antagonistas. Después se verificaba y ajusta los contactos proximales y la oclusión para asegurar un ajuste preciso y cómodo.
- Por último se revisó y optimizó el grosor del material y la resistencia estructural de la restauración, y tras confirmar que el diseño cumplía con los estándares estéticos y funcionales requeridos, se finalizaba y aprobaba el diseño.

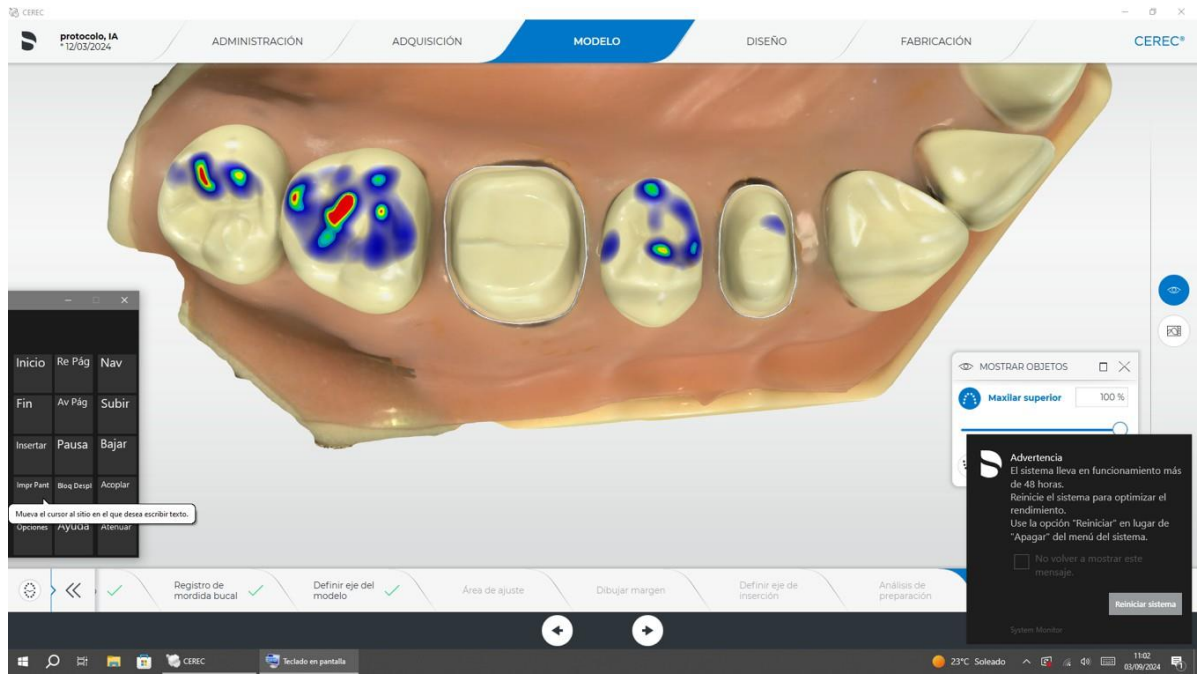


Fig. 7.Fase de de preparación.

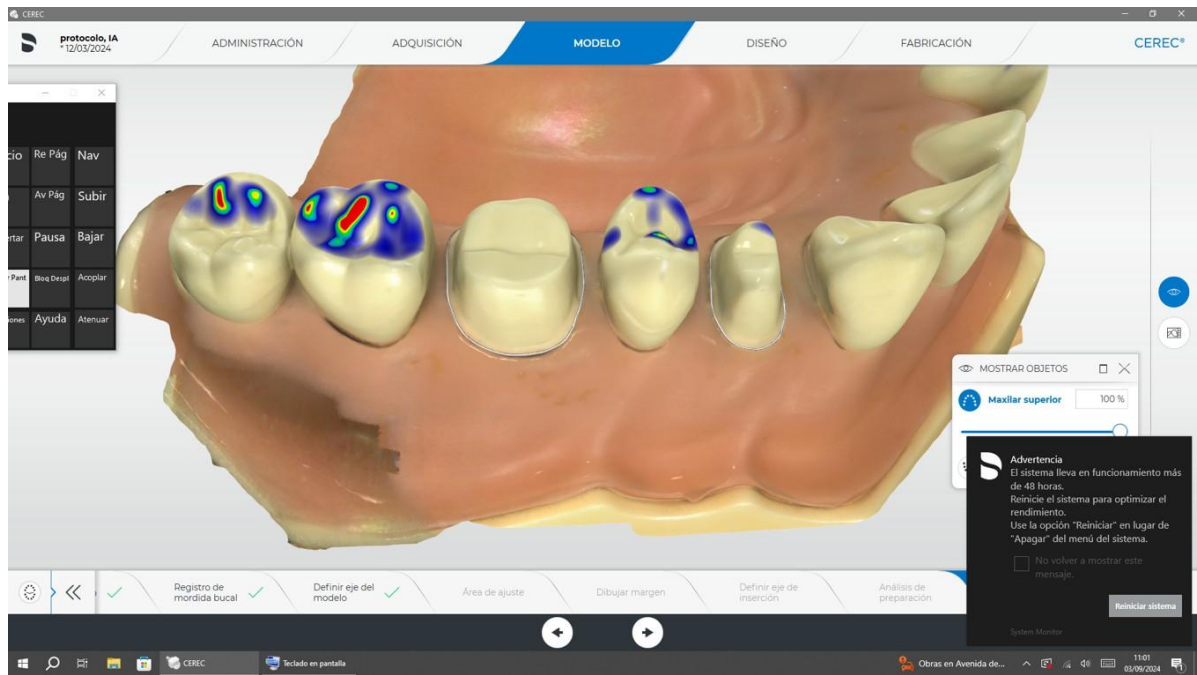


Fig.7.1 Fase de preparación tomada desde otro ángulo

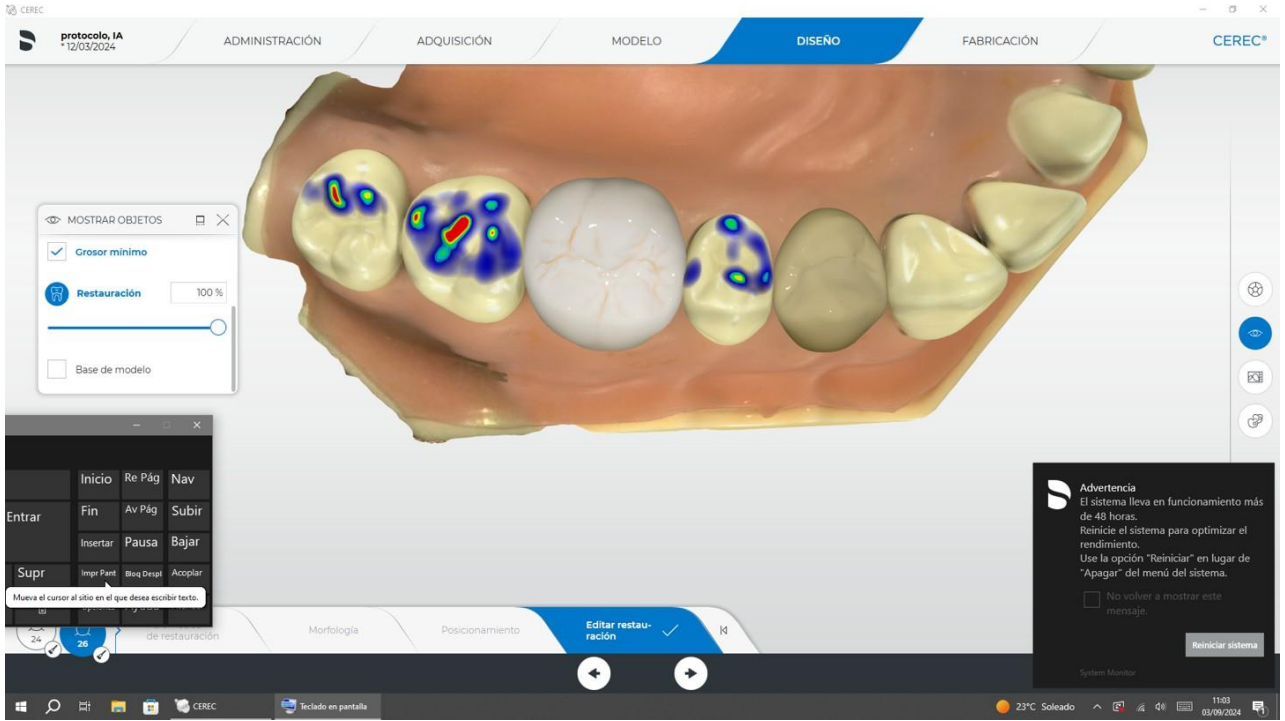


Fig. 7.2 Generación automática de diseño.

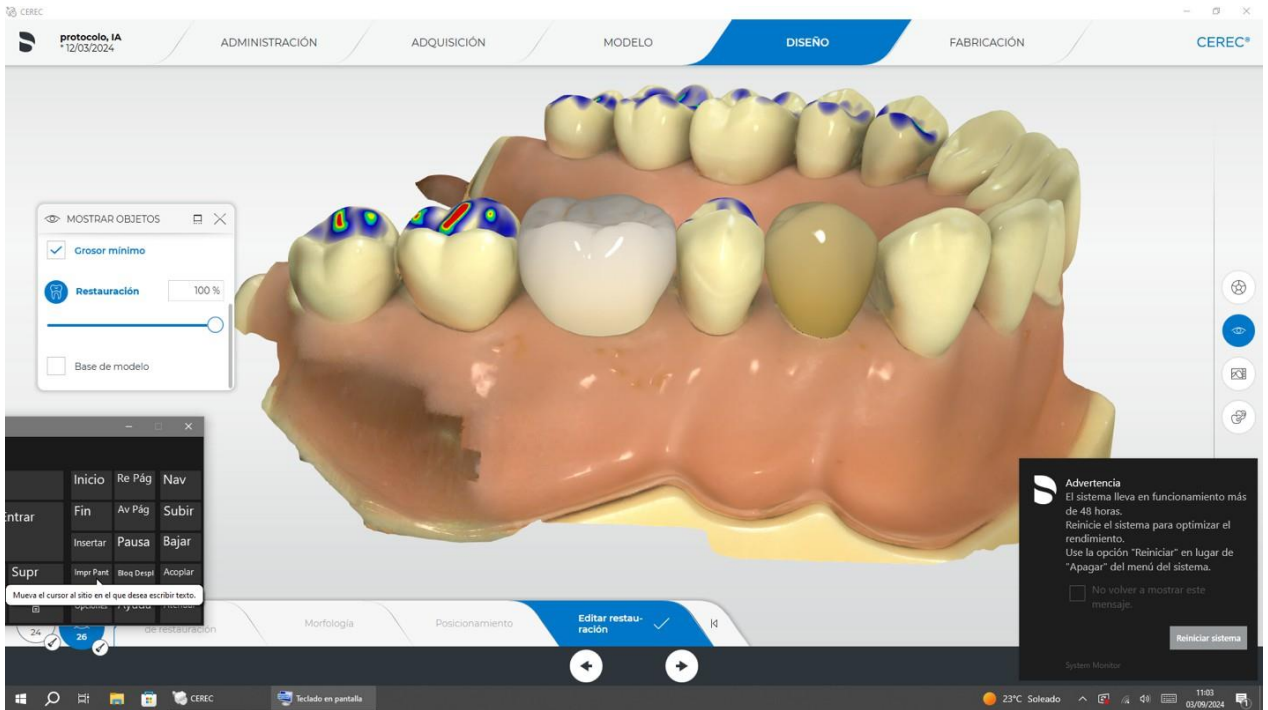


Fig. 7.3 Diseño automático de material.

3.3.3.- Grupo IA IMAGO (Dentbird Crown (Imagoworks))

El diseño de las coronas del primer grupo de inteligencia artificial del estudio se obtuvo con el software Detbird Crown (Imagoworks, Seoul, Republica de Corea). Se trata de un software en la nube accesible desde la web (<https://dentbird.com/products/dentbird-crown/>) con un programa de diseño CAD mediante inteligencia artificial que permite el diseño definitivo de coronas de una manera totalmente automatizada.

El primer paso consiste en la subida a la nube de los escaneados intraorales tanto de la arcada superior como inferior obtenidos en nuestro estudio con el escáner Trios 4 (3shape, Copenhague, Dinamarca).

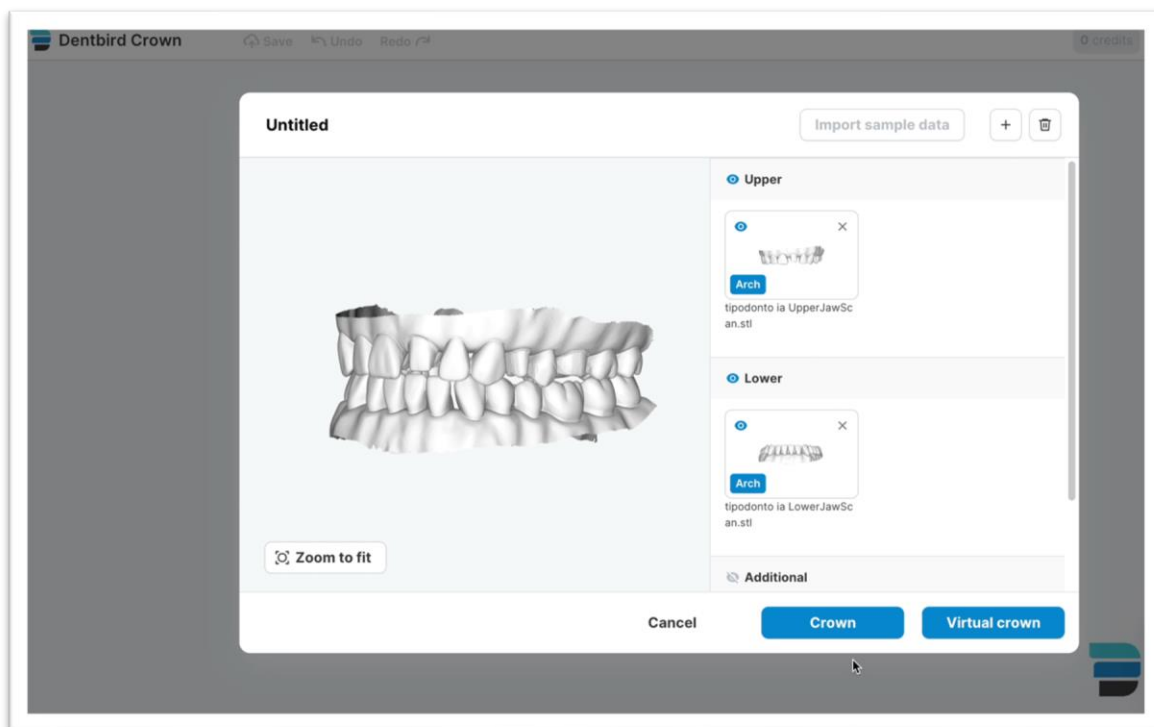


Fig. 8 Software (Detbird Crown, Imagoworks, Seoul, Republica de Corea) para diseño de coronas de IA.

En el segundo paso deberemos seleccionar el tipo de material y parámetros con los que deseamos fabricar las restauraciones. El software ofrece tres opciones: impresión 3D, fresado de un material provisional (PMMA) y fresado de un material definitivo (zirconio). Se seleccionó el fresado de un material definitivo y los parámetros automáticos del software fueron los siguientes :

1. Radio total: 0,60 mm
2. Gap para el cemento: 0,030 mm
3. Gap extra adaptativo: 0,030 mm.
4. Grosor mínimo: 0,50 mm
5. Altura del mínimo gap: 1,00 mm.
6. Anchura del margen: 0,15 mm.
7. Ángulo del margen: 45°.
8. Distancia oclusal: 0 mm.
9. Distancia interproximal: -0,02 mm.

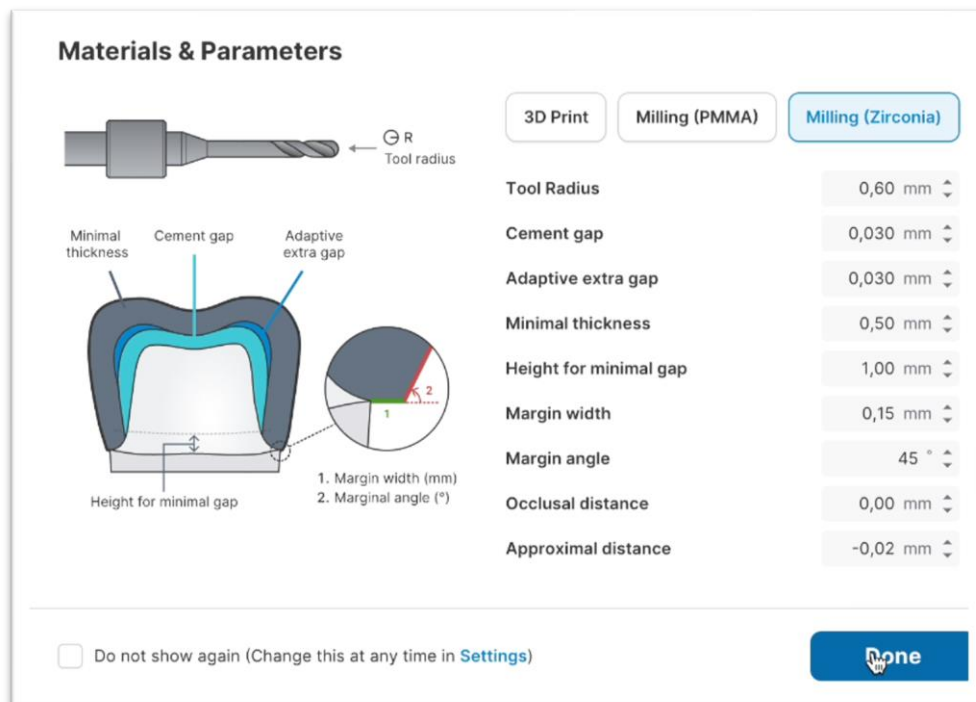


Fig.8.1 Imagen de parámetros automáticos de software.

En el tercer paso permite la visualización del margen de la preparación dentaria y el software requiere la confirmación de la selección correcta de los muñones.(Fig.8.2) Aparecen diferentes herramientas de visualización y medida, así como un mapa de color con el antagonista que permite ver el espacio oclusal disponible para el material restaurador. Una vez aceptada la selección del margen de la línea de preparación detectada por el software comienza la fase de procesamiento del diseño definitivo.

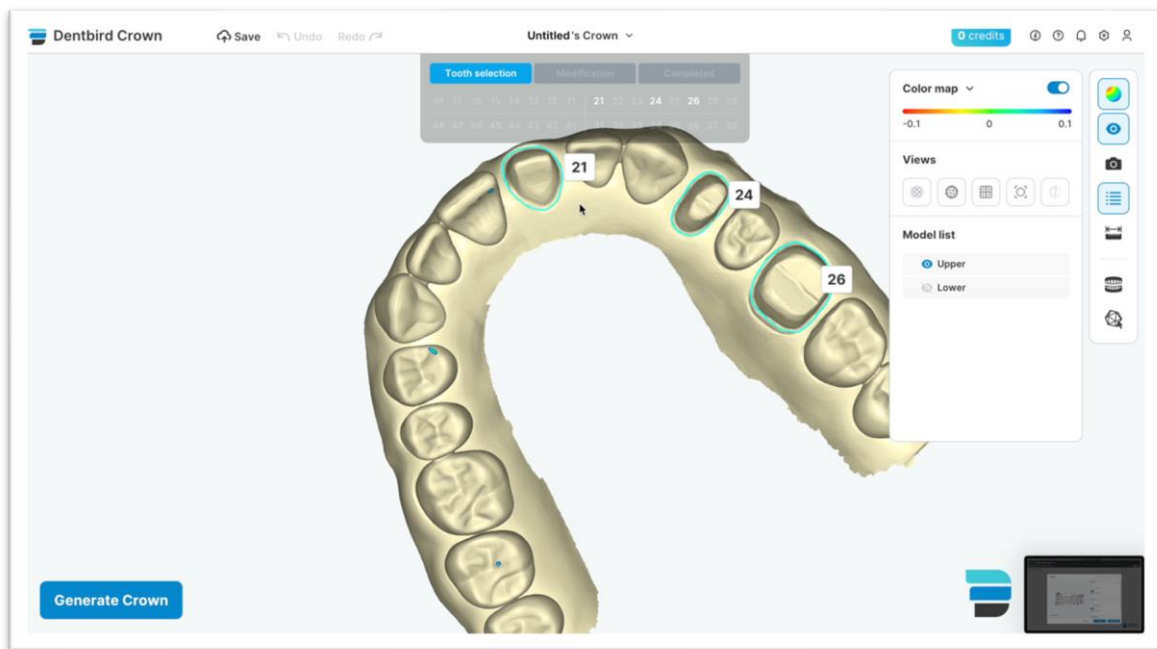


Fig. 8.3 Imagen para la selección correcta de muñones, con mapa de color.

El cuarto paso realiza el procesamiento automático del diseño definitivo de las coronas en posición de 2.4 y 2.6. (Fig. 8.4) El software detecta zonas de posible conflicto y espesor mínimo para el material seleccionado. Tiene una selección de herramientas donde permite realizar pequeñas modificaciones en el diseño como la posición de la corona, aumentar el grosor en las zonas interproximales o su posición respecto al muñón. Sin embargo, dado que el objetivo del estudio es analizar las coronas diseñadas de manera automática con sistemas de inteligencia artificial y dado que el diseño definitivo era satisfactorio, dichas herramientas no fueron utilizadas para modificar el diseño propuesto.

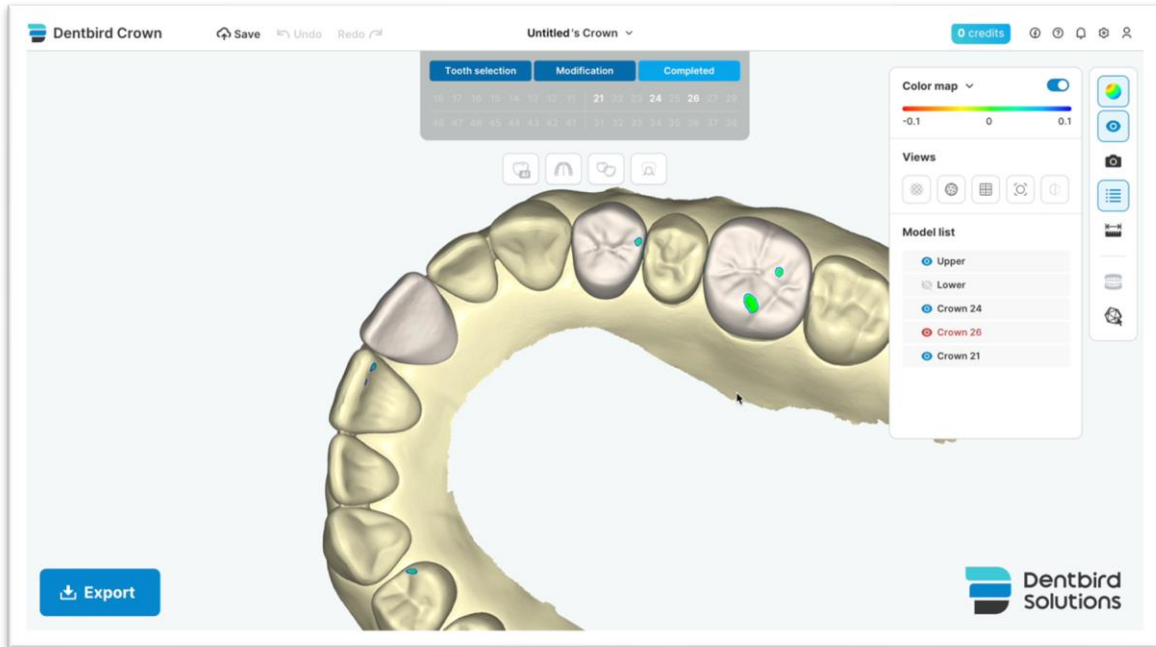


Fig. 8.4 Imagen de procedimiento automático de diseño definitivo de coronas.

3.3.4. Grupo de inteligencia artificial con Automate Crown (3Shape)

El diseño de las coronas del segundo grupo de inteligencia artificial del estudio se obtuvo con el software Automate Crown (3shape, Copenhagen, Dinamarca). Se trata de un software integrado dentro de la suscripción de 3shape que debe ser descargado en el ordenador del escáner y consiste en un programa de diseño CAD con inteligencia artificial que permite el diseño definitivo de coronas de una manera totalmente automatizada.

El primer paso consiste en la obtención o importación de los modelos digitales intraorales de la arcada superior como inferior obtenidos en nuestro estudio con el escáner Trios 4 (3shape, Copenhagen, Dinamarca). Seleccionaremos el programa Automate Crown y en la hoja de pedido tendremos que seleccionar los muñones sobre los que el programa tendrá que realizar las coronas, en nuestro de nuevo se seleccionaron los dientes 2.4 y 2.6. El software abrirá la pantalla de inicio del programa Automate Crown y deberemos seleccionar el material elegido para nuestra restauración. En este caso seleccionamos, al igual que en el programa anterior para igualar los parámetros de diseño el material de circonio.

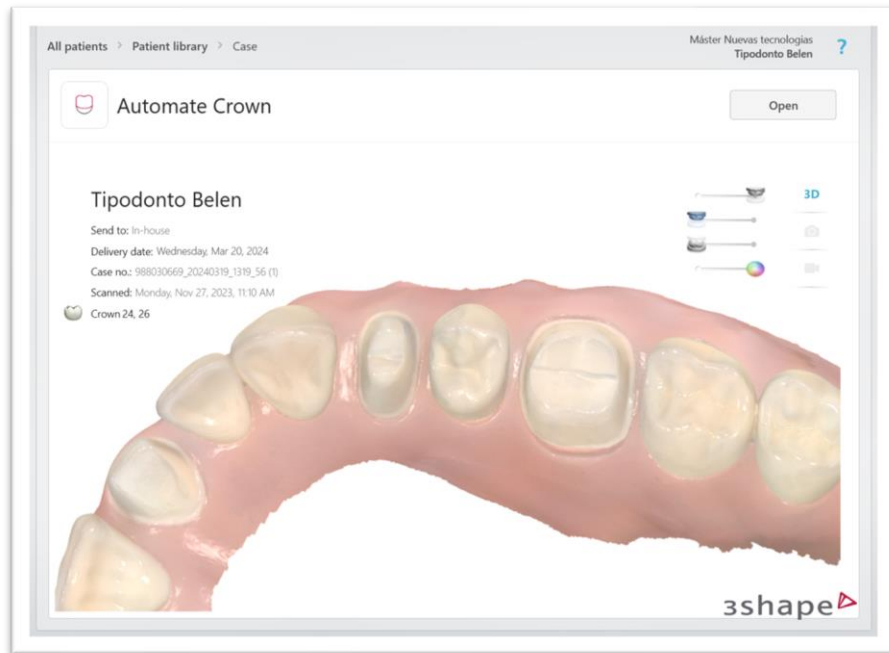


Fig.9 Imagen de Software Automate Crown (3shape, Copenhague, Dinamarca).

En el segundo paso el programa procesa los escaneados intraorales, detectará los muñones tallados sobre los que delimitará de manera automática la línea de terminación de nuestra preparación. El software presenta los resultados con una fotografía desde vestibular y lingual así como desde oclusal. En caso de detectar alguna zona errónea, el software nos marcará la línea en rojo y deberemos editar la línea de terminación manualmente. En caso de detectar todo el margen de la preparación de manera correcta aparecerá en verde. (Fig.9.1)

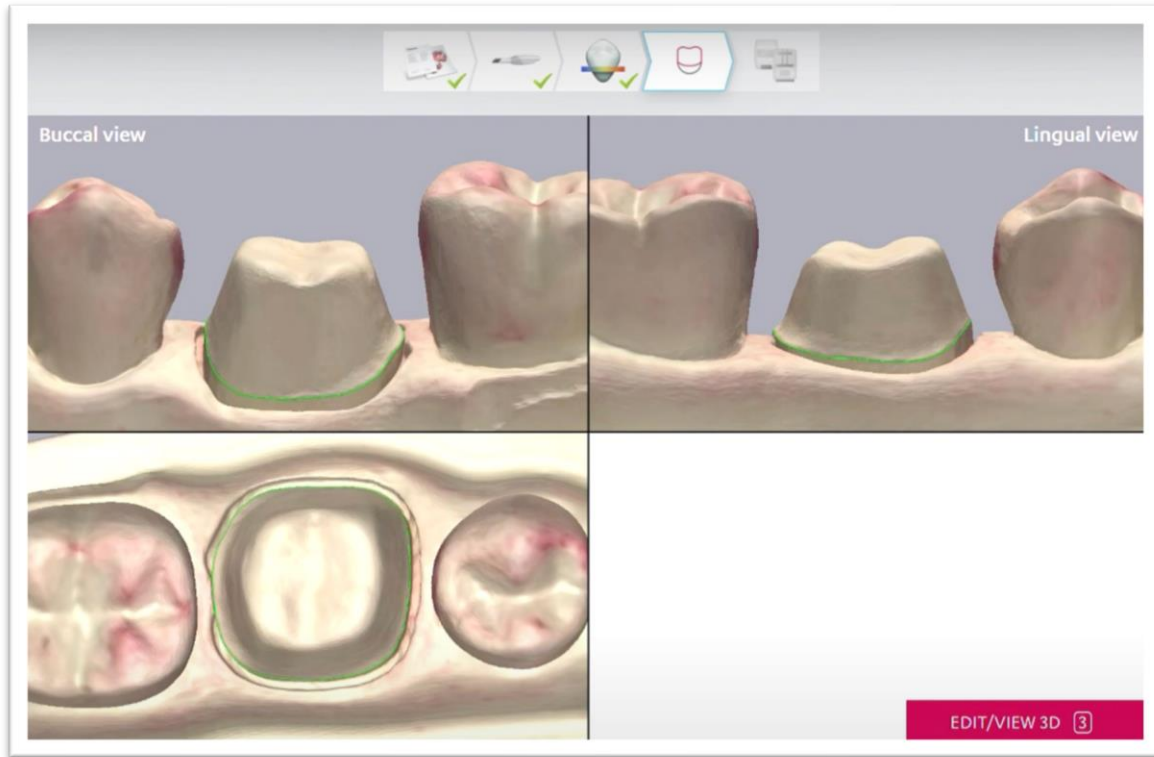


Fig.9.1 Imagen de muñones tallados detectados.

En el tercer paso nos mostrará el diseño propuesto por la inteligencia artificial, marcando con un mapa de colores las zonas de grosor mínimo y de distancia con el antagonista tanto a nivel oclusal como interproximal. (Fig.9.2) En una segunda pantalla nos mostrará el diseño definitivo con un modelo de trabajo zocalado obtenido a partir de los escaneado intraorales. (Fig.9.3).

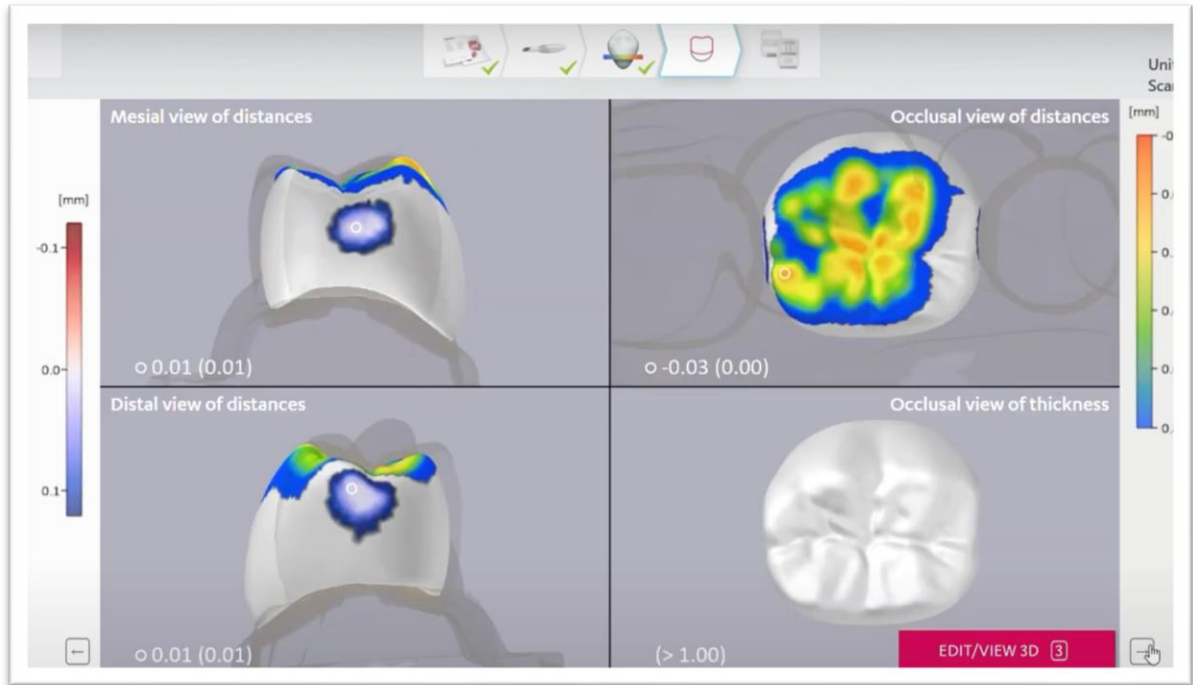


Fig.9.2. Diseño propuesto por IA,(marcando zonas de grosor mínimo, y distancia con antagonista)

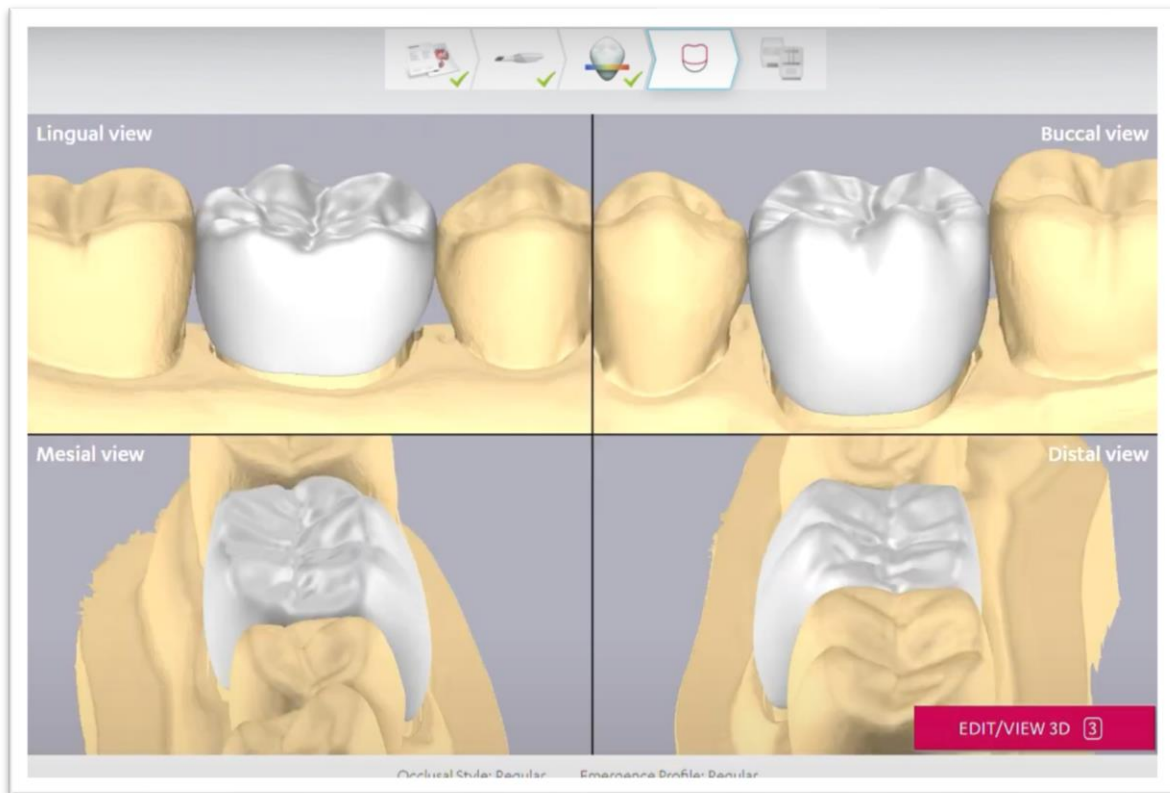


Fig. 9.3. Diseño definitivo con modelo de trabajo zocalado.

Una vez validado los diseños obtenidos para las coronas en posición 2.4 y 2.6 de manera automatizada por el software de inteligencia artificial integrado dentro del programa Automate Crown se procedió a la descarga de los archivos para su posterior fresado.

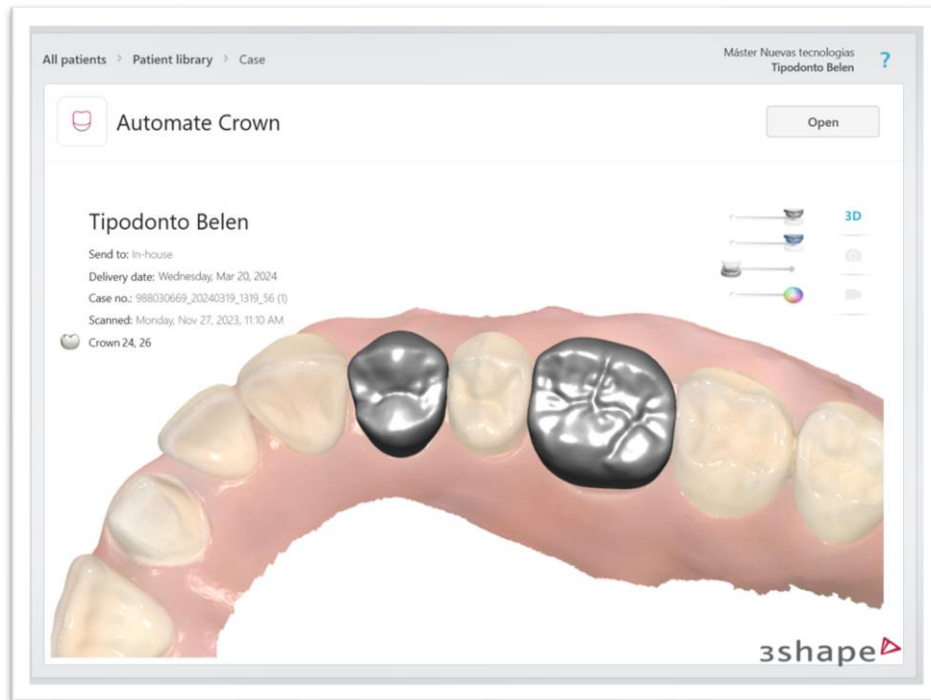


Fig.9.4 Diseños obtenidos terminados para descarga de archivos.

4.4.- FRESADO DE LAS CORONAS

Tras la fase de diseño, se obtuvieron 8 diseños en archivo .STL. Todos los diseños de corona se prototiparon mediante una técnica sustractiva de fresado, usando la fresadora de clínica CEREC MC XL.(Charlotte, NC, USA) Esta fresadora de sobremesa se encuentra integrada dentro del flujo de trabajo Chairside CEREC. Es una fresadora versátil, capaz de fresar cualquier restauración en múltiples materiales en bloque. Su tecnología de fresado de alta precisión con dos fresas diamantadas produce unas restauraciones con superficies lisas y bien adaptadas en poco tiempo de trabajo.

Todas las coronas se fresaron en disilicato de litio (E.max CAD MULTI, Ivoclar Zúrich, Suiza color A3, en estado precristalizado.



Fig.10 Fresadora CEREC MC XL

4.5.- CRISTALIZADO Y ACABADO DEL DISILICATO DE LITIO

Una vez que la restauración había sido fresada, se retiraba cuidadosamente de la máquina de fresado y se verificaba que la restauración fresada estuviese limpia y libre de polvo o residuos y si era necesario, se limpiaba con aire comprimido.

Posteriormente, se llevó a cabo el cristalizado de las coronas, mediante el horno para cerámica Speedfire para CEREC (Denstply Sirona, Charlotte, NC, USA).

Primero se colocaba la restauración en una bandeja de horno especial para evitar el contacto directo con el horno y asegurar una distribución uniforme del calor. Después se configuraba el horno de cerámica siguiendo las especificaciones del fabricante del material. Posteriormente, se introducía la bandeja con la restauración en el horno y se iniciaba el ciclo de cristalización que generalmente incluye una fase de calentamiento, una fase de mantenimiento a alta temperatura, y una fase de enfriamiento controlado. La temperatura de cristalización para el disilicato de litio suele ser de aproximadamente 840-850 °C y el proceso dura alrededor de 20-30 minutos, dependiendo de las instrucciones del fabricante. Una vez completada la fase de mantenimiento a alta temperatura, se esperaba a que la restauración se enfriara de manera controlada dentro del horno, para evitar cualquier fisura o fractura por choque térmico.



Fig.11 Horno para cerámica CEREC Speedfire

4.6.- ALEATORIZACIÓN

Una vez obtenidas todas las coronas, se guardaron de manera aleatoria en una caja codificada con letras, solo el controlador del estudio sabía que corona era cada una.

MOLAR

- A. Chairside
- B. Inteligencia Artificial 3 SHAPE
- C. Técnico
- D. Inteligencia Artificial IMAGO

PREMOLAR

- E. Técnico
- F. Inteligencia Artificial IMAGO
- G. Inteligencia Artificial 3 SHAPE
- H. Chairside

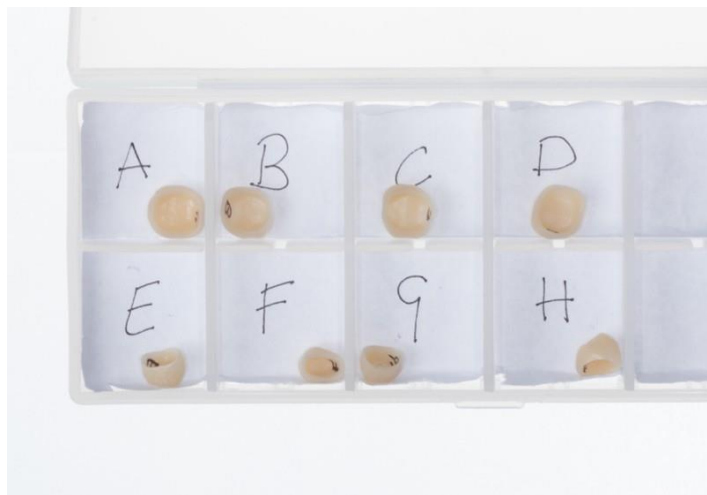


Fig.12 Caja codificada con letras

Para evitar posibles sesgos o errores a la hora de la evaluación de las variables clínicas por parte de los operadores, se aleatorizó también el orden en el que cada operador evaluaría cada corona. Para la obtención de estos datos, se usó la aplicación <https://es.piliapp.com/random/list/>, la cual nos ofreció una lista aleatoria de letras de la A a la H para cada uno de los veinte operadores.

OPERADOR	2.6	2.4
1	BCDA	GFHE
2	DBAC	HFGE
3	DBCA	HEGF
4	DCBA	GFHE
5	DBAC	FEGH
6	CDBA	GEFH
7	DACB	FHGE
8	BADC	HFEG
9	BACD	GEFH
10	BADC	EGFH
11	ADBC	FHGE
12	BADC	GFHE
13	DACB	EFGH
14	ABCD	EGFH
15	DCAB	HFGE
16	BDCA	GHEF
17	BACD	HFEG
18	CADB	GFHE
19	DACB	EFHG
20	CBAD	GEHF

Fig.13 Lista aleatoria de operadores y selección de coronas.

4.7.- EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS CLINICOS

En este estudio, se evaluaron los aspectos clínicos más relevantes a la hora de colocar una corona de recubrimiento total sobre dientes: Anatomía, ajuste marginal, puntos de contacto, oclusión y fricción sobre el diente tallado.

Un investigador independiente de la fase inicial del estudio, el cual no sabía tampoco la codificación de las coronas llevó a cabo la recogida de los datos de la evaluación clínica. Esta se llevó a cabo por veinte odontólogos, ocho hombres y doce mujeres con edades comprendidas entre los 25 y los 59 años. A todos ellos se les presentó el tipodonto montado en el articulador y la caja con las ocho coronas codificadas. Por lo tanto la recogida de los datos se realizó a Doble Ciego, ninguna persona involucrada en el proceso, sabía que corona estaba evaluando en ese momento.

Siguiendo la tabla de aleatorización, cada operador iba colocando las coronas sobre los muñones del tipodonto y evaluaba los aspectos clínicos de la siguiente manera:

4.7.1 Ajuste marginal

Se evaluó el ajuste de la corona sobre la línea de terminación de forma visual y mediante un juego de exploración, espejo y sonda nuevos. (Hu-Fredy®). Cada evaluador puntuaba el ajuste marginal del 1 al 5, siguiendo la siguiente codificación:



Fig.14 Fotografías de ajuste marginal de coronas

VALOR	
1	Ajuste Marginal Muy Deficiente
2	Mal Ajuste marginal
3	Ajuste Marginal Óptimo: Clínicamente aceptable
4	Buen Ajuste Marginal
5	Ajuste Marginal Excelente en 360°

Tabla 1.

4.7.2.- Puntos de contacto

Se evaluó los puntos de contacto, tanto mesial como distal con los dientes adyacentes de dos maneras, de manera categórica y de manera numérica.

De forma categórica se usó con seda dental (Vitis Dentaaid, España), y cada operador dio una puntuación del 1 al 5 según su propio criterio, siguiendo la siguiente codificación:

Además para evaluar de manera numérica el punto de contacto, se media el espacio interproximal usando unas Galgas de Ortodoncia (STRAUSS, Bav,Alemania). Estas se introducían con una fuerza suave, si había espacio, entre los dientes y se media en micras el espacio.

VALOR	
1	Punto de contacto Muy Deficiente Por exceso o por defecto
2	Mal punto de contacto Por exceso o por defecto
3	Punto de contacto Óptimo: Clínicamente aceptable
4	Buen Punto de contacto
5	Punto de contacto Excelente

Tabla 2





Fig.15 Fotografías de Punto de contacto con seda dental y galgas de ortodoncia.

4.7.3.- Oclusión

Se evaluó la oclusión de cada corona con los dientes antagonistas de dos maneras, de manera categórica y de manera numérica.

Primero usando papel de articular de 12micras (Bausch Arti-check, Nashua, USA), se registró la oclusión de cada corona, y el operador contaba los puntos de contacto que veía sobre la corona. El mismo proceso se repitió con papel de 40micras (Bausch Arti-check, Nashua, USA).

Tras observar el número y fuerza de los puntos de contacto, así como con la inspección visual de la oclusión cada operador de forma categórica dio una puntuación del 1 al 5 según su propio criterio, siguiendo la siguiente codificación:

VALOR	
1	Oclusión Muy Deficiente Por exceso o por defecto
2	Oclusión Mala Por exceso o por defecto
3	Oclusión Óptima: Clínicamente aceptable
4	Buena Oclusión
5	Oclusión Excelente

Tabla 3



Fig. 16. Fotografía para toma de oclusión con papel de articular 12 micras (Bausch Artichек, Nashua, USA)

4.7.4.- Anatomía

Cada operador, evaluaba cada corona en cuanto a la forma que tenía de manera visual y le daba una puntuación, siguiendo la siguiente tabla:

VALOR	
1	Anatomía Muy Deficiente
2	Anatomía Mala
3	Anatomía Óptima: Clínicamente aceptable
4	Buena Anatomía
5	Anatomía Excelente

Tabla 4



Fig.17 Fotografía de anatomía de corona de premolar



Fig. 18 Fotografía de anatomía de corona de molar.

4.7.5.- Fricción

Cada operador, evaluaba cada corona en cuanto a la fricción que ejercía sobre el muñón, buscando si rotaba sobre el eje, o por el contrario tenía buena fricción o excesiva. La evaluación la llevó de manera táctil y le daba una puntuación, siguiendo la siguiente tabla:

VALOR	
1	Fricción Muy Deficiente
2	Fricción Mala
3	Fricción Óptima: Clínicamente aceptable
4	Buena Fricción
5	Fricción Excelente

Tabla 5

4.7.6.- Selección Final

Tras la evaluación de las ocho coronas, cada evaluador debía elegir una para cada preparación, un molar y un premolar, que a su juicio, cumpliera con los mejores criterios clínicos para ser cementada.

4.8.- DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos fueron resumidos y archivados en una hoja de cálculo Microsoft® Excel 2011 para Mac versión 16.86 (Microsoft Corp., USA).

Los datos se analizaron con el programa SPSS® 29.0.2.0 para Mac (SPSS, IBM, Inc, Chicago, Illinois, USA).

Se calcularon los valores medios y la desviación estándar para cada variable y la normalidad de la distribución se evaluó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Para evaluar los resultados de las variables clínicas y encontrar las diferencias entre los cuatro grupos, se empleó la prueba de Kruskal-Wallis con corrección de Bonferroni. La selección final, al ser una variable dicotómica, se realizó el Test de Chi Cuadrado de Pearson. Para todos los test el nivel de significación se fijó en $\alpha = 0,05$.

5.- RESULTADOS

Todas las coronas monolíticas de óxido de zirconio fueron analizadas por 20 operadores ciegos externos al estudio. Cada operador evaluó las variables clínicas de las 8 coronas estudiadas y finalmente realizó una selección final de una corona para cada preparación.

La estadística descriptiva e inferencial de los resultados obtenidos para cada variable en el análisis clínico fue la siguiente:

5.1.- AJUSTE MARGINAL

Para la variable ajuste marginal, cada evaluador dio un valor de 1 al 5 a cada corona. Los valores medios obtenidos se representan en la tabla 6 y la figura 19.

	CHAIRSIDE	TÉCNICO	IA 3SHAPE	IA IMAGO
Ajuste Marginal	4	3	3	3

Tabla 6. Valor medio obtenido para el ajuste marginal para cada diseño.

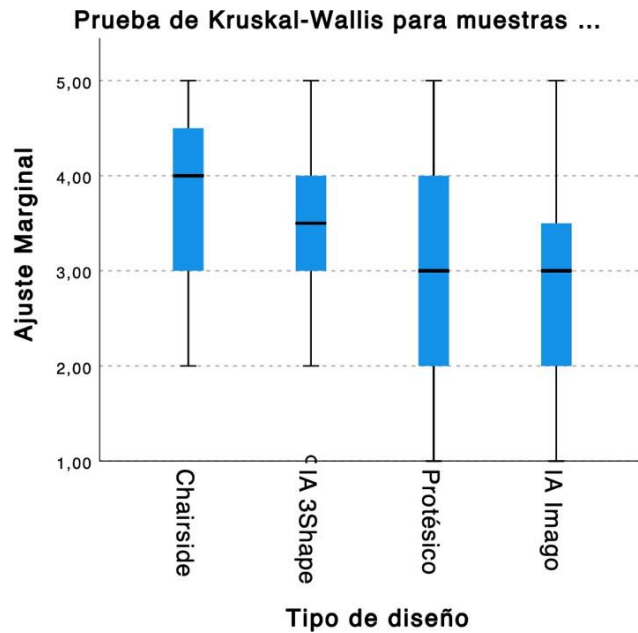


Fig. 19. Distribución de los valores obtenidos para el ajuste marginal.

Todas las coronas fueron “Clínicamente aceptables”, Obtuvieron de media el valor 4 las Chairside y 3 para los demás grupos.

Para ver si existían diferencias significativas se aplicó el test de Kruskal-Wallis, obteniendo los siguientes resultados:

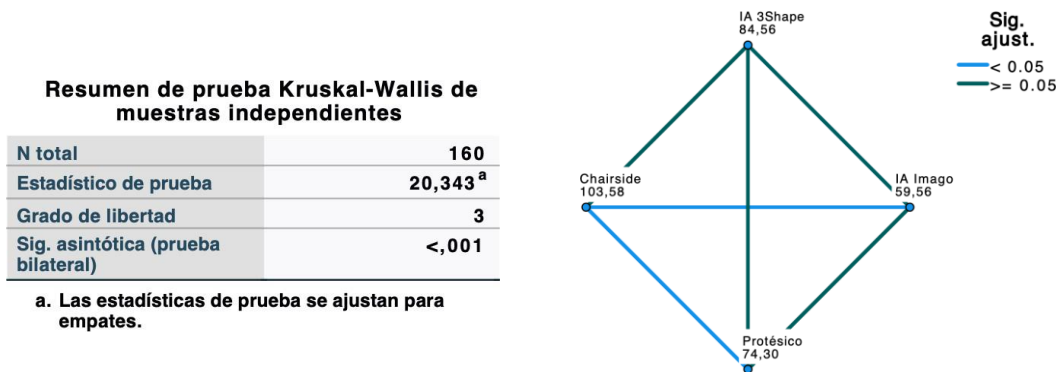


Fig 20. Ajuste marginal: Kruskal-Wallis para muestras independientes

Las coronas Chairside fueron estadísticamente superiores a las coronas Imago y las de protésico. No se establecieron diferencias significativas con las coronas de 3shape, que obtuvieron también un buen resultado en cuanto al ajuste marginal

5.2.- ANATOMIA

Para la variable anatomía, cada evaluador dio un valor de 1 al 5 a cada corona. Los valores medios obtenidos se representan en la tabla 7 y la figura 21.

	CHAIRSIDE	TÉCNICO	IA 3SHAPE	IA IMAGO
Anatomía	3	4	3	3

Tabla 7. Valor medio obtenido para la anatomía para cada diseño.

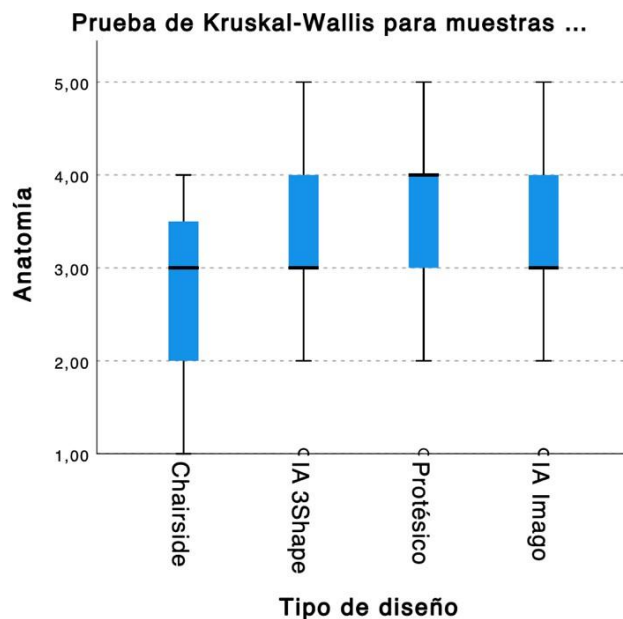


Fig. 21. Distribución de los valores obtenidos para la anatomía

Todas las coronas fueron “Clínicamente aceptables”. Las del técnico obtuvieron un valor medio de 4, por encima de las demás que fue de 3.

Para ver si existían diferencias significativas se aplicó el test de Kruskal-Wallis, obteniendo los siguientes resultados:

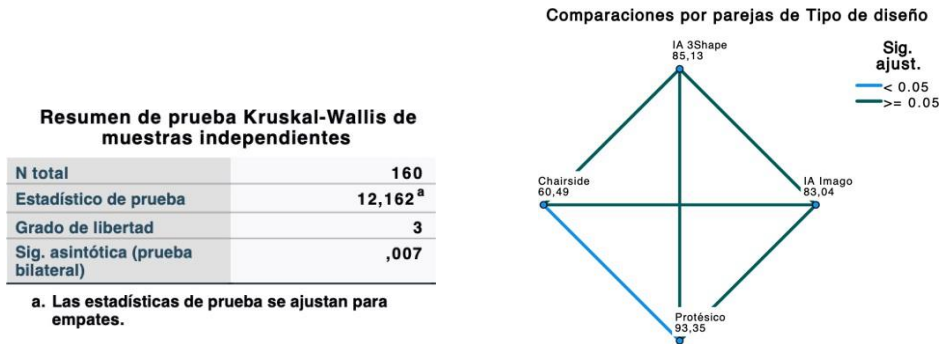


Fig 22. Anatomía: Kruskal-Wallis para muestras independientes

Solo se establecieron diferencias significativas entre las de Protésico y el Chairside. En cuanto a forma, la IA no presenta diferencias significativas con respecto a las coronas diseñadas por humanos.

5.3.- FRICCIÓN

Para la variable fricción, cada evaluador dio un valor de 1 al 5 a cada corona. Los valores medios obtenidos se representan en la tabla 8 y la figura 23.

	CHAIRSIDE	TÉCNICO	IA 3SHAPE	IA IMAGO
Fricción sobre el muñón	3	4	1	2

Tabla 8. Valor medio obtenido para la fricción para cada diseño.

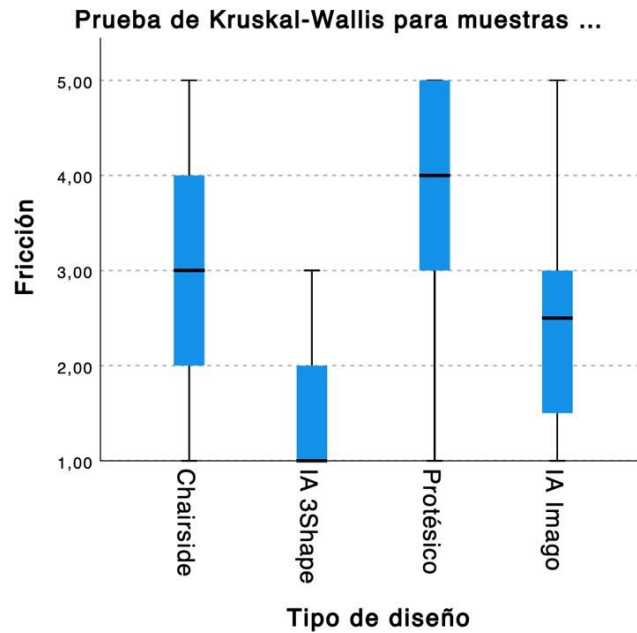


Fig. 23. Distribución de los valores obtenidos para la fricción.

Las coronas de Protésico obtuvieron un valor de 4/5 y las chairside de 3/5. Las de IA obtuvieron valores clínicamente no aceptables para la variable Fricción.

Para ver si existían diferencias significativas se aplicó el test de Kruskal-Wallis, obteniendo los siguientes resultados:

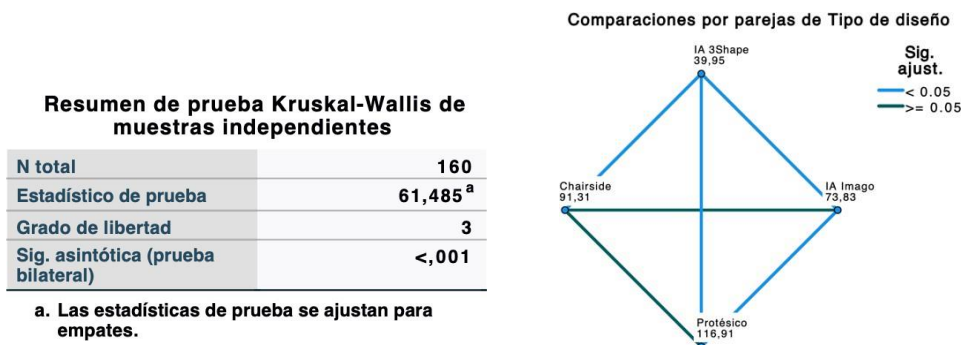


Fig 24. Fricción: Kruskal-Wallis para muestras independientes

Las coronas chairside no obtuvieron diferencias significativas con las de protésico ni las Imago, sin embargo las de protésico fueron estadísticamente superiores a las diseñadas por la IA en cuanto a fricción.

5.4.- OCLUSIÓN

Para la variable oclusión, cada evaluador dio un valor de 1 al 5 a cada corona. Los valores medios obtenidos se representan en la tabla 9 y la figura 25.

	CHAIRSIDE	TÉCNICO	IA 3SHAPE	IA IMAGO
Oclusión Global	3	4	3	3

Tabla 9. Valor medio obtenido para la Oclusión para cada diseño.

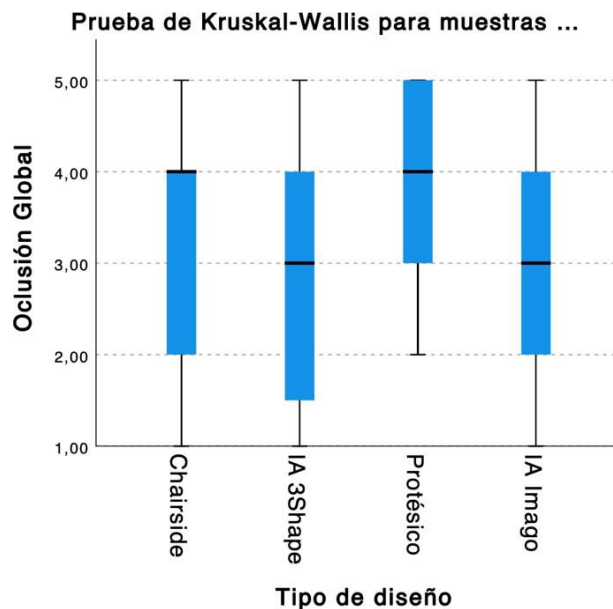


Fig. 25. Distribución de los valores obtenidos para la oclusión.

Las coronas Técnico obtuvieron una puntuación media de 4/5. Las coronas chairside y las coronas diseñadas por IA obtuvieron una puntuación media de 3, todas son “Clínicamente aceptables”.

Para ver si existían diferencias significativas se aplicó el test de Kruskal-Wallis, obteniendo los siguientes resultados:

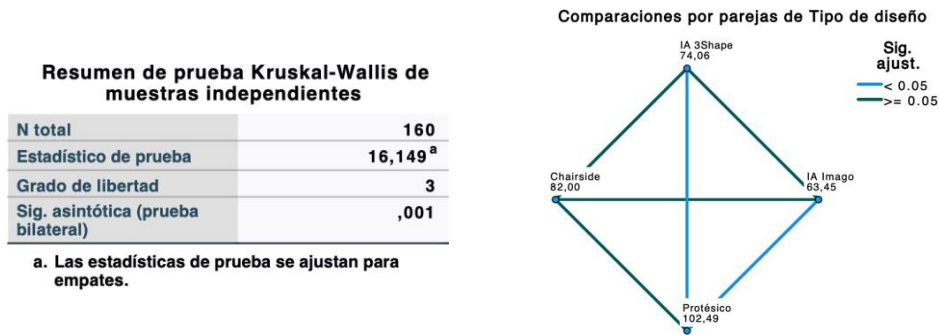


Fig 26. Oclusión: Kruskal-Wallis para muestras independientes

Las coronas Protésico son estadísticamente superiores en oclusión con respecto a las de IA. No se establecen diferencias significativas entre las chairside y las demás. No hay diferencias entre las dos de IA.

Además, se llevó a cabo un estudio de la oclusión con dos papeles de articular, uno de 12 micras y el otro de 40 micras, contabilizando el número de contactos que existían en cada corona para cada tipo de papel.

Los valores medios obtenidos se representan en la tabla 10 y fig 27.

	CHAIRSIDE	TÉCNICO	IA 3SHAPE	IA IMAGO
Nº Contactos 12 μ	3	2	1	2

	CHAIRSIDE	TÉCNICO	IA 3SHAPE	IA IMAGO
Nº Contactos 40 μ	5	4	2	3

Tabla 10. Número de contactos medios obtenido para la Oclusión para cada diseño.

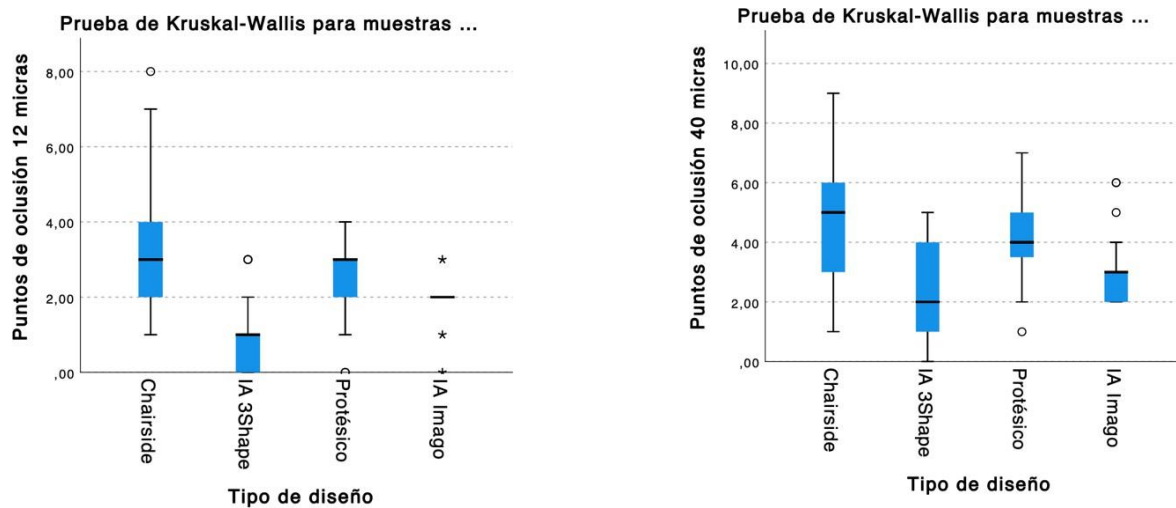


Fig. 27. Distribución de los contactos obtenidos para la oclusión.

Para ver si existían diferencias significativas se aplicó el test de Kruskal-Wallis, obteniendo los siguientes resultados:

5.5.- PUNTOS DE CONTACTO

Para la variable puntos de contacto, cada evaluador dio un valor de 1 al 5 a cada corona, para el punto de contacto mesial y el punto de contacto distal, mediante el uso de la seda. Los valores medios obtenidos se representan en la tabla 11 y la figura 29.

	CHAIRSIDE	TÉCNICO	IA 3SHAPE	IA IMAGO
Contacto Mesial	3	4	2	2
	CHAIRSIDE	TÉCNICO	IA 3SHAPE	IA IMAGO
Contacto Distal	3	4	2	2

Tabla 11. Valores medios obtenidos para los puntos de contacto para cada diseño.

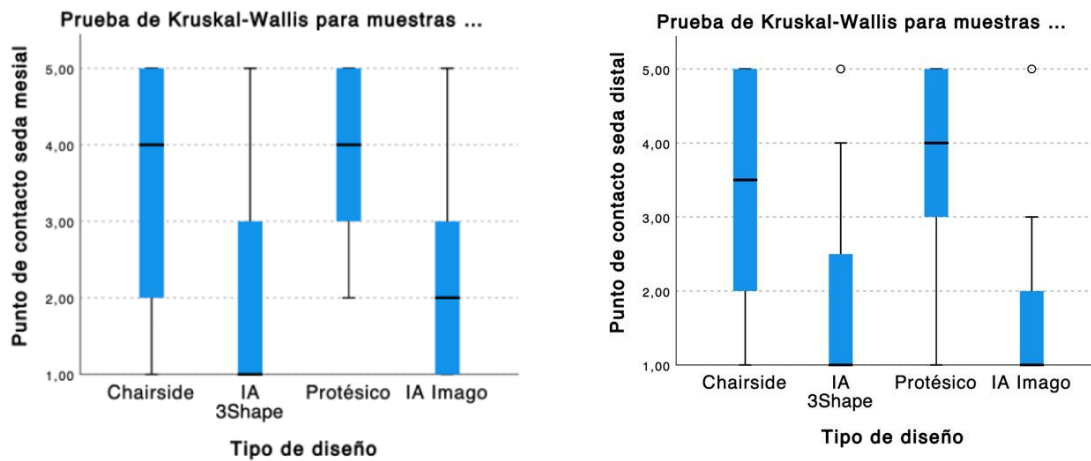


Fig. 29. Distribución de los valores obtenidos para los puntos de contacto.

Las coronas Técnico obtuvieron una puntuación media de 4/5. Las coronas chairside 3/5 para ambos puntos de contacto. Las coronas diseñadas por IA obtuvieron una puntuación media de 2/5, por lo que no se consideran clínicamente aceptables.

Para ver si existían diferencias significativas se aplicó el test de Kruskal-Wallis, obteniendo los siguientes resultados:

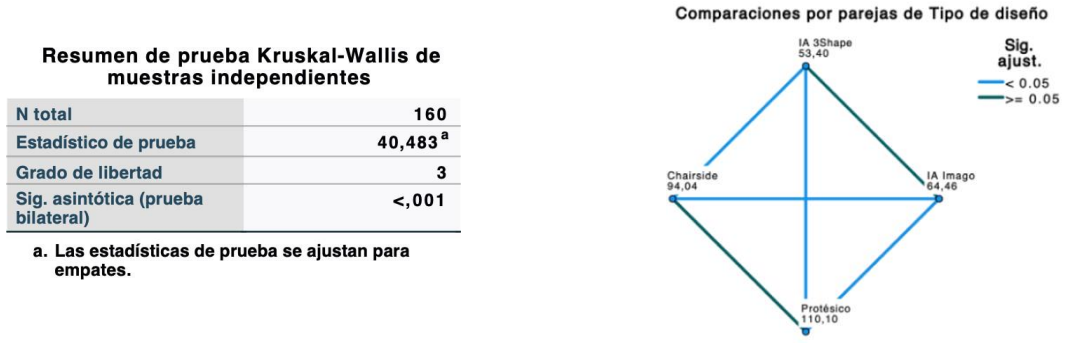


Fig 30. Punto de contacto mesial: Kruskal-Wallis para muestras independientes

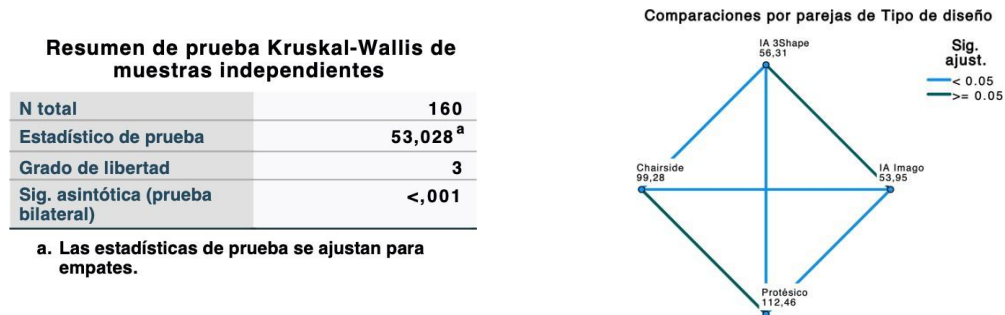


Fig 31. Punto de contacto distal: Kruskal-Wallis para muestras independientes

Se encuentran diferencias significativas entre las coronas diseñadas por IA y las diseñadas por humanos. No existen diferencias significativas entre las coronas diseñadas por IA, ni entre los humanos. Los diseños humanos son estadísticamente mejores en ambos puntos de contacto.

Además se llevó a cabo un estudio de los puntos de contacto con unas galgas de ortodoncia, para conocer el espacio que existía entre las coronas y los dientes adyacentes, tanto en mesial como en distal.

Los valores medios obtenidos se representan en la tabla 12 y la figura 32.

	CHAIRSIDE	TÉCNICO	IA 3SHAPE	IA IMAGO
Galgas Mesial en μ	48	61	231	199

	CHAIRSIDE	TÉCNICO	IA 3SHAPE	IA IMAGO
Galgas Distal en μ	46	75	270	271

Tabla 12. Espacio en micras en el punto de contacto mesial y distal para cada diseño.

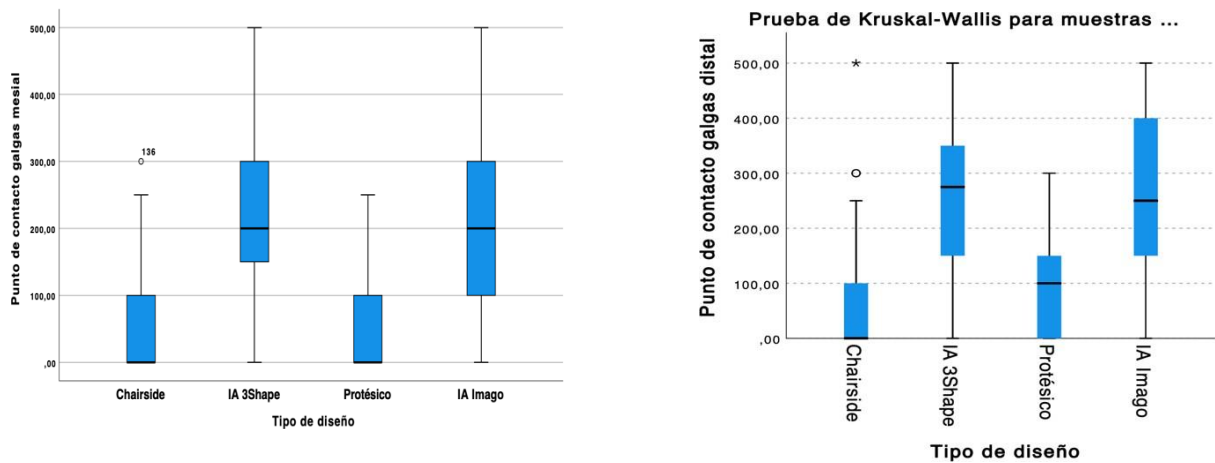
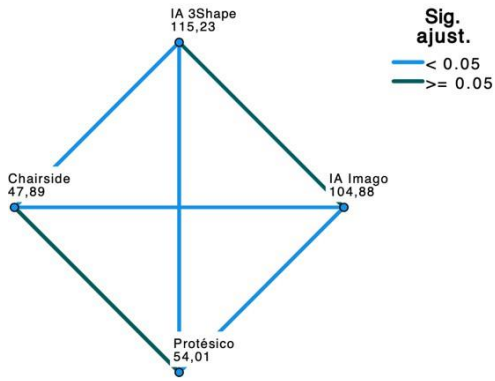


Fig. 32. Distribución de las micras en los puntos de contacto.

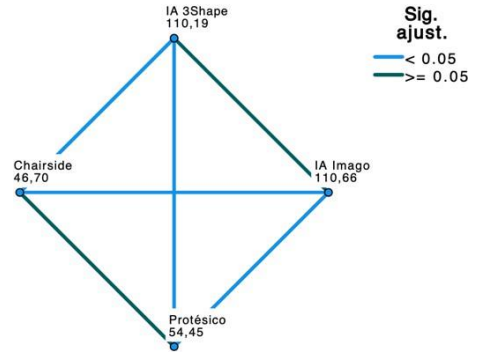
Para ver si existían diferencias significativas se aplicó el test de Kruskal-Wallis, obteniendo los siguientes resultados:

Comparaciones por parejas de Tipo de diseño



Mesial

Comparaciones por parejas de Tipo de diseño



Distal

Fig 33. Puntos de contacto: Kruskal-Wallis para muestras independientes

Se encuentran diferencias significativas entre las coronas diseñadas por IA y las diseñadas por humanos, pero no existen diferencias entre las Chairside y las del protésico.

En resumen, en el apartado puntos de contacto, las coronas diseñadas por el protésico o las Chairside obtienen unos puntos de contacto más cerrados que las coronas diseñadas por la IA, de manera estadísticamente significativa. Esto sumado a la mejor puntuación subjetiva obtenida por las coronas de diseño humano, se puede concluir que las coronas diseñadas por humanos son mejores que las diseñadas por la IA con respecto a los puntos de contacto.

5.6. SELECCIÓN FINAL

Tras la evaluación de todas las coronas, cada evaluador seleccionaba una corona para cada preparación, teniendo en cuenta todas las variables estudiadas. Las coronas seleccionadas para cada corona se representan en la tabla 13 y en las figuras 34 y 35.

	CHAIRSIDE	TÉCNICO	IA 3SHAPE	IA IMAGO
2.4	7	13	0	0
2.6	2	10	1	7
TOTAL	9	23	1	7

Tabla 13. Distribución de la selección final para cada preparación.

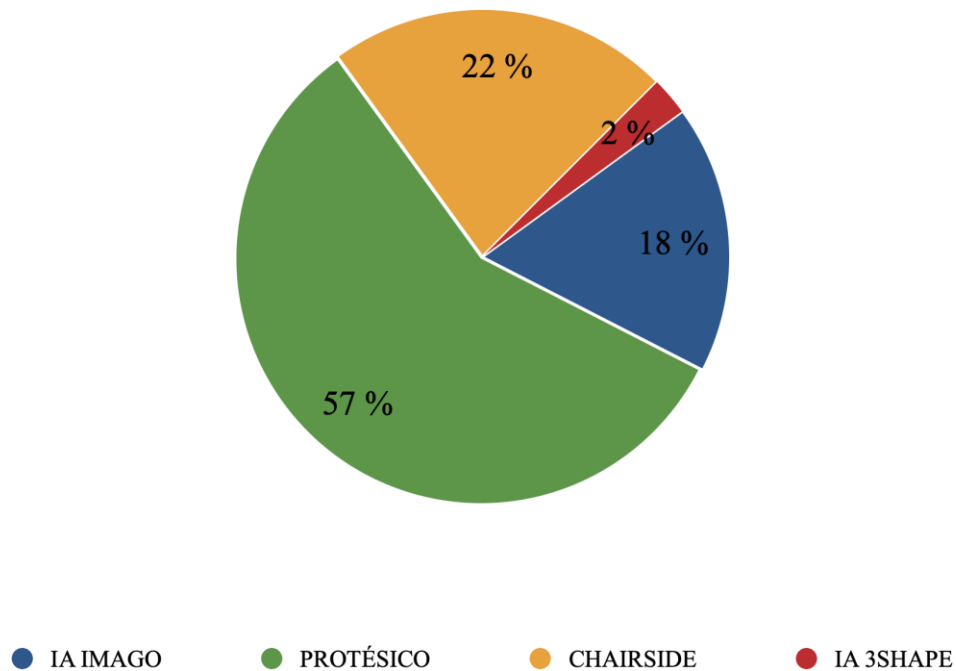


Fig.34. Distribución de la selección final según el diseño .

En el 57% de las veces, los operadores seleccionaron la corona diseñada por el técnico de laboratorio, seguido por el 22% de las veces de las coronas diseñadas por el dentista mediante el sistema Chairside. Por lo tanto en el 79% de los casos se seleccionaron las coronas diseñadas por humanos.

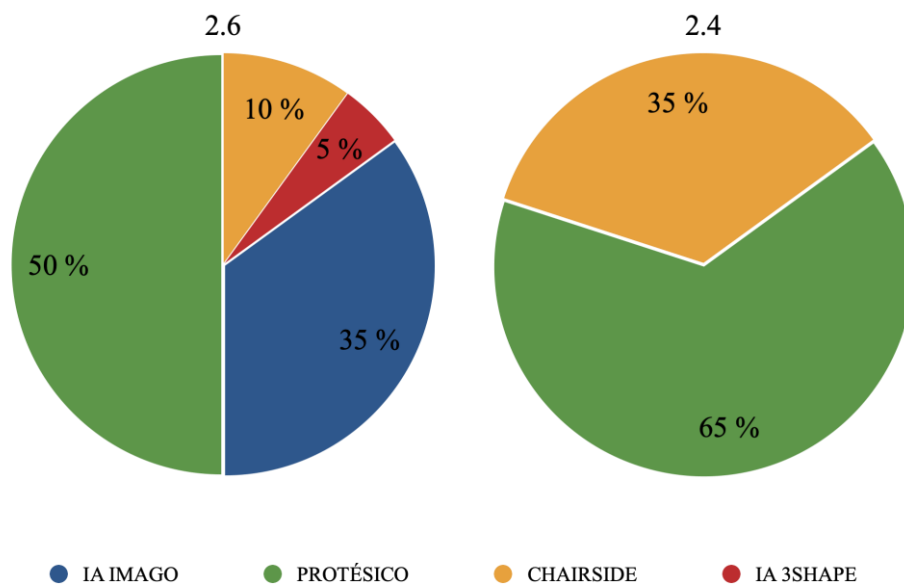


Fig.35. Distribución de la selección final teniendo en cuenta la preparación.

Para ambos dientes, la mayoría de las veces se seleccionó la corona diseñada por el técnico, seguido por la corona IA Imago para el diente 2.6 y la corona Chairside para la corona del 2.4.

Para comprobar si la selección de las coronas era estadísticamente significativa se aplicó el test Chi cuadrado de Pearson.

Estadísticos de prueba

Diente		Selección final	Tipo de diseño
Molar 2.6	Chi-cuadrado	43,200 ^a	,000 ^a
	gl	3	3
	Sig. asin.	<,001	1,000
Premolar 2.4	Chi-cuadrado	7,200 ^b	,000 ^a
	gl	1	3
	Sig. asin.	,007	1,000

a. 0 casillas (0,0%) han esperado frecuencias menores que 5. La frecuencia mínima de casilla esperada es ...

b. 0 casillas (0,0%) han esperado frecuencias menores que 5. La frecuencia mínima de casilla esperada es ...

Fig.36. Chi Cuadrado sobre la selección final de las coronas según el diente.

Tras aplicar el test de Chi cuadrado, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las dos preparaciones. La selección de las restauraciones diseñadas por el técnico fue estadísticamente significativamente mayor, en ambos dientes.

6. DISCUSION

Desde hace ya tiempo, el paradigma de los laboratorios dentales ha ido cambiando, pasando de diseños de coronas de manera totalmente manual con cera al uso de softwares de diseño asistido por ordenador, gracias al desarrollo de la tecnología CAD/CAM. Actualmente esta tecnología está implementada en casi todos los procesos de prótesis fija, debido a la gran popularidad que tiene el uso de coronas de zirconio. Estos sistemas de diseño y fabricación asistidos por ordenador han demostrado producir coronas y restauraciones de manera más eficaz, con mayor precisión y por lo tanto con mejores resultados clínicos, a corto y largo plazo. (25) Sin embargo, el afán por mejorar los procesos de diseño, tanto a nivel de precisión como de eficacia en tiempo, ha hecho que se empiece a implementar el uso de la inteligencia artificial. (26). Este proceso supone una revolución en el diseño de las mismas, puesto que estos softwares son capaces de ajustar automáticamente márgenes, ejes de inserción, y puntos oclusales específicos.(1,18,16,20) Actualmente, existen muy pocos estudios que comparen los diseños humanos y los asistidos por inteligencia artificial a nivel clínico, por ello nos planteamos realizar este protocolo, cuyo objetivo era comparar diferentes variables clínicas entre coronas diseñadas por dos softwares de diseño mediante inteligencia artificial , un técnico de laboratorio y un odontólogo mediante un sistema Chairside.

6.1 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los cuatro grupos de coronas fueron analizadas por veinte operadores, que puntuaron las diferentes variables para encontrar las diferencias entre ellas y determinar qué diseño presentaba mejores resultados en las variables clínicas estudiadas. Los resultados obtenidos proporcionan una visión clara de las fortalezas y limitaciones de cada método en aspectos críticos como el ajuste marginal, la anatomía, la fricción, la oclusión y los puntos de contacto.

El ajuste marginal es un aspecto crucial en la evaluación de la calidad de las coronas dentales, ya que un ajuste óptimo asegura la durabilidad de la restauración y la salud periodontal del paciente. En este estudio todas las coronas fueron clínicamente aceptables para esta variable, aunque los mejores resultados las obtuvieron las diseñadas por el odontólogo con el sistema chairside, de manera estadísticamente significativa sobre las coronas diseñadas por el técnico y el IA Imago. Las coronas diseñadas por la IA 3shape, no

obtuvo diferencias con las chairside, por lo que para este aspecto, las IA's obtuvieron buenos resultados. Estos resultados se encuentran en concordancia con los estudios publicados hasta el momento, donde la IA se establece como una herramienta idónea para obtener coronas con un buen ajuste marginal e interno de manera estadísticamente significativa.(20,21,22) Este aspecto quedó demostrado en el estudio de Choi et al. en 2023 (27) donde determinó que los softwares de localización de márgenes entrenados con IA, eran mucho más precisos que cualquier software tradicional de diseño CAD/CAM para localizar el chamfer de las preparaciones. Esto supone que la restauración obtenida va a tener un menor GAP a nivel cervical, lo que infiere a la corona unos resultados clínicos mucho mejores.

La anatomía de las coronas es otro factor crucial tanto en la estética como en la función. En este estudio las coronas diseñadas por el técnico obtuvieron los mejores resultados y las IA's obtuvieron también buenos resultados, sin establecerse diferencias significativas con las del técnico. Este aspecto es uno de los más estudiados en la literatura, y en la mayoría de los estudios las IA's son capaces de generar diseños muy similares a los dientes naturales(1,28, 20), y cuando se compara con los diseños realizados por técnicos de laboratorio para Cho et al. en 2023,(21) la IA consigue diseños más naturales a nivel oclusal. Sin embargo, al igual que nosotros, Cho et al. en 2024 (22) no encuentra diferencias significativas entre el técnico y la IA utilizada en el estudio a nivel de forma, quedando corroborado en otro estudio del mismo grupo en 2024, en el que tampoco encontró diferencias entre el diseño humano y la IA.(24) Por el contrario, Chen et al. en 2020 (18) determinó que los diseños a nivel oclusal de la IA eran peor y diferían más de la naturaleza, que los realizados por el humano. Además estudió la cantidad de diente que debería ser tallado para obtener los diseños oclusales propuestos, y los diseños humanos fueron más conservadores con el diente, que los propuestos por la IA.

A pesar de los diferentes resultados, en este aspecto, las IA's presentan buenos resultados en cuanto a la anatomía de las restauraciones, dando diseños muy similares a los que ofrecen los humanos.

Para la variable oclusión en nuestro estudio las coronas diseñadas por el técnico siempre obtuvieron los mejores resultados, seguidos de las coronas diseñadas por el

odontólogo, sin diferencias significativas entre ellos. Los humanos son capaces de diseñar estas variables estadísticamente mejor que cualquiera de las IA's. La cantidad de puntos de contacto y su fuerza, han sido estudiados en la literatura por pocos estudios, solo Cho et al. en dos estudios publicados (22,24) encuentra que la oclusión es mejor, con más contactos y con mejor intensidad en las coronas diseñadas por humanos, tanto en coronas sobre dientes como en coronas sobre implantes, de manera estadísticamente significativa, al igual que nuestros resultados. Este aspecto debe ser mejorado en el futuro por las inteligencias artificiales para obtener resultados clínicamente aceptables, puesto que por ahora los resultados que ofrecen no llegan a ser totalmente satisfactorios.

Los puntos de contacto con los dientes adyacentes son otro de los factores clínicos de mayor importancia para determinar si las restauraciones son o no clínicamente aceptables, puesto que influyen en la funcionalidad de las mismas, evitando la impactación de alimentos. En nuestro estudio las coronas diseñadas por el técnico siempre obtuvieron los mejores resultados, seguidos de las coronas diseñadas por el odontólogo, sin diferencias significativas entre ellas, y estableciéndose diferencias con las IA's, que presentaban puntos de contacto demasiado abiertos, tanto al estudiarse con la seda dental y las galgas de ortodoncia. Estos resultados están en concordancia con el estudio de Cho et al. de 2024 (22) que encontró que los puntos de contacto diseñados por el técnico de laboratorio eran más suaves y óptimos con respecto a las coronas diseñadas por la IA, que presentaba puntos de contacto excesivamente fuertes, de manera estadísticamente significativa. Por el contrario, el mismo grupo de investigadores no encontraron diferencias entre los grupos, cuando compararon los diseños de coronas sobre implantes a nivel de esta variable.(24) Por ahora, los resultados presentes en la literatura sugieren que la intervención humana sigue siendo crucial para garantizar la funcionalidad y la comodidad del paciente.

En cuanto a la fricción, los resultados que obtuvimos en este estudio eran similar a la oclusión y los puntos de contacto, las coronas diseñadas por humanos, presentaban mejor fricción con el muñon que las diseñadas por la IA. Este aspecto se encuentra en contraposición con los resultados publicados sobre el ajuste interno de las coronas diseñadas por IA, que presentan mejor ajuste interno sobre el muñón tallado.(22) En nuestro caso, el

mejor ajuste interno se obtuvo en las coronas del técnico y por lo tanto la mejor fricción se encontró en este grupo.

6.2. DISCUSIÓN DE LA METODOLOGÍA

La metodología empleada en este estudio fue cuidadosamente diseñada para evaluar las diferencias en la calidad y el rendimiento de coronas dentales diseñadas por distintos métodos, incluyendo tanto técnicas humanas como asistidas por inteligencia artificial. Aunque se trata de un estudio In vitro, la metodología intenta simular la práctica clínica diaria de un odontólogo. Este al enfrentarse ante una restauración, debe analizar los diferentes factores clínicos relevantes para poder decidir si la restauración es o no viable para la colocación en la boca de los pacientes. Por ello se usaron los métodos clásicos para evaluar las diferentes variables, como son la sonda para valorar el ajuste marginal, la seda dental o el papel de articular. Esta forma de evaluación de coronas ha sido aceptada en otros estudios publicados en la literatura, que evaluaban diferentes coronas de manera clínica.(29,30,31)

Los estudios consultados que estudian las variables clínicas de los diseños realizados por la IA frente a los diseños realizados por humanos(1,22, 24), utilizan una metodología muy diferente a la nuestra. En estos estudios realizan superposiciones de los diseños con unos archivos de referencia, ya sean dientes naturales o los diseños del protésico cuando se toman como grupo control. Al superponerlo estudian las discrepancias de volumen de uno y otros archivos y con ello infieren los resultados. Esta metodología tan extendida tiene como ventaja que los cambios volumétricos se pueden medir de manera numérica, y obtener datos que se pueden comparar con estadística.

En nuestro caso, las variables son cualitativas, por lo que se intentó obtener datos numéricos usando las galgas de ortodoncia y el uso de diferentes papeles de articular, midiendo el número de contactos presentes, para así favorecer los test estadísticos. El uso de estas variables cualitativas, puede suponer una limitación del estudio, sobretodo porque la metodología no es comparable 100% con los estudios publicados al respecto en la literatura.

Una de las variables que se introdujo en nuestra metodología fue la selección final, que se trata de un dato subjetivo, pero altamente relevante sobre la preferencia de los

operadores en situaciones reales. En nuestro caso, a nivel global en el 57% de los casos, los operadores seleccionaron las coronas diseñadas por el técnico de laboratorio, seguido por un 22% que optó por las coronas Chairside, lo que significa que en el 79% de los casos se prefirieron coronas diseñadas por humanos. Este hallazgo, corroborado por el test Chi cuadrado de Pearson, demuestra que las restauraciones diseñadas por técnicos son estadísticamente más seleccionadas, lo que refuerza la percepción de que los diseños humanos son superiores de manera global. Estos datos no pueden ser comparados con ningún estudio previo, pero aporta un gran conocimiento sobre la preferencia de los veinte odontólogos que evaluaron las coronas.

Otra de las limitaciones de nuestro estudio, es que no se tuvo en cuenta el tiempo empleado ni la eficacia del diseño entre los diferentes métodos de trabajo. Este aspecto fue estudiado por Liu et al. en 2024(20) y por Cho et al. en 2023(21), determinando que las IA's emplean mucho menos tiempo en realizar el diseño que el empleado por un humano, ya sea odontólogo o protésico. El tiempo empleado en un diseño de una restauración por un humano es muy variable, puesto que tanto de manera tradicional con la cera, como el diseño CAD, está muy influenciado por la experiencia del operador,(32,9) en cambio la IA es rápida y eficaz para cualquier trabajo, ya sea simple o mas complejo. Este aspecto es importante a tenerlo en cuenta en proximos estudios, puesto que es una de las mayores ventajas que nos puede ofertar el diseño automatizado basado en la inteligencia artificial, el diseño de restauraciones a gran escala, facilitando el trabajo de los laboratorios y disminuyendo mucho el tiempo de producción de las restauraciones.

En resumen, la introducción de la IA en el proceso de diseño de las coronas de recubrimiento total ha supuesto una revolución en los procesos CAD. Se trata de una herramienta digital que facilita el proceso del diseño, disminuyendo sobretodo el tiempo de trabajo. Los resultados clínicos son muy prometedores sobre todo a nivel del ajuste marginal y de la anatomía obtenida por estos softwares, que obtiene resultados muy similares a los diseños realizados por un técnico de laboratorio o un odontólogo. Sin embargo, en ciertos aspectos como la oclusión y los puntos de contacto con los dientes adyacentes la intervención humana es aún necesaria, ya que la IA obtiene resultados que mayoritariamente no son

clínicamente aceptables, por exceso o por defecto. Son necesarios más estudios que corroboren los resultados, sobre todo estudios clínicos, para obtener resultados con mayor evidencia científica. Además, esta tecnología se encuentra en pleno desarrollo, por lo que la aparición de continuas novedades es inevitable. Por ello la IA es un campo de total actualidad, que en las próximas décadas va a suponer un cambio en el paradigma de la odontología restauradora.

7.- CONCLUSIONES

Con las limitaciones inherentes a este estudio invitro, y con los resultados obtenidos se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1.- En cuanto al ajuste marginal todas las coronas fueron clínicamente aceptables para aunque los mejores resultados las obtuvieron las diseñadas por el odontólogo con el sistema chairside, de manera estadísticamente significativa. En cuanto a la anatomía, las coronas diseñadas por el técnico obtuvieron los mejores resultados y las IA's obtuvieron también buenos resultados, sin establecerse diferencias significativas. Para las variables, fricción, oclusión y puntos de contacto, las coronas diseñadas por el técnico siempre obtuvieron los mejores resultados, seguidos de las coronas diseñadas por el odontólogo, sin diferencias significativas entre ellas, pero si se establecieron diferencias significativas con las IA's.

2.- Aunque en las variables ajuste marginal y anatomía, la inteligencia artificial arroja resultados óptimos, las coronas diseñadas por el técnico y el odontólogo mediante el sistema Chairside demostraron ser superiores en la mayoría de las variables evaluadas, especialmente en oclusión y puntos de contacto. Las coronas diseñadas por inteligencia artificial, aunque muestran potencial, aún requieren mejoras para alcanzar los estándares clínicos logrados por los métodos de diseño humano.

3.- En el 57% de los casos, los evaluadores seleccionaron las coronas diseñadas por el técnico de laboratorio y en un 22% de los casos las diseñadas mediante el sistema Chairside, por lo tanto se demostró una clara tendencia a la selección de coronas diseñadas por humanos, ya que presentaban mejores cualidades clínicas si se comparaban con las coronas diseñadas por ambas inteligencias artificiales.

8.- BIBLIOGRAFIA

1. Chau RCW, Hsung RTC, McGrath C, Pow EHN, Lam WYH. Accuracy of artificial intelligence-designed single-molar dental prostheses: A feasibility study. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2024 Jun 1;131(6):1111–7.
2. Leeson D. The digital factory in both the modern dental lab and clinic. *Dental Materials*. 2020 Jan 1;36(1):43–52.
3. Liu CM, Lin WC, Lee SY. Evaluation of the efficiency, trueness, and clinical application of novel artificial intelligence design for dental crown prostheses. *Dental Materials*. 2024 Jan 1;40(1):19–27.
4. Schriwer C, Skjold A, Gjerdet NR, Øilo M. Monolithic zirconia dental crowns. Internal fit, margin quality, fracture mode and load at fracture. *Dental Materials*. 2017 Sep 1;33(9):1012–20.
5. Laumbacher H, Strasser T, Knüttel H, Rosentritt M. Long-term clinical performance and complications of zirconia-based tooth- and implant-supported fixed prosthodontic restorations: A summary of systematic reviews. Vol. 111, *Journal of dentistry*. NLM (Medline); 2021. p. 103723.
6. Ding H, Cui Z, Maghami E, Chen Y, Matinlinna JP, Pow EHN, et al. Morphology and mechanical performance of dental crown designed by 3D-DCGAN. *Dental Materials*. 2023 Mar 1;39(3):320–32.
7. Lee S, Choi G, Choi J, Kim Y, Kim HK. Effect of high-speed sintering on the marginal and internal fit of CAD/CAM-fabricated monolithic zirconia crowns. *Sci Rep*. 2023 Dec 1;13(1).
8. Graf T, Völler E, Erdelt K, Stimmelmayer M, Schubert O, Güth JF. Monolithic hybrid abutment crowns: Influence of crown height, crown morphology and material on the implant-abutment complex. *J Prosthodont Res*. 2024;
9. Litzenburger AP, Hickel R, Richter MJ, Mehl AC, Probst FA. Fully automatic CAD design of the occlusal morphology of partial crowns compared to dental technicians' design. *Clin Oral Investig*. 2013 Mar 1;17(2):491–6.
10. Koyano K, Tsukiyama Y, Kuwatsuru R. Rehabilitation of occlusion - science or art? Vol. 39, *Journal of Oral Rehabilitation*. 2012. p. 513–21.
11. b4hhWMFjtpCxrW9nkS9QpTr.
12. Wang F, Zhang T, Zhou Q, Lu Y. Comparison of the morphological accuracy of automatic crowns designed by multiple computer-aided design software programs with different levels of dentition information acquisition.
13. Kattadiyil MT, Jekki R, Goodacre CJ, Baba NZ. Comparison of treatment outcomes in digital and conventional complete removable dental prosthesis fabrications in a predoctoral setting Presented at the Academy of Prosthodontics annual meeting, Kursaal, Berne, Switzerland, May 2014. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2015 Dec 1;114(6):818–25.
14. Lin GSS, Ng YS, Ghani NRNA, Chua KH. Revolutionising dental technologies: a qualitative study on dental technicians' perceptions of Artificial intelligence integration. *BMC Oral Health*. 2023 Dec 1;23(1).
15. Steinmassl PA, Wiedemair V, Huck C, Klaunzer F, Steinmassl O, Grunert I, et al. Do CAD/CAM dentures really release less monomer than conventional dentures? *Clin Oral Investig*. 2017 Jun 1;21(5):1697–705.

16. Zicari F, Monaco C, Vivan Cardoso M, Silvestri D, Van Meerbeek B. Bonding Effectiveness of Veneering Ceramic to Zirconia after Different Grit-Blasting Treatments. *Dent J (Basel)*. 2024 Jul 15;12(7):219.
17. Ding H, Cui Z, Maghami E, Chen Y, Matinlinna JP, Pow EHN, et al. Morphology and mechanical performance of dental crown designed by 3D-DCGAN. *Dental Materials*. 2023 Mar 1;39(3):320–32.
18. Chen Y, Lee JKY, Kwong G, Pow EHN, Tsoi JKH. Morphology and fracture behavior of lithium disilicate dental crowns designed by human and knowledge-based AI. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2022 Jul 1;131.
19. Chun Wang Chau R, Tai-Chiu Hsung R, McGrath C, Rcs D, Rcs F, Rcs F, et al. Accuracy of artificial intelligence-designed single-molar dental prostheses: A feasibility study.
20. Liu CM, Lin WC, Lee SY. Evaluation of the efficiency, trueness, and clinical application of novel artificial intelligence design for dental crown prostheses. *Dental Materials*. 2024 Jan 1;40(1):19–27.
21. Cho JH, Yi Y, Choi J, Ahn J, Yoon HI, Yilmaz B. Time efficiency, occlusal morphology, and internal fit of anatomic contour crowns designed by dental software powered by generative adversarial network: A comparative study. *J Dent*. 2023 Nov 1;138.
22. Cho JH, Çakmak G, Yi Y, Yoon HI, Yilmaz B, Schimmel M. Tooth morphology, internal fit, occlusion and proximal contacts of dental crowns designed by deep learning-based dental software: A comparative study. *J Dent*. 2024 Feb 1;141.
23. Litzenburger AP, Hickel R, Richter MJ, Mehl AC, Probst FA. Fully automatic CAD design of the occlusal morphology of partial crowns compared to dental technicians' design. *Clin Oral Investig*. 2013 Mar 1;17(2):491–6.
24. Cho JH, Çakmak G, Choi J, Lee D, Yoon HI, Yilmaz B, et al. Deep learning-designed implant-supported posterior crowns: Assessing time efficiency, tooth morphology, emergence profile, occlusion, and proximal contacts. *J Dent*. 2024 Aug 1;147.
25. Leitão CIMB, Fernandes GVO, Azevedo LPP, Araújo FM, Donato H, Correia ARM. Clinical performance of monolithic CAD/CAM tooth-supported zirconia restorations: systematic review and meta-analysis. *J Prosthodont Res*. 2022;66:374–84.
26. Bernauer SA, Zitzmann NU, Joda T. The use and performance of artificial intelligence in prosthodontics: a systematic review. *Sensors (Basel)*. 2021;21:6628.
27. Choi J, Ahn J, Park JM. Deep learning-based automated detection of the dental crown finish line: an accuracy study. *J Prosthet Dent*. 2023;S0022–3913(23):00769–2.
28. Tian S, Wang M, Dai N, Ma H, Li L, Fiorenza L, Sun Y, Li Y. DCPR-GAN: Dental Crown Prosthesis Restoration Using Two-Stage Generative Adversarial Networks. *IEEE J Biomed Health Inform*. 2022 Jan;26(1):151-160. doi: 10.1109/JBHI.2021.3119394. Epub 2022 Jan 17. PMID: 34637385.
29. Berrendero S, Salido MP, Ferreiroa A, Valverde A, Pradíes G. Comparative study of all-ceramic crowns obtained from conventional and digital impressions: clinical findings. *Clin Oral Investig*. 2019 Apr;23(4):1745-1751. doi: 10.1007/s00784-018-2606-8. Epub 2018 Aug 30. PMID: 30167795.
30. Syrek A, Reich G, Ranftl D, Klein C, Cerny B, Brodesser J (2010) Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *J Dent* 38:553–559.

31. Gjelvold B, Chrcanovic BR, Korduner E-K, Collin-Bagewitz I, Kisch J (2015) Intraoral digital impression technique compared to conventional impression technique. A randomized clinical trial. *J Prosthodont* 25:282–287. <https://doi.org/10.1111/jopr.12410>
32. Teng TY, Wu JH, Lee CY. Acceptance and experience of digital dental technology, burnout, job satisfaction, and turnover intention for Taiwan-ese dental technicians. *BMC Oral Health*. 2022;22:342.