

Sistema CAD/CAM en la confección de prótesis totales dentales

The CAD/CAM system in the fabrication of total dental prostheses

Jenny Carolina Paredes Balseca^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-7448-5931>

Luz Amelia Granda Macías¹ <https://orcid.org/0000-0001-5611-2819>

Norma Ximena Peñaloza Perez¹ <https://orcid.org/0000-0002-3711-7013>

Katherine Cristina Miranda Coello¹ <https://orcid.org/0000-0002-1203-342X>

¹Universidad Regional Autónoma de los Andes (UNIANDES), Ambato, Ecuador.

Autor para la correspondencia: ua.jennyparedes@uniandes.edu.ec

RESUMEN

La técnica CAD/CAM es un sistema que ha facilitado los procesos de toma de impresiones totales e incorpora registros intraorales y requisitos apropiados para lograr bases protésicas adecuadas, lo cual permite óptimos resultados en clínica dental, como son el ahorro de tiempo y la comodidad para el especialista y el paciente, razones que llevan al profesional estomatológico a dar el paso hacia una odontología digital. El objetivo del estudio fue analizar el sistema CAD/CAM en la confección de prótesis totales dentales. La búsqueda se realizó en las bases de datos Google Scholar, Pubmed y Scopus, intentando responder a la pregunta orientadora: ¿Cuáles son los aspectos más significativos para el sistema CAD/CAM en la confección de prótesis totales dentales? Como resultados, se pudo interpretar que, consiguiendo registros tridimensionales producidos en un escáner, se proporciona una mejor adaptación de estructuras respecto a los métodos convencionales, por lo que induce estética y precisión, que son factores importantes en la odontología. Se concluyó que el sistema CAD/CAM disminuye el margen de error humano y conduce a mayores éxitos odontológicos, al brindar un mejor soporte para la toma de decisiones y conseguir mejores resultados estéticos y funcionales en las prótesis totales de los pacientes.

Palabras clave: CAD/CAM; prótesis total; tecnología; diseño asistido por computador, resultados estéticos y funcionales.

ABSTRACT

The CAD/CAM technique is a system that has facilitated the process of taking total impressions and incorporates intraoral records and appropriate requirements to achieve adequate prosthetic bases, which allows optimal results in the dental clinic, such as time savings and comfort for the specialist and the patient, reasons that lead the dental professional to take the step towards digital dentistry. The objective of the study was to analyze the CAD/CAM system in the fabrication of total dental prostheses. The search was carried out in Google Scholar, Pubmed and Scopus databases, trying to answer the guiding question: What are the most significant aspects for the CAD/CAM system in the manufacture of total dental prostheses? As results, it was possible to interpret that, by obtaining three-dimensional records produced in a scanner, it provides a better adaptation of structures compared to conventional methods, thus inducing esthetics and precision, which are important factors in dentistry. It was concluded that the CAD/CAM system reduces the margin of human error and leads to greater dental success by providing better support for decision making and achieving better esthetic and functional results in the total prostheses of patients.

Keywords: CAD/CAM; total prosthesis; technology; computer-aided design, esthetic and functional results.

Recibido: 12/09/2022

Aprobado: 14/12/2022

Introducción

Las prótesis estomatológicas son dispositivos médicos que reemplazan los dientes perdidos o dañados. La pérdida de estos puede tener un impacto significativo en la calidad de vida de una persona, afectando su capacidad para masticar, hablar y sonreír con confianza.

La investigación en prótesis dentales puede llevar a la identificación de nuevos materiales y tecnologías para su uso en la fabricación de dichas prótesis lo que puede conducir a la creación de éstas con más resistencia, durabilidad y estética.

El análisis del marco conceptual de este estudio pone de manifiesto que la rehabilitación oral en pacientes desdentados totales representa un reto para el profesional odontológico,⁽¹⁾ el cual debe conocer que la pérdida ósea de los maxilares superior e inferior de manera severa origina dificultades en la rehabilitación de este tipo de pacientes edéntulos. No obstante, los procedimientos del laboratorio dental y las técnicas clínicas del consultorio odontológico pretenden rescatar la estética y funcionalidad a estos pacientes.

En la actualidad las técnicas asistidas de diseño por computador (CAD/CAM) facultan la elaboración de acrílicos industriales con cualidades mayores a los de termo curado superándolos en ciertas propiedades, tales como brillo, manipulación, rugosidad y humectabilidad.⁽²⁾

En los últimos años, CAD/CAM ocasiona una evolución en el campo de la odontología y de los laboratorios dentales,⁽³⁾ dado que este sistema se compone de procedimientos que integran escáner, programas y fresadoras en busca de mejoras de los tratamientos en un tiempo menor a las técnicas convencionales. Estos avances van a la par de la implementación de técnicas opuestas para tomar impresiones y digitalizarlas, además de elegir la dimensión vertical y relaciones craneomandibulares, incorporando registros intraorales y requisitos necesarios para alimentar el sistema y lograr bases protésicas adecuadas en altura y dependencia recíproca.⁽²⁾

La técnica CAD CAM tiene varios campos de aplicación y está en constante crecimiento, este es el caso de la robótica en odontología que permite óptimos resultados en clínica, con menor tiempo en consultorio y mejores materiales. En vista de la demanda de pacientes, CAD/CAM permite la confección de prótesis dentales con el empleo de un proceso de diseño y fabricación virtual, siendo un procedimiento de impresión 3D aditiva que mantiene y mejora la comodidad, funcionalidad y estética en cada prótesis.⁽²⁻⁴⁾

En este contexto, la pregunta científica que se aborda con el apoyo de la hermenéutica es: ¿Cuáles son los aspectos más significativos para el sistema CAD/CAM en la confección de prótesis totales dentales?

El objetivo del estudio es analizar el sistema CAD/CAM en la confección de prótesis totales dentales, y resulta actual, importante y pertinente dada la insuficiencia de estudios sobre esta línea de investigación, en la que se necesita profundizar en estudios que aporten no solo desde el punto de vista práctico, sino también en lo concerniente a la docencia universitaria odontológica.

Métodos

Los criterios de inclusión que se consideraron fueron: artículos originales o de revisión, directamente relacionados con el tema, publicados entre los años 2017 y 2022 en idioma español o inglés. Como criterio de exclusión se eliminaron aquellos artículos cuyo contenido fuese irrelevante, a criterio de los autores de este estudio, para responder a la pregunta orientadora: ¿Cuáles son los aspectos más significativos para el sistema CAD/CAM en la confección de prótesis totales dentales?

La búsqueda y selección de la información se desarrolló en todo el documento y se sustentó en tres pasos fundamentales: el primero consistió en revisar las bases de datos donde se haría la búsqueda, el segundo aplicar los criterios de selectividad, y tercero realizar una lectura crítica de las fuentes bibliográficas identificadas para interpretar los criterios de diversos autores, con vistas a dar respuesta a la pregunta orientadora.

Se realizó la búsqueda de artículos científicos en idioma inglés en las bases de datos Google Scholar, Pubmed y Scopus, dado el prestigio de estas y la diversidad de artículos que indexan, así como en español en la base SciELO. La búsqueda de documentos se llevó a cabo con el empleo de los términos en inglés: CAD/CAM; *total dentures*; *technology*; y *computer aided design* y en español: CAD/CAM; prótesis total; tecnología; y diseño asistido por computador.

Resultados

Se identificaron 70 artículos científicos, de los cuales 46 se excluyeron debido a eran estudios con antigüedad mayor a 8 años, estudios no asociados a la tecnología CAD/ CAM en odontología, y otros en los que no se utilizó el sistema CAD/CAM como principal protagonista de confección y estudios realizados.

Se extrajeron 24 artículos utilizados para la investigación, los que tenían la información necesaria y fueron de estudios potencialmente selectos para responder al objetivo previsto, 18 estaban enfocados en el uso del Sistema CAD/CAM en la elaboración de prótesis totales. Además de interpretarse en todos los artículos los beneficios de este sistema en la práctica odontológica, debe resaltarse que tres artículos estaban relacionados con la precisión del sistema en la fase de fresado, otorgando mayor precisión en la elaboración de las prótesis y los otros tres artículos estaban focalizados en las características y beneficios de la técnica convencional como un sistema tradicional usado desde hace varias décadas.

En la actualidad, la evolución de la odontología juntamente con el laboratorio dental están relacionados con el surgimiento de los sistemas de diseño, fresados automatizados, dirigidos por computadora CAD/CAM, con el fin de sustituir al metal, cofias, estructuras, entre otros.⁽⁵⁾ El término CAD (Computer Aided Design) es un grupo de herramientas informáticas de software que se usa para diseñar y crear piezas en 2D o 3D detallados.⁽⁶⁾

Este tipo de herramientas se emplea para la construcción de prótesis dentales reemplazando la cera manual por un modelado de diseño digital con buen control de dimensiones y estética, ofreciendo minimización de errores con perfecto ajuste marginal y permitiendo la corrección de angulaciones.⁽⁷⁾ Se utiliza una impresión digital para trasladar información de la boca del paciente a un ordenador. El termino CAM (Computer Aided Manufacturing) hace referencia a la planificación hasta la producción. Este proceso va a estar relacionado con la fabricación y elaboración de las prótesis.⁽⁴⁾

CAD/CAM es una técnica mediante el cual se obtiene el registro tridimensional de una preparación dental empleando un escáner y es un instrumento del sistema encargado de obtener información y datos, en otras palabras una "impresión óptica" o una imagen 3D CAD/CAM de los dientes colindantes preparados y registros oclusales, primero con un procesamiento y luego son convertidos a forma digital.⁽⁵⁾

Las técnicas modernas de CAD-CAM proporcionan una mejor adaptación de estructuras que los métodos convencionales. La tecnología CAD/CAM ayuda a organizar las operaciones usando programas de software que rehacen el esqueleto maxilofacial en tres dimensiones, siendo una réplica similar.⁽⁸⁾ Por tal motivo, proporciona información completa, veraz y válida sobre la tecnología CAD/CAM en prótesis total odontológica en pacientes edéntulos.⁽⁹⁾

Del mismo modo, esta técnica induce estética y precisión que son factores importantes en la odontología, adaptándose a nuevos materiales que brinda la industria. Principalmente estos materiales, equipos y sistemas se encuentran en laboratorios dentales, indemnizando las demandas de los pacientes y odontólogos. Así mismo, satisfaciendo necesidades propias del odontólogo que busca mejorar las elaboraciones, en menor tiempo, con más precisión y garantía de materiales ofreciendo buena adaptación protésica.⁽⁵⁾

En la técnica CAD/CAM se excluyen los materiales dentales como yeso, compuesto zinquenólico, alginato y cera para bases, reduciendo pasos de la técnica convencional, tales como montaje en articulador, enfilado y pruebas de oclusión. Además, produce mejor precisión técnica que la tradicional.⁽²⁾ Antes de la aparición del sistema CAD/CAM se empleaba mucho la elaboración de prótesis totales de manera manual, lo cual no quiere decir que esté en desuso la técnica convencional, sino que algunos profesionales de la odontología han optado por usar esta técnica porque ofrece buenos resultados y óptimos a comparación de las técnicas tradicionales.

El CAD/CAM ha beneficiado durante años a los odontólogos en consultas y laboratorios de servicios dentales, brindando impresión digital y de diseño para la elaboración y aplicación de restauraciones bucales odontológicas mediante homogeneidad de materiales para la elaboración de prótesis con instrumentos de calidad que no se alteraran durante su preparación.^(5,10)

Cuando se emplean tecnologías por computadora para obtener restauraciones, es un factor fundamental la precisión en la digitalización. En la actualidad se puede ejecutar directamente en el paciente (intraoral) o indirectamente después de tomar la impresión y elaborar el modelo (extraoral).

La impresión intraoral posibilita al odontólogo conseguir directamente datos de dientes preparados, las impresiones digitales intraorales permiten obtener estabilidad dimensional a

largo plazo. Como resultado final, este tipo de prótesis totales ayudan a mantener movimientos masticatorios adecuados, comodidad, estética, función del habla, mejor calidad de vida; cumpliendo las expectativas del paciente.⁽¹¹⁾

Componentes de la tecnología CAD/CAM

- **Fase de digitalización de los datos**

Puede ser de tipo óptico, esta técnica se realiza mediante una cámara intraoral, o escáneres de uso extraoral sobre los modelos de yeso derivados a partir de impresiones realizadas de manera tradicional. Respecto a los métodos de digitalización, la técnica óptica permite el escaneado del objeto sin contactar con el mismo. Los escáneres intraorales tienen como objetivo digitalizar preparaciones dentarias, recreando un modelo virtual en 3D. Para realizar esta elaboración digital se requieren cámaras que captan imágenes, posterior a esto son procesadas por un software, para obtener el modelo final.⁽¹²⁾

- **Fase de diseño por ordenador CAD**

A través de un software propio de cada sistema y la adecuación de un hardware, se planifica la cofia de la estructura protésica, el sistema utilizado de CAD/CAM poseerá diferentes propiedades y posibilidades terapéuticas, además de elementos informáticos que ayuden en la futura confección de la prótesis.^(12,13)

- **Fase de prototipado CAM**

En la fase CAM, se realiza un prototipo de un diseño preliminar utilizando el ordenador. Se clasifican en dos técnicas: aditivas y sustractivas:^(7,12)

- ✓ En las técnicas aditivas se incorpora minuciosamente el material para formar finalmente una estructura diseñada.
- ✓ Las técnicas sustractivas hacen referencia al material que es eliminado de un bloque con fresas o láser para dar forma a la estructura final.

Este proceso de fresado es ejecutado por máquinas que controlan los diferentes ejes de tallado, en dependencia de los movimientos espaciales que realiza, llegando a la conclusión de que a mayor tamaño de los ejes los resultados de precisión y el tiempo trabajado serán satisfactorios.^(12,14)

Con la evolución de la tecnología, las fresadoras en el sistema CAD/CAM han sido diseñadas con la finalidad de elaborar una vasta gama de restauraciones, prótesis, entre otras, suprimiendo la necesidad que los laboratorios dentales elaboren copias o prótesis dentales de forma manual. Este tipo de maquinarias se caracterizan porque recortan material asistido por computadora, poseen ángulos libres con 5 ejes de 30 grados o más, permitiendo el fresado y la rectificación de las prótesis dando la forma correcta, sin embargo, pueden ser realizadas en húmedo y seco en alta calidad.^(12,13)

El fresado en húmedo se realiza con agua normal o destilada permitiendo el fresado del cubo o del material empleado para la confección de la prótesis tales como cerámicas de disilicato, titanio y resinas feldespáticas, un material que puede ser fresado tanto en seco como en húmedo es la zirconia y el PMMA (polimetacrilato). En cuanto al fresado en seco, se requiere de un compresor de aire y también de un extractor para remover los residuos de material que puede quedar del fresado. En este caso, los materiales que se usan principalmente son zircona, PMMA, cera PEEK (polímero termoplástico poliéter-cetona) y cromo cobalto.⁽¹⁴⁾

La elaboración de impresiones es un paso importante para tomar en cuenta en la confección de prótesis totales ya sea para utilizarlas en el sistema CAD/CAM o en la confección tradicional, con el objetivo de replicar la anatomía remanente, las distintas técnicas de impresión se utilizan principalmente para distribuir los movimientos y cargas en ambos maxilares, evitando la reabsorción ósea a corto plazo, de la misma manera ofrece estabilidad, retención y soporte en la futura placa protésica.⁽¹⁵⁾

Técnicas de impresión

- **Impresión funcional de trabajo o secundaria para prótesis totales**

La impresión funcional se da en negativo de las estructuras bucales, registrando la posición y forma de los tejidos blandos bajo actividad. Mediante esta técnica se consigue estabilidad bajo cargas por medio de la mucosa.⁽¹⁵⁾ Presenta 2 fases: sellado periférico e impresión funcional propiamente dicha, donde comprenderá mayormente zonas protésicas, sin interrumpir los movimientos normales en músculos para protésicos y ligamentos.^(15,16)

- **Técnica compresiva o mucodinámica**

Respecto a esta técnica, diversos autores consideran que es fundamental para que el tejido se mantenga en contacto con la base de la prótesis en el transcurso de la masticación. Se ha verificado que la prótesis en este procedimiento no se une en el descanso porque los tejidos están cohibidos.⁽¹⁵⁾

- **Técnica con presión mínima o mucostática**

Esta técnica comprende únicamente tejidos no móviles, se fundamenta en la adhesión, cohesión y tensión superficial promoviendo la retención, en este tipo de impresión no se realiza impresiones periféricas musculares. Se sugiere trabajar con esta técnica cuando la base de la prótesis es metálica.^(15,17)

- **Impresiones a presión selectiva**

A diferencia de otras técnicas, en ésta se emplea presión en ciertas zonas. Las zonas principales de soporte pueden tener más presión, puesto que contiene tejidos son más resistentes impidiendo su reabsorción, tales como las zonas laterales del paladar, o la meseta bucal en el maxilar inferior. De igual manera, el sistema CAD/CAM, ofrece un sinnúmero de posibilidades, que proporcionan al paciente una restauración más natural sin alterar la resistencia de las prótesis.^(15,18,19)

- **Técnica convencional**

La técnica convencional de la confección de las prótesis totales requiere un procedimiento extenso, esta técnica se ha venido empleando desde hace mucho tiempo en la práctica clínica odontológica, el material usado como base es la resina acrílica. No obstante, el tiempo de polimerización es lento y tiene una manipulación de difícil ejecución, de tal modo se han realizado varios estudios procurando mejorar las propiedades de la resina acrílica y evitar desadaptaciones o alteraciones dimensionales en el resultado final de las prótesis totales.⁽¹⁴⁾

Para la elaboración de las prótesis totales existe una secuencia de pasos:

- 1. Impresión preliminar**

Se realiza una impresión utilizando cubetas estándar o stock juntamente con hidrocoloides como el alginato o silicona, mediante el cual se registrará las características de las estructuras anatómicas del maxilar como de la mandíbula, posteriormente se realizará el vaciado para crear un modelo de estudio, en el cual se va a elaborar la cubeta individual.^(16,20)

2. Modelo de estudio

Se delimitarán las zonas limitantes con marcador negro y por encima de esta una línea de color rojo de 2 mm de alto, con la finalidad de que al hacer el recorte de la cubeta se conozca la extensión hacia el fondo del vestíbulo, para que no quede muy corta o demasiado larga.⁽²⁰⁾

3. Cubeta individual

Se realiza una preparación de acrílico y en su etapa plástica se forma una lámina de cera para moldearla sobre el modelo de diagnóstico dejando 2 mm desde el fondo del surco vestibular, previo a la colocación de un separador de yeso acrílico. La cubeta debe tener cierta rigidez, no debe ser demasiado gruesa para evitar deformación y ruptura durante la impresión final. Como característica relevante debe poseer una extensión adecuada que abarque a todos los elementos anatómicos poseyendo un espesor de 2 mm, la misma que deberá ser pulida para evitar lesiones en los tejidos del paciente.⁽¹⁸⁾

Posterior a esto se confecciona el mango de la cubeta con el mismo acrílico, colocándolo en la región anterior de ésta sobre el reborde en la línea media con un ángulo aproximadamente de 45 grados. El alto del mango de la cubeta puede ser de 1 cm y el ancho de 2 cm como mínimo.^(18,20)

4. Sellado periférico

El profesional realiza la re-marginación de la cubeta con godiva de baja fusión, con el objetivo de conformar el borde funcional de la cubeta mediante un recorte muscular adecuado.^(16,20)

5. Impresión final

Se puede realizar mediante pasta cinquenónica, silicona de adición o condensación y se procede a tomar la impresión de los rebordes alveolares del paciente edéntulo.^(18,20)

6. Encajonado de la impresión

Se realiza con el objetivo de resguardar los bordes de la impresión y establecer una pared próxima a la impresión, para esto se coloca una barra de cera utiliti, de 4 a 5 mm de ancho alrededor de los bordes de la impresión a 2-3 mm por fuera del mismo, sin embargo, no se coloca en el trígono retromolar, en el postdamen se coloca a nivel de la superficie. Se forma el piso lingual y las paredes verticales utilizando una lámina de cera base con un alto de 1 a 1,5 mm.^(18,20)

7. Vaciado de la impresión

Para realizar este paso se necesita yeso tipo IV. En un tiempo aproximadamente de 45 minutos a 1 hora se sumerge en agua tibia para que sea fácil el desencajonado y retiro del modelo maestro.⁽²⁰⁾

8. Platos bases

Las bases de registros y rodetes tienen como finalidad tomar los registros de los maxilares. Los platos bases sustituyen la base de la prótesis y los rebordes alveolares. Para realizar este procedimiento se pone cera base las superficies retentivas en el modelo. Además, se coloca un separador de yeso acrílico este último se puede manipular en la etapa fluida o plástica.⁽²⁰⁾

9. Rodetes

Son moldes que se confeccionaron en cera base para tomar el registro de la relación intermaxilar permitiendo posicionar correctamente de los dientes, para esto se puede utilizar el conformador de rodetes o manual. Las medidas de los rodetes son: rodete superior 12 mm - 8 mm, rodete inferior 10 mm - 7 mm, ancho 5 mm - 7 mm - 10 mm.^(18,20)

10. Pruebas de rodete en boca

El profesional realiza la prueba de los rodetes y comprueba, la altura incisal, los planos de orientación, el soporte labial, del mismo la porción visible de la altura incisal está determinada cuando los labios están en reposo. De la misma forma el plano de oclusión debe estar por debajo de la línea del labio de reposo a 1 o 2 mm.⁽²⁰⁾

11. Soporte labial

Con el fin de obtener un reposicionamiento de los músculos orbiculares se añade o se retira cera del rodete, con una amplitud semejante a la de su extensión. Posteriormente se hace el registro intermaxilar, dentro del que se encuentran las relaciones de orientación, verticales, y horizontales, juntamente con los planos de orientación para determinar el plano de oclusión, considerando las dimensiones verticales de reposo de oclusión, espacio libre y además la relación céntrica y excéntrica.⁽²⁰⁾

12. Montaje en el articulador

Se realiza el montaje, primero del modelo superior según los registros que se hayan conseguido del paciente. Después de esto, se realiza la selección de dientes tomando en consideración tres aspectos importantes, que son la forma de acuerdo con su rostro,

imaginariamente se realiza tres líneas por el cabello, ATM, y los ángulos de la mandíbula. Un aspecto clave es que para conocer la distancia de los 6 dientes anteriores se va a considerar las distancias intercaninas y para determinar la altura se considera desde el borde del rodete a la línea de la sonrisa para conocer el alto de los dientes.^(2,20)

13. Selección de dientes y color

En caso de que el paciente pueda presentar dientes remanentes, se puede considerar tomar como referencia el color de éstos, para que haya una armonía con los dientes seleccionados para la prótesis, además se debe tomar en cuenta su edad y la raza. El odontólogo evaluará el enfilado teniendo en cuenta ciertos aspectos, tales como tamaño, oclusión, y color, para lo cual se proveerá de un espejo al paciente para que apruebe o no este enfilado dental.⁽²⁰⁾

14. Enmuflado

Con técnica convencional se realiza una mezcla de yeso contenido en una mufla por el cual el modelo, plato base y dientes se sumergen de esta manera se registrará las características del encerado dental, las mismas que ayudará para la elaboración de la prótesis final.^(18,20)

15. Acrilado

A partir de este paso se realiza el acrilado, que es un procedimiento en el cual se rellena con acrílico el espacio, y por composición química el acrílico sufre polimerización, luego se realiza el desenmuflado, técnica de la prótesis donde se elimina el acrílico sobrante para alisar, pulir las superficies externas, y finalmente la técnica de polimerización en horno microondas.^(18,20)

Con el propósito de disminuir el tiempo de trabajo para el operador y el paciente, se incorpora el sistema CAD/CAM, el cual es un procedimiento que va asistido por un ordenador. Con la confección CAD/CAM los materiales son de elevada calidad debido a que las prótesis se realizan con piezas prefabricadas industrialmente. No obstante, los materiales que se utilizarán dependen del sistema mecánico. El sistema CAD/CAM proporciona la aplicación de distintos materiales, como la cerámica, el titanio comercialmente puro, la resina compuesta y el cromo cobalto, siendo el material más utilizado es la cerámica.⁽⁷⁾

El proceso para la elaboración de las prótesis totales es el siguiente:

- **Generación de modelos maestros edéntulos físicos, digitales 3D, aros y placas base oclusales de cera**

El escáner laser 3D se usa para digitalizar el modelo físico y bordes oclusales de cera con placas base, con el objetivo de obtener 3 modelos digitales 3D separados, incluyendo el modelo físico maxilar, mandibular y el borde oclusal del maxilar; para realizar el borde oclusal maxilar y mandibular se ocupa placa base. Se emplea un enfoque de coincidencia que analiza punto a punto la compatibilidad de todos los modelos que se realicen. Posterior al proceso de compatibilidad o emparejamiento se da por finalizado la obtención de los modelos completos edéntulos digitales 3D y una vez que se realiza este paso, se utiliza el sistema CAD/CAM con la relación de posición relativa del maxilar y la mandíbula.⁽²¹⁾

Dado que no todos los escáneres intraorales admiten el recorte de la parte posterior al dique en los modelos 3D digitales desdentados, se recorta el área posterior al dique en el modelo maestro físico. En el modelo maestro físico se trazarán una línea a lo largo de las muescas pterigomaxilares a ambos lados y los puntos a 2 mm por detrás de la fóvea palatina. Se realiza una línea de corte, lo cual será de 1 a 1,5 mm de profundidad usando para ello un cuchillo de esculpir a lo largo de la línea de vibración; además se elimina una capa de yeso en el área que cubría esta línea de vibración cortando hasta 5 mm antes. Mas adelante se forma un arco que aplanara gradualmente esta área y debe estar paralelo a la superficie de la mucosa del paladar.^(21,22)

- **Diseño de prótesis completas virtuales**

Para la confección del diseño de prótesis totales se inicia con una guía base, el cual se da a partir de los modelos físicos, debido a que en ese momento se verificara la viabilidad del diseño virtual. Durante la digitalización del modelo, se generan modelos edéntulos en 3D, determinado puntos característicos de la prótesis, bordes para las placas base y el plano oclusal, además de examinar la dentición artificial arreglada, relación oclusal ajustada y defectos locales fijo. Como últimos pasos para realizar la dentición superior e inferior, se selecciona la encía y los tipos de dientes artificiales que se usaran. Cada paso se describe a continuación:^(21,23)

- **Análisis del modelo**

Se realiza un análisis del modelo mediante el escáner intraoral que permite la determinación del plano oclusal para el modelo edéntulo 3D digital; después se escogen tres puntos del plano de contacto en el borde oclusal superior e inferior y una vez seleccionados se determina el plano oclusal para el modelo digital.^(19,21)

- **Arreglo de dientes artificiales**

Al llegar a este paso es importante conocer que durante el modelado los dientes podrán moverse en el plano horizontal, sagital y coronal. El largo, la altura y el ancho de la dentición se puede ajustar, y así la ubicación de la dentición se puede modificar en consecuencia para que el arco coincida. Como siguiente paso, dentro del arreglo de los dientes artificiales, se analizará la forma, es decir, que cada para cada uno de los dientes individuales, las modificaciones y el ajuste también se podría realizarlo en dientes completos o regiones locales del diente. Por consiguiente, se elige un grupo de denticiones estándar con dientes artificiales, el cual tendrá los colores A3; cada función mencionada se utiliza para la colocación de dientes artificiales en los modelos 3D virtuales, teniendo como objetivo la coincidencia con las formas particulares de los arcos que el paciente presente.^(7,21,23)

- **Área de alivio de recorte**

Una vez que se hay terminado el arreglo de los dientes artificiales, se comienza a realizar el relieve del proceso cigomático maxilar, la papila incisiva del área dura del maxilar, el área del relieve del reborde milohioideo, la tuberosidad del maxilar y el reborde oblicuo externo mandibular conforme con los requisitos para la dentadura completa. Al obtener las prótesis completas se continua con el ajuste oclusal, y después de modificar los defectos locales que pueden encontrarse en la encía y las placas base digitales, usando la técnica de morphing y las herramientas de esculpido.^(19,21)

- **Ajuste oclusal**

Para el ajuste oclusal se utiliza el software CAD/CAM del escáner intraoral que llega a reproducir los movimientos de la oclusión, protrusión, retrusión, laterotrusión y desplazamiento lateral. Durante este paso es importante seguir los parámetros ajustables para los articuladores virtuales que permiten ver el plano oclusal, el movimiento de Bennett y la

posición condilar. En el ajuste oclusal virtual se utilizan diferentes colores para visualizar los puntos de contacto que se registrarán durante cada movimiento individual y si se detecta puntos de interferencia se eliminarán usando la función del rectificador virtual. El diseño de prótesis completas digitales se termina después de haber completado el paso de ajuste oclusal.^(10,21,23)

- **Fabricación de dentaduras completas**

Cuando las prótesis completas digitales ya son diseñadas, el siguiente paso es exportar al software CAD/CAM. Las placas de composite de acrílico se deben fresar en placas base y los dientes inferiores y superiores se realizan a través de la fabricación sustractiva con la misma fresadora, y por último se forman los alveolos dentales en las placas base para poder unir las denticiones en la placa basen.^(7,21,23)

Discusión

Los sistemas computarizados tienen un gran impacto en la práctica de la odontología y provocan importantes cambios. Los sistemas de impresión dental digital y diseño asistido por ordenador CAD/CAM permiten realizar impresiones digitales de la boca del paciente y fabricar restauraciones dentales acabadas en la consulta.

Debe destacarse que estos sistemas utilizan imágenes individuales o secuencias de imágenes para capturar digitalmente información importante y ofrecer resultados precisos. La gran pérdida de hueso en el maxilar superior e inferior dificulta la rehabilitación de los pacientes edéntulos.

Sin embargo, en la consulta el especialista intenta preservar la estética y la funcionalidad de los pacientes edéntulos con el empleo de métodos de laboratorio y clínicos. CAD/ CAM permite ahora desarrollar materiales acrílicos industriales con mejores propiedades que los materiales acrílicos endurecidos, que difieren en ciertas propiedades como el brillo, la manipulación, la rugosidad y la humedad.

Antes de la llegada del CAD/CAM, la fabricación manual de prótesis totales es la única técnica utilizada. Esto no significa que esta técnica convencional quede en desuso, sino que

algunos dentistas optan por utilizarla porque ofrece unos resultados óptimos y en comparación con las técnicas tradicionales.

La técnica moderna del CAD/CAM permite la confección de prótesis totales con el empleo de un proceso de diseño y fabricación virtuales, debiendo resaltarse que los escáneres actualmente son intraorales y capaces de recoger la información tridimensional mediante una cámara intraoral, conservando la comodidad, funcionalidad y estética en cada prótesis.

De esta forma se procura el menor número de errores con perfecto ajuste marginal y permitiendo la corrección de angulaciones, mediante homogeneidad de materiales para la elaboración de prótesis con instrumentos de calidad que no se alteraran durante la preparación de impresiones en cuanto a la confección de prótesis totales es importante, ya que su finalidad es replicar la anatomía remanente, con el objetivo de distribuir los movimientos y cargas en los maxilares, evitando reabsorción ósea en poco tiempo.

Estas técnicas se conocen como Impresión funcional de trabajo o secundaria para prótesis totales, técnica compresiva o mucodinámica, técnica con presión mínima o mucostática y las impresiones a presión selectiva. ante su preparación.

Estas son técnicas esenciales para la clínica y laboratorio, controlado con personas con experiencia protésica, requiriendo habilidad, destreza, competencia, proyección y claridad. De tal modo, se puede decir que ofrece buena adaptación protésica. A partir del análisis precedente juntamente con el tipo de impresiones el sistema CAD/CAM induce estética y precisión que son factores importantes en la odontología, ajustándose a diferentes materiales que nos brinda la industria.

La inclusión del software de diseño asistido por ordenador y la fabricación asistida por ordenador (CAD/CAM) en la producción de dentaduras completas ofrece múltiples beneficios al proceso de manufactura, incluyendo la capacidad de prever los resultados esperados con mayor exactitud y lograr un ajuste de la dentadura de alta precisión.⁽²⁴⁾

En las últimas tres décadas, ha habido un amplio estudio y mejora del desempeño de las reconstrucciones unitarias con implantes, lo que ha permitido a los profesionales de la medicina realizar una rehabilitación oral fiable con tasas de supervivencia a largo plazo excelentes. Sin embargo, a pesar de estos avances, las restauraciones con implantes no están

exentas de complicaciones biológicas, como la mucositis periimplantaria y la periimplantitis, como se ha informado en varias revisiones sistemáticas y estudios transversales.^(25, 26, 27)

Resulta interesante resaltar, en el contexto de la presente investigación, que, en los últimos tiempos, se han propuesto diversos materiales protésicos como alternativa a las aleaciones preciosas, ya que estas han ido perdiendo terreno gradualmente debido al aumento en el precio del oro y a los avances en la tecnología CAD-CAM.^(28,29) En la actualidad, el titanio, el cobalto-cromo (Co-Cr) y la zirconia (Zr) son algunas de las opciones de materiales que se utilizan comúnmente tanto por los profesionales de la salud dental como por los pacientes, debido a su accesibilidad, precio competitivo y buenas características clínicas.^(30,31)

Finalmente, es oportuno indicar que en un contexto internacional de incertidumbres en el proceso de toma de decisiones,^(32,33) los investigadores que incursionen en la presente línea de investigación deberían emplear herramientas para atenuar la incertidumbre en el empleo de los sistemas CAD/CAM en la confección de prótesis totales dentales, como podría ser la lógica fuzzy.

Conclusiones

La interpretación del sistema CAD/CAM en la confección de prótesis totales dentales que se efectuó en este estudio, pone en evidencia que la línea de investigación de prótesis dentales es importante para mejorar la calidad de vida de los pacientes con pérdida de dientes y para avanzar en la ciencia y tecnología de la odontología.

Se concluyó que, el sistema CAD/CAM disminuye el margen de error humano y conduce a mayores éxitos odontológicos, al brindar un mejor soporte para la toma de decisiones y conseguir mejores resultados estéticos y funcionales en las prótesis totales de los pacientes.

Los resultados del presente estudio permiten sugerir la necesidad de continuar estudiando esta línea de investigación, así como incorporar los resultados aquí obtenidos a la enseñanza universitaria de la carrera de odontología.

Referencias bibliográficas

1. Oweis Y, Ereifej N, Al-Asmar A, Nedal A. Factors Affecting Patient Satisfaction with Complete Dentures. *Int J Dent*. 2022 Apr 8;2022:e9565320. Disponible en:

<https://www.hindawi.com/journals/ijd/2022/9565320/>

2. Matiz Cuervo J. CAD-CAM en prótesis total. Descripción de un caso . Pontificia Universidad Javeriana; 2018 jun 18 [acceso 25/06/2022];37. Disponible en: [https://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/UO/UO%2037-78%20\(2018-I\)/231260072003/](https://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/UO/UO%2037-78%20(2018-I)/231260072003/)
3. Contrepois M, Sireix C, Soenen A, Pia JP, Lasserre JF. Complete denture fabrication with CAD/CAM technology: a case report. Quintessenz Verlags-GmbH; 2018 [acceso 25/06/2022]. Disponible en: <https://www.quintessenz-publishing.com/deu/en/article/852313>
4. Fierro O, Verdugo A, Barrientos B. Técnica CAD/CAM comparada con técnica convencional en pacientes con indicación de restauración indirecta unitaria posterior. Int J Interdiscip Dent . diciembre de 2020 [acceso 25/06/2022];13(3):207-211. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2452-55882020000300207&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
5. Rosales AM, Hernández GET, Goez MCA, Morales MAE. La técnica CAD CAM en laboratorio dental. 2020 [acceso 30/06/2022];20. Disponible en: <https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/5939/LA%20T%C3%89CNICA%20CAD%20CAM%20EN%20LABORATORIO%20DENTAL.pdf?sequence=1&isAlloWed=y>.
6. Busch R. CAD / Diseño asistido por ordenador | Siemens Software . Siemens; 2022 [acceso 30/06/2022]. Disponible en: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-design-cad/12507>.
7. Perez DV. Diseño prótesis dentales mediante tecnología CAD-CAM . Clínica Dental Las Fronteras; 2019 [acceso 30/06/2022]. Disponible en: <https://www.clinicadentalavdelasfronteras.es/diseno-protesis-dentales-mediante-tecnologia-cad-cam/>.
8. Alencar PNB, Roque-Torres GD, Meneses-López A, Bóscolo FN, Almeida SMD, Groppo FC. Utilización del prototipado rápido en la odontología. 2015 [acceso 30/06/2022];8. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/reh/v25n2/a10v25n2.pdf>.

9. Team IVB. Digital Denture: La prótesis total como la reina de las disciplinas digitales . 2018 [acceso 30/06/2022]. Disponible en: <https://www.blog.ivoclar.com/lab/es/digital-denture-la-prótesis-total-como-la-reina-de-las-disciplinas-digitales>.
10. Rivera-Guerrero CP, Aguirre-Parra EG, Medrano-Bautista J, Rojas-Gómez P. Tecnología CAD/CAM en la consulta dental. Dominio de las Ciencias . 2017 Mar 15 [acceso 2/07/2022];3(2):799-821. Disponible en: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/356>.
11. Paulino MR, Alves LR, Gurgel BCV, Calderon PS. Simplified versus traditional techniques for complete denture fabrication: a systematic review. J Prosthet Dent . 2015 [acceso 2/07/2022];113(1):12-6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25311792/>
12. Berrendero Dávila S, Berrendero Dávila S. Estudio comparativo de un sistema de impresión convencional y el sistema digital Trios® . Universidad Complutense de Madrid; 2016 [acceso 20/07/2022]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/44193/>
13. Team TLA srl. Fresadora CAD CAM / para laboratorio dental / 5 ejes CORiTEC 350i / Todo en uno . 2016 [acceso 20/07/2022]. Disponible en: <https://www.tecnocadla.com/productos/coritec-350i>.
14. Team, OrtoDigital. ¿Qué es una fresadora dental? OrtoDigital; 2020 [acceso 20/07/2022]. Disponible en: <https://www.ortodigital.com.mx/que-es-una-fresadora-dental/>
15. Caballero Vega A, González Fuenzalida C. Revisión bibliográfica: impresiones para prótesis parciales y totales removibles. Rev Chilena de Prótesis. 2014 [acceso 13/07/2022];8(1):3-10. Disponible en: <http://repositorio.uft.cl/xmlui/handle/20.500.12254/440>.
16. Hernández L. El sellado periférico en Prótesis Total. Ovi Dental. 2022 [acceso 11/07/2022]. Disponible en: <https://www.odontologiavirtual.com/2018/09/pdf-el-sellado-periferico-en-protesis.html>
17. Hernández L. El sellado periférico en Prótesis Total . Ovi Dental; 2018 [acceso 11/07/2022]. Disponible en: <https://www.odontologiavirtual.com/2018/09/pdf-el-sellado-periferico-en-protesis.html>

18. Ministerio de Salud. Secretaria de Atención a Salud. Departamento en Salud de Atención Básica. Manual para la confección de prótesis total por la técnica de polimerización en microondas. Brasilia, DF: Ministerio de Salud; [acceso 10/07/2022]. Disponible en:
https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_tecnico_tratamiento_protesis_completa.pdf.
19. Medical Group D. El sistema CAD/CAM dental: una técnica diferenciada . Dental Medical Group; 2017 [acceso 2/07/2022]. Disponible en:
<https://dentalmedicalgroup.com/es/2017/04/10/sistema-cadcam-dental-una-tecnica-diferenciada/>
20. Basto AMR, Lerma EN. Protocolo para la elaboración de prótesis totales. Revista. 2021 [acceso 17/03/2022];30. Disponible en:
<https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/6278/Capi%cc%81tulo%208.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
21. Han W, Li Y, Zhang Y, Lv Y, Zhang Y, Hu P, et al. Design and fabrication of complete dentures using CAD/CAM technology. Medicine (Baltimore). 2017 Jan 10 [acceso 16/07/2022];96(1):e5435. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih>.
22. Dental RG. Métodos CAD/CAM en prótesis. Gaceta Dental. 2011 [acceso 16/07/2022]; 23(220). Disponible en: <https://gacetadental.com/2011/09/mtodos-cadcam-en-prtesis-4288/>
23. Ina Wanschka P. Variedad de materiales en la tecnología CAD/CAM. Quintessence técnica (ed esp) . 1 de junio de 2011 [acceso 16/07/2022];22(6):367-73. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-quintessence-tecnica-33-articulo-variedad-materiales-tecnologia-cad-cam-X1130533911238388>
24. Matiz Cuervo J. CAD-CAM en prótesis total. Descripción de un caso. Univ Odontol. 2018 ene-jun; 37(78). Disponible en: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.uo37-78.ccpt>
25. Molinero-Mourelle P, Rocuzzo A, Yilmaz B, Lam WYH, Pow EHN, Del Río Highsmith J, Gómez-Polo M. Microleakage assessment of CAD-CAM Cobalt-Chrome and Zirconia abutments on a conical connection dental implant: A comparative in vitro study. Clin Oral Impl Res. 2022;33(5):945–952. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/clr.13973>.

26. Hjalmarsson L, Gheisarifar M, Jemt T. A systematic review of survival of single implants as presented in longitudinal studies with a follow-up of at least 10 years. *Eur J Oral Implantol*. 2016;9(Suppl 1):S155-S162.
27. Rodrigo D, Sanz-Sánchez I, Figuero E, Llodrá JC, Bravo M, Caffesse RG, et al. Prevalence and risk indicators of peri-implant diseases in Spain. *J Clin Periodontol*. 2018 Dec;45(12):1510-1520. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jcpe.13017>.
28. Edelhoff D, Schweiger J, Prandtner O, Stimmelmayer M, Güth JF. Metal-free implant-supported single-tooth restorations. Part I: Abutments and cemented crowns. *Quintessence Int*. 2019;50(3):176-184. Disponible en: <https://doi.org/10.3290/j.qi.a41906>.
29. Limones A, Molinero-Mourelle P, Azevedo L, Romeo-Rubio M, Correia A, Gómez-Polo M. Zirconia-ceramic versus metal-ceramic posterior multiunit tooth-supported fixed dental prostheses: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Am Dent Assoc*. 2020 Apr;151(4):230-238.e7. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2019.12.013>.
30. Lemos CAA, Verri FR, Gomes JML, de Souza Batista VE, Cruz RS, Oliveira HFFE, Pellizzer EP. Ceramic versus metal-ceramic implant-supported prostheses: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent*. 2019;121(6):879-886.e4. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.09.016>.
31. Molinero-Mourelle P, Cascos-Sanchez R, Yilmaz B, Lam WYH, Pow EHN, Del Río Highsmith J, et al. Effect of fabrication technique on the microgap of CAD/CAM cobalt-chrome and zirconia abutments on a conical connection implant: An in vitro study. *Materials (Basel)*. 2021 Sep;14(9):2348. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma14092348>.
32. Medina A, González F, Martínez A, Domínguez JL, Vega V, Nogueira D. Técnicas de análisis empresariales en la certeza e incertidumbre. San Nicolás de Hidalgo: Editorial FEGOSA; 2002.
33. Vega V. Aplicación de la Matemática Borrosa al cálculo del umbral de rentabilidad. *Rev Costos y Gestión*. 1998;7(28):317-342.

