



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

CARRERA DE ODONTOLOGÍA

**Implementación del sistema CAD-CAM en la elaboración de coronas
dentales.**

Trabajo de titulación para optar al título de Odontólogo General

Autor:

Jessica Alexandra Shucad Aucancela

Tutor:

Od. David Gerardo Carrillo Vaca

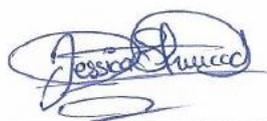
Riobamba, Ecuador. 2023

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, **Jessica Alexandra Shucad Aucancela**, con cédula de ciudadanía **C.I. 0604274498**, autora del trabajo de investigación titulado: **“Implementación del sistema CAD-CAM en la elaboración de coronas dentales”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a la fecha de su presentación.



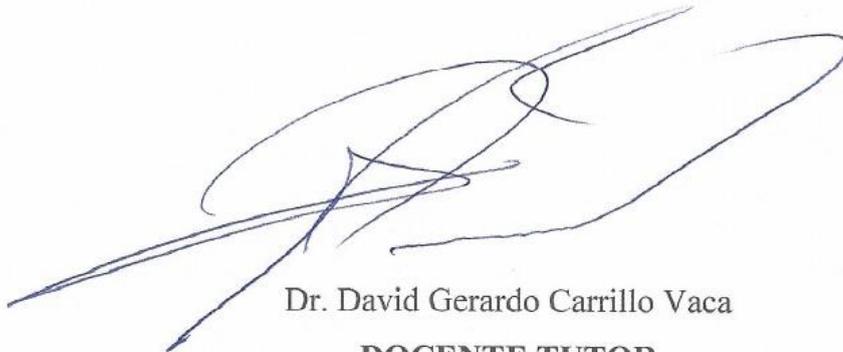
Jessica Alexandra Shucad Aucancela

C.I: 0604274498

CERTIFICADO DEL TUTOR

El suscrito docente-tutor de la Carrera de Odontología, de la Facultad de Ciencias de la Salud, de la Universidad Nacional de Chimborazo, Dr. David Gerardo Carrillo Vaca, certifica que la señorita Jessica Alexandra Shucad Aucancela con C.I: 0604274498, se encuentra apto para la presentación del proyecto de investigación: “Implementación del sistema CAD-CAM en la elaboración de coronas dentales” y para que conste a los efectos oportunos, expido el presente certificado, a petición de la persona interesada, el 12 de octubre en la ciudad de Riobamba en el año 2023

Atentamente,



Dr. David Gerardo Carrillo Vaca
DOCENTE TUTOR

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado del trabajo de investigación “**Implementación del sistema CAD-CAM en la elaboración de coronas dentales**”, presentado por **Jessica Alexandra Shucad Aucancela**, con cédula de identidad **C.I. 0604274498**, emitimos el DICTAMEN FAVORABLE, conducente a la APROBACIÓN de la titulación. Certificamos haber revisado y evaluado el trabajo de investigación y cumplida la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a la fecha de su presentación.

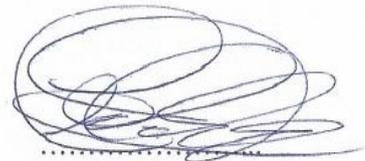
Dra. Olga Alejandra Fuenmayor Vinueza



MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Firma

Dr. Cristian Roberto Sigcho Romero



MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Firma

Dr. David Gerardo Carrillo Vaca



TUTOR

Firma

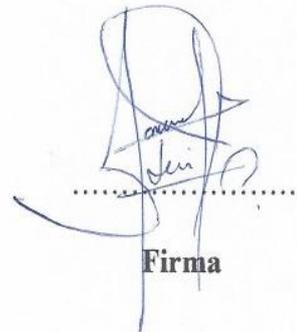
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “**Implementación del sistema CAD CAM en la elaboración de coronas dentales**”, presentado por **Jessica Alexandra Shucad Aucancela**, con cédula de identidad **C.I. 0604274498**, bajo la tutoría **Od. Esp. David Gerardo Carrillo Vaca**; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a la fecha de su presentación.

Dr. Manuel Alejandro León Velastegui

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Dra. Olga Alejandra Fuenmayor Vinueza

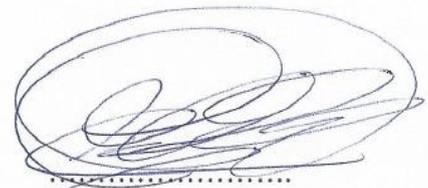
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Dra. Cristian Roberto Sigcho Romero

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO CID
Ext. 1133

Riobamba 03 de octubre del 2023
Oficio N° 103-2023-1S-URKUND-CID-2023

Dr. Carlos Alberto Albán Hurtado
DIRECTOR CARRERA DE ODONTOLOGÍA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
UNACH
Presente.-

Estimado Profesor:

Luego de expresarle un cordial saludo, en atención al pedido realizado por el **Dr. David Carrillo**, docente tutor de la carrera que dignamente usted dirige, para que en correspondencia con lo indicado por el señor Decano mediante Oficio N° 0383-D-FCS-ACADÉMICO-UNACH-2023, realice validación del porcentaje de similitud de coincidencias presentes en el trabajo de investigación con fines de titulación que se detalla a continuación; tengo a bien remitir el resultado obtenido a través del empleo del programa URKUND, lo cual comunico para la continuidad al trámite correspondiente.

No	Documento número	Título del trabajo	Nombres y apellidos del estudiante	% URKUND verificado	Validación	
					Si	No
1	1819-D-FCS-09-12-2022	Implementación del sistema CAD-CAM en la elaboración de coronas dentales	Jessica Alexandra Shucad Auncancela	1	x	

Atentamente,

0603371907
GINA
ALEXANDRA
PILCO
GUADALUPE

Firmado digitalmente
por 0603371907 GINA
ALEXANDRA PILCO
GUADALUPE
Fecha: 2023.10.10
09:18:16 -05'00'

PhD. Alexandra Pilco Guadalupe
Delegado Programa URKUND
FCS / UNACH
C/c Dr. Vinicio Moreno – Decano FCS

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación va dedicado a Dios por darme vida, ser mi guía, llenarme de bendiciones y darme la fortaleza en momentos de debilidad.

A mis amados padres por brindarme su apoyo emocional, económico y motivacional en todo momento por ser mi pilar fundamental para cumplir mi meta tan anhelada, por siempre estar pendientes de mi bienestar, a mi hermana por ser la motivación para ser mejor persona y profesional cada día.

A mi hija Belén por ser el motor fundamental de mi vida y a tan corta edad enseñarme que todo se consigue con esfuerzo y perseverancia.

A mis amigas quienes con sus consejos, inteligencia y amistad fueron las compañeras ideales con las cuales compartí momentos buenos y malos en cada paso que daba para culminar mi carrera.

Jessica Alexandra Shucad

Aucancela

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por ser mi guía espiritual, por brindarme salud, vida y sabiduría necesaria para culminar mis estudios en la carrera universitaria que años atrás fue un sueño y hoy en día es una realidad, a mi querida Universidad Nacional de Chimborazo por abrir sus puertas para formarme en la carrera universitaria que amo, a todos los docentes que participaron en mi formación profesional los cuales impartieron sus conocimientos y consejos valiosos que contribuyeron para ser una profesional con ética, valores y humildad; Agradezco también a mi tutor el Dr. David Gerardo Carrillo Vaca el cual me brindó un apoyo absoluto, conocimientos y su tiempo, que han sido factores significativos para desarrollar paso a paso el siguiente trabajo de investigación.

Jessica Alexandra Shucad

Aucancela

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I.....	17
1. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.2. JUSTIFICACIÓN	20
1.3. OBJETIVOS	21
1.3.1. Objetivo General.....	21
1.3.2. Objetivos específicos	21
CAPITULO II.....	22
2. MARCO TEÓRICO	22
2.1. Prótesis fija unitaria.....	22
2.1.1. Cerámicas dentales	22
2.1.2. Clasificación actual.....	23
2.2. Sistema CAD CAM.....	23
2.2.1. Componentes del sistema CAD CAM.....	23
2.2.2. Sistemas CAD CAM dentales utilizados actualmente.....	24
2.2.3. Diseño asistido por computadora.....	25
2.2.4. Ventajas del uso del sistema CAD CAM.....	25
2.2.5. Desventajas del uso del sistema CAD CAM.....	26
2.3. Tipos de cerámicas	27
2.3.2. Cerámicas de silicato	27
2.3.2.1. Cerámica de disilicato de litio	27
2.3.2.2. Cerámica Feldespato.....	27
2.3.2.3. Cerámica de matriz de resina.....	28
2.3.4. Cerámica de óxido	29

3.4. Procedimiento para la elaboración de prótesis fija unitaria mediante el sistemaCAD CAM.....	29
CAPITULO III	31
3. METODOLOGÍA.....	31
3.1. Tipo de Investigación.....	31
3.2. Diseño de la investigación	31
3.3. Población de estudio	31
3.4. Muestra de estudio	31
3.5. Criterios de Inclusión y Exclusión.....	31
3.5.1. Criterios de inclusión:.....	31
3.5.2. Criterios de exclusión:	32
3.6. Estrategia de Búsqueda.....	32
3.7. Tipo de estudio	32
3.7.1. Estudio descriptivo	32
3.7.2. Estudio transversal.....	33
3.8. Métodos, procedimientos y población de estudio	33
3.8.1. Instrumentos y Técnicas	34
3.8.2. Selección de palabras clave o descriptores.....	34
3.9. Análisis PICOs	34
CAPITULO IV	37
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. Análisis de los artículos.....	37
4.2. Funcionamiento del sistema CAD CAM.....	40
4.2.1 Sistema CAD CAM	40
4.2.2. Escaneado o herramienta de digitalización/escáner	41
El sistema de impresión directo:.....	41
El sistema de impresión indirecto:.....	42

4.2.3. Software de diseño.....	46
4.2.4. Fabricación sustractiva SM	47
4.2.5. Ventajas y desventajas del sistema CAD CAM en odontología.	48
4.2.6. Materiales empleados para la elaboración de prótesis fijas unitarias dentales empleando el sistema CAD CAM.....	50
4.2.6.1. Cerámica.....	51
4.2.6.1.1. Cerámicas Vítreas.....	52
4.2.6.1.2. Cerámicas no vítreas.....	53
4.2.7. Cementación.....	55
4.2.7.1. Tipos de cementación por el material cerámico	58
4.2.7.1.1. Vitrocerámica	58
4.8. Discusión	60
CAPITULO V.....	62
5.1. Conclusiones.....	62
5.2. Recomendaciones	64
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Número de artículos por base de datos.....	33
Tabla 2.	Términos de búsqueda y extracción de utilización en las bases de datos.	34
Tabla 3.	Análisis de fuentes mediante método PICO.	34
Tabla 4.	Análisis PICO por selección de resultados de búsqueda.	35
Tabla 5.	Metodología con escala y algoritmo de búsqueda.	36
Tabla 6.	Diferentes tipos de Escáneres Intraorales.....	45
Tabla 7.	Software en CAD CAM	47

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Frecuencia de publicaciones por año.....	37
Gráfico 2.	Promedio de publicaciones por año.....	37
Gráfico 3.	Porcentaje de publicaciones por cuartil	38
Gráfico 4.	Publicaciones por área y colección de datos	38
Gráfico 5.	Publicaciones por áreas y tipo de estudio.....	39
Gráfico 6.	Publicaciones por país	39
Gráfico 7.	Modelo tridimensional.....	43
Gráfico 8.	Malla STL.....	46
Gráfico 9.	Clasificación de las cerámicas.....	52

RESUMEN

La presente revisión bibliográfica analiza la implementación del sistema CAD CAM en la elaboración de coronas dentales; describiendo el funcionamiento de este sistema tecnológico, los componentes que intervienen en el procesamiento de la prótesis fija unitaria es el escaneado o la herramienta de digitalización que se da a través del uso de escáneres intraorales, el diseño y la fabricación de la prótesis fija unitaria todo esto asistido por el ordenador, además de conocer las características de algunos tipos de escáneres, softwares y medios de fresado los más utilizados en la actualidad. El proceso inicia con la toma de impresiones digitales de los dientes del paciente por medio de un escáner intraoral donde se obtienen imágenes tridimensionales de la estructura dental, el CAD permite el diseño de la prótesis fija unitaria por medio de softwares sofisticados que constan de parámetros protésicos ideales ajustando la forma, el tamaño y el color en una imagen tridimensional en el ordenador, la inserción de nuevos materiales biocompatibles y el uso de métodos y técnicas para el procesamiento potencian las propiedades mecánicas, físicas y ópticas de cada uno, se envía a una máquina fresadora y se obtiene una restauración final personalizada, de este último paso se encarga el software CAD. La selección de los materiales cerámicos para el procesamiento de las prótesis fijas unitarias mediante el sistema CAD CAM evolucionan conjuntamente, es indispensable actualizar los avances en cuanto a la utilización de biomateriales y procedimientos de cementación. La prótesis fija unitaria fabricada por medio del sistema tecnológico son restauraciones funcionales, personalizadas, de alta estética y duraderas en el medio bucal, brindando al paciente mayor calidad y eficacia en la ejecución de un tratamiento odontológico.

Palabras clave: CAD/CAM, software, escáneres intraorales, digitalización, imagen tridimensional, cerámicas.

SUMMARY

This bibliographic review analyzes the implementation of the CAD CAM system in the production of dental crowns; describing the operation of this technological system, the components involved in the processing of the unitary fixed prosthesis is the scanning or digitization tool that occurs through the use of intraoral scanners, the design and manufacture of the unitary fixed prosthesis all this assisted by the computer, in addition to know the characteristics of some types of scanners, software and milling means that are most used today. The process begins with taking digital impressions of the patient's teeth using an intraoral scanner where three-dimensional images of the dental structure are obtained. CAD allows the design of the unitary fixed prosthesis through sophisticated software that consists of prosthetic parameters. ideals by adjusting the shape, size, and color in a three-dimensional image on the computer, the insertion of new biocompatible materials and the use of methods and techniques for processing enhance the mechanical, physical, and optical properties of each one, it is sent to a milling machine and a final personalized restoration is obtained, this last step is taken care of by the CAD software. The selection of ceramic materials for the processing of single fixed prostheses using the CAD CAM system evolve together, it is essential to update the advances in terms of the use of biomaterials and cementation procedures. The unitary fixed prosthesis manufactured through the technological system are functional, personalized, highly aesthetic, and durable restorations in the oral environment, providing the patient with greater quality and effectiveness in the execution of a dental treatment.

Keywords: CAD/CAM, software, intraoral scanners, digitization, three-dimensional image, ceramics.



Firmado electrónicamente por:
JHON JAIRO INCA
GUERRERO

Reviewed by:

Msc. Jhon Inca Guerrero.

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0604136572

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación corresponde a un análisis de la implementación del sistema Diseño Asistido por Ordenador y Fabricación Asistida por Ordenador (CAD-CAM) en la elaboración de prótesis fija unitaria la misma que permitió al odontólogo y al estudiante obtener información relevante sobre la fabricación de prótesis fijas unitarias, mediante esta innovadora tecnología que a su vez proporciona ventajas y desventajas en el área clínica de la odontología que son tomadas en consideración durante el tratamiento odontológico referido ⁽¹⁾.

Este es un sistema de tecnología que ayudó al diseño y la elaboración de prótesis dentales mediante el ordenador. Por medio de esta tecnología digital, los odontólogos y especialistas tienen la posibilidad de diseñar y fabricar estructuras dentales de forma precisa y con la más alta calidad, además se logró disminuir el margen de error humano obteniendo porcentajes de éxito aún más altos, en los tratamientos en los que se requieren piezas dentales artificiales ^(1,2,3).

El sistema CAD CAM en odontología está en constante evolución debido a la implementación de la tecnología, la cual consta de un software y hardware que son empleados en diversos procedimientos en esta área de la salud, con alta calidad en estética y funcionalidad, reduciendo así el tiempo de trabajo para el paciente y el profesional ⁽¹⁾⁽⁴⁾.

Por otro lado, la prótesis fija es el conjunto de tratamientos realizados sobre piezas dentales desgastadas, dañados o perdidos cuyo objetivo fue restaurar la función y estética, estas prótesis permanecerán en la cavidad oral del paciente de forma permanente, esta opción de tratamiento requirió una previa preparación en la pieza dental, para posteriormente ser restaurado de manera fija ⁽⁵⁾.

Dentro de la prostodoncia una de las opciones es la prótesis fija unitaria, su resistencia y dureza permiten ser una opción ideal de tratamiento de una pieza dental afectada, proporcionan propiedades físicas y químicas que se asemejan a las piezas dentales naturales, recuperando de esta manera la función y estética. Las prótesis fijas unitarias de cerámica se encuentran en forma de bloques, son procesadas en el sistema CAD CAM, son utilizadas tanto en el segmento anterior como en el posterior, entre sus principales ventajas se encuentra

la biocompatibilidad, la baja susceptibilidad a la adherencia de la placa y la estabilidad del color entre otras.

En la siguiente revisión de literatura se desarrolló una búsqueda de información bibliográfica sobre la Implementación del sistema CAD CAM en la elaboración de prótesis fija unitaria, empleando el método PICOS mediante una búsqueda electrónica en la base de datos científico académica PubMed, artículos de relevancia académica desarrollados en los últimos 5 años mismos que serán seleccionados bajo estrictos criterios de calidad por el factor de impacto y el número de citas. El estudio es de tipo descriptivo y transversal, la técnica de investigación es la observación y como instrumento se utilizó una lista de cotejo y una matriz de revisión bibliográfica.

La investigación de esta problemática se realizó por el interés de comprender el funcionamiento del sistema CAD CAM, además de conocer cómo se emplea este sistema para la fabricación de prótesis fijas unitarias e indicar una breve descripción de los materiales empleados para la confección de estas, de la misma manera resalto los beneficios del uso de esta herramienta que empleó tecnología avanzada, la cual resulta útil porque disminuye el tiempo de trabajo en la consulta odontológica, denotando las ventajas y desventajas tanto para el profesional como para el paciente ⁽⁶⁾.

El desarrollo de este tema es de relevancia debido a que se realizó una revisión bibliográfica para así evidenciar las principales modificaciones que existe en cuanto a la introducción del sistema digital CAD CAM en la odontología en los últimos 5 años anteriores a este estudio, para conocer y transmitir el manejo y uso de este sistema durante el trabajo convencional en la consulta odontológica esto basado en los últimos avances científicos, materiales y nuevas técnicas que son capaces de acoplarse a las exigencias tanto del paciente como del profesional en la fabricación de prótesis fijas unitarias que han sido introducidas en la actualidad.

Por otro lado, es necesario mencionar que los beneficiarios directos de esta investigación serán los estudiantes de odontología, odontólogos generales y especialistas que desean actualizar los conocimientos en cuanto al desempeño de este sistema digital en la Odontología moderna y por otro lado conocer la elaboración de la prótesis fija unitaria.

El siguiente proyecto contiene información detallada sobre el funcionamiento del sistema CAD CAM, además de una descripción de las ventajas y desventajas del mismo, finalmente

se dará a conocer el procedimiento y los materiales utilizados para la elaboración de prótesis fija unitaria empleando este sistema digital.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con la implementación de los sistemas digitales en odontología se ha dado paso a nuevas técnicas u opciones que agiliza el tiempo del procedimiento durante el tratamiento establecido por parte del profesional, los mismos que permitieron realizar tratamientos dentales con nuevos materiales de cerámica y compuestos que presentan buenas propiedades mecánicas, con mínimo desgaste y excelentes características estéticas. Además, hoy en día se emplea impresiones digitales y la fabricación asistida por ordenador CAD CAM. Los cuales a su vez han ocasionado un cambio significativo en los protocolos clínicos de odontólogos y técnicos ⁽⁴⁾.

Sulaiman et al. ⁽¹⁾ menciona en su estudio la importancia de conocer nuevas tecnologías que emergen en el campo de la odontología y la popularidad que ha ganado en los últimos años el sistema CAD CAM, brinda un flujo de trabajo clínico que facilita al profesional la toma de impresiones, modelos y fabricación de provisionales hasta las restauraciones finales, además permite revisar y evaluar la preparación del diente y diseñar una restauración que cumpla con el plan de tratamiento previsto.

Runkel et al. ⁽⁵⁾ afirman que las impresiones convencionales siguen siendo la técnica más utilizada en la actualidad en la toma de impresiones. Sin embargo, incluso después de la preparación de un diente y la toma de impresión, la restauración final sigue siendo un proceso largo con posibles errores, el flujo de trabajo digital CAD CAM disminuye los pasos del procedimiento, previene fallas y un mayor control.

Saeed et al. ⁽⁷⁾ considera que los dientes son una parte integral de la belleza, y que la ausencia de estructura dental no solo causa problemas funcionales y estructurales, sino que también influye en la psicología a nivel personal y social del paciente, por ello se fabricaron los primeros dientes artificiales utilizando dientes naturales, con el paso de los años nuevos biomateriales como las cerámicas presentan mejores propiedades físicas y químicas que se asemejan al diente natural y son utilizados en la actualidad.

Seghi et al. ⁽⁸⁾ describe las propiedades ópticas y mecánicas de los materiales cerámicos dentales que junto a técnicas de producción permiten un gran cambio en la prescripción de prótesis fijas unitarias.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La tecnología sigue innovándose en el campo de la odontología, por ello se trató de recopilar información de fuentes relevantes para detallar la dinámica del sistema CAD CAM y empleo de esta tecnología en la elaboración de prótesis fija unitaria, permitiendo de esta manera un escatimo tanto en recursos de materiales dentales como económicos durante la ejecución del tratamiento ⁽²⁾.

Además, con la introducción de la Odontología Digital, hoy en día se emplea impresiones digitales tridimensionales conjuntamente con el diseño y fabricación asistida por ordenador CAD CAM, los cuales pretenden disminuir el tiempo tanto para el odontólogo como para el laboratorio dental.

El desarrollo de este tema es de relevancia debido a que se realizó una revisión bibliográfica para así evidenciar las principales modificaciones que existen en cuanto a la introducción del sistema digital CAD CAM en la odontología en los últimos 5 años anteriores a este estudio, para así poder conocer y transmitir el manejo y uso de este sistema durante el trabajo convencional en la consulta odontológica esto basado en los últimos avances, materiales y nuevas técnicas que han sido introducidas en la actualidad.

Por otro lado, se mencionó a los beneficiarios directos de esta investigación que serán los estudiantes de odontología, odontólogos generales y especialistas que desean actualizar sus conocimientos en cuanto al papel que desempeña este sistema digital en la Odontología moderna y por su puesto en la elaboración de prótesis fijas unitarias de cerámica.

Adicionalmente mediante la ejecución del proyecto se incrementará el interés en la comunidad científica para fomentar el estudio respecto al tema, una vez establecido un conocimiento fundamentado en la descripción del sistema CAD CAM basado en evidencia científica este podría servir para desarrollar un artículo científico, el mismo que podría servir como base para la elaboración de una guía de uso que serviría para los estudiantes de la clínica integral de la Universidad Nacional de Chimborazo.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Realizar una búsqueda en bases digitales científicas sobre la implementación del sistema CAD CAM en la elaboración de prótesis fija unitaria.

1.3.2. Objetivos específicos

- Conocer las ventajas y desventajas del sistema CAD CAM.
- Investigar los materiales dentales empleados en la elaboración de prótesis fijas unitarias.
- Conocer el protocolo de cementación utilizado para la rehabilitación con prótesis fijas unitarias.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Prótesis fija unitaria

Los dientes son considerados como parte integral de la belleza por ellos la pérdida de piezas dentales provocan problemas funcionales, estéticos y estructurales que afecta el desenvolvimiento a nivel personal, social y psíquico por ello la prostodoncia se encarga de la restauración o sustitución de estas las piezas dentales, las prótesis fijas unitarias sustituyen la corona natural de la pieza dental que se ha perdido por distintas causas, devolviendo de esta manera la funcionabilidad y estética, han sido reconocidas porque son una solución clínica confiable. Sin embargo, durante los últimos años la demanda de tratamientos estéticos en la odontología, ha llevado al desarrollo de nuevos materiales cerámicos innovadores dentro de las prótesis fijas ⁽⁷⁾.

2.1.1. Cerámicas dentales

En el año de 1960, el uso de la cerámica dental se limitaba principalmente a los dientes protésicos de porcelana. Land en 1886 tenía prótesis fijas unitarias usando una cerámica feldespática, la misma que sólo sobreviviría en la boca si estuviera sostenida por una subestructura de alta resistencia y Pincus en 1920 había producido cerámica explorada para carillas. Ninguno de los dos se generalizó debido a la baja resistencia de la cerámica utilizada.

Se utilizó una subestructura de cerámica de alta resistencia mediante la adición de alúmina para reforzar el vidrio feldespático. Por primera vez, los odontólogos podían proporcionar a los pacientes restauraciones anteriores y posteriores altamente estéticas. Estos todavía se usan hoy con sólo modificaciones menores para mejorar la estética y la durabilidad, en algunos casos, reducen los costos al usar aleaciones que no son de oro para la subestructura.

La siguiente evolución fue emplear un núcleo 100 % de alúmina utilizando una combinación de procesamiento digital y tecnología CAD CAM. El mecanizado suave CAD CAM produjo un núcleo sobredimensionado a propósito a partir de un bloque de alúmina porosa, que luego se sometió a un ciclo de cocción a alta temperatura para densificarlo por completo y producir una restauración final del tamaño correcto. Cuando este sistema estuvo disponible a principios de la década de 1990, las prótesis fijas unitarias y plurales de cerámica para cualquier

ubicación en la boca se convirtieron en una posibilidad y aquí es donde ingresa el uso de la tecnología con el sistema CAD CAM.

2.1.2. Clasificación actual

La clasificación de las cerámicas por su composición microestructural:

Cerámicas vítreas: feldespato, disilicato e híbridas.

Cerámicas no vítreas: alúmina y circonio ⁽¹⁰⁾.

2.2. Sistema CAD CAM

El sistema CAD CAM (Computer Aided Design/Computer Aided manufacturing) fue desarrollado en el año de 1950, con el paso del tiempo ha evolucionado esta tecnología solo se encontraba inmersa en el mundo de la ingeniería y arquitectura para la fabricación de maquinaria industrial y para los diseños arquitectónicos ^(1,2,11,12).

En el trayecto esta tecnología fue desenvolviéndose en el campo de la industria aeronáutica y automovilística, apareciendo de a poco a poco en el campo de la medicina. El sistema CAD CAM se fue introduciendo en la odontología en la década de los 70, los primeros sistemas que fueron comercializados son sendo o Cerec que son introducidos en 1987 por Duret ⁽¹³⁾.

El sistema informático CAD se define como la tecnología que usa un software que define la forma y las dimensiones de la restauración, mientras que el CAM lleva el modelo diseñado de una máquina de control numérico de la computadora, para ello se utilizan bloques de material dental ⁽¹³⁾.

Este sistema es utilizado principalmente en la fabricación de prótesis dentarias, las mismas que son planificadas y fabricadas a través de una computadora, para esto el sistema CAD CAM escanea las arcadas dentarias, esas imágenes se tornan en archivos, las mismas que son usadas como modelos virtuales para la planificación de las restauraciones y también para planificación en colocación y rehabilitación de implantes dentarios a este procedimiento se lo denomina como diseño asistido por el computador (CAD) ⁽¹⁴⁾.

En odontología se encarga de la fabricación de restauraciones incrustaciones, prótesis fija unitarias y plurales, carillas, rehabilitación sobre implantes ^(1,2).

2.2.1. Componentes del sistema CAD CAM

El sistema CAD CAM constan del escaneo de las superficies dentales mediante escáneres intraorales, el diseño de la nueva restauración con un programa de construcción donde el operador es el encargado de colocar los parámetros protésicos que lleva la restauración y la producción en físico con innovadores biomateriales ⁽¹⁵⁾.

2.2.2. Sistemas CAD CAM dentales utilizados actualmente

Los sistemas más populares y disponibles en la actualidad son el CEREC de Dentsply Sirona (York, PA, EE. UU.) y Planmeca de Planmeca Oy (Helsinki, Finlandia) estos dos sistemas constan de muchos elementos y su utilización es un poco compleja.

Sirona ofrece el escáner CEREC Omnicam, el software de diseño para CAD y para CAM la unidad de fresado, que es la fresadora de 4 ejes CEREC MC, X y XL. Otros sistemas CAD CAM totales reconocidos y utilizados son Carestream Dental (Atlanta, GA, EE. UU.), Dental Wings (Montreal, QC, Canadá) y Zfx (Dachau, Alemania). También existe la posibilidad de comprar piezas incluidas en un sistema CAD CAM, que las diferentes empresas ofrecen por separado. La elección del sistema adecuado depende de la experiencia protésica de los operadores y del equipo del consultorio dental, pero también es importante considerar las necesidades terapéuticas del paciente ⁽¹²⁾.

2.2.3. Diseño asistido por computadora

En la definición actual y más pertinente de tecnología, se identifican varios elementos interrelacionados: un objeto tecnológico, el conocimiento asociado y un proceso específico. El propósito es expandir cada uno de estos componentes para aplicarlos en el campo de la odontología digital ⁽⁴⁾.

Posterior a escanear la cavidad oral con un escáner intraoral se obtiene una imagen digital de la misma que es campo para la restauración protésica, para ello los escáneres intraorales se presentan en dos grupos los que requieren polvo y los que no requieren polvo, los escáneres que tienen polvo eliminan el reflejo creando una superficie uniforme dando paso a la reducción de la precisión del escaneo y la adaptación marginal de la restauración, por otro lado los escáneres que no utilizan polvo no tienen el riesgo de mezclar líquidos y polvos intraorales que no desdibujan los límites de la preparación ^(4,16).

2.2.4. Ventajas del uso del sistema CAD CAM

- Reducción de los costos ⁽⁴⁾.
- Reducción del tiempo de tratamiento ⁽¹⁷⁾.
- Brinda la oportunidad de combinar alta estética, durabilidad y funcionalidad en una sola restauración ⁽⁶⁾.
- Satisfacción del paciente.
- Disminuye la incomodidad del paciente.
- Control de calidad por parte de odontólogos y técnicos.
- Es utilizado en diferentes campos de la prótesis.
- Elimina el riesgo que sufra algún tipo de distorsión la impresión.

2.2.5. Desventajas del uso del sistema CAD CAM

- Necesidad de una gran inversión adicional ^(4,18).
- Curva de aprendizaje constante.
- Consideraciones a tomar durante los pasos a utilizar el escáner intraoral.
- El tamaño de los bloques limita el diseño y fresado de restauraciones que excedan sus tamaños.
- Simplifica los pasos de laboratorio ^(17,19).
- Los materiales usados en esta tecnología se han modificado con el paso del tiempo debido a su alta demanda con respecto a la elaboración de prótesis fijas unitarias que brinden alta estética, biocompatibilidad, durabilidad y funcionalidad ⁽⁶⁾.
- Cada material tiene diferentes parámetros de procesamiento, el sistema CAD CAM se ajusta al material, al tratamiento, a la preparación, al escaneado, a la planificación y el diseño dando como resultado la fabricación y cementación de la restauración, la eficiencia de esta restauración radica en la posibilidad del fresado a alta velocidad sin daños y en un corto tiempo ^(17,19).

2.3. Tipos de cerámicas

La cerámica se caracteriza por su resistencia, fragilidad, transparencia y dureza, las cerámicas que son realizadas en el sistema CAD CAM son utilizadas tanto en el segmento anterior como en el posterior y en sus principales ventajas tenemos que son biocompatibles, tienen baja susceptibilidad a la adherencia de la placa y la estabilidad del color ⁽¹⁾.

Las restauraciones de cerámica sin metal exigen un hombro redondeado o un chaflán pesado alrededor de la circunferencia del diente preparado. En la mayoría de los casos, la cementación con cementos de resina adhesivos está indicada para prótesis fijas unitarias de cerámica sin metal. Esto ayuda a aumentar la resistencia a la fractura ⁽²⁰⁾.

2.3.2. Cerámicas de silicato

Son materiales de cerámica inorgánicos no metálicos que contienen una fase vítrea, dentro de estas se identifican las cerámicas feldespáticas y las de silicato de litio, tienen características ópticas favorables, como alta translucidez y apariencia natural, pero por la presencia de vidrio en sus composiciones contribuyen a la fragilidad y baja resistencia a la fractura. Estas cerámicas necesitan grabado con ácido fluorhídrico para mejorar la retención micromecánica y la unión adhesiva, luego de que la matriz vítrea desmineraliza la fase cristalina expuesta permitiendo el enclavamiento micromecánico del cemento de resina previa colocación de silano y adhesivo.

2.3.2.1. Cerámica de disilicato de litio

Estas cerámicas son las más fuertes de todas con una resistencia a la flexión de alrededor de 407 MPa, en su composición química presenta una fase cristalina que consta de disilicato de litio y ortofosfato de litio que indica una mayor resistencia a la fractura sin una influencia negativa en la translucidez del material ^(1,14).

2.3.2.2. Cerámica Feldespato

La cerámica feldespática tiene en su contenido 70 – 75 % de feldespato potásico y un 15 – 20 % de cuarzo como fase cristalina y el resto de caolín como aglutinante, para mejorar sus propiedades mecánicas se agrega el óxido de aluminio sus propiedades estéticas son elevadas pero es un material frágil, está indicada para restauraciones en la zona anterior porque soportan poca tensión, este material necesita un tratamiento de superficie adecuado para su cementación ⁽²¹⁾.

2.3.2.3. Cerámica de matriz de resina

Este material es un poco nuevo en el mercado, presenta características favorables para las prótesis dentales, se caracteriza por sus lucrativas propiedades de molienda y en comparación con las cerámicas a base de sílice, estas tienen mayor capacidad de carga y un mejor módulo de elasticidad, además tiene propiedades ópticas similares a los dientes naturales. Se distinguen dos tipos de cerámica a base de resina, la una contiene una matriz polimérica con un 80 % de partículas manométricas de relleno de cerámica y por otro lado las cerámicas híbridas que es una red de cerámica infiltrada con un polímero, estas cerámicas han demostrado resistencia a la flexión de 150 - 160 MPa es relativamente baja ^(1,22).

En el mercado se han introducido estructuras híbridas como resinas compuestas, cerámicas híbridas o materiales convencionales con aditivos que alteran sus propiedades físicas, las cuales potencian las propiedades tribológicas, mecánicas o simplemente estéticas ^(25,26). Estos compuestos tienen mayor resistencia a la flexión que la cerámica de leucita y menor para la cerámica de silicato de litio.

Los materiales CAD CAM de resina compuesta con las cerámicos tienen ventajas y desventajas para la aplicación intraoral. Los compuestos de resina son atractivos por su manejo y estabilidad intraoral, mientras que las vitrocerámicas ofrece propiedades mecánicas y estéticas superiores ⁽¹⁾.

2.3.4. Cerámica de óxido

Estas cerámicas exhiben propiedades mecánicas muy favorables, pero tienen cualidades estéticas poco favorables por su baja translucidez. Se divide en cerámicas a base de óxido de aluminio y de óxido de circonio ^(1,23,24).

Las cerámicas de óxido se dividen en dos grandes grupos:

- Cerámica de óxido de aluminio
- Cerámica de óxido de circonio: presentes en forma policristal de circonio tetragonal estabilizado con itria o monocíclica, presentan una buena biocompatibilidad, no se considera a esta cerámica como las más estéticas por su nivel de opacidad ⁽¹⁾.

3.4. Procedimiento para la elaboración de prótesis fija unitaria mediante el sistema CAD CAM.

1. Historia clínica, según las indicaciones y el estado de la pieza dental, el dentista diagnostica y recomienda varias opciones de tratamiento, explicando los pro y los contras, dependiendo de la indicación ⁽²⁵⁾.
2. Análisis biomecánico del diente antes de retirar la restauración defectuosa.
3. Evaluación y calidad de la pieza dental remanente.
4. El tamaño y la profundidad de la restauración existente, caries o defectos permitirán al profesional elegir la restauración óptima para el paciente.
5. La radiografía indica la profundidad de la restauración existente, caries y el posible riesgo de una exposición pulpar. Se considera la ubicación del margen proximal de la futura preparación, obtener medidas certeras en casos de márgenes subgingivales profundos, además de evaluar si existe la presencia de grietas o fracturas, de facetas de desgaste ⁽²⁵⁾.
6. Análisis de fuerzas y cargas sobre la pieza dental a restaurar prestar atención a la musculatura del paciente y las actividades funcionales y parafuncionales, la intensidad y dirección de las fuerzas, la ubicación y fuerza de los puntos de contacto y por ello la carga de las cúspides ⁽²⁵⁾.
7. **Aislamiento con dique de goma:** es necesario utilizar un aislamiento absoluto con dique de goma, aproximadamente aislar entre 4-5 piezas dentales adyacentes al diente a restaurar, además de proporcionar al profesional una mejor visibilidad durante la ejecución del tratamiento ⁽²⁵⁾.

8. **Preparación de los dientes:** Retirado la restauración y los tejidos dentales infectados, se valora la estructura dental remanente, se realiza el análisis biomecánico detallado para controlar el grosor y calidad de las cúspides, el grosor de las crestas marginales para identificar la existencia de líneas de fisura.
9. **Preparación de los márgenes de esmalte:** Nuevamente se prepararon los márgenes de esmalte con una fresa de diamante a velocidad media sin agua, con una inclinación de 45 grados para seccionar los prismas oblicuamente, con tiras metálicas de grano fino se pulieron las zonas interproximales.
10. **Adhesivos estándar:** El adhesivo se aplica siguiendo las instrucciones del fabricante, después de la polimerización del adhesivo se aplica un composite fluido de alto relleno para bloquear de manera microselectiva a las socavaduras en la preparación de la dentina, también se corrigen geoméricamente las cavidades profundas, estrechas y complejas, este composite protegerá, estabilizará y aumentará la conversión en la capa híbrida recién formada ⁽²⁵⁾.
11. Escaneo de la pieza dental preparada se utiliza un escáner intraoral para crear una imagen digital tridimensional y las estructuras circundantes una vez transferidos los datos al ordenador son archivos SLT.
12. Diseño de la corona: Utilizando el software CAD, se diseña un modelo digital de la prótesis fija unitaria en base a la imagen digital tridimensional del diente preparado ^(6,27).
13. Fresado de la corona: El diseño de la corona se envía a una fresadora controlada por computadora, que talla la corona a partir de un bloque de cerámica o material similar utilizando una máquina fresadora CAD CAM.
14. Cementación de la corona.
15. **Acabado y pulido:** Con un raspador afilado se comprobó el exceso de los composites desde la región oclusal hasta la cervical. Los restos se pulieron con gomas pulidoras. El pulido se realizó con copas amarillas de silicona. Los márgenes se limpian y se abrillantan con un cepillo sintético suave ⁽²⁵⁾.

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

Para la presente revisión bibliográfica se ha estimado las metodologías y métodos correspondientes al aspecto investigativo considerando las principales bases de datos científico académicas, con las publicaciones difundidas en un periodo de tiempo desde el año 2017 a 2022 (5 años), enfocados de manera sistemática a través de la investigación de sus variables de estudio, la variable independiente (Sistema CAD CAM) y la variable dependiente (prótesis fijas unitarias).

3.1. Tipo de Investigación

La investigación realizada en este proyecto será de tipo bibliográfica, descriptiva y transversal.

3.2. Diseño de la investigación

La investigación se llevará a cabo con un enfoque descriptivo, involucrando la organización y análisis de la información obtenida tanto de fuentes bibliográficas como de bases de datos científicas digitales. Se llevará a cabo una revisión exhaustiva de la literatura para obtener la información necesaria.

Este estudio no se clasifica como experimental, debido a que no implicará la manipulación de las variables de estudio.

3.3. Población de estudio

La población de este estudio será de alrededor de 65 artículos científicos.

3.4. Muestra de estudio

La muestra serán los artículos de alto impacto obtenidos de la base digital científica PudMed que contengan información relevante al tema de investigación.

3.5. Criterios de Inclusión y Exclusión

3.5.1. Criterios de inclusión:

- Artículos científicos de relevancia académica sobre la implementación del sistema CAD CAM en la elaboración de prótesis fijas unitarias.

- Artículos científicos, estudios e investigaciones, revisiones sistemáticas de la literatura, metaanálisis, series de casos, ensayos clínicos aleatorizados, estudios in vitro, que se han publicado los últimos 5 años.
- Artículos que se refieran al sistema CAD CAM en prótesis fija.
- Artículos que mencionan los materiales usados mediante el sistema CAD CAM en la elaboración de prótesis fijas unitarias.
- Artículos científicos publicados en inglés.
- Artículos de libre acceso y de texto completo.

3.5.2. Criterios de exclusión:

- Artículos que se refieran a prótesis total, prótesis removible, ortodoncia, endodoncia, cirugía, periodoncia.
- Artículos cuyo contenido no refiera a: la implementación del sistema CAD CAM en la elaboración de prótesis fijas unitarias.
- Artículos con que no se encuentren dentro de los 5 últimos años publicados.
- Artículos que no contengan su texto completo en la base digital.
- Artículos con promedio bajo de Average Citation Count -ACC.
- Artículos con que no presenten factor de impacto de la revista en la que fue publicado el artículo según el Scimago Journal Ranking (SJR).

3.6. Estrategia de Búsqueda

La búsqueda sistemática y objetiva de la literatura se ejecutó mediante el análisis y observación, que se realizó en base a una revisión bibliográfica, obteniendo información de la base de datos reconocida como PubMed. Los artículos científicos se seleccionaron de acuerdo con criterios de exclusión e inclusión, número de referencias y la relevancia de la revista en el que se emitió el artículo.

3.7. Tipo de estudio

3.7.1. Estudio descriptivo

La investigación se desarrolló con el enfoque de la búsqueda y la observación de artículos científicos, se identificó y estableció el uso del sistema CAD CAM en la elaboración de prótesis fijas unitarias utilizando métodos y herramientas de clasificación para agrupar y

ordenar la información de gran relevancia obtenida de acuerdo con las variables de la investigación.

3.7.2. Estudio transversal

La información recopilada durante la investigación fue realizada mediante el análisis, observación y estudio de los datos obtenidos de forma sistémica, englobados dentro de un periodo de tiempo determinado y a corto plazo.

3.8. Métodos, procedimientos y población de estudio

Para la investigación registrada se tomaron en cuenta los criterios de exclusión e inclusión, además de seleccionar los artículos mediante el promedio de conteo de citas (Average Citation Count -ACC) mismo que permite calcular la calidad del artículo científico, mediante el número de citas en Google Scholar de cada artículo dividido para los años de vida útil del mismo desde que es publicado, cuyo promedio sería mayor a 1,5 para representar relevancia académica. Para representar la calidad científica de los estudios elegidos para la revisión se considera la revista en la que es publicada, el factor de impacto Scimago Journal Ranking (SJR) y además se establecen cuartiles (Q1, Q2, Q3, Q4) para describir la importancia del estudio.

La búsqueda inicial se dio lugar en la siguiente base de datos: PubMed que mostró una cantidad de 855 artículos en el tema de implementación del sistema CAD CAM en la elaboración de prótesis fijas unitarias, mediante los criterios de inclusión y exclusión se obtuvo un total de 112 artículos, de los cuales se mantuvo los que mencionan la implementación del sistema CAD CAM en la elaboración de prótesis fijas unitarias, dando como resultado un total de 72 artículos. Finalmente se aplica el promedio de conteo de citas (ACC) y el factor de impacto Scimago Journal Ranking (SJR) antes explicados, se recopilaron un total de 65 artículos que se utilizaron para el análisis y resultados del presente estudio.

Tabla 1. Número de artículos por base de datos

Base de datos	Nro. Artículos
PubMed	65

Elaborado por. Jessica Shucad

Mediante el ACC, SJR y el análisis PICO se consiguieron 65 artículos válidos, los cuales se implementaron para el análisis y resultado de la investigación.

3.8.1. Instrumentos y Técnicas

Lista de cotejo y matriz de revisión bibliográfica.

3.8.2. Selección de palabras clave o descriptores

Se utilizó los términos de búsqueda como: CAD CAM in dentistry, CAD CAM materials, CAD CAM system operation, dental ceramics.

Los operadores lógicos que se utilizó en la revisión bibliográfica fueron “AND”, “OR”, “NOT” que combinándose con las palabras claves contribuyeron a la búsqueda de artículos admitidos para la investigación.

Tabla 2. Términos de búsqueda y extracción de utilización en las bases de datos.

FUENTE	ECUACIÓN DE BÚSQUEDA
PubMed	CAD CAM system operation
	CAD CAM and dentistry
	CAD CAM in fixed prosthesis
	CAD CAM and impressions dental
	CAD CAM and ceramics dental
	Single crowns and CAD CAM
	Extraoral impressions in CAD CAM
	Intraoral impressions in CAD CAM
	Ceramic milling in CAD CAM
	Advantages and Disadvantages of the CAD CAM system
	Clinical protocol of dental crowns
	Cementation with dental ceramics

Elaborado por. Jessica Shucad

3.9. Análisis PICO

Tabla 3. Análisis de fuentes mediante método PICO.

Frase	Palabra natural	Decs
Pacientes	Pacientes con prótesis fijas unitarias	Patients with single fixed prostheses
Intervención	Cerámicas Sistema CAD/CAM	Ceramics System CAD/CAM

Frase	Palabra natural	Decs
Comparador	Impresiones extraorales Impresiones intraorales Fresado de Cerámica	Extraoral impressions Intraoral impressions Ceramic milling
Variable	Cerámicas Coronas unitarias	Ceramics Unitary crowns
Tipo de estudio	Revisión de literatura Revisión sistemática Metaanálisis	Literature review Systematic review Meta-analysis
Límites	Artículos publicados en los últimos cinco años. Idioma inglés. Artículos de texto completo.	

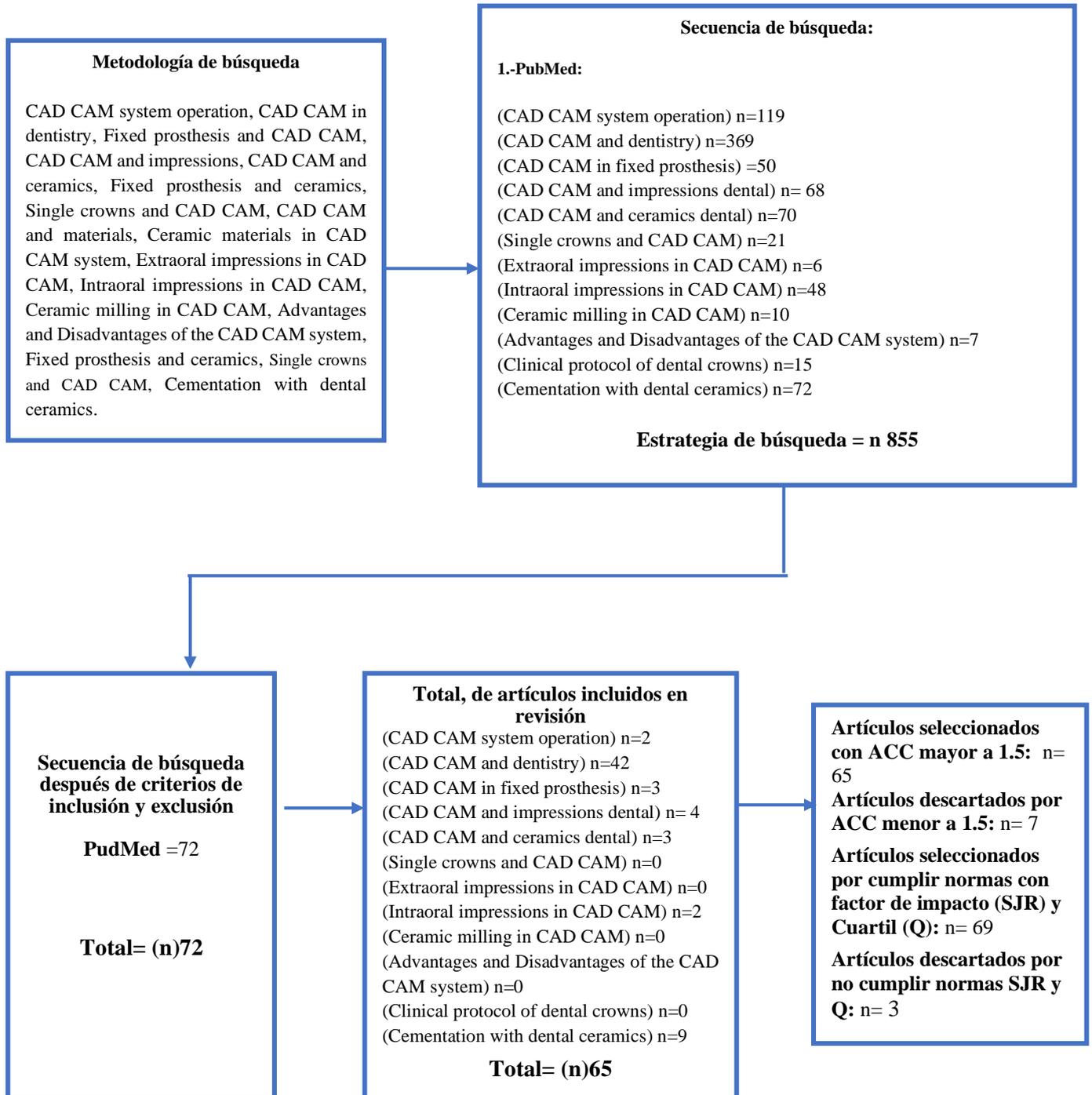
Elaborado por. Jessica Shucad

Tabla 4. Análisis PICO por elección de los resultados de búsqueda.

Fecha	Base de datos	Combinación Decs	Selección/ resultados
22/06/2023	PubMed	CAD CAM system operation CAD CAM and dentistry CAD CAM in fixed prosthesis CAD CAM and impressions dental CAD CAM and ceramics dental Single crowns and CAD CAM Extraoral impressions in CAD CAM Intraoral impressions in CAD CAM Ceramic milling in CAD CAM Advantages and Disadvantages of the CAD CAM system Clinical protocol of dental crowns Cementation with dental ceramics	2/119 43/369 3/50 4/68 3/70 0/21 0/6 1/48 0/10 0/7 0/15 9/72

Elaborado por. Jessica Shucad

Tabla 5. Metodología con escala y algoritmo de búsqueda.



CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de los artículos

Gráfico 1. Frecuencia de publicaciones por año

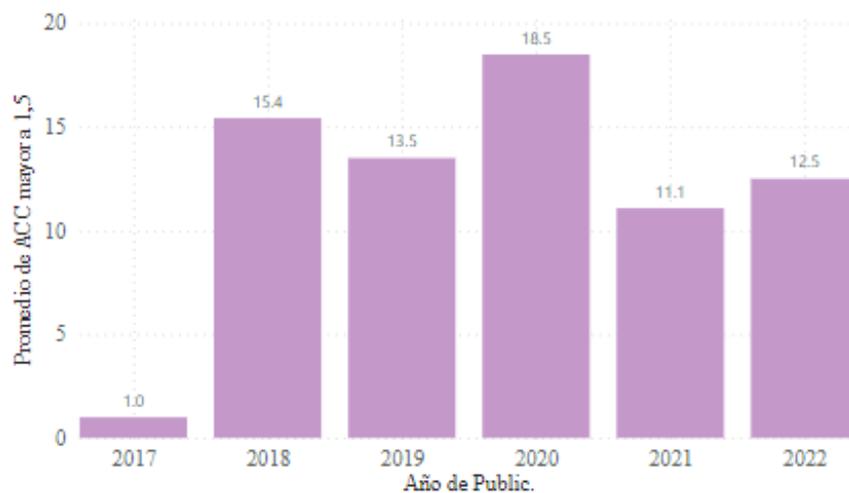


Fuente: Procesamiento de datos en SPSS v25

Elaborado y procesado por: Jessica Shucad

Análisis: El año de mayor tendencia de publicación comienza desde el año 2019 y el desarrollo sobre el tema se mantiene en tendencia hasta el año 2021, y sufre un decremento de interés en el año 2022.

Gráfico 2. Promedio de publicaciones por año

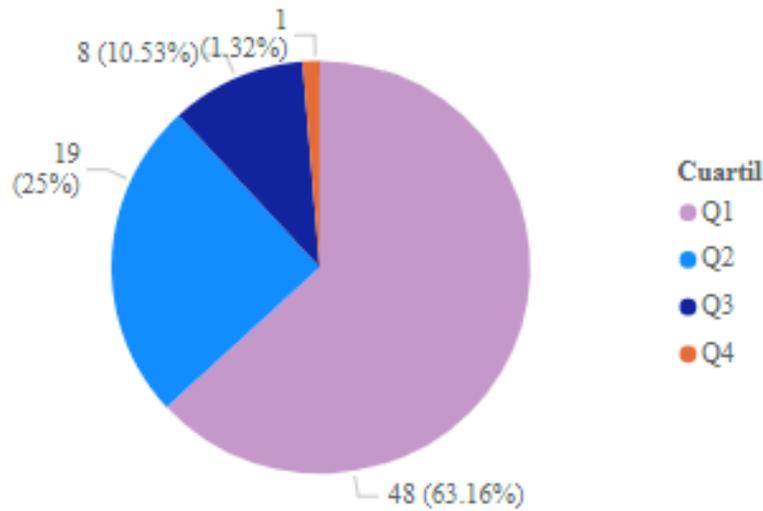


Fuente: Procesamiento de datos en SPSS v25

Elaborado y procesado por: Jessica Shucad

Análisis: El promedio de publicaciones por año muestra que el año 2020 tuvo una mayor tasa de citación por parte de los autores, y se ha mantenido una tasa regular hasta el año 2022.

Gráfico 3. Porcentaje de publicaciones por cuartil

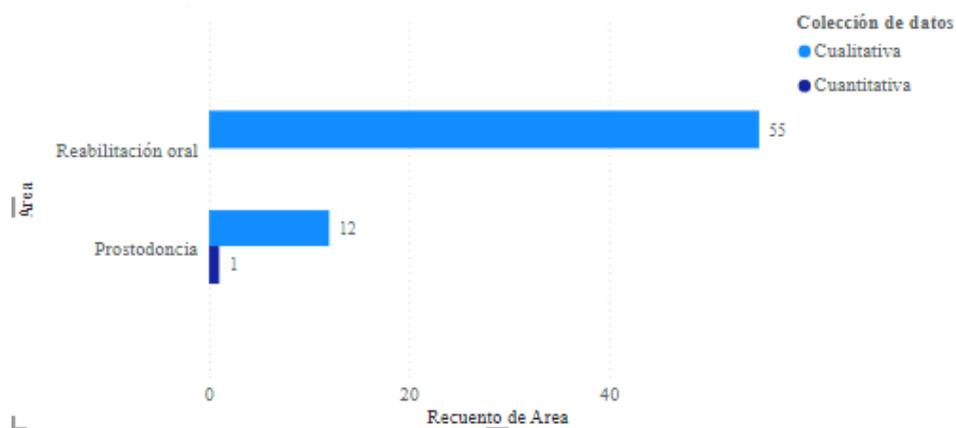


Fuente: Procesamiento de datos en SPSS v25

Elaborado y procesado por: Jessica Shucad

Análisis: El porcentaje de publicaciones por año mostró que mayoritariamente la tendencia se observa en divulgaciones de alto impacto principalmente en el cuartil 1 y cuartil 2 de forma mayoritaria.

Gráfico 4. Publicaciones por área y colección de datos

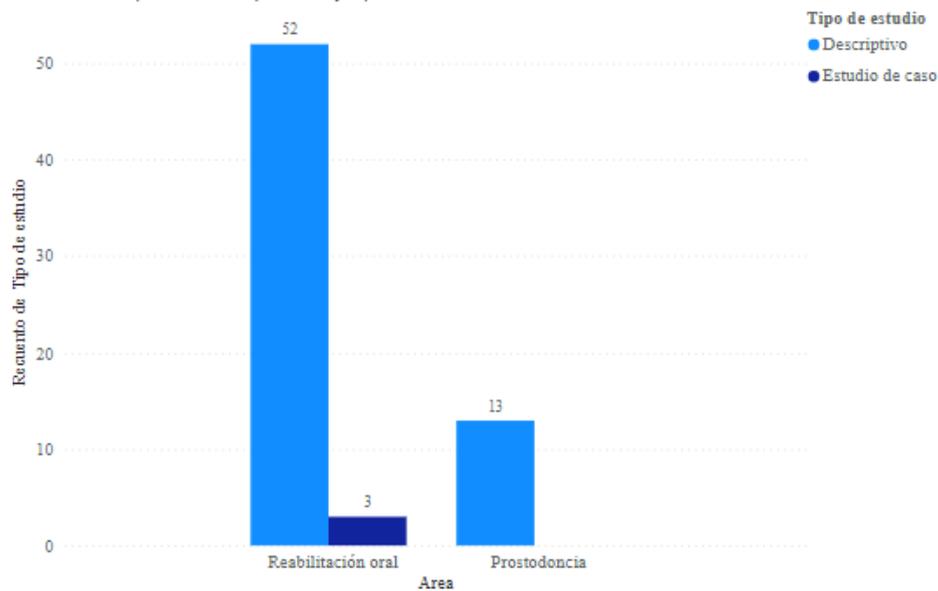


Fuente: Procesamiento de datos en SPSS v25

Elaborado y procesado por: Jessica Shucad

Análisis: El área de mayor divulgación corresponde a la rehabilitación oral con estudios de tipo cualitativo, y la prostodoncia tiene la colección de datos.

Gráfico 5. Publicaciones por áreas y tipo de estudio



Fuente: Procesamiento de datos en SPSS v25

Elaborado y procesado por: Jessica Shucad

Análisis: Los estudios de tipo de descriptivo fueron mayoritariamente en las dos áreas tanto de rehabilitación oral y prostodoncia. Muy pocas publicaciones se han establecido en el área de la rehabilitación oral de tipo estudios de caso.

Gráfico 6. Publicaciones por país



Fuente: Procesamiento de datos en SPSS v25

Elaborado y procesado por: Jessica Shucad

Análisis: Países como Estados de Unidos, Brasil, Alemania y Japón son los países de mayor nivel de publicación a nivel mundial.

4.2. Funcionamiento del sistema CAD CAM

4.2.1 Sistema CAD CAM

En la década de 1950 y 1960 se introdujo en la industria el prototipo de diseño asistido por ordenador (CAD) y de fabricación asistida por ordenador (CAM), un gran paso para el desarrollo en el campo de la odontología, el cual cuenta con nuevos métodos de producción y con ello innovadores conceptos de tratamiento que permiten una disminución de los costos, el tiempo en la fabricación de las restauraciones dentales. En 1960 se desarrolla el diseño y la fabricación asistidos por ordenador para las industrias ⁽¹²⁾.

El doctor Francosis Duret fue el primero en desarrollar el sistema CAD CAM para fabricar prótesis fijas unitarias basándose en una impresión óptica de la pieza dental pilar, por medio de una fresadora en 1971, la primera restauración dental con este sistema se dio en año de 1983, en el mismo año el Dr. Anderson desarrollo el método Procera para la fabricación de prótesis fijas unitarias de alta precisión, un año más tarde el Dr. Duret desarrolló el programa Sopha en 1984, Mormann y Brandestini en 1987 descubrieron el sistema Cerec este sistema combina el escaneado digital con la unidad de fresado. El sistema E4D Dentist fue introducido en 2008 permite la fabricación de restauraciones el mismo día de la consulta junto al sistema Cerec ⁽¹²⁾.

En las primeras etapas de la aplicación del sistema CAD CAM en la odontología, se utilizaron escáneres de escritorio en laboratorios dentales para digitalizar modelos de yeso, recientemente el avance de los sistemas CAD CAM en el consultorio ha proporcionado un flujo de trabajo digital más eficiente en el entorno clínico. Este sistema se encarga de satisfacer la demanda de los pacientes en cuanto a funcionabilidad, estética, rapidez y bioseguridad. Su uso en el campo de la odontología está basado en la fabricación de restauraciones directas e indirectas, prótesis fijas unitarias, prótesis parciales fijas, aparatos ortodónticos, rehabilitación sobre implantes entre otras, mediante la toma de impresiones, moldes, la fabricación de provisionales y las restauraciones finales ^(1,2,26,28).

Las prótesis dentales fabricadas por el sistema CAD CAM son personalizadas, fabrica preferiblemente prótesis fijas unitarias de cerámica de mejor calidad disminuyendo inconvenientes y defectos volumétricos, también permite la fabricación de restauraciones en

una sola cita, el acceso de sistemas de cámaras intraorales, software de diseño sofisticado, nuevos biomateriales y modelos digitales, brindan un procesamiento innovador que permite mayor estandarización por medio de métodos sustractivos y por ello mejores resultados en la fabricación de restauraciones dentro de la consulta o en el laboratorio dental ^(9,29,30,31,32).

En odontología el proceso comienza con la toma de impresiones digitales de las piezas dentales del paciente utilizando un escáner digital. El software CAD se utiliza para diseñar la restauración dental en una imagen tridimensional ⁽²³⁾. Una vez que se completa el diseño, se envía a una fresadora. La restauración dental se crea a partir de biomateriales como la cerámica, el dentista utiliza el software para diseñar la prótesis dental, ajustando su forma, tamaño y color según las necesidades del paciente. Finalmente, la restauración dental se coloca en el diente preparado del paciente mediante la cementación convencional o la adhesión dental ^(7,16,23,33).

La adquisición de datos, diseño y la fabricación en la actualidad han cambiado, hoy en día el usuario selecciona y vincula componentes funcionales de distintos fabricantes, los procesos de creación de restauraciones se distribuyen para satisfacer mejor los intereses, capacidades y habilidades de aquellos que contribuyen a la fabricación de componentes dentales, de esta manera el flujo de trabajo permite el ahorro de tiempo en la consulta y laboratorio ⁽³⁴⁾.

La odontología digital como parte del proceso restaurador se divide en 3 pasos: en escaneado o herramienta de digitalización/escáner, software o escaneado diseño y producción o salida a una planta de terceros ⁽⁴⁾.

4.2.2. Escaneado o herramienta de digitalización/escáner

Se han identificado dos tipos de sistemas en la toma de impresiones la directa y la indirecta.

El sistema de impresión directo: consiste en la confección de restauraciones dentales pequeñas en el consultorio dental, utilizan bandejas personalizadas o estandarizadas, la selección correcta del material de impresión y la técnica de manipulación son importantes para producir impresiones, este método evita imprecisiones relacionadas con la técnica de impresión convencional, los materiales de impresión de silicona son propensos a cambios dimensionales debido a reacciones químicas en curso y el yeso dental se expande debido a

reacciones secundarias. Estos cambios dimensionales resultan en un desajuste de una prótesis dental ^(19,35).

El sistema de impresión indirecto: se encarga de enviar el conjunto de datos a un laboratorio como parte del proceso en la toma de impresiones digitales, estos escáneres intraorales transfieren la situación intraoral del paciente capturando imágenes digitales de los arcos dentales y registran las relaciones oclusales que se usarían directamente para el diseño asistido por computadora (CAD) y la fabricación (CAM) de una prótesis dental. Los escáneres intraorales tienen el potencial de reemplazar los materiales de impresión convencionales por varias razones. Por ejemplo, a diferencia de las técnicas de impresión convencionales, su aplicación simplifica claramente el flujo de trabajo y hace que el procedimiento de impresión sea más fácil y visible para los dentistas, los protésicos dentales y los pacientes ⁽¹⁹⁾.

El escaneado se basa en una serie de imágenes estáticas o un conjunto de imágenes de video para capturar la geometría de la pieza dental, el software de cada sistema permite al profesional diseñar la restauración o el aparato en relación con la dentición antagonista en el consultorio o lugar de fabricación, este procedimiento es el sustractivo ^(1,35).

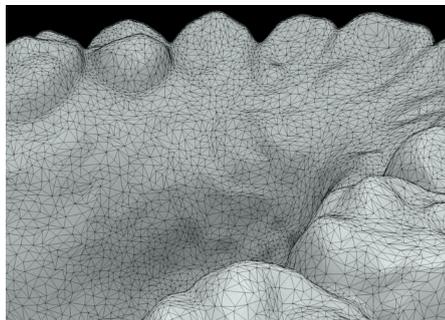
Siqueira ⁽³⁶⁾ menciona en su estudio que cuanto mayor es el tamaño del área escaneada, menor es la precisión y que por lo tanto el potencial de acumulación de errores es mayor en las exploraciones de arcada completa debido a distintos factores, como la saliva, las restauraciones reflectantes, la mucosa móvil, las características de la superficie y los diferentes protocolos de exploración.

Estereolitografía: Charles Hall en 1987 desarrolló este formato de archivo para su impresora 3D, la abreviatura STL proviene de la palabra esteriolithography (estereolitografía) o Standard Triangulation Language (lenguaje de triangulación estándar), este archivo se hizo posible transferir a un modelo 3D desde una pantalla de ordenador a una impresora 3D, el STL sigue siendo el archivo más utilizado en la actualidad. El STL trata de describir la superficie de un modelo 3D mediante el uso de una matriz de triángulos entrelazados para formar la geometría de la superficie provocando una faceta del modelo 3D. Es muy sencillo se basa en código abierto y es de libre acceso, lo que quiere decir que comparte, inspecciona y mejora el archivo, es universal su formato se utiliza en casi todos los programas CAD e impresoras 3D ^(4,37).

Los gráficos basados en vectores brindan escalabilidad sin pérdida de resolución. Sin embargo, este archivo solo describe la geometría de la superficie mas no la representación del color es una imagen a escala en grises y negro, otro inconveniente al usar este archivo es que no hay información sobre derechos de autor, seguridad de los archivos o la detección de posibles errores en la malla de la superficie ^(4,19,37).

La malla es un término usado para describir la superficie del modelo 3D, esta malla se compone de cientos de triángulos que son eliminados o reparados después de la inspección. Este archivo SLT es modificable y consiste en limpiar y reparar su malla. La limpieza de la malla consiste en la eliminación de estructuras superficiales, extrañas o duplicadas, se realiza este procedimiento mediante un cuchillo Buffalo para rascar el exceso de material de un modelo de piedra. El software permite al operador aislar una región específica o elegir un filtro para limpiar el modelo digital, dentro de este proceso hay un paso denominado "decimación de malla", algunos archivos SLT tendrían un gran número de triángulos de superficie. Este paso de decimación reduce el número de triángulos y también reduce el tamaño del archivo ⁽³⁷⁾.

Gráfico 1. Modelo tridimensional



Fuente: <https://free3d.com/es/modelo-3d/dental-cast-5790.html>

Escáneres basados en LED o láser:

El escáner LED: consta de una pequeña cámara de video, el lente de la cámara es de 1 cm de ancho, se coloca sobre la superficie del diente preparado, mediante una luz infrarroja que atraviesa una rejilla que contiene una serie de líneas paralelas. El patrón y las franjas oscuras que caen sobre el diente, transformándose en un fotorreceptor donde la tensión se transmite como datos digitales en la unidad CAD ⁽⁶⁾.

Un escáner láser: escanea digitalmente la preparación y los dientes interproximales creando imágenes 3D, escaneado a nivel subgingival, se realiza al menos 9 escaneados para producir la imagen, este dispositivo tiene estabilizadores, si la imagen esta correcta se visualizara de color verde, si es casi correcta se visualizará de color amarillo, pero si la imagen es errónea el software descarta la imagen y se visualiza de color rojo ⁽⁶⁾.

Tabla 6. Diferentes tipos de Escáneres Intraorales

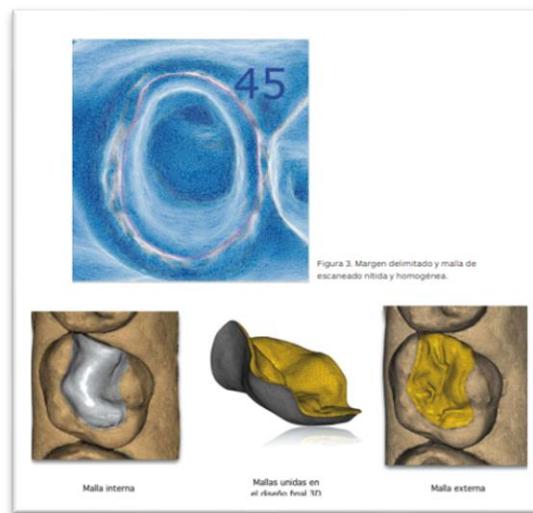
Escáneres IOS	Sirona Omnicam	Sirona Bluecam	Carestream CS 3500	True definition	Itero	Trios	Lava C.O.S
Escáner intraoral							
Exportación de datos	STL (modelo)	Exclusivo	STL y PLY	Exclusivo	STL o Exclusivo	Exclusivo o STL	Exclusivo
Modo de captura	Video 21 cuadros/seg	Múltiples imágenes	Múltiples imágenes	Video	Múltiples imágenes	Video 25 cuadros/seg	Video
Principio de captura	Triangulación Multicolor strip projection	Triangulación Stripe Light projection	Triangulación	Wavefront Sampling	Microscopia confocal	Laser confocal	Active Wavefront Sampling
Software CAD	Cerec 4.6 SW	Cerec 4.2	CS Restore	Otros fabricantes	Itero Cad con Exocad	3 Shape Desing studio	3M True Definition Software 4.2
Fuente de Luz	Luz azul		Led de varios colores		Laser rojo		Luz azul prensada
Polvo de contraste	Si	No	No	Ocasionalmente	No	No	Si
Costo anual	No	No	No	Si	No	Si	No

Fuente: Aljawad⁽³⁸⁾, Prudente⁽³³⁾, Medina-Sotomayor⁽³⁹⁾, Sivaramakrishnan⁽⁴⁰⁾.

4.2.3. Software de diseño

Se refiere al software del diseño este se encuentra enfocado en la fabricación de restauraciones dentales directos después de la preparación del diente. Mediante herramientas de diseño propios del software las restauraciones tienen los parámetros protésicos deseados. El diseño de la restauración consta de dos mallas unidas entre sí, la primera malla es la interna y tiene relación con el asentamiento de la restauración, la malla externa representara la oclusión y los parámetros protésicos empleados durante el diseño.

Gráfico 2. Malla STL



Fuente: Fellow ⁽⁴¹⁾

El software de diseño de restauraciones dentales se ha vuelto cada vez más fácil de usar, con muchas características con opciones de bibliotecas digitales donde existen formas y morfologías de dientes naturales o crearían una imagen de la pieza dental para la boca del paciente ⁽⁴²⁾.

Tabla 7. Software en CAD CAM

Software CAD	CEREC Software	EXOCAD
Modulo básico	Prótesis fijas unitarias, plural, Incrustaciones, Carrillas, prótesis fija plural de 3 piezas, prótesis fijas unitarias atornilladas, meso-estructuras de pilares/implantes, articulador virtual, diseño de sonrisa.	Prótesis fijas unitarias, cofias simples y anatómicas, prótesis fija plural de 3 piezas, incrustaciones y carrillas.
Integración testada con fresadoras de otros fabricantes	No, solo CEREC (MC, MCX, MCXL)	Fresadoras que admiten archivos STL
Costo anual soporte y actualizaciones	Opcional con el CEREC Club	No
Integración directa con escáneres IOS	No, solo CEREC Omnicam	True Definition Itero Carestream Aadva GC I500Medit y otros de STL libre
Escáner facial	No	Face Hunter

Fuente: Fellow ⁽⁴¹⁾

4.2.4. Fabricación sustractiva SM

Consta en el fresado de la forma volumétrica de un material presinterizado o sinterizado mediante una máquina fresadora que trabaja en seco o en húmedo, se realiza con discos o fresas de diamantes que son operados por el ordenador para el corte de la restauración a partir de los bloques ⁽⁴³⁾. Las restauraciones fresadas tienen una topografía más suave y homogénea mediante su sistema de fresado de 3,4,5 ejes y dependiendo del sistema ⁽¹⁾.

- **Dispositivo de fresado de tres ejes:** Tiene grados de movimiento en tres direcciones espaciales, por esto los puntos de trayectoria son los valores X,Y,Z, giran el componente en 180 grados para procesar el interior y exterior, estos tipos de moliendo son cortos, con control simplificado y rentable ⁽⁴⁴⁾.
- **Dispositivo de fresado de cuatro ejes:** Presenta tres ejes espaciales y el puente de tensión giran de forma infinitamente variable, es posible ajustar construcciones de prótesis fijas plural con gran desplazamiento vertical de la altura a las dimensiones habituales del molde así ahorra tiempo de mecanizado y fresado. Ejemplo: Zeno.

- **Dispositivo de fresado de cinco ejes:** Presenta las tres dimensiones espaciales y las prótesis fijas plural de tensión giratorio, la posibilidad de girar el husillo de fresado da paso a fresar geometrías complejas con subsecciones ejes, tienen una mayor veracidad y una molienda más efectiva de las superficies cercanas al eje de inserción. Ejemplo: Motor Everest (Kavo) ^(45,46).

4.2.5. Ventajas y desventajas del sistema CAD CAM en odontología.

En odontología digital, es importante comprender las ventajas y desventajas de cada dispositivo o sistema disponible, la tecnología digital también tiene sus limitaciones.

Ventajas

- Permiten la fabricación de manera rápida de restauraciones lo que disminuye el número de fases en el proceso de trabajo por ello reduce el número de la posibilidad de errores, lo que permite al odontólogo realizar restauraciones en el sillón hasta en una sola cita ^(3,17,19,24).
- Las restauraciones dentales producidas por el sistema CAD CAM son de alta calidad, estéticas, duraderas con mayor precisión y ajuste ⁽⁶⁾.
- Todos los escáneres funcionan bien, la mayor ventaja de la odontología digital es la posibilidad de enviar la preparación o la impresión al laboratorio, lo que ahorra tiempo de desplazamiento sin riesgo de contaminación cruzada ^(6,16).
- La adquisición de datos se ha facilitado mediante el uso de la tecnología digital disminuyendo el tiempo necesario para las impresiones físicas preliminares, vaciado de los modelos, montaje y almacenamiento de los casos.
- La historia del paciente incluye un juego completo de fotografías lo que el escáner intraoral permite al profesional es evaluar la dentición y discutir con el paciente inmediatamente en un modelo 3D y esta información es almacenada y reexaminada cuando lo requiera el profesional ^(4,34).
- La implementación de esta tecnología en la consulta ampliará significativamente las posibilidades de formar un equipo dental más completo. Al permitir el intercambio de casos y la recepción de opiniones de otros profesionales, se fomentará la colaboración y el enriquecimiento del conocimiento. Además, esta transición hacia capacidades digitales demostrará a nuestros pacientes actuales y nuevos lo

actualizado que está nuestro enfoque, brindándoles una experiencia más avanzada y satisfactoria ^(16,34).

- Permite la gestión de las consultas, registrar los datos de los pacientes, programar citas, interactuar con las campañas de seguros, iniciar y controlar la facturación y generar informes. Mediante la historia clínica electrónica de los pacientes se daría un seguimiento a la salud bucal, facilitando de esta manera la evaluación de la calidad de la atención y la extracción de datos para la investigación, además de la eficiencia y eficacia de los procedimientos odontológicos ⁽³⁴⁾.
- El almacenamiento es ilimitado de las imágenes digitales.
- Permite la aplicación de nuevos materiales.
- Fusión con datos maxilofaciales, es decir la combinación de datos del escáner facial 3D, datos de modelos digitales intraorales, de movimientos de la mandíbula o imágenes 3D como la tomografía computarizada permiten realizar exámenes y diagnósticos certeros ⁽¹⁶⁾.
- El uso de software computarizados permite un proceso preciso y objetivo admitiendo las corrección o eliminación de disparidades en el diseño de la restauración ^(6,18,47).
- Esta tecnología permite ser usada para la simulación de prácticas destinadas al autoaprendizaje en instituciones o clínicas privadas.
- Permite la reproducción de prótesis fijas unitarias con morfologías complejas, las preparaciones son más conservadoras incluso a partir de materiales diferentes, tienen un concepto mínimamente invasivo ^(4,31).
- Reduce el dolor y las molestias de los pacientes, dado que el IOS no necesita materiales de impresión o precisión que son colocados en la cavidad bucal, en el caso de ancianos y pacientes con fuerte reflejo de arcadas.
- Identificación de víctimas de catástrofes o pacientes con demencia, mediante los registros dentales de dientes o tratamientos que son considerados para un medio importante para la identificación de personas desconocidas víctimas de diversas circunstancias, la base de datos obtenidas desde el primer momento son cotejados con datos obtenidos en el lugar de las catástrofes ⁽¹⁶⁾.

Desventajas:

- Los costos son relativamente elevados a la hora de plantearse la adquisición de equipos dentales digitales, el uso de aplicaciones para el diseño de sonrisa, escáneres intraorales o el almacenamiento de información en la nube para copias de seguridad tienen una cuota mensual o anual, por otro lado, la formación para el uso de esta tecnología es básico por parte de las distribuidoras, se requiere de más actualizaciones para obtener un avanzado conocimiento ⁽¹⁸⁾.
- Es un reto la coincidencia con otros miembros del equipo odontológico que utilice la tecnología digital, en su mayoría los laboratorios pequeños no cuentan con muchos casos digitales y al adquirir tecnología de impresión interna y software de diseño digital es un costo no viable.
- Algunos sistemas de CAD CAM capturan los márgenes para la digitalización lo que dificulta la captura de márgenes subgingivales.
- La posición mandibular fija con IOS no es modificable es decir no simularía la oclusión dinámica ⁽¹⁶⁾.
- La presencia de discrepancias marginales aumentaría la acumulación de placa bacteriana, alterar la microflora y contribuir a un mayor riesgo de caries en los dientes pilares.
- Incomodidad debido al tamaño del escáner en pacientes con trismos, reflejo nauseabundo, incomodidad al retraer el tejido gingival para visualizar el margen de la preparación.
- Algunos escáneres extraorales necesitan un modelo físico ⁽⁴⁷⁾.
- La longevidad de las prótesis fijas unitarias, múltiples o parciales es inferior al de las prótesis fijas plural fabricadas con métodos convencionales ya sea por el material o el procesamiento ⁽⁴⁸⁾.
- Los perfiles de emergencia impresos con el modelo prototipo necesitarán a menudo pequeñas modificaciones manuales.

4.2.6. Materiales empleados para la elaboración de prótesis fijas unitarias dentales empleando el sistema CAD CAM.

Las prótesis fijas son restauraciones usadas por décadas en la odontología y son reconocidas por su predictibilidad y por ser una solución clínica eficiente, sin embargo, en los últimos

años la demanda por tratamientos más estéticos en la consulta dental ha permitido el desarrollo de materiales cerámicos.

Los sistemas CAD CAM son una tecnología cada vez más popular en el mercado dental y que muchos fabricantes de materiales dentales están desarrollando materiales específicos para estos sistemas. Además, se señala que aproximadamente un tercio de los dentistas encuestados en un estudio de la Academia Estadounidense de Odontología Cosmética utilizan actualmente un sistema CAD CAM en su práctica, mientras que otro tercio está considerando invertir en esta tecnología ^(13,20).

Además, el flujo de trabajo digital permite el uso de materiales cerámicos que destacan por su apariencia estética, biocompatibilidad, durabilidad, propiedades mecánicas y resistencia a la decoloración. En resumen, la tecnología CAD CAM es importante en las restauraciones dentales porque permite una mayor precisión y calidad en los resultados finales ^(14,49).

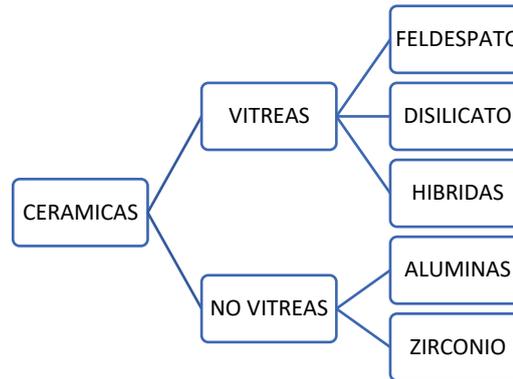
La cerámica se ha convertido en la elección del paciente, en la actualidad el color monolítico de los bloques cerámicos exige el arte estético del técnico. La fuerza y la resistencia de la fractura de los materiales frágiles estratificados se mejoran introduciendo gradientes funcionales esto mediante la fabricación aditiva. La geometría interna es considerada al momento de crear prótesis ^(3,7,17,34).

4.2.6.1. Cerámica

En la década de 1960 las cerámicas dentales se comenzaron a utilizar de manera más eficiente por su apariencia estética, estabilidad química y una resistencia a la mecánica relativamente alta porque está expuesta a fuerzas oclusales, no se fracturan con facilidad ni se desgastan, es importante conocer el espectro de los materiales CAD CAM su composición, las características e indicaciones ⁽⁴⁹⁾.

Se dividen en dos grandes grupos la primera son las cerámicas vítreas dentro de este grupo se encuentran la cerámica feldespática, cerámica reforzada con leucita y la cerámica de disilicato de litio. El segundo grupo lo conforman las cerámicas no vítreas dentro de este grupo se encuentra la cerámica de óxido de aluminio y la cerámica de óxido de circonio ^(1,9,50,51).

Gráfico 3. Clasificación de las cerámicas



Elaborado por: Jessica Shucad

4.2.6.1.1. Cerámicas Vítreas

Estos materiales cerámicos son inorgánicos no metálicos que contienen una fase vítrea en su composición. El vidrio que contienen ofrece una alta translucidez, una estética óptima porque su apariencia es similar a la del diente natural. Estos materiales cerámicos necesitan el gravado ácido con ácido fluorhídrico para mejorar la retención mecánica y la unión adhesiva ⁽⁵²⁾, por su fragilidad y baja resistencia se unen a los adhesivos.

Porcelana feldespática

- **Composición:** consta de una fase vítrea del 75% al 80% lo que brinda la translucidez, una fase cristalina cuarzo 15%, y caolín 10% le brinda la opacidad.
- **Características:** Son materiales translucidos, estéticos, biocompatibles, tienen baja resistencia a la fractura y al desgaste.
- **Resistencia:** La resistencia a la compresión es de 170 MPa y la resistencia a la flexión es de 50 - 70 MPa.
- **Indicaciones:** son indicados en carillas, restauraciones inlays, onlays, y prótesis fija unitaria para el sector anterior.
- **Procesamiento:** este material es sinterizado e inyección.
- **Ejemplo:** CEREC Block (Dentsply Sirona, York, Pensilvania) y VITABLOCK (Mark II, Real - Life, Triluxe, VITA Zahnfabrik). Su éxito está entre el 84% y el 95% durante un periodo de 9-18 años ^(14,42,53).

Cerámicas de disilicato de litio

- **Composición:** presenta un 30% de fase vítrea un 70% de cristales de disilicato.
- **Características:** es translucido, biocompatible, tienen un excelente rendimiento, buena estética, durabilidad ⁽⁵⁴⁾.
- **Resistencia:** Su resistencia a la flexión es de 360MPa ⁽³⁰⁾ y una resistencia a la fractura 100 MPa.
- **Indicaciones:** está indicado en carillas, restauraciones inlays/onlays, prótesis fija unitaria, estas restauraciones tienen éxito en las zonas de carga masticatorio ⁽⁵²⁾.
- **Procesamiento:** se fresan en una fase precristalina, en un horno de sinterización, pulido, teñido y posterior la aplicación del esmalte. Existen estudios clínicos favorables para las restauraciones de coronas de disilicato de litio ^(13,24).

Cerámica reforzada con leucita

- **Composición:** está compuesta de cuarzo 40-60% contienen leucita 40% y alúmina 18-20% ⁽⁵⁵⁾.
- **Características:** Introducidas por Ivoclar como IPS Empres CAD con mejores propiedades mecánicas, tienen mayor translucidez son indicadas para zonas anteriores por su alta estética.
- **Resistencia:** resistencia a la flexión de 160 a 300 MPa.
- **Indicaciones:** son indicadas para carillas, inlays/onlays, prótesis fijas unitarias en el sector anterior, y prótesis fija plural de hasta de 3 piezas para la zona anterior, no indicada para las zonas de carga masticatoria ⁽⁵²⁾.
- **Procesamiento:** su procesamiento es densamente sinterizado.

4.2.6.1.2. Cerámicas no vítreas

Son las cerámicas de óxido presentan propiedades mecánicas mejoradas, como resistencia a la flexión de >900 MPa y a la compresión 2000 MPa, alta resistencia a la fractura y al desgaste, excelente biocompatibilidad, apariencia similar a la del diente natural, baja conductividad térmica ^(23,24,45).

La cualidad óptica de estos materiales cerámicos es más baja en comparación con las cerámicas de silicato debido a su baja translucidez. Se divide en cerámicas a base de óxido de aluminio y de óxido de circonio.

Cerámica de óxido de aluminio

- **Composición:** está compuesto por un 85% de partículas de óxido de aluminio.
- **Características:** presenta alta translucidez, fluorescencia, buena conductividad térmica ⁽⁷⁾.
- **Resistencia:** su resistencia a la fractura de 300 – 700 MPa y una resistencia a la flexión de 500 MPa.
- **Indicaciones:** está indicado para prótesis fijas unitarias y prótesis fijas plural ⁽⁵²⁾.
- **Procesamiento:** su procesamiento es sinterizado que junto con la infiltración de vidrio elimina la porosidad residual.
- Descrita como cerámica con núcleo de óxido de aluminio infiltrado con vidrio (InCeram Alumina, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemania). Muestran resultados satisfactorios en los seguimientos a largo plazo ^(52,56).

Cerámicas de óxido de circonio

- **Composición:** se encuentran presentes en forma de policristal de circonio tetragonal estabilizado con itria (Y-TZP), podemos encontrar Y-TZP estabilizado con un 3,4 o 5% de adición de óxido de itrio (3Y-TZP, 4Y-TZP o 5Y-TZP), para una unión exitosa se recomienda un protocolo complejo de adhesión ^(1,52,57).
- **Características:** presenta alta estética, es biocompatible y tiene alta resistencia a la fractura y a la flexión.
- **Indicaciones:** son indicadas para prótesis fijas unitarias y plurales, son una opción en la restauración de piezas dentales endodonciadas o muy cariadas ⁽⁵⁸⁾.
- **Procesamiento:** su procesamiento es sinterizado ⁽⁵⁹⁾.
- **Clasificación:**

Bajraktarova et al. ⁽⁶⁰⁾ nombran en su estudio al químico Klaproth que descubrió el circonio (Zr) es un metal brillante suave y flexible en estado puro en su estado monocíclico, es un material polimórfico es decir que presenta otras faces cristalinas debido a la temperatura que se somete, este procedimiento se conoce como alotropía debido a que diferentes estructuras tienen la misma composición química pero diferente disposición anatómica.

Al enfriarse desde el estado fundido presenta diversas fases: el punto de fusión a 2680 °C a 2370 °C es la fase cúbica (c), la fase tetragonal (t) de 2370 °C a 1170 °C

tiene propiedades mecánicas moderadas y monocíclica (m) de 1170 °C a temperatura ambiente, la transformación espontánea de la fase (c) a la (t) se asocia al aumento de volumen del 3 % al 5 % ⁽⁶⁰⁾.

La concentración de itrio determina la translucidez del material, el circonio con 3 de mol% de itrio (3Y-TZP) que tiene alta resistencia >1100 MPa, pero de estética reducida, es opaco, el circonio con 5 de mol% de itria (5Y-TZP) es más translucido pero la resistencia flexión es la mitad de la 3Y-TZP ⁽⁸⁾. El circonio cubica de itria 4 mol% (4Y-TZP) presenta la combinación de las propiedades mecánicas de resistencia y estética con una menor translucidez, pero con alta resistencia a la flexión manteniendo sus propiedades estéticas ^(52,61).

La 3Y-PSZ son usadas en zonas de carga pesada, la falta de translucidez permitió el desarrollo de otro circonio monolítico más translucido, por ello al aumentar la cantidad de itria se introdujo el 5 mol% reduciendo la cantidad de alúmina, se obtuvo una fase cúbica de 55% lo que permite mayor transmisión de luz, la resistencia a la flexión de este se encuentra entre 1000 a 1500 MPa ⁽⁴²⁾, se recomienda el uso de cementos de polimerización dual y el uso de Ivoclean porque mejora la fuerza de adhesión ^(21,26,57).

4.2.7. Cementación

El tejido dental posee diferentes composiciones y volúmenes de minerales, proteínas y agua. El esmalte contiene un 95 % de materia inorgánica, 4 % de agua y 1 % de materia orgánica, mientras la dentina tiene un 65 % de materia inorgánica, un 20 % de agua y un 15 % de materia orgánica. Estudios in vitro afirmaron que la unión al esmalte varía de la unión a la dentina debido a la reacción química en presencia o ausencia de humedad ⁽⁵⁵⁾.

El primer paso hidrofílico es el paso con etanol, acetona o una base de agua para facilitar el entrelazado bifuncional entre la dentina y los monómeros de resina, las restauraciones indirectas se adhieren tanto al esmalte y dentina, el grabado selectivo es el primer paso para obtener una alta calidad de unión de ambas estructuras. Se logra una mayor fuerza de adhesión al esmalte mediante uno de estos métodos: usando adhesivos de grabado total o adhesivos "universales", combinados con ácido fosfórico como un paso separado ⁽⁵⁵⁾.

Alsaeed ⁽⁵⁵⁾ menciona en su estudio que la superficie del esmalte se graba con ácido fosfórico al 35 % durante 20 segundos para eliminar la capa de barrillo dentinario, proporcionando de

5 a 50 mm por espacio para los agentes adhesivos. En la dentina el tiempo de grabado requiere menos tiempo de acondicionamiento alrededor de 15 segundos para proporcionar un espacio de alrededor de 3,0 mm a 5,0 mm.

La unión de materiales cerámicos sobre la dentina se logra con adhesivos de autograbado. Los monómeros de grabado eliminan parte del barrillo dentinario y se adhiere la resina a los túbulos de dentina intrafibrilares, también desmineraliza alrededor de 5 a 7 mm de dentina y aumenta las porosidades dentro de la matriz de colágeno. La reacción química entre los grupos carboxílicos, fosfóricos o fosfato con el mineral apatito aumenta la permeabilidad de la resina a la dentina. Sin embargo, aumentar el tiempo de grabado genera más fluido dentinario impulsado por la presión pulpar ⁽⁵⁵⁾.

Es decir, la adhesión tiene más éxito en la dentina superficial que en la profunda, lo que requiere menos preparación dental y requiere el uso de anestesia local vasoconstrictora. El tejido dentario se sella inmediatamente con un agente adhesivo para evitar la fuga bacteriana y la sensibilidad postoperatoria. Esta técnica, llamada sellado inmediato de dentina, generalmente se realiza antes de la impresión final para evitar cualquier problema en el asentamiento de las restauraciones. La ventaja es mejorar la fuerza de unión, limitar la brecha marginal y reducir la sensibilidad postoperatoria ⁽⁵⁵⁾.

Los biomateriales utilizados en la cementación son: el ácido fluorhídrico, adhesivos dentales, el silano, el cemento.

El ácido fluorhídrico: el ácido fluorhídrico y una infiltración de silano disuelven y exponen selectivamente las microestructuras cristalinas de la cerámica dental, gracias al aumento de la rugosidad se incrementan además la energía superficial y la interacción entre el agente adhesivo y el silano de esta manera promueve la adhesión química o mecánica en la interface cerámica silano cemento ^(10,12).

El grabado ácido con ácido fluorhídrico de la prótesis fija unitaria de cerámica se utiliza al 5% durante 60 segundos para superficies cerámicas reforzadas con leucina y disilicato de litio, al 10% de ácido fluorhídrico es recomendado por 60 segundos y un tiempo de grabado sobre cerámica de feldespatos de 1 a 2 minutos, para el grabado en leucita con ácido fluorhídrico por 60 segundos ^(1,10,62).

El silano: es un agente de acoplamiento usado en cerámicas, está formado por un grupo de metacrilato, este biomaterial al ser una molécula bifuncional se une químicamente al dióxido

de silicio hidrolizado de la superficie cerámica por un lado y al grupo de metacrilato del cemento de resina por otro. Este agente es aplicado en una fina capa por 60 segundos sobre la superficie cerámica ⁽¹⁰⁾.

Se utiliza el cemento de resina exclusivamente fotopolimerizables para la cementación de prótesis fija unitaria de cerámicas porque los cementos de auto polimerización y de polimerización dual se oscurecen con el tiempo y provocan cambios indeseables en el color de la prótesis fija unitaria, esta decoloración se da por la iniciación de la alcanforquinona.

Los cementos utilizados para la cementación de prótesis fijas unitarias son: los cementos de resina que tienen propiedades óptimas, alta estética, baja solubilidad, alta fuerza de unión en la estructura dental y propiedades mecánicas óptimas, no obstante, para su aplicación se requiere varios pasos de acondicionamiento de la superficie dental lo que da como resultado un riesgo alto de producir errores en el procedimiento. Los cementos de resina también son conocidos como cementos de resina autoadhesivos, estos biomateriales facilitan la manipulación y simplifican el tiempo empleado, además no se requiere ninguna preparación del diente antes de la cementación ⁽¹⁰⁾.

Adhesivos dentales:

Son biomateriales que tienen la función de adherirse al esmalte y la dentina, además es utilizado para obtener la unión entre el diente y la cerámica tiene diversas aplicaciones clínicas, incluidas restauraciones directas, restauraciones indirectas, reconstrucción de muñones, imprimación de zirconio y desensibilizador de dentina ⁽¹⁰⁾.

Contiene monómeros de resina que crean una unión micromecánica y química en la interface diente - restauración. El protocolo adhesivo se basa en la cementación sin fotoactivación anterior al adhesivo dental, la activación previa del adhesivo exclusivamente en la superficie del esmalte, la fotoactivación del adhesivo dental en la superficie del esmalte y la parte interna de la prótesis fija unitaria dental, se menciona que cuando los cementos de resina o adhesivos dentales se activan solo con luz, es posible que no se polimericen completamente debido a una posible atenuación de la luz por el grosor de la restauración y la opacidad ⁽⁵⁵⁾.

La aplicación de un agente de acoplamiento específico sobre la superficie pretratada mejora la formación de enlaces químicos entre los componentes del material y el cemento, la preferencia entre uno u otro mecanismo, o una combinación de ambos, dependía de la conformación química y microestructura de cada sustrato ⁽⁶³⁾.

4.2.7.1. Tipos de cementación por el material cerámico

La composición y estructura del material de cerámica son de gran importancia para seleccionar el material correcto para la cementación de estas restauraciones.

La eliminación de los precipitados en las restauraciones se realiza antes del grabado ácido y existen tres formas: colocar la restauración en un vaso con alcohol en el ultrasonido, pasar un brush con ácido ortofosfórico sobre la restauración y enjuagarlo o la aplicación de agua y aire por 30 segundos.

4.2.7.1.1. Vitrocerámicas

Tiene buena estética, alta biocompatibilidad, aceptable resistencia a la abrasión y fractura, y baja resistencia mecánica por su alto contenido vítreo. Inicia con el acondicionamiento con ácido fluorhídrico, el micro arenado, uso del silano. Se han preferido los agentes de cementación adhesivos para cementar estas cerámicas estéticamente atractivas para aumentar su resistencia a la fractura. El tipo de RC de grabado y enjuague proporciona una mayor fuerza de unión duradera ⁽¹⁰⁾.

Los materiales de feldespato, leucita y disilicato de litio requieren un acondicionamiento superficial ideal utilizando gel de ácido fluorhídrico o un fluoruro de fosfato. El propósito del ácido es eliminar parte de la sílice de una matriz, exponiendo el vidrio para aumentar la adhesión del cemento de fijación a base de resina a la superficie del huecograbado. Por otro lado, los agentes de acoplamiento de silano favorecen la adhesión al formar enlaces siloxano entre los materiales inorgánicos de la cerámica y los materiales orgánicos del agente de unión ^(52,62).

Cerámicas híbridas

Son creadas para proporcionar un material ideal con un módulo elástico cercano a la estructura dental remanente mientras se satisface la apariencia estética y la durabilidad de los materiales cerámicos. La nueva estructura híbrida resultó en una menor fragilidad y dureza superficial que permiten un fresado más fácil y resultados clínicos prometedores. Las evidencias no avalan el uso de cementos convencionales en cerámicas híbridas. Los cementos de resina parecen ser los principales cementos de elección para este material. Sin embargo, las evidencias científicas muy limitadas sobre el éxito clínico de estos materiales animan a realizar más estudios ^(55,64).

4.2.7.1.2. Vitrocerámicas bajas

Por otro lado, tienen una estética aceptable y una resistencia mejorada. Tanto los cementos adhesivos como los no adhesivos (convencionales) se utilizarían para cementar restauraciones de cobertura total hechas de cerámicas de vidrio bajas, estas cerámicas tienen el menor contenido de vidrio y la mayor resistencia y tenacidad a la fractura. Para este grupo se prefieren los cementos convencionales, la aplicación de ácido fluorhídrico (HF) y la unión adhesiva no parecen aumentar la retención; sin embargo, los cementos resinosos también podrían usarse si las situaciones clínicas lo indican. El arenado es indispensable el acondicionamiento de esta cerámica con ácido fluorhídrico porque crea superficies porosas y regular para que exista la retención mecánica.

El procedimiento de cementación adhesiva para las restauraciones de cerámica de vidrio está bien definido incluye grabado con ácido fluorhídrico y silanización, incluye la aplicación sucesiva de un agente de unión en el intento por disminuir el número de pasos clínicos, algunos adhesivos universales tienen un agente de acoplamiento de silano incorporado en sus composiciones, y los fabricantes afirman que es posible obtener una unión química directa a las restauraciones de vitrocerámica ⁽⁶³⁾.

4.2.7.1.3 Cerámicas policristalinas

Son cerámicas de óxido densamente sinterizadas sin contenido vítreo. Su buena resistencia a la propagación de grietas vuelve a los átomos empaquetados regularmente en arreglos ordenados. Las cerámicas policristalinas tienen una alta resistencia y tenacidad, se usan de forma rutinaria con estructuras o restauraciones de contorno completo, es el material no metálico que predomina en las prótesis fijas. Por otro lado, el Zr muestra algún problema en la adhesión a diferentes sustratos y aplicaciones biomédicas.

Los cementos convencionales están indicados de forma rutinaria para restauraciones de circonio de cobertura total considerando el procedimiento simple y menos exigente. Sin embargo, a veces los cementos adhesivos están indicados para lograr un mejor sellado marginal y una mejor retención y resistencia a la fractura. En tales casos, la aplicación de abrasión por aire con óxido de aluminio o sílice triboquímica podría aumentar efectivamente la fuerza de unión de las resinas adhesivas ⁽¹⁰⁾.

4.8. Discusión

Estudios ^(1,2,43,61) mencionan que la introducción del sistema CAD CAM en la industria en el año de 1960 evoluciona constantemente con el paso de los años y su impacto en el campo de la odontología permitió la revolución de un flujo de trabajo más eficaz y eficiente en el consultorio dental y en el laboratorio, destacando la necesidad de satisfacer al paciente sus demandas en cuanto a funcionabilidad, estética, rapidez y bioseguridad al adquirir un plan de tratamiento adecuado y personalizado.

Su proceso inicia con la toma de impresiones de las piezas dentales utilizando un escáner intraoral, el software CAD se encarga del diseño de la restauración dental en una imagen tridimensional, mediante la elección de bloques de cerámica o resina se envía a una fresadora para su fabricación en donde se ajusta el tamaño, forma, y color por último la restauración obtenida se coloca en la pieza dental preparada ⁽⁴³⁾.

Sulaiman et al. ⁽⁴³⁾ en su estudio se refiere al software de diseño que indica tipos de dispositivo de impresión que colaboran en el procesamiento, proporcionando de esta manera restauraciones fresadas que se caracterizan por su topografía más suave y homogénea, son factores primordiales en la elaboración de prótesis fijas unitarias, además de mencionar características de algunos de los escáneres más usados en la actualidad. Describe el desarrollo de la fabricación de prótesis fijas unitarias dentales iniciando con la digitalización indirecta por medio de escáneres intraorales, continúa con el diseño mediante softwares sofisticados que permiten ajustar parámetros protésicos de la prótesis fija unitaria deseada.

Otros autores ^(4,6,18) mencionan que el sistema CAD CAM es una tecnología innovadora para la sociedad, sus ventajas son muy notorias en cuanto al uso en la fabricación de las restauraciones dentales, se logra reducir los pasos tomados durante un procedimiento convencional, de la misma manera permite el ahorro de materiales de impresión y del tiempo para realizarlo, hay menos errores por la mínima intervención por parte del hombre, además de brindar al paciente la bioseguridad pertinente. Pero esto no quiere decir que no tenga limitantes, Suese et al. ⁽¹⁶⁾ en su estudio determinó que la adquisición de estos equipos dentales necesita un costo inicial elevado, además se requiere actualizaciones constantes para el operador que lo use.

Presenta una gama considerable e innovadora de materiales usados en el sistema CAD CAM que mediante su proceso mejoran las propiedades mecánicas y físicas, Sulaiman et al. ⁽¹⁾

menciona que es importante conocer el espectro de los materiales cerámicos, estos materiales ofrecerían alta estética, biocompatibilidad y durabilidad sus restauraciones son de calidad.

La preparación del diente es uno de los factores primordiales para llevar a cabo un buen protocolo clínico, señala diseñarse cavidades con una forma geométrica básica y sencilla, con un grosor adecuado y uniforme de 1,5 a 2 mm, la superficie de la dentina debe estar limpia sin irregularidades para una mejor adaptación interno y ajuste marginal. Otro punto importante es la elección del material usado para la fabricación de coronas unitarias, Politano et al. ⁽²⁵⁾ indica que la cerámica es uno de los materiales seleccionados frecuentemente para su elaboración, también se centra en la calidad de la unión a la restauración con los compuestos de cementación lo que considera como clave en el éxito a largo plazo de las restauraciones.

Perdigão et al. ⁽¹⁰⁾ nos mencionó sobre la importancia de la adhesión de la pieza dental y de la restauración utilizando los correctos biomateriales y el adecuado manejo de estos para proveer la formación de buenos enlaces en la unión mecánica y obtener una adhesión con un alto grado de éxito. Así también Ghodsi ⁽⁶⁵⁾ y Skorulska ⁽⁵²⁾ indican que es necesario conocer la composición de los distintos materiales cerámicos usados para fabricación de restauraciones dentales así también las necesidades del paciente, indica los tipos de cementos utilizados para cada uno de las cerámicas además de su protocolo de cementación.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se concluye que la tecnología CAD CAM es un sistema innovador que ha tenido gran repercusión en el campo de la odontología y dentro del área de la prótesis fija, lo cual ha permitido un flujo de trabajo más eficiente en el entorno clínico proporcionando de esta manera la fabricación de restauraciones totalmente personalizadas esto en relación a satisfacer las necesidades del paciente en cuanto a funcionabilidad, bioseguridad y estética. Mediante este sistema se logra un registro digital del estado clínico inicial del paciente y mejorar la opción de realizar tratamientos dentales de forma ágil y precisa, planificar paso a paso el tratamiento por medio del sistema CAD CAM reduce posibles errores humanos lo que es frecuente durante la ejecución del sistema convencional.

Este sistema CAD CAM ha demostrado excelentes resultados clínicos en la ejecución de tratamientos dentales a corto y largo plazo en la fabricación de prótesis fijas unitarias, entre sus ventajas mencionan la disminución de citas y molestias para el paciente, el tiempo de manipulación se reduce al ser diferente al sistema convencional en la toma de registro, disminución del riesgo de infecciones cruzadas, presenta además un diseño digitalizado de la futura restauración final, rentabiliza la economía del odontólogo, permite un almacenamiento ilimitado de los datos obtenidos y sus restauraciones resaltan por la calidad, estética y la longevidad de los mismos en boca.

Sin embargo también posee desventajas, en cuanto al costo en la adquisición inicial de los equipos dentales digitales y del almacenamiento de información en la nube, este sistema no simularía la oclusión dinámica, el operador se mantendría en constante actualización en cuanto al funcionamientos de estos sistemas, posibles discrepancias marginales y la incomodidad del uso de escáneres en pacientes con trismus, reflejo nauseabundo entre otros, pero no cabe duda que es un sistema tecnológico viable para el desarrollo de un tratamiento odontológico de calidad.

La introducción de nuevos materiales en la fabricación de restauraciones dentales por medio del sistema CAD CAM es constante por la alta demanda de los pacientes en cuanto a tratamientos más estéticos, por ello es importante conocer las características, propiedades y la calidad de los productos fabricados con métodos y técnicas innovadoras como los

materiales usados por medio de la fabricación sustractiva que realzan en gran parte las cualidades de la prótesis fija unitaria eficaz, eficiente y de los cuales se encuentra la mayor cantidad de evidencia científica en los artículos estudiados.

La cementación de las cerámicas es determinada en función a la composición del material cerámico a utilizar y la situación clínica del paciente, los biomateriales utilizados en la cementación cumplen un papel muy importante a nivel de la pieza dental a restaurar como de la restauración, un incorrecto manejo de estos biomateriales provoca la disminución de las propiedades tanto físicas - químicas y por ello interferiría en el éxito del tratamiento odontológico.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda socializar la información acerca del funcionamiento del sistema CAD CAM a los estudiantes de pregrado y así sus conocimientos vayan de la mano con las innovaciones tecnológicas.

Se recomienda adquirir otras alternativas de almacenamiento de información en la nube sin costo adicional porque es considerable la información guardada.

Es importante averiguar el desarrollo de los nuevos materiales dentales para la fabricación de prótesis fijas unitarias que demanden alta estética, funcionabilidad y durabilidad por parte del paciente.

La aplicación de un buen protocolo de cementación tiene que ver mucho con los biomateriales manejados durante el procedimiento, es necesario tener presente las indicaciones del fabricante del material restaurador, del sistema CAD CAM y de los insumos dentales utilizados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Sulaiman TA. Materials in digital dentistry—A review. *J Esthet Restor Dent* [Internet]. 2020 Mar 1;32(2):171–81. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31943720/>
2. Chiu A, Chen YW, Hayashi J, Sadr A. Accuracy of CAD/CAM digital impressions with different intraoral scanner parameters. *Sensors (Switzerland)* [Internet]. 2020 Feb 2;20(4). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32093174/>
3. Ojeda GD, Gutiérrez IH, Marusic ÁG, Rosales AB, Lanchares JPT. A Step-by-Step Conservative Approach for CAD-CAM Laminate Veneers. *Case Rep Dent* [Internet]. 2017;2017(Figure 1):1–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28884029/>
4. Fung L, Brisebois P. Implementing Digital Dentistry into Your Esthetic Dental Practice [Internet]. Vol. 64, *Dental Clinics of North America*. Beverly Hills: W.B. Saunders; 2020. p. 645–57. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32888514/>
5. Runkel C, Güth JF, Erdelt K, Keul C. Digital impressions in dentistry—accuracy of

- impression digitalisation by desktop scanners. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2020;24(3):1249–57. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31302771/>
6. Hamm J, Berndt EU, Beuer F, Zachriat C. Evaluation of model materials for CAD/CAM in vitro studies [Internet]. Vol. 23, *International Journal of Computerized Dentistry*. 2020. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32207461/>
 7. Saeed F, Muhammad N, Khan AS, Sharif F, Rahim A, Ahmad P, et al. Prosthodontics dental materials: From conventional to unconventional. *Mater Sci Eng C* [Internet]. 2020;106(October 2018):110167. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.110167>
 8. Seghi RR, Leyva del Rio D. Biomaterials: Ceramic and Adhesive Technologies. *Dent Clin North Am* [Internet]. 2019;63(2):233–48. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30825988/>
 9. Homaei E, Jin XZ, Pow EHN, Matinlinna JP, Tsoi JKH, Farhangdoost K. Numerical fatigue analysis of premolars restored by CAD/CAM ceramic crowns. *Dent Mater* [Internet]. 2018 Jul 1;34(7):e149–57. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29653725/>
 10. Perdigão J, Araujo E, Ramos RQ, Gomes G, Pizzolotto L. Adhesive dentistry: Current concepts and clinical considerations. *J Esthet Restor Dent* [Internet]. 2021;33(1):51–68. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33264490/>
 11. Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. Vol. 27, *Journal of Prosthodontics*. Blackwell Publishing Inc.; 2018. p. 35–41.
 12. Duqum IS, Brenes C, Mendonca G, Carneiro TAPN, Cooper LF. Marginal Fit Evaluation of CAD/CAM All Ceramic Crowns Obtained by Two Digital Workflows: An In Vitro Study Using Micro-CT Technology. *J Prosthodont* [Internet]. 2019 Dec 1;28(9):1037–43. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31621973/>
 13. Czigola A, Abram E, Kovacs ZI, Marton K, Hermann P, Borbely J. Effects of substrate, ceramic thickness, translucency, and cement shade on the color of CAD/CAM lithium-disilicate crowns. *J Esthet Restor Dent* [Internet]. 2019 Sep 1;31(5):457–64. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31621973/>

14. Borges ALS, Tribst JPM, de Lima AL, Dal Piva AM de O, Özcan M. Effect of occlusal anatomy of CAD/CAM feldspathic posterior crowns in the stress concentration and fracture load. *Clin Exp Dent Res* [Internet]. 2021 Dec 1;7(6):1190–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34240808/>
15. Zimmermann M, Mörmann W, Mehl A, Hickel R. Teaching dental undergraduate students restorative CAD/CAM technology: evaluation of a new concept. *Int J Comput Dent* [Internet]. 2019;22(3):263–71. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31463490>
16. Suese K. Progress in digital dentistry: The practical use of intraoral scanners. *Dent Mater J* [Internet]. 2020;39(1):52–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31723066/>
17. Prpić V, Schauerl Z, Čatić A, Dulčić N, Čimić S. Comparison of Mechanical Properties of 3D-Printed, CAD/CAM, and Conventional Denture Base Materials. *J Prosthodont* [Internet]. 2020 Jul 1;29(6):524–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32270904/>
18. Muric A, Gokcen Röhlig B, Ongul D, Evlioglu G. Comparing the precision of reproducibility of computer-aided occlusal design to conventional methods. *J Prosthodont Res* [Internet]. 2019;63(1):110–4. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2018.10.002>
19. Kamimura E, Tanaka S, Takaba M, Tachi K, Baba K. In vivo evaluation of inter-operator reproducibility of digital dental and conventional impression techniques. *PLoS One* [Internet]. 2017;12(6):1–12. Available from: [10.1371/journal.pone.0179188](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179188)
20. Wille S, Sieper K, Kern M. Wear resistance of crowns made from different CAM/CAD materials. *Dent Mater* [Internet]. 2021 Jul 1;37(7):e407–13. Available from: [10.1016/j.dental.2021.03.017](https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.03.017)
21. Pereira RM, Ribas RG, Montanheiro TLDA, Schatkoski VM, Rodrigues KF, Kito LT, et al. An engineering perspective of ceramics applied in dental reconstructions. *J Appl Oral Sci* [Internet]. 2022;31:1–20. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9972857/pdf/1678-7757-jaos-31-e20220421.pdf>

22. Jovanović M, Živić M, Milosavljević M. A potential application of materials based on a polymer and cad/cam composite resins in prosthetic dentistry [Internet]. Vol. 65, Journal of Prosthodontic Research. Japan Prosthodontic Society; 2021. p. 137–47. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32981910/>
23. Alsarani M, De Souza G, Rizkalla A, El-Mowafy O. Influence of crown design and material on chipping-resistance of all-ceramic molar crowns: An in vitro study. Dent Med Probl [Internet]. 2018 Jan 1;55(1):35–42. Available from: 10.17219/dmp/85000
24. Wang W, Yu H, Liu Y, Jiang X, Gao B. Trueness analysis of zirconia crowns fabricated with 3-dimensional printing. J Prosthet Dent [Internet]. 2019 Feb 1;121(2):285–91. Available from: 10.1016/j.prosdent.2018.04.012
25. Politano G, Van Meerbeek B, Peumans M. Nonretentive Bonded Ceramic Partial Crowns: Concept and Simplified Protocol for Long-lasting Dental Restorations. J Adhes Dent [Internet]. 2018;20(6):495–510. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30564796>
26. Butterhof M, Ilie N. Predicting transmitted irradiance through CAD/CAM resin composite crowns in a simulated clinical model. Dent Mater [Internet]. 2021 Jun 1;37(6):998–1008. Available from: 10.1016/j.dental.2021.03.002
27. Alves DM, Cadore-Rodrigues AC, Prochnow C, Augusto De Lima Burgo T, Spazzin AO, Bacchi A, et al. Fatigue performance of adhesively luted glass or polycrystalline CAD-CAM monolithic crowns [Internet]. Rio Grande do Sul; 2020. Available from: 10.1016/j.prosdent.2020.03.032
28. Akbar JH, Omar R, Al-Tarakmah Y. Marginal Integrity of CAD/CAM Ceramic Crowns Using Two Different Finish Line Designs. Med Princ Pract [Internet]. 2021 Oct 26;30(5):443–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33902029/>
29. Hampe R, Theelke B, Lümke N, Eichberger M, Stawarczyk B. Fracture toughness analysis of ceramic and resin composite CAD/CAM material. Oper Dent [Internet]. 2019;44(4):E190–201. Available from: 10.2341/18-161-L
30. Liu Y, Xu Y, Su B, Arola D, Zhang D. The effect of adhesive failure and defects on the stress distribution in all-ceramic crowns. J Dent [Internet]. 2018 Aug 1;75:74–83. Available from: 10.1016/j.jdent.2018.05.020

31. Okada R, Asakura M, Ando A, Kumano H, Ban S, Kawai T, et al. Fracture strength testing of crowns made of CAD/CAM composite resins. *J Prosthodont Res* [Internet]. 2018 Jul 1;62(3):287–92. Available from: [10.1016/j.jpor.2017.10.003](https://doi.org/10.1016/j.jpor.2017.10.003)
32. Yamaguchi S, Lee C, Karaer O, Ban S, Mine A, Imazato S. Predicting the Debonding of CAD/CAM Composite Resin Crowns with AI. *J Dent Res* [Internet]. 2019;98(11):1234–8. Available from: [10.1177/0022034519867641](https://doi.org/10.1177/0022034519867641)
33. Prudente MS, Davi LR, Nabbout KO, Prado CJ, Pereira LM, Zancopé K, et al. Influence of scanner, powder application, and adjustments on CAD-CAM crown misfit. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2018 Mar 1;119(3):377–83. Available from: [10.1016/j.prosdent.2017.03.024](https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.03.024)
34. Rekow ED. Digital dentistry: The new state of the art — Is it disruptive or destructive? *Dent Mater* [Internet]. 2020 Jan 1;36(1):9–24. Available from: [10.1016/j.dental.2019.08.103](https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.08.103)
35. Hasanzade M, Aminikhah M, Afrashtehfar KI, Alikhasi M. Marginal and internal adaptation of single crowns and fixed dental prostheses by using digital and conventional workflows: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2021;126(3):360–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.07.007>
36. Siqueira R, Galli M, Chen Z, Mendonça G, Meirelles L, Wang HL, et al. Intraoral scanning reduces procedure time and improves patient comfort in fixed prosthodontics and implant dentistry: a systematic review. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2021;25(12):6517–31. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-021-04157-3>
37. Neal D Kravitz, Christian Groth TS. CAD/CAM Software for Three-Dimensional Printing [Internet]. Denmark; 2018. Available from: www.jco-online.com
38. Aljawad AJSR. Accuracy of Intraoral Scanners: A Systematic Review of Influencing Factors Keywords. *Eur J Prosthodont Restor Dent* [Internet]. 2018;21(1):44–8. Available from: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84879353354&partnerID=40&md5=ad5e2f30681867fa5b32c3feba3e9ba3>
39. Medina-Sotomayor P, Ordóñez P, Ortega G. Accuracy of Intraoral Digital Impression

- Systems in Restorative Dentistry: A Review of the Literature. *Int J Dent Sci* [Internet]. 2020 Apr 17;205–16. Available from: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/odovtos/v23n1/2215-3411-odovtos-23-01-64.pdf>
40. Sivaramakrishnan G, Alsobaiei M, Sridharan K. Patient preference and operating time for digital versus conventional impressions: a network meta-analysis. *Aust Dent J* [Internet]. 2020;65(1):58–69. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/adj.12737>
 41. Fellow A, Academy A, Dentistry I, Dc W. *SistemasCADCAMActuales*. Dossier [Internet]. 2018;(1993). Available from: https://www.gacetadental.com/wp-content/uploads/2018/11/307_DOSSIER_SistemasCADCAMActuales.pdf
 42. Blatz MB, Conejo J. The Current State of Chairside Digital Dentistry and Materials [Internet]. Vol. 63, *Dental Clinics of North America*. W.B. Saunders; 2019. p. 175–97. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30825985/>
 43. Patil M, Rangoonwala MA, Kambale S, Patil A, Mujawar K. Digitalization in Dentistry: CAD/CAM-A Review Amol Patil Digitalization in Dentistry: CAD/CAM-A Review. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/344679568>
 44. Zimmermann M, Valcanaia A, Neiva G, Mehl A, Fasbinder D. Influence of different CAM strategies on the fit of partial crown restorations: A digital three-dimensional evaluation. *Oper Dent*. 2018 Sep 1;43(5):530–8.
 45. Al Hamad KQ, Al-Rashdan RB, Al-Rashdan BA, Baba NZ. Effect of Milling Protocols on Trueness and Precision of Ceramic Crowns. *J Prosthodont* [Internet]. 2021 Feb 1;30(2):171–6. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jopr.13245>
 46. Schestatsky R, Zucuni CP, Dapieve KS, Burgo TAL, Spazzin AO, Bacchi A, et al. Microstructure, topography, surface roughness, fractal dimension, internal and marginal adaptation of pressed and milled lithium-disilicate monolithic restorations. *J Prosthodont Res* [Internet]. 2020 Jan 1;64(1):12–9. Available from: [10.1016/j.jpor.2019.05.004](https://doi.org/10.1016/j.jpor.2019.05.004)
 47. Memari Y, Mohajerfar M, Armin A, Kamalian F, Rezayani V, Beyabanaki E. Marginal Adaptation of CAD/CAM All-Ceramic Crowns Made by Different

- Impression Methods: A Literature Review [Internet]. Vol. 28, Journal of Prosthodontics. Blackwell Publishing Inc.; 2019. p. e536–44. Available from: 10.1111/jopr.12800
48. Rodrigues SB, Franken P, Celeste RK, Leitune VCB, Collares FM. CAD/CAM or conventional ceramic materials restorations longevity: a systematic review and meta-analysis [Internet]. Vol. 63, Journal of Prosthodontic Research. Porto Alegre: Elsevier Ltd; 2019. p. 389–95. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31303569/>
 49. Bacchi A, Cesar PF. Advances in Ceramics for Dental Applications. Dent Clin North Am [Internet]. 2022;66(4):591–602. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011853222034590?via%3Dihub>
 50. Rosentritt M, Krifka S, Strasser T, Preis V. Fracture force of CAD/CAM resin composite crowns after in vitro aging. Clin Oral Investig [Internet]. 2020 Jul 1;24(7):2395–401. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31712983/>
 51. Pjetursson BE, Valente NA, Strasding M, Zwahlen M, Liu S, Sailer I. A systematic review of the survival and complication rates of zirconia-ceramic and metal-ceramic single crowns [Internet]. Vol. 29, Clinical Oral Implants Research. Blackwell Munksgaard; 2018. p. 199–214. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30328190/>
 52. Aleksandra Skorulska 1,* , Paweł Piszko 2,* ZR 3 and MD ´nski 1. Review on Polymer, Ceramic and Composite Materials for CAD/CAM Indirect Restorations in Dentistry—Application, Mechanical Characteristics and Comparison. Materials (Basel) [Internet]. 2021;14(1592). Available from: <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/7/1592>
 53. Spitznagel FA, Boldt J, Gierthmuehlen PC. CAD/CAM Ceramic Restorative Materials for Natural Teeth. J Dent Res [Internet]. 2018 Sep 1;97(10):1082–91. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0022034518779759>
 54. Aziz A, El-Mowafy O, Tenenbaum HC, Lawrence HP, Shokati B. Clinical performance of chairside monolithic lithium disilicate glass-ceramic CAD-CAM crowns. J Esthet Restor Dent. 2019 Nov 1;31(6):613–9.

55. Alsaeed AY. Bonding CAD/CAM materials with current adhesive systems: An overview. *Saudi Dent J* [Internet]. 2022;34(4):259–69. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2022.03.005>
56. Leitão CIMB, Fernandes GV de O, 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* [Internet]. 2022;66(3):374–84. Available from: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpr/66/3/66_JPR_D_21_00081/_pdf/-char/en
57. Papadiochou S, Pissiotis AL. Marginal adaptation and CAD-CAM technology: A systematic review of restorative material and fabrication techniques. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2018;119(4):545–51. Available from: [10.1016/j.prosdent.2017.07.001](https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.07.001)
58. Habib SR, Al Otaibi AK, Al Anazi TA, Al Anazi SM. Comparison between five CAD/CAM systems for fit of zirconia copings. *Quintessence Int* [Internet]. 2018;49(6):437–44. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29756132>
59. Bousnaki M, Chatziparaskeva M, Bakopoulou A, Pissiotis A, Koidis P. Variables affecting the fit of zirconia fixed partial dentures: A systematic review. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2020;123(5):686–692.e8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.06.019>
60. Bajraktarova-Valjakova E, Korunoska-Stevkovska V, Kapusevska B, Gigovski N, Bajraktarova-Misevska C, Grozdanov A. Contemporary dental ceramic materials, a review: Chemical composition, physical and mechanical properties, indications for use. *Open Access Maced J Med Sci* [Internet]. 2018;6(9):1742–55. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6182519/pdf/OAMJMS-6-1742.pdf>
61. Schlenz MA, Skroch M, Schmidt A, Rehmann P, Wöstmann B. Monitoring fatigue damage in different CAD/CAM materials: A new approach with optical coherence tomography. *J Prosthodont Res* [Internet]. 2021;65(1):31–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32938871/>
62. May MM, Fraga S, May LG. Effect of milling, fitting adjustments, and hydrofluoric acid etching on the strength and roughness of CAD-CAM glass-ceramics: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2022;128(6):1190–

200. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.02.031>
63. Cuevas-Suárez CE, de Oliveira da Rosa WL, Vitti RP, da Silva AF, Piva E. Bonding Strength of Universal Adhesives to Indirect Substrates: A Meta-Analysis of in Vitro Studies. *J Prosthodont* [Internet]. 2020;29(4):298–308. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31784060/>
64. Nakai M, Imai K, Hashimoto Y. Cell viability of fine powders in hybrid resins and ceramic materials for CAD/CAM. *Dent Mater J* [Internet]. 2022;41(3):495–505. Available from: [10.4012/dmj.2021-261](https://doi.org/10.4012/dmj.2021-261)
65. Ghodsi S, Arzani S, Shekarian M, Aghamohseni MM. Cement selection criteria for full coverage restorations: A comprehensive review of literature. *J Clin Exp Dent* [Internet]. 2021;13(11):1154–61. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8601696/pdf/jced-13-e1154.pdf>