



CERÁMICAS DENTALES PARA USO CON SISTEMA CAD-CAM, UNA REVISIÓN DE LOS PRODUCTOS DE LAS MARCAS: 3M[®] ESPE[™], DENSTPLY SIRONA[®], IVOCLAR VIVADENT[®] Y VITA[®]

Monografía
Requisito para optar al
Título de Especialista en
Rehabilitación Oral

Residente:

Dr. Andrés Retamal Díaz

Director del Programa:

Prof. Dr. Ramón Madariaga Fuentes.

Valparaíso – Chile 2019

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Ana y Luis, que con amor y exigencia siempre me han motivado a dar lo mejor de mí, su apoyo incondicional, su sabiduría y su preocupación siempre serán un pilar fundamental en mi vida.

A mis hermanas Fabiola y Bárbara, y a mis sobrinos que siempre me han entregado su apoyo y alegría, en aquellos días buenos y otros grises

A Denise, mi mujer, mi compañera silente y paciente del esfuerzo de este logro, acompañante en tantas noches de desvelo que con su preocupación y amor me ha permitido lograr mis metas, que sin ella sin duda, no habría podido lograr.

A mi Universidad, a mis docentes y compañeros de cátedra, que han confiado en mí, me han formado, apoyado y entregado sus conocimientos de manera generosa y sin restricciones, me esforzaré en devolver la confianza depositada en mí, ayudando a nuestra querida cátedra.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	3
MARCO TEÓRICO.....	5
OBJETIVOS	29
METODOLOGÍA Y MATERIALES.....	30
RESULTADOS.....	32
DISCUSIÓN	41
CONCLUSIONES.....	47
RESUMEN	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

INTRODUCCIÓN

Los últimos 50 años la Odontología a tenido una revolución, antiguamente el gran objetivo de la rehabilitación, era obtener funcionalidad, el concepto de estética era secundario, no sólo por las solicitudes del paciente, sino también por las limitaciones técnicas y materiales utilizados. En épocas donde reinaba la amalgama y las incrustaciones metálicas, algunas empresas iban desarrollando tecnologías que cambiarían la odontología.

Con la popularización de la odontología adhesiva, y el nacimiento de cerámicas cada vez de mejor calidad tanto estética como mecánica, las necesidades de los pacientes, y sus exigencias fueron cambiando también. En nuestro país este boom se comienza a observar masivamente en los años 90.

Y a medida que más avanza la tecnología, las exigencias de los pacientes son cada vez más complejas de satisfacer, ya no basta con parecerse, se solicita mimetismo, ya no basta con un buen trabajo, se busca velocidad también, exactitud, duración, etc. Y ha sido el desarrollo, y poco a poco popularización, de las restauraciones en CAD-CAM, primero en laboratorio y ahora chairside, que nos permitirán satisfacer estas necesidades.

La rápida evolución de la tecnología CAD/CAM ha generado un impacto dramático en todas las disciplinas de la odontología, especialmente en los campos de la rehabilitación y la odontología restauradora. La integración de estos sistemas tecnológicos con los avances en biomateriales, como las cerámicas de alta resistencia de zirconio, ha dado lugar a importantes cambios en la educación y la atención al paciente. En conjunto con lo anterior, todo el panorama educativo Odontológico continuará siendo alterado en relación con la economía, la eficiencia del tiempo y, lo que es más importante, la predicción postoperatoria y el tratamiento clínico. (Alghazzawi, 2016)²

Si bien existen muchas marcas en el área de las cerámicas, nos enfocaremos en 4 marcas ampliamente reconocidas por sus innovaciones y la calidad de sus materiales, además de ser las más utilizadas en el mercado nacional:

3M[®] ESPE: Empresa gigante estadounidense fundada en 1902, parte como una empresa minera y en la década del 50 se expande a diversas áreas, incluidas el área farmacéutica y médica, reconocida por su innovación y la producción de materiales de calidad, es conocida por materiales como el Relyx[™], Filtek[™], single bond[™] y sof-lex[™] entre otros. (https://www.3m.com/3M/en_US/company-us/3m-science-applied-to-life/)

VITA[®]: Empresa alemana creada en 1924, que comenzó con la producción de porcelana dental. Reconocida como la empresa más prestigiosa en el área de las cerámicas dentales, a través del tiempo han introducido tecnologías revolucionarias como los vitablocs[™] y el In-ceram[™]. Reconocida por la calidad de sus productos y muestrarios de color como el VITA[®] classical y el 3D Master, imprescindibles para los rehabilitadores y laboratoristas actuales.
(<https://www.vita-zahnfabrik.com/en/History-67,810.html>)

Ivoclar Vivadent[®]: Creada en 1923 en Zurich, suiza, hoy con su casa central en Schaan, Principado de Liechtenstein, comienza con producción de dientes artificiales acrílicos, ha ganado importancia al dedicarse a la investigación y tener uno de los centros de formación más importantes del mundo. Conocidos son sus cementos para diversas funciones como el Apexit[™], Variolink[™] o Multilink[™], pero la incluimos en esta revisión más que nada por uno de sus productos estrellas las cerámicas de disilicato de litio E-max[™].
(<http://www.ivoclarvivadent.com/en/company/company>)

Dentsply Sirona[®]: Empresa formada el 2016, cuando se fusionaron por un lado la neoyorquina Dentsply, fundada en 1899; con la multinacional Sirona independiente desde 1997, previamente parte de la alemana siemens. Esta empresa es pionera en el desarrollo de tecnologías y equipamiento dental, reconocida es la calidad de sus unidades dentales, y actualmente destaca principalmente por la incorporación de tecnologías digitales al mundo odontológico, desde software como CEREC[™], talladoras y máquinas de impresión digital entre otras.
(<https://corporate.dentsplysirona.com/en/about-dentsply-sirona/history.html>)

En nuestro país la tecnología CAD-CAM en el área dental ha ido creciendo poco a poco, en un comienzo sólo como uso en laboratorio para construcción de infraestructuras protésicas, hoy se ha expandido sus usos a las restauraciones chairside, implantología, guías quirúrgicas, endodoncia, etc. A pesar de ello, no es aún una técnica ampliamente utilizada, por ende en muchos casos los odontólogos que quieren incurrir en estas soluciones se ven abrumados por la cantidad de materiales e información disponible, es por ello que he decidido hacer esta revisión de las cerámicas CAD-CAM más utilizadas y los nuevos lanzamientos, con el fin de simplificar las elecciones ante diferentes situaciones clínicas.

MARCO TEÓRICO

Se consideran materiales cerámicos aquellos productos de naturaleza inorgánica, formados mayoritariamente por elementos no metálicos, que se obtienen por la acción del calor y cuya estructura final es parcial o totalmente cristalina. La gran mayoría de las cerámicas dentales, tienen una estructura mixta, es decir, son materiales compuestos formados por una matriz vítrea (cuyos átomos están desordenados) en la que se encuentran inmersas partículas más o menos grandes de minerales cristalizados (cuyos átomos están dispuestos uniformemente). Es importante señalar que la fase vítrea es la responsable de la estética de la porcelana mientras que la fase cristalina es la responsable de la resistencia. Por lo tanto, la microestructura de la cerámica tiene una gran importancia clínica ya que el comportamiento estético y mecánico de un sistema depende directamente de su composición. (Martínez Rus, et al. 2007)³

Se han realizado diversos esfuerzos en realizar clasificaciones de las cerámicas, desde las más clásicas hasta las más actuales que integran nuevos materiales. Estas clasificaciones se han hecho en base a la microestructura, propiedades mecánicas, métodos de fabricación y de procesamiento, estética, etc. En este estudio nos trabajaremos con la clasificación realizada por *Montagna y Barbesi*¹ el 2013, en su libro *Cerámicas, Zirconio y CAD/CAM*. Debido a que la forma de agrupación se adecúa fácilmente a los productos actuales en el mercado.

Tecnología CAD-CAM

La tecnología CAD-CAM es un parte importante de los sistemas de producción industrial actuales, el acrónimo CAD (Computer aided designed, producción asistida por computadora) es realizado por un software con gráficas tridimensionales que permiten diseñar estructuras en 3D, mientras que el acrónimo CAM (Computer aided manufacturing, producción asistida por computadora) permite la construcción de productos diseñados CAD, a través de sistemas robotizados.

Los sistemas CAD-CAM se han utilizado en odontología durante casi 30 años, y durante este período se han lanzado diferentes máquinas. Entre los sistemas CAD-CAM dentales, hay dos tipos de técnicas para producir restauraciones. El primero es el mecanizado de la restauración protésica a partir de un bloque del material sinterizado, mientras que el segundo consiste en mecanizar un bloque en un estado parcialmente sinterizado con la posterior sinterización final en un horno específico. Ambas técnicas se utilizan en odontología y cada una de ellas tiene sus ventajas y desventajas. (Da Silva, 2017)⁴

El mecanizado de un bloque de material sinterizado proporciona a la restauración una mayor precisión de sus contornos y formas, además de ahorrar tiempo clínico, ya que la restauración no requiere un tratamiento térmico adicional. Sin embargo, al mecanizar un material con alta resistencia como zirconio, tanto el desgaste de las herramientas de la unidad de mecanizado, como el tiempo de mecanizado son

muy altos. Además, el mecanizado de materiales frágiles, como las cerámicas dentales, puede conducir a la formación de microfisuras y defectos de superficie. Por otra parte, cuando la restauración se produce a partir de un bloque parcialmente sinterizado, existe la ventaja de promover la unión de las microfisuras de mecanizado durante el proceso de sinterización. Se espera que esta técnica de procesamiento tenga un tiempo de maquinado más corto para un material menos denso, pero se debe tener en cuenta que la sinterización final promoverá cambios dimensionales debidos a la contracción, lo que puede llevar a una restauración protésica inadaptada. (Da Silva, 2017)⁴

La cadena de producción se divide en tres pasos básicos:

- Escaneo, procesamiento que permite transformar un objeto físico en datos numéricos
- Modelado CAD
- Producción CAM y fresado

En el siguiente cuadro se destacan las etapas más importantes del proceso CAD- CAM

Etapas	Detalles
ESCANEAO INTRAORAL O EN MODELO DE YESO	
Iluminación del Objeto	Luz LED con patrones definidos
Detección de los rayos reflejados	A través de técnicas topométricas, crea una nube de puntos y transforma la luz en impulso eléctrico
Convertidor A/D	Transforma un impulso analógico en digital y envía al CAD
PLANIFICACIÓN CAD	
Información en Voxel y pixel	Transforma la nube de puntos en modelo matemático
Construcción de modelo virtual	Elaboración de una imagen virtual en video sobre la cual cada punto de la nube corresponde en un pixel
Propuesta de planificación protésica modificable	Propuesta bibliográfica, encerado virtual, vista previa del desgaste, verificación del proyecto y envío de archivos a CAM

FRESADO CAM	
Software CAM	Carga del modelo, generación de instrucciones por la maquina
Fresador	Proceso de fresado del bloque cerámico
Acabado manual	Acabado de morfología, color, glaseado y pulido final

1. *Tabla 1. Esquema de etapas en el proceso de obtención, planificación y fresado de estructuras CAD-CAM.*

Tipos de cerámica

Las cerámicas como vimos anteriormente tienen diferentes clasificaciones en base a diferentes parámetros, en relación a la estructura observable en el microscopio de barrido, podemos dividir las en silicáticas (feldespáticas y vítreas) y en cerámicas policristalinas u oxidocerámicas.

En relación a las cerámicas de silicato estas presentan una estructura en dos fases, un relleno conocido como fase dispersa, compuesta por cristalitas de refuerzo y una matriz amorfa formada por vidrio fundido. Mientras que las cerámicas policristalinas presentan una estructura monofásica, compuestas por sustancias puras y monofásicas, sin matriz intermedia, por lo menos en un 90%. (Montagna y Barbesi, 2013)¹

Podemos dividir las de la siguiente forma:

SISTEMA	MATERIAL	INDICACIONES	ELABORACIÓN
CERÁMICAS SILICEAS			
Feldespáticas convencionales	Alto contenido feldespático y de bajo contenido feldespático	Revestimiento estético, carillas, coronas, inlay	Estratificación y CAD-CAM
Vitrocerámicas	Leucita, disilicato de litio, fluorapatita	Revestimiento estético, carillas, inlay, corona, Prótesis fijas plurales anteriores (piezas) en caso de disilicato de litio	Estratificación y CAD-CAM
OXIDOCERÁMICAS			
Aluminosas infiltradas con vidrio (In Ceram)	Al_2O_3 , reforzada con MgO , ZrO_2 , LA_3O_2	Estructuras	Slip casting y CAD-CAM
Zirconio	$Y-ZrO_2$	Estructuras	CAD-CAM
Alúmina pura	Al_2O_3	Estructuras	fresado y CAD-CAM

2. Tabla 2. Tabla de resumen de tipos de cerámicas, indicando material, indicaciones y elaboración (Montagna y Barbesi, 2013)¹

Cerámicas feldespáticas

La cerámica feldespática es un tipo de compuesto cerámico de matriz de vidrio de aluminosilicato hidratado, sílice y feldespato. Desde principios de la década de 1980, se han comercializado diversos sistemas para hacer inlays de cerámica: inyectado, estratificación y tecnología CAD / CAM. (Dal Piva et al, 2018)⁵

Las cerámicas feldespáticas se clasifican según la cantidad de matriz vítrea, que la forma el feldespato, cuando el relleno (cuarzo, alúmina o leucita) está en un porcentaje entre el 15% y el 25% decimos que es una cerámica con alto contenido de feldespato. Esto le otorga una elevada translucidez pero reducida resistencia a la fractura.

Este tipo de cerámicas deben tomarse como vidrios feldespáticos más que como cerámicas verdaderas; debido a ello se utilizan como revestimiento estético de estructuras y para carillas dado sus altas propiedades estéticas.

Para las cerámicas de bajo contenido de feldespato se debe agregar un mayor contenido de relleno (45-50%) con esto podemos adquirir dos propiedades:

- Aumenta la resistencia a la fractura
- Aumenta la opacidad, dificultando el paso de la luz

En relación al tipo de relleno la alúmina le confiere mejores propiedades mecánicas que el cuarzo pero aumenta más la opacidad.

Las cerámicas feldespáticas tienen su uso dependiendo de su forma de elaboración, con técnica de estratificación se utilizan como recubrimiento estético solamente, mientras que a través del sistema CAD-CAM se pueden utilizar para coronas anteriores e incrustaciones, esto es debido que su resistencia a la fractura aumenta con esta técnica de elaboración de 60 MPa a 120 Mpa.

Wai Kim Li⁶, en su review del 2014 destaca que estos materiales cerámicos de feldespato tienen excelentes propiedades estéticas y se han recomendado para su uso en la fabricación de carillas, inlays, onlays y coronas individuales anteriores y posteriores. Sin embargo, el material no se considera lo suficientemente fuerte para las áreas de carga posterior, aunque, cuando se utiliza en la región premolar, se encontró que la carga de fractura es similar a la de los dientes naturales.

Las porcelanas feldespáticas también se usan comúnmente como capa de recubrimiento de coronas de cerámica o metal-cerámica debido a su aspecto estético, biocompatibilidad y resistencia a la corrosión. La fragmentación de la capa feldespática ocurre con frecuencia en condiciones clínicas y se encuentra entre las principales razones del fracaso de estas coronas (Ahrari et al, 2018)⁷

Su éxito también va a depender del cementado adhesivo que confiere estas cerámicas de 10 a 15 veces más resistencia a la flexión.

Vitro cerámicas

Las vitrocerámicas poseen una estructura bifásica, al igual que las feldespáticas, la diferencia es que se realiza un proceso de cristalización guiada la cual otorga una mejora en las propiedades mecánicas, y entre ellas tenemos las reforzadas con leucita, el disilicato de litio y las de nanofluorapatita.

Leucita

Las vitrocerámicas reforzadas con leucita presentan una translucidez moderada y resistencia de 150 MPa, están disponibles para presofusión y fresado en CAD-CAM.

Si bien está indicada en coronas individuales, carillas e incrustaciones en dientes anteriores, su uso está en declive debido a las dificultades de elaboración (acabado, pulido y glaseado) y las propiedades mecánicas en comparación con el disilicato de litio

Disilicato de litio

Este tipo de vitrocerámica posee elevadas propiedades mecánicas que dependen de su microestructura, posee una alta cuota de cristales agujiformes y entrelazados (60% de cristales), que obstaculiza la propagación de fracturas en la fase vítrea, pero disminuye la translucidez.

Entre los diferentes sistemas cerámicos, las cerámicas de vidrio de disilicato de litio se han convertido en una de las más populares debido a su resistencia adecuada (350–450 MPa), la unión óptima a las estructuras dentales, el proceso de fabricación fácil y las excelentes propiedades estéticas. (Vafaei et al, 2018)⁸

El producto es versátil y en el mercado existe para uso con tecnologías de estratificación, termoprensado y en sistema CAD-CAM. Estas cerámicas se usan ampliamente como material de restauración estética porque su resistencia a la flexión y resistencia a la fractura son mejores que las de otras cerámicas con base de sílice. (Taguchi et al, 2018)⁹

Para el desarrollo de los bloques CAM, se presentaron varios desafíos, ya que por motivos económicos es necesario fresar materiales de resistencia limitada, de manera que los tiempos de elaboración y el desgaste de los instrumentales no se dispare.

Para ello se introdujo una forma de trabajo en que incluye una cristalización de dos fases:

- **Cristalización previa:** se realiza al momento de la fabricación del bloque, se realiza una cristalización parcial, que permite que no aumenten excesivamente las propiedades mecánicas de la cerámica
- **Cristalización post-tallado:** se realiza mediante templado a 850°C, genera la cristalización final formando los cristales de disilicato de litio, aumentando las propiedades mecánicas de la restauración.

Actualmente se usa ampliamente para coronas anteriores y posteriores unitarias y puentes de hasta tres piezas anteriores. Esto debido a sus propiedades mecánicas, translucidez y disponibilidad de tintes. (Ricciello et al, 2018)¹⁰

Nanofluorapatita

Las cerámicas de revestimiento convencionales son feldespáticas de alto contenido de feldespato, como se mencionó anteriormente, con baja fase cristalina para mejores propiedades ópticas. Las vitrocerámicas con base de Nanofluorapatita se producen sin componentes feldespáticos, por ende no pueden formar leucitas. Se compone de una fase cristalina en base a fluorapatita y una fase dispersa en base a silicato.

Las cerámicas de nanofluorapatita utilizadas para el revestimiento estético de infraestructuras cerámicas en carillas ha mostrado resultados estéticos y funcionales satisfactorios, con una probabilidad de supervivencia estimada del 93,5% en 10 años. Dado que las cerámicas de nanofluorapatita contienen diferentes concentraciones de cristales de apatita, son responsables del mayor control de la translucidez, la fluorescencia y la opalescencia que permiten la distribución de luz natural para una relación equilibrada entre matiz, valor y cromo, lo que hace que la nanofluorapatita sea similar a los dientes naturales. (Rigoni et al, 2012)¹¹

Debido a la forma de los cristales de fluorapatita y su disposición logran efectos de opalescencia, translucidez, opacidad y luminosidad similares al diente. La cerámica de nanofluorapatita afirma tener una topografía de superficie más suave, menor abrasión hacia el esmalte y un color mejorado, lo que explica su mayor uso en los últimos tiempos. (Anmol et al, 2014)¹²

Las cerámicas de este tipo están disponibles por estratificación y prensado, además para revestimiento sobre estructuras de disilicato de litio y zirconio.

Cerámicas aluminosas de infiltración vítrea

Es un tipo de óxidocerámica de sinterización porosa, representada por una estructura porosa formada por núcleos de alúmina, esta fase puede reforzarse con cristalitas de otros minerales (alúmina, aluminato de magnesio y zirconio). Esta estructura se infiltra con un vidrio de aluminato de lantano cerrando los poros de la estructura.

La mejora en las propiedades mecánicas radica en que un rasgo de fractura debe sobrepasar ambas capas alternadas, de esta forma sufrirá siempre desviaciones y detenimiento que disipan la energía de la fractura.

La preparación en el laboratorio es dedicada:

- Pincelado de una pasta húmeda sobre un modelo refractario (slip casting)
- Sinterización porosa
- Infiltración sucesiva con vidrio en un horno específico para ello
- Estratificación de cerámica feldespática sobre el núcleo creado

Se han creado bloques presinterizados para trabajo en CAD-CAM, con el cuál se ahorran los primeros dos pasos, pero igual se debe infiltrar con vidrio en un horno especial y estratificar.

Este tipo de cerámicas permiten el cementado adhesivo basado en su fase vítrea, como son estructuras opacas deben ser ceramizadas para tener resultados estéticos aceptables. (Montagna y Barbesi, 2013)¹

Alúmina Pura

Entre las cerámicas puras son importantes la alúmina y el zirconio, por sus propiedades y aplicaciones, se definen ambas como cerámicas iónicas, debido a que sus enlaces atómicos son principalmente iónicos. La ausencia de iones libres, permite transportar cargas eléctricas, lo que hace que sean conductores de electricidad y térmicos, además tienen un elevado punto de fusión y estabilidad química.

La alúmina pura es una cerámica monocomponente y monofásicas con más de 99,9% de alúmina, lo que hace que tenga una elevada resistencia, densidad, dureza, opacidad y resistencia al grabado ácido.

Por sus características es usada como estructura para coronas anteriores y posteriores y puentes de 3 piezas hasta la zona premolar, por su deficiente estética debe ser ceramizada, y esta cerámica de recubrimiento tiene una unión mecánica solamente a la estructura. (Montagna y Barbesi, 2013)¹

Zirconio

El zirconio es un metal, muy común en la corteza terrestre, incluso más que el cobre y el estaño, y se utiliza industrialmente para intercambiadores de calor y reactores. También denominado "acero cerámico", tiene propiedades óptimas para uso dental: tenacidad, resistencia y resistencia a la fatiga superiores, además de excelentes propiedades de desgaste y biocompatibilidad, es un metal muy fuerte con características químicas y mecánicas similares al titanio. (Bona et al, 2015)¹³

El silicato de zirconio es el mineral que se utiliza como materia prima para cerámicas, que nosotros denominamos como zirconio, También se utiliza el término óxido de zirconio como sinónimo de cerámica, y también es un error, la

cerámica técnica que se utiliza es un bióxido de zirconio estabilizado en forma tetragonal, y en el mercado está disponible como:

- Y-TZP: Zirconio policristalino tetragonal, estabilizado con óxido de Itrio
- Zirconio parcialmente estabilizado, con óxido de magnesio u óxido de calcio

El interés en Odontología por el zirconio va en sus características que puede otorgar:

- Propiedades mecánicas, que permite reducir grosores de estructuras
- Resistencia a la corrosión y biocompatibilidad
- Menor conductibilidad térmica que la Alúmina
- Ausencia de casos de hipersensibilidad
- Potencial estético
- Adhesión reducida de bacterias respecto a titanio
- Radiopacidad similar a metal

Debido al elevado estado de oxidación del bióxido de zirconio, este se comporta como cerámica y no como metal, es por ello que la clasificamos como una óxidocerámica (grupo de sustancias inorgánicas no metálicas con estructura policristalina de granos finos).

Al igual que varios minerales las formas de agrupación de los átomos van cambiando con la temperatura, en el caso del zirconio posee tres formas monoclinas, tetragonal y cúbica. Alrededor de los 1173°C el mineral pasa de monoclinas a tetragonal y alrededor de los 2370 pasa a cúbica. El problema de estos cambios es que es reversible por ello se debe estabilizar la fase para lograr a temperatura ambiente las características deseadas.

Para estabilizar la fase tetragonal a temperatura ambiente, se agregan pequeños porcentajes de óxidos que permiten desplazar los intervalos de temperatura, se puede estabilizar parcialmente agregando óxido de Calcio o magnesio, actualmente utilizado en ámbito industrial. En el área odontología se utiliza el concepto de zirconio policristalino tetragonal, completamente estabilizado con óxido de itrio (Y-TZP). Se agrega Itrio para estabilizar la transformación de la estructura cristalina durante la cocción a una temperatura elevada y mejorar las propiedades físicas del zirconio. (Bona et al, 2015)¹³

Es posible obtener 15 tipos de cerámicas enlazadas con zirconio, sin embargo en el mercado existen sólo tres tipos actualmente:

- Zirconio parcialmente estabilizado con magnesio: como mencionamos anteriormente es muy poco utilizado debido a sus desventajas al Y-TZP, pero aun así es comercializado aún, probablemente desaparecerá en el corto plazo del mercado

- Alúmina reforzada con zirconio, aún vigente en el mercado tiene buenas propiedades mecánicas y está disponible en tecnologías modernas, pero su proceso de producción mencionado anteriormente es complejo, ejemplo es el *In-Ceram-Zirconia*[™] (Vita[®])
- El Y-TZP, es el más utilizado actualmente, difundido, testeado y tiene regulación ISO 13356. y por sus propiedades mecánicas es utilizado para coronas anteriores y posteriores, y puentes de hasta 4 piezas en sectores posteriores.

Para trabajar el zirconio en CAM-CAM se disponen de diferentes sistemas y procesos de elaboración:

- Zirconio en estado verde: Se utiliza el fresado de un pequeño bloque en bruto de polvo prensado, que requiere ser sucesivamente calentada para tener una consistencia trabajable del bloque. Si bien el fresado es más cómodo y necesita maquinarias simples, tiene problemas e su elaboración, el bloque es muy poroso y requiere un proceso de sinterización más estricto, además de tener una contracción lineal importante
- Zirconio HIP: Significa zirconio sinterizado con tratamiento HIP (Hot isostatic pressure), el zirconio ya está en su estado final, lo que elimina la contracción de sinterización, en relación al no sinterizado o presinterizado, posee una estructura más homogénea y mejores propiedades mecánicas. El problema es el mayor costo de su producción, debido a la naturaleza del material, el desgaste al equipo y el tiempo es mayor.
- Zirconio presinterizado: Son las tecnologías más utilizadas, proponen el uso de un bloque semisinterizado, lo que permite un fresado CAM cómodo de una prótesis sobredimensionada, para contrarrestar la contracción que se produce al sinterizar el bloque.

En un review del 2018 realizado por Pjetursson et al.¹⁴ se evaluaron diferentes características del zirconio tomando en cuenta 35 estudios comparándolos con coronas metal cerámicas, entre ellas fueron:

- Un 97.6% de supervivencia a los 5 años en coronas unitarias sobre implantes vs un 98.3% de la metal cerámica
- Un 83.7% no presentaron dificultades técnicas ni biológicas vs un 86.7%, pero las implicancias estéticas fueron menores en las coronas de zirconio
- El porcentaje de astillado de la cerámica de recubrimiento fue similar en ambos grupos al cabo de 5 años. 2.8%
- El porcentaje de fracturas de material fue mayor en el grupo de zirconio a que el de metal, 2.1% vs 0.2%

Bloques cad-cam para el mercado

En esta parte de background teórico la información y fotografías de los bloques CAD-CAM serán adquiridas directamente de las empresas fabricantes, tanto como sus composiciones, características y usos, para en el ítem de discusión agregar la información relevante encontrada en estudios científicos.

Bloques de cerámica feldespática:

- Vitablocs™ mark II (VITA®)

Los Vitablocs™ de VITA® son bloques de cerámica feldespática $Al_2O_3 - SiO_2 - Na_2O - K_2O$, estos bloques fueron pensados en un inicio para ser usados con la técnica de inyección, pero el Mark II fue el primero de estos bloques que tiene uso para CAD-CAM de la empresa.

Dentro de sus características, están las que tiene todos los feldespatos, una gran estética pero poca resistencia mecánica, es por ello que se recomienda solamente para inlays, onlays y como recubrimiento de estructuras más grandes, que se puede lograr con sistemas CAM más modernos como el Cerec/inlab™ MC XL.

Si bien los Vitablocs™ Mark II son de cerámica feldespática, especial para lograr estética, están disponibles sólo en tonos monocromáticos, es por ello que no se indican en la zona anterior. Para solucionar ese problema la empresa creo 3 tipos de Vitablocs nuevos, que si bien mantienen su característica del material, cambia la estética:

- Vitablocs™ Triluxe/Triluxe forte: Estos bloques de cerámica feldespática poseen 3 o 4 capas de intensidades cromáticas diferentes, respectivamente
- Vitablocs™ RealLife: Estos bloques imitan la transición arqueada del color entre la dentina y la zona incisal mediante la estratificación 3D

Debido a las características cromáticas de estos 3 tipos de bloques, están indicados especialmente para Carillas y Coronas unitarias anteriores



3. *Figura 1. Bloques para CAD-CAM Vitablocs™ Mark II, Vitablocs™ Triluxe forte y Vitablocs™ RealLife.*

- Cerec blocs™ (DENTSPLY SIRONA®):

Estos bloques son la alternativa que tiene la gigante multinacional Dentsply Sirona®, fusión desde el 2016 de la Alemana Sirona y la Estadounidense Denstply. Esta compañía no solo proporciona materiales sino que también construye las fresadoras y los equipos de impresión digital.

Los Cerec Blocs™ son bloques de cerámica feldespática monocromáticos, con todas las características que presentan las cerámicas feldespáticas. Si bien la empresa los indica para inlays, onlays, carillas y coronas anteriores, el hecho de ser monocromáticos no lo hace ideal para carillas anteriores o coronas anteriores.

Al igual que la empresa Vita®, Denstply Sirona® ha generado a partir de los vitablocs, alternativas cromáticamente más aceptables, para indicar especialmente en la zona anterior:

- Cerec Blocs™ C: Se utilizan para coronas parciales o pequeños inlays, el objetivo es una cerámica de alto contenido de feldespato, lo que permite ser utilizada sin acabado, inmediatamente salida de la fresadora, ideal para trabajar en clínica

- Cerec Blocs™ C PC: Con características similares a los anteriores pero vienen con variaciones cromáticas estratificadas que permiten lograr una estética mejorada
- Cerec Blocs™ C In: Si bien la empresa lo define como una cerámica de vidrio de silicato, sus componentes y la definición corresponden a una cerámica de alto contenido de feldespato, sus diferencia con el resto es que esta estratificada con una cerámica de esmalte y otra de dentina.

Todas las cerámicas feldespáticas para CAD-CAM están diseñadas especialmente para ser trabajadas directamente en la consulta, ya que posterior al tallado su terminación y pulido son rápidos, los que los hace ideal para ese propósito, además por sus características de dureza y resistencia, son de tallado rápido y no genera un desgaste importante en las fresas.



4. *Figura 2. Bloques para CAD-CAM Cerec Blocs™ C, Cerec Blocs™ C PC y Cerec Blocs™ C In*

Vitrocerámica reforzada con leucita:

- IPS empress™ CAD (Ivoclar®)

La Compañía Ivoclar Vivadent, también tiene materiales para el uso en CAD-CAM, uno de ellos es IPS empress™ CAD, que es una vitrocerámica reforzada con leucita, conocida y utilizada con técnica de inyección, se adaptó como bloques para tallado teniendo 3 variedades diferentes:

- IPS empress™ CAD LT: Es una cerámica de baja translucidez, similar a la de la dentina natural, los bloques LT están indicados para fabricar restauraciones de gran tamaño (p. ej., coronas posteriores). Los bloques LT son ideales para el procesamiento con la "técnica cut-back".
- IPS empress™ CAD HT: Es una cerámica de alta translucidez, similar a la del esmalte, están indicados para fabricar pequeñas restauraciones (p. ej., inlays, onlays). Las restauraciones realizadas con bloques HT son especialmente adecuadas para la "técnica de pulido" y la "técnica de maquillaje"

- IPS empress™ CAD Multi: Es una cerámica con transición de color entre la dentina y las zonas incisales, debido a ello proporcionan un efecto estético y una apariencia natural. Dada la combinación entre la transición natural del color, translucidez y fluorescencia, se indican para restauraciones altamente estéticas.



5. *Figura 3. Comparación de translucidez de IPS empress™ CAD HT e IPS empress™ CAD LT, bloques para CAD-CAM de IPS empress™ CAD LT, IPS empress™ CAD HT e IPS empress™ CAD Multi*

Disilicato de litio

- IPS E.max™ CAD (Ivoclar®)

Ivoclar en esta oportunidad nos presenta su producto estrella, donde ha creado varios tipos de sistemas para CAD-CAM bajo en la marca E.max. Una variedad que va en tres tipos de indicaciones, para restauraciones monolíticas, para aditamentos o coronas sobre implantes y para ser utilizados en la técnica CAD-On

Es importante destacar, como se mencionó anteriormente, que debido a la dureza del disilicato de litio, no es recomendable fresarlo totalmente sinterizado, en el caso de E.max™, son bloques presinterizados que requieren una sinterización final para lograr la estructura final.

Los 3 usos de los productos E.max™ son los siguientes:

- IPS E.max™ CAD: El disilicato del E.max™ CAD está pensado para realizar restauraciones monolíticas, en la cual se puede manejar la estética a través de la técnica de maquillaje, cut-back o estratificación. Para ello está disponible en 3 variedades HT (alta translucidez), LT (baja translucidez) y MO (Opaco medio). Y están disponibles en varios tamaños ya que están indicados desde pequeñas restauraciones parciales hasta puentes de 3 piezas hasta el sector premolar.
- IPS E.max™ CAD abutments solutions: Son bloques con el objetivo de obtener coronas monolíticas sobre implantes, o tallar pilares a medida y personalizados dependiendo del caso clínico.
- IPS E.max™ CAD veneering solutions: Está indicado con el objetivo de realizar la técnica CAD-ON, en donde se talla una estructura de zirconio y sobre ella una de disilicato de litio y al momento de meterlo al horno se pone entremedio una cerámica de fusión, permitiendo adquirir las ventajas mecánicas del zirconio y las estética del disilicato de litio.



6. *Figura 4: Bloques CAD-CAM de IPS E.max™ CAD, con diferentes variedades de restauraciones, en violeta presinterizado y color diente finalizado*

- Suprinity™ PC (VITA®)*

La prestigiosa marca alemana Vita®, genera el competidor de la E.max de Ivoclar, con su marca Suprinity™. Si bien no es un disilicato de litio común, comparten bases químicas similares, pero técnicamente es un silicato de litio con reforzado con Zirconio. Lo que le da características levemente diferentes al E-max™.

Se comercializa con un bloque presinterizado, que se debe cristalizar antes de poder usarlo y sus usos son indicados para inlays, onlays, coronas anteriores y posteriores, se puede mejorar la estética con técnicas de maquillaje y cut-back.



7. *Figura 5: Bloques CAD-CAM de Suprinity™ PC, ejemplo de translucidez de restauración final con Suprinity™ PC*

- Celtra™ Duo (Dentsply Sirona®)

Celtra™ duo es un disilicato de litio infiltrado con zirconio, la empresa plantea que al agregar un 10% de óxido de zirconio al disilicato logra disminuir en 4 veces el tamaño de los cristales de disilicato, otorgándole mejores propiedades ópticas y resistencia.

Estos bloques se presentan cristalizados totalmente, lo que reduce su tiempo de trabajo en el laboratorio, pero genera mayores gastos de producción por el desgaste del equipo. Se presentan en bloques con diferentes tonos de alta y baja translucidez.



8. *Figura 6: Bloques CAD-CAM de Celtra™ Duo y muestra de bloque tallado con corona unitaria con Celtra™ Duo*

Zirconio

- Lava™ (3M®)

3M introduce al mercado el 2001 su zirconio con el logo de LAVA™, y en la actualidad presenta dos variedades LAVA™ Plus y LAVA™ Esthetics. Las diferencias entre ambos es la fluorescencia, mientras LAVA™ plus necesita una tinción para lograr fluorescencia, LAVA™ esthetics fue creado fluorescente, por ende el material completo lo emana.

Debido a ello las características mecánicas cambian entre uno y otro, mientras LAVA™ Plus es indicada incluso para puentes de arco completo, LAVA™ esthetics sólo es recomendada para puentes posteriores de hasta 3 piezas.

La empresa recomienda ambos productos para coronas monolíticas, incluso sólo con técnica de maquillaje, para casos de alta estética necesitará ser recubierta por una cerámica de revestimiento más estética.



9. Figura 7: Discos para CAD-CAM de LAVA™ Plus y LAVA™ Esthetics

- Vita YZ™ (VITA®)

Vita® nos presenta sus alternativas de zirconio bajo el nombre Vita YZ™ solutions, que corresponden a estructuras de dióxido de zirconio en 4 variedades.

- Vita YZ™ T: Zirconio translucido, el de mayor resistencia en la familia con sobre 1200 MPa de resistencia a la flexión, pero con la menor translucidez un 32%, indicado principalmente como infraestructura de coronas unitarias y plurales sobre sobre 4 piezas.

VITA



10. Figura 8: Discos para CAD-CAM de Vita YZ™ T

- Vita YZ™ HT: Zirconio de alta translucidez, este producto alcanza una resistencia a la flexión de alrededor de 1100 MPa, y una translucidez del 42%, indicado para coronas unitarias y plurales sobre 4 piezas, como infraestructura y monolíticas posteriores, utilizando técnicas de maquillaje y cuando la estética no es esencial.



11. Figura 9: Disco y bloque para CAD-CAM de Vita YZ™ HT

- Vita YZ™ ST: Zirconio super translucido, esta versión posee una resistencia a la flexión cercana a los 850 MPa, y una translucidez del 46%, indicado para coronas, inlays, onlays, carillas y puentes sobre 4 piezas, anteriores y posteriores con técnicas de maquillaje.



12. Figura 10: Disco y restauración realizada con Vita YZ™ ST

- Vita YZ™ XT: Zirconio extra translucido, alcanzando alrededor de los 650 MPa de resistencia a la flexión y con una translucidez del 50%, es la versión más estética pero menos resistente de la familia, está indicado para inlays, onlays, carillas, coronas y puentes de hasta 3 piezas solamente en dientes anteriores.



13. Figura 11: Disco para CAD-CAM de Vita YZ™ XT. Diferencia de translucidez entre las cuatro variedades de Vita YZ™

Las variaciones entre la translucidez y la resistencia se originan por cambios en la composición, en donde se disminuye la cantidad de Dióxido de Zirconio y de óxido de aluminio y se aumenta el porcentaje de óxido de Itrio; también la microestructura genera una diferencia, ya que al aumentar el tamaño de la partícula de zirconio, mientras más grande existe más superficies lisas lo que genera una refracción de luz más uniforme.

Las variantes ST y XT además tienen la posibilidad de comprar los bloques de un tono o poli cromáticos para favorecer la estética

- InCoris™ (DENTSPLY SIRONA®)

La empresa desarrolladora de CEREC® nos presenta su variedad de zirconio con InCoris, con dos variedades InCoris™ ZI, InCoris™ TZI e InCoris™ TZI C, la primera de ellas diseñada para infraestructuras de todo tipo coronas, puentes, barras de híbridas, etc. Mientras que la variedad TZI está diseñada para ser usada de manera monolítica con estructuras de hasta nueve piezas, solamente con maquillaje. Mientras que la versión TZI C, es similar a la TZI con la ventaja que viene con tonos predefinidos para disminuir el tiempo de maquillaje de la estructura



14. Figura 12: Bloques para CAD-CAM de InCoris™ ZI y de InCoris™ TZI. Guía de colores para seleccionar bloque de InCoris™ TZI C

- IPS E.max™ ZirCAD (Ivoclar®)

Al igual que VITA®, Ivoclar presenta su familia de zirconios con 4 diferentes grados de traslucidez y resistencia:

- IPS E.max™ ZirCAD MT Multi: la variedad más estética de la familia y de menor resistencia, indicada para coronas monolíticas y puentes de hasta tres piezas monolíticos
- IPS E.max™ ZirCAD MT: la segunda en estética de la familia, pensada para coronas y puentes de hasta tres piezas para estratificar o maquilladas en sector posterior.
- IPS E.max™ ZirCAD LT: es el producto que combina algo de estética con una resistencia que sobrepasa los 1100 MPa, por ello puede ser utilizada para todo tipo de situaciones, desde inlays hasta puentes sobre 4 piezas, monolíticas si el caso clínico lo pide, pero generalmente maquilladas o estratificadas con cerámicas de recubrimiento.
- IPS E.max™ ZirCAD MO: la versión totalmente opaca de la familia, utilizada siempre como infraestructura, en estructuras unitarias o puentes sobre 4 piezas. Su ventaja es que en casos de núcleos con alteraciones de color, su opacidad nos permite eliminar ese factor.

Ivoclar Vivadent[®], presenta a IPS E.max[™] como una familia, por ende plantea que la combinación de sus productos generarán los mejores resultados, por eso plantea el uso del zirconio como infraestructura y el disilicato de litio como recubrimiento, todo trabajado en CAD-CAM y unido antes de la sinterización, generando estructuras muy resistentes con excelente estética.



15. Figura 13: Discos y bloques para CAD-CAM de las diferentes variedades de IPS E.max[™] ZirCAD: Multi, MT, LT y MO.

Híbridos cerámicas infiltradas con resina

- Enamic™ (VITA®)

La empresa la plantea como la primera cerámica infiltrada con resina, consiste en una matriz cerámica sinterizada cuyos poros han sido llenados con un material polimérico. La parte cerámica constituye un 86% del peso y el material polimérico representa el 14% restante.

La cerámica corresponde a un feldespato enriquecido con óxido de aluminio, mientras que la parte polimérica está formada por una combinación de UDMA (dimetacrilato de uretano) y TEGDMA (dimetacrilato de trietilenglicol).

Posee una resistencia flexural de entre 150 a 160 MPa, con una dureza similar a las cerámicas de recubrimiento (feldespáticas). Estas características le dan algunas propiedades que la empresa destaca:

- Mayor absorción de fuerzas masticatorias
- Mayor deformación plástica lo que la hace menos frágil
- Un módulo de elasticidad similar a la dentina
- Menor desgaste del antagonista natural
- Menor desgaste de los instrumentos de tallado

Sus indicaciones son reconstrucciones mínimamente invasivas como reconstrucciones oclusales (tabletop), carillas, inlays, onlays y coronas unitarias anteriores y posteriores.



16. Figura 14: Bloque para CAD-CAM de Enamic™. Carillas construidas con Enamic™ demostrando la estética y translucidez que se puede lograr.

- Lava™ Ultimate (3M®)

Como competencia a Enamic aparece LAVA™ ultimate, indicado por la empresa como la primera resina nano cerámica, con una estructura basada en una matriz de resina con partículas de nanocerámica, es considerada más una resina que una cerámica, pero entra al grupo de híbridos

Presentado como un material versátil, indicado en un principio para inlays, onlays, carillas y coronas unitarias, la misma empresa ha emitido un comunicado en donde retira la indicación del uso del Lava™ Ultimate para construcción de coronas completas, ya que se han descementado más de lo anticipado y no se condice con los altos estándares de la empresa.



17. Figura 15: Bloques para CAD-CAM de Lava™ Ultimate. Bloque de Lava™ Ultimate fresado, demostrando la translucidez que se puede lograr.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Realizar una revisión de la literatura para conocer los diferentes materiales cerámicos de las empresas 3M[®] ESPE[™], DENSTPLY SIRONA[®], IVOCCLAR VIVADENT[®] Y VITA[®] para la tecnología CAD-CAM, conociendo sus indicaciones, comparando algunas características de ellas, para obtener una guía clínica sencilla para seleccionar el material adecuado para cada caso clínico.

Objetivos Específicos:

- 1- Mostrar los diferentes tipos de cerámicas utilizadas en el ámbito dental
- 2- Indicar los usos de los diferentes tipos de cerámicas
- 3- Confeccionar una guía clínica con los materiales cerámicos de las empresas 3M[®] ESPE[™], DENSTPLY SIRONA[®], IVOCCLAR VIVADENT[®] Y VITA[®] para la tecnología CAD-CAM, para su uso dependiendo de cada caso clínico

METODOLOGÍA Y MATERIALES

Realizar un review de cerámicas para CAD-CAM se torna complejo debido a la gran variedad de materiales que presenta el mercado, a los continuos cambios de nombre que se hacen en beneficio de la publicidad, pero por sobre todo debido a la gran cantidad de variables que se pueden comparar entre unos y otros, diferentes tipos de resistencia, in vitro. In vivo, fracasos, estética y todas sus variables, adhesión, biocompatibilidad, etc.

Es por ello que este review va enfocado en conocer los materiales, más que nada en sus indicaciones, con el fin de tener una guía clínica para elegir los materiales más comunes y prestigiosos del mercado según el caso clínico, para ello se compararan algunas propiedades de los materiales que avalen su uso, pero no es el sentido estricto del review, además se incorporarán muchos datos entregados por los propios fabricantes respecto a sus materiales, teniendo en cuenta el prestigio de las marcas estudiadas. Además se tomará como fundamental la norma ISO 6872:2015, que regula los materiales cerámicos para ocupar en Odontología.

La exploración bibliográfica se realizó aplicando la estrategia de búsqueda PICO (Population, Intervention, Comparison and Outcome) e incluyó una búsqueda electrónica de publicaciones electrónicas entre enero del 2013 hasta diciembre del 2018.

Las bases de datos electrónicas utilizadas para realizar esta revisión fueron en PUBMED MEDLINE de la U.S. National Library of Medicine (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>).

Los términos de búsqueda utilizados, fueron una combinación de términos MeSH ("Medical Subject Headings") apropiados, y de palabras clave libres, las cuales se agruparon en la estrategia PICO (Tabla VIII).

Population

• zirconia OR leucite OR feldspar OR Alumina OR litium disilicate OR ceramics glass

Intervention

• materials OR CAD CAM OR ceramics OR CAD CAM ceramics OR CEREC

Comparison

• press ceramics OR injected ceramics OR composite crowns OR resin crowns OR multilayered crowns OR Powder condensation ceramics OR slip casting ceramics OR Hot pressing

Outcome

• indications OR uses OR esthetics OR resistance OR trasnlucency OR clinical cases OR instruccion OR durability OR flexural resistance OR inlay OR onlay OR venner OR crowns OR bridges OR full mouth OR biocompatibility

IV.1 Criterios de Inclusión

De forma adicional a los criterios de “MeSH” y palabras claves, se aplicaron los siguientes criterios de inclusión.

- Los estudios debían estar publicados en inglés o español.
- Estudios publicados en revistas científicas
- Se aceptaron todos los estudios de tipo: Revisiones Sistemáticas y metaanálisis; experimentales *in vivo*, y observacionales.
- Las cerámicas utilizadas deben estar explícitas
- El título de la publicación debía estar relacionado a los objetivos de la investigación.
- Se aceptaron sólo estudios en los que las restauraciones cerámicas confeccionadas mediante sistema CAD/CAM fueron incluidos
- Se aceptaron sólo estudios donde se evaluaran propiedades mecánicas y estéticas

IV.2 Criterios de Exclusión

- Estudios que evaluaban el cemento más que las restauraciones
- Estudios sin autores publicados

IV.3 Estrategia de Búsqueda

Al realizar la búsqueda inicial, teniendo en consideración criterios de inclusión y exclusión, la revisión inicial en las bases de datos fue de 194 artículos en MEDLINE (PubMed)

De los 194 artículos obtenidos, se procedió a realizar una evaluación de los títulos y resúmenes de cada investigación, aplicando criterios de inclusión, y exclusión, centrándose en información que pudiera ser relevante para la indicación clínica de los materiales cerámicos.

La cantidad final de artículos seleccionados se redujo a 19 publicaciones, más un libro y una estandarización ISO. Dentro de las 19 publicaciones finalmente seleccionadas, 13 son estudios experimentales comparativos, 6 son revisiones sistemáticas y meta-análisis.

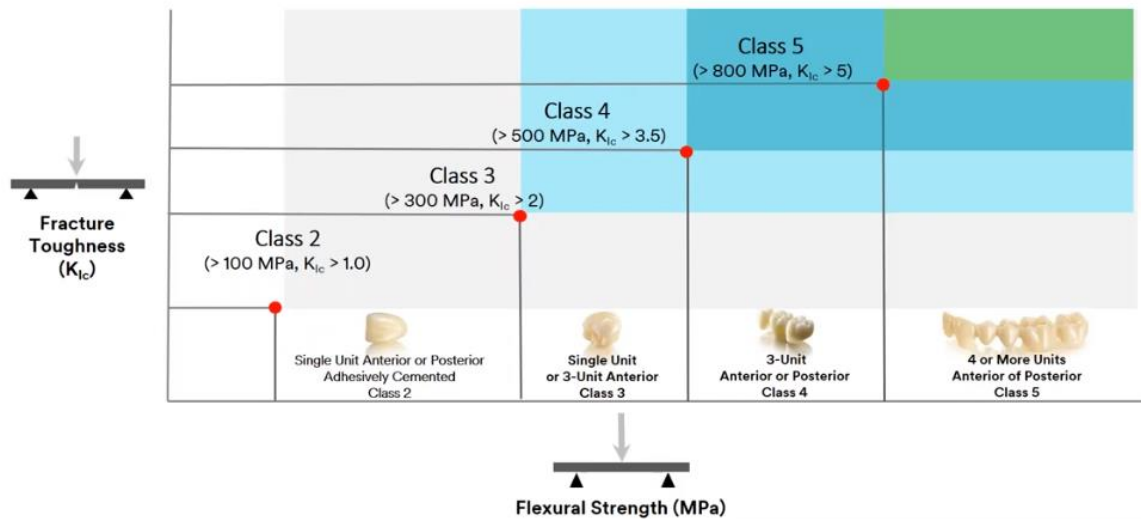
RESULTADOS

La norma ISO 6872:2015¹⁵ es la norma que actualmente estandariza y rige las cerámicas dentales. Esta normativa abarca:

- Los términos y definiciones, tanto de los materiales, como de las formas de procesamiento y sus propiedades.
- Los tipos y clases de cerámica existentes.
- Los requerimientos como: uniformidad, pureza, propiedades químicas y físicas, y biocompatibilidad entre otras
- Da ejemplos de tipos de cerámica
- Estandariza los test utilizados para medir las diferentes propiedades y características
- Instrucciones de almacenaje, marcas y etiquetado

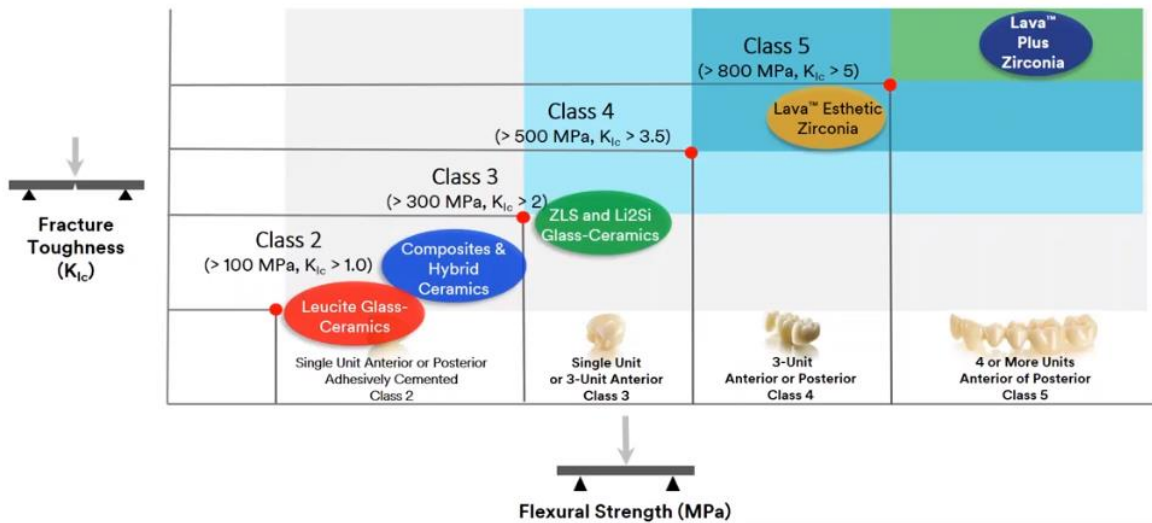
Dentro de las normas que establece, estandariza las indicaciones de las cerámicas según su resistencia flexional (MPa), que se mide con los materiales pulidos sin daños ni rasguños, y su tenacidad a la fractura (K_{Ic}), que es la medida de la tolerancia al daño del material, básicamente cuán difícil es romper el material.

En el siguiente gráfico podemos observar cuales son las indicaciones según los parámetros mencionados:



18. Figura 17: Gráfico donde se observan las características límites para clasificar las cerámicas en clase 2, 3, 4 y 5. Con sus respectivas indicaciones.

Y en el siguiente gráfico, podemos observar donde se ubican algunas de las cerámicas más conocidas, según la clasificación vista anteriormente.



19. Figura 17: Gráfico donde se observa el lugar que ocupa, según su resistencia flexional y su tenacidad a la fractura, las cerámicas feldespáticas reforzadas con leucita (rojo), Cerámicas híbridas (azul claro), Disilicato de litio y silicato de litio reforzado con zirconio (verde), zirconios de alta translucidez (amarillo) y zirconio opaco (azul oscuro)

En la siguiente tabla, extraída directamente de la norma ISO 6872:2015¹⁵, podremos visualizar los 5 tipos de cerámicas que se clasifican según sus propiedades mecánicas y químicas, identificando las indicaciones de cada una de estas:

Clase	Indicaciones clínicas recomendadas	Propiedades mecánicas y químicas	
		Resistencia flexional (MPa)	Solubilidad química ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)
1	a) Cerámica monolítica para prótesis anteriores, carillas, inlays u onlay adhesivos de una sola unidad.	50	<100
	b) Cerámica para la cobertura de una estructura de metal o una subestructura de cerámica.	50	<100

2	a) Cerámica monolítica para prótesis anterior o posterior de una sola unidad con cementación adhesiva.	100	<100
	b) Subestructura cerámica total o parcialmente cubierta, para prótesis anterior o posterior de una sola unidad con cementación adhesiva.	100	<2000
3	a) Cerámica monolítica para prótesis anterior o posterior de una sola unidad y para prótesis de tres unidades que no impliquen restauraciones molares con cementación adhesiva o no.	300	<100
	b) Subestructura cerámica total o parcialmente cubierta para prótesis anterior o posterior de una sola unidad y para prótesis de tres unidades que no impliquen restauración molar cementada de forma adhesiva o no adhesiva.	300	<2000
4	a) Cerámica monolítica para prótesis de tres unidades que impliquen restauraciones molares	500	<100
	b) Subestructura cerámica total o parcialmente cubierta para prótesis de tres unidades que impliquen restauraciones molares	500	<2000
5	Cerámica monolítica para prótesis que abarca una subestructura total o parcialmente cubierta para cuatro o más unidades, o una subestructura completamente cubierta para prótesis que involucra cuatro o más unidades.	800	<100

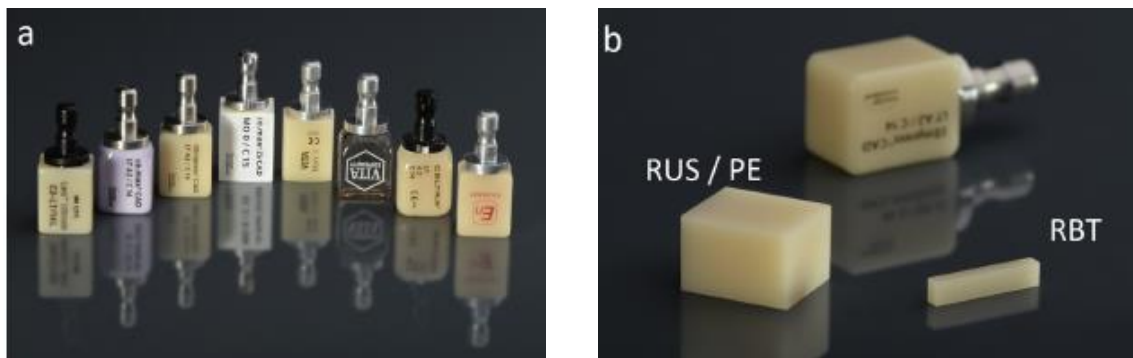
20. Figura 18. Tabla de indicaciones según resistencia flexional y solubilidad química de las cerámicas dentales, recogida de la norma ISO 6872:2015.

El 2016 M. Wender y R. Belli¹⁶⁻¹⁷, en conjunto con varios autores, realizaron dos estudios en relación a materiales CAD-CAM utilizados chairside, en ellos testearon las constantes elásticas y la resistencia flexional de diferentes tipos de bloques cerámicos para trabajo en CAD-CAM:

- Vitablocs™ Mark II, VITA®
- IPS Empress™ CAD, Ivoclar-Vivadent®
- IPS E-max™ CAD, Ivoclar-Vivadent®
- Suprinity™, VITA®
- Celtra™ Duo, Denstply-Sirona®
- IPS E-max™ ZIRCAD, Ivoclar-Vivadent®
- Enamic™, VITA®
- Lava™ Ultimate, 3M ESPE®

Las constantes elásticas se midieron usando tres métodos: Espectroscopia de ultrasonido resonante, Técnica de haz resonante y eco-pulso ultrasónico. Para todos los materiales se obtuvo el módulo de Bulk (Cantidad de presión necesaria para disminuir el volumen de un objeto) y al módulo de Shear (deformación ante fuerzas de cizallamiento).

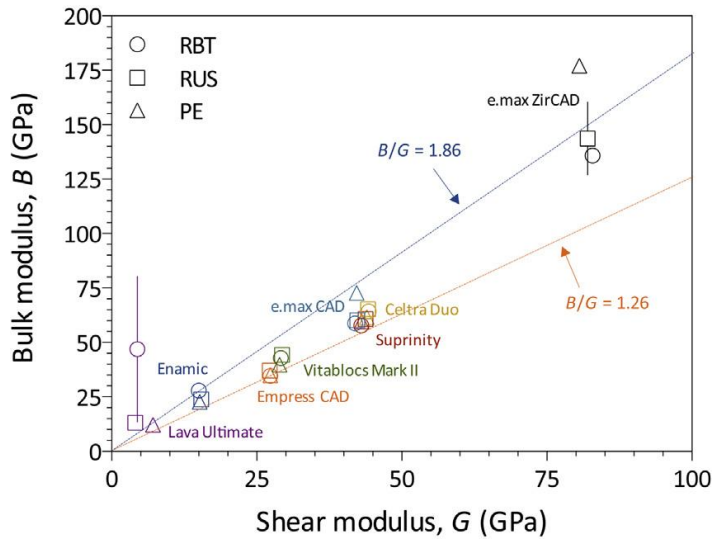
Los materiales fueron cortados usando una máquina de cortar de precisión con un disco diamantado embebido en cobre, bajo irrigación profusa. Se cortaron dos especímenes un paralelepípedo y un pequeño rectángulo.



21. Figura 19: a) materiales seleccionados para el estudio. b) probetas recortadas

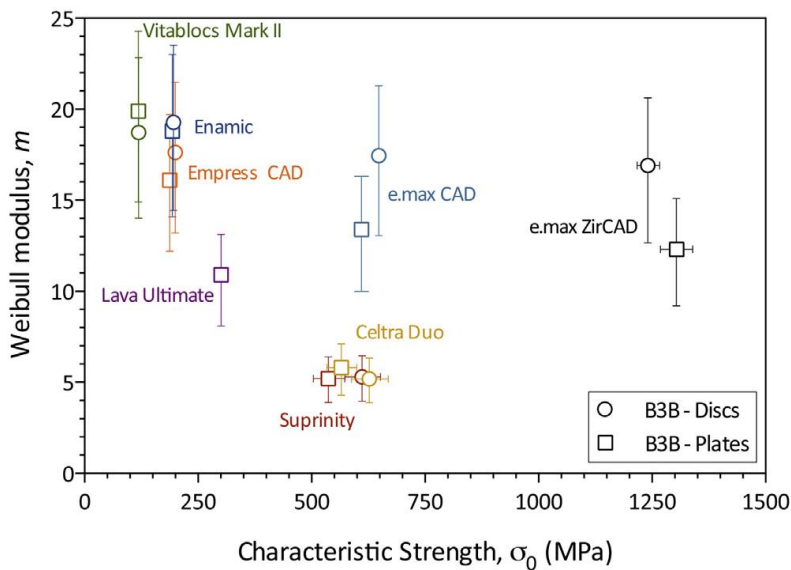
Las probetas fueron sometidas a los test previamente mencionados, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- En relación al módulo de Bulk y al módulo de Shear, se obtuvo que el rendimiento más bajo fue el de Lava™ Ultimate, teniendo módulos significativamente más bajos que el resto de los materiales testeados, mientras que el IPS E-max™ ZIRCAD, obtuvo resultados evidentemente superiores al resto de los materiales.



22. Figura 20: Gráfico del módulo de Bulk y Shear de los materiales testados

- En relación a la resistencia flexional, se calculó también el módulo de Weibull, que es una teoría de probabilidad estadística de la fractura de un material, tomando en cuenta la dispersión de la distribución de fuerzas. En relación a estos hallazgos se determinó que el de menor resistencia fue el Vitablocs™ Mark II, mientras que el de mayor resistencia fue el IPS E-max™ ZIRCAD. En relación al módulo de Weibull la mayoría de los materiales se comportaron de maneras similares, a excepción de Lava™ Ultimate, Suprinity™ y Celtra™ Duo.



23. Figura 21: Gráfico del módulo de Weibull y resistencia de los materiales testados

En otro estudio realizado en Turquía, el 2018, Somnez et al.¹⁸ se realizaron pruebas mecánicas in vitro, calculando dureza vickers, resistencia flexural y resistencia a la fractura; a 5 bloques CAD-CAM, antes y después de un termociclado:

- Vitablocs™ Mark II, VITA®
- IPS Empress™ CAD, Ivoclar-Vivadent®
- IPS E-max™ CAD, Ivoclar-Vivadent®
- Enamic™, VITA®
- Lava™ Ultimate, 3M ESPE®

Los resultados se reflejan en las siguientes tablas:

	Flexural Strength (MPa)	
	Before thermocycling Mean ± Sd	After thermocycling Mean ± Sd
VIT	112.4 ± 3.2 D,a	112.1 ± 2.3 B,a
EMP	134.5 ± 3.3 C,D,a	134.7 ± 3.8 B,a
MAX	359.2 ± 4.2 A,a	357.7 ± 3.7 A,a
ULT	191.2 ± 2.7 B,a	140.4 ± 3.5 B,b
ENA	152.1 ± 2.9 C,a	111.1 ± 1.2 B,b
² p	0.001**	0.001**

**p < 0.01

24. Tabla 3. Resultados de resistencia flexural antes y después del termociclado

Vickers Hardness (VHN)	Before Thermocycling	After Thermocycling	p
	Mean ± SD	Mean ± SD	
VIT	64 ± 0.1 A,a	6.3 ± 0.1 A,a	0.733
EMP	6.1 ± 0.1 A,a	6.1 ± 0.1 A,a	0.196
MAX	5.8 ± 0.1 A,a	5.8 ± 0.1 A,a	0.946
ULT	1.1 ± 0.1 B,a	0.8 ± 0.1 B,b	0.001**
ENA	2.3 ± 0.1 B,a	1.9 ± 0.1 B,b	0.001**
² p	0.001**	0.001**	

**p < 0.01

25. Tabla 4. Resultados de dureza Vickers antes y después del termociclado

Fracture Toughness (MPa·m ^{1/2})			¹ p
	Before thermocycling	After thermocycling	
	Mean ± Sd	Mean ± Sd	
VIT	2.34 ± 0.04 A,a	2.33 ± 0.03 A,a	0.853
EMP	1.90 ± 0.03 A,a	1.88 ± 0.03 A,a	0.406
MAX	1.67 ± 0.03 A,a	1.63 ± 0.03 A,a	0.908
ULT	1.29 ± 0.03 B,a	1.10 ± 0.04 B,b	0.001**
ENA	1.23 ± 0.02 B,a	1.02 ± 0.01 B,b	0.001**
² p	0.001**	0.001**	

**p < 0.01

26. Tabla 5. Resultados de resistencia a la fractura antes y después del termociclado

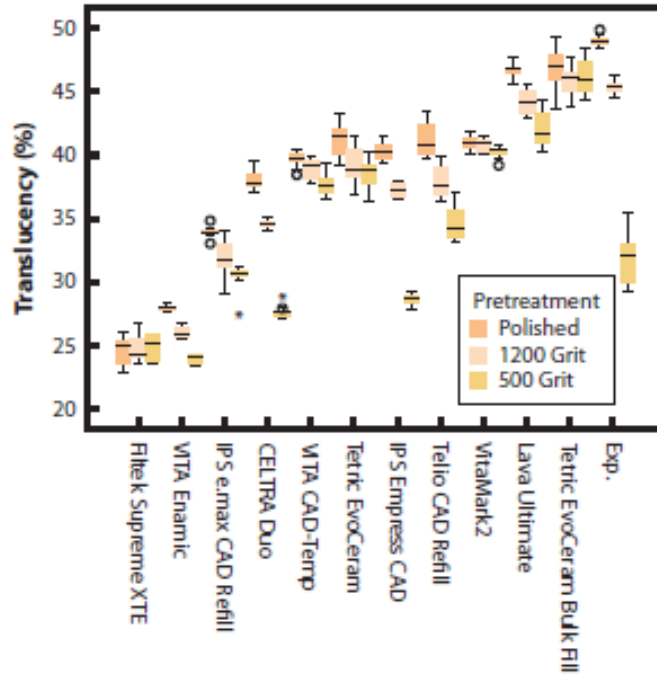
El valor más alto de dureza de Vickers se encontró para Vitablocs™ Mark II, sin embargo, los resultados de resistencia a la flexión y resistencia a la fractura fueron los más bajos. Se encontró que IPS E-max™ CAD tiene la mayor resistencia a la flexión y a la fractura que los otros materiales de bloques probados. Las propiedades mecánicas de Lava™ Ultimate y Enamic™ se vieron afectadas negativamente por el termociclado.

Un estudio realizado por Sieper et al, el 2017¹⁹ en Alemania, comparó la resistencia a la fractura del disilicato de litio IPS E-max™ CAD, versus el silicato de litio reforzado con zirconio Suprinity™ y la matriz cerámica infiltrada con polímeros Enamic™. Como se esperaba la resistencia de Enamic™ fue menor a los dos otros materiales, pero se destaca que se encontró una diferencia estadísticamente significativa a favor de IPS E-max™ CAD sobre Suprinity™. Es importante destacar que los tres materiales sobrevivieron a la simulación de masticación y que el grosor de la cara oclusal juega un rol importante en la resistencia.

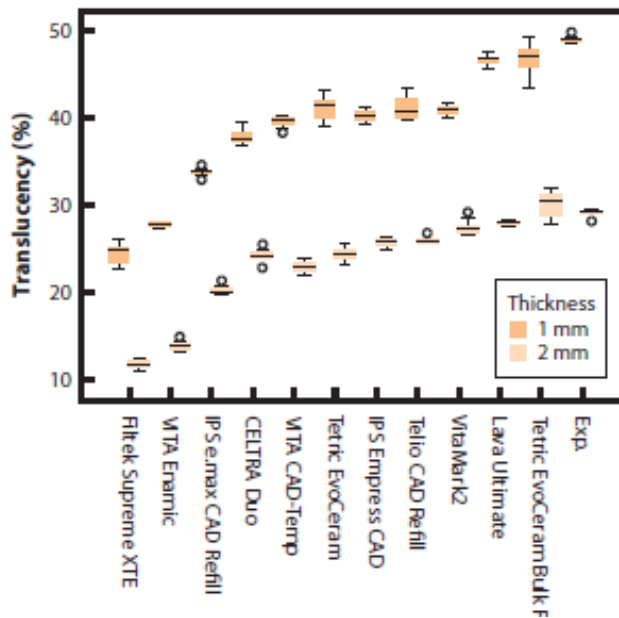
Otro aspecto aparte de las propiedades mecánicas es importante para saber cuál cerámica usar es la estética. Un estudio realizado por Awad et al²⁰, el 2015 en Alemania, evaluó la translucidez de varios materiales CAD-CAM y como se altera con la rugosidad y el grosor. Entre los materiales testeados se encontraba:

- Vitablocs™ Mark II, VITA®
- IPS Empress™ CAD, Ivoclar-Vivadent®
- IPS E-max™ CAD, Ivoclar-Vivadent®
- Celtra™ Duo, Denstply-Sirona®
- Enamic™, VITA®
- Lava™ Ultimate, 3M ESPE®

Además de otros materiales, básicamente resinas, materiales provisionarios y un material experimental. Los resultados podemos observarlos en las siguientes tablas:



27. Tabla 6. Resultados de translucidez antes diferentes grados de pulido



28. Tabla 7. Resultados de translucidez antes diferentes grosores

El factor más relevante para cambiar la translucidez fue el grosor, seguido por el tipo de material y finalmente el pulido. El material que mostró mejor translucidez de los estudiados en este review, fue Lava™ Ultimate, básicamente se sigue la lógica según el tipo de material, pero llama la atención la posición de Enamic™, que en este estudio muestra valores de translucidez menores que los silicatos o disilicatos de litio.

Otro estudio que evaluó la translucidez de las cerámicas CAD-CAM fue realizado el 2014 en Italia por Vichi et al.²¹ Se evaluaron 15 tipos diferentes de cerámicas CAD-CAM, con un espectrofotómetro, los materiales evaluados concernientes a este review fueron:

- IPS E.max™ HT, Ivoclar-Vivadent®
- IPS E.max™ LT, Ivoclar-Vivadent®
- IPS E.max™ MO, Ivoclar-Vivadent®
- IPS E.max™ ZirCAD, Ivoclar-Vivadent®
- IPS Empress™ HT, Ivoclar-Vivadent®
- IPS Empress™ LT, Ivoclar-Vivadent®
- Vitablocs™ Mark II, VITA®
- Vita YZ™, VITA®
- InCoris™ ZI, Denstply-Sirona®
- InCoris™ TZI, Denstply-Sirona®

Se prepararon 10 probetas de cada material, con dos grosores diferentes (0.5 mm. Y 1.0 mm.), posteriormente todas las probetas fueron pulidas. Usando un espectrofotómetro, se realizó una categorización según la relación de contraste (CR), mientras más alta ésta más opaco es el material. Basado en los resultados se categorizaron las cerámicas en 3 grupos:

- Alta translucidez (CR mayor a 0.5)
 - IPS E.max™ HT, Ivoclar-Vivadent®
 - IPS Empress™ HT, Ivoclar-Vivadent®
- Media Translucidez (CR entre 0.50 y 0.75)
 - Vitablocs™ Mark II, VITA®
 - InCoris™ TZI, Denstply-Sirona®
 - IPS E.max™ LT, Ivoclar-Vivadent®
 - IPS E.max™ MO, Ivoclar-Vivadent®
 - IPS Empress™ LT, Ivoclar-Vivadent®
 - Vita YZ™, VITA®
- Baja translucidez (CR entre 0.75 y 0.90)
 - IPS E.max™ ZirCAD, Ivoclar-Vivadent®
 - InCoris™ ZI, Denstply-Sirona®

DISCUSIÓN

El objetivo principal de este review es generar una guía clínica de indicaciones de los diferentes tipos de cerámicas para CAD-CAM, frente a diferentes situaciones clínicas. Tomando en cuenta los estudios revisados, la información entregada por los fabricantes y la norma ISO 6872:2015 que estandariza las cerámicas dentales, se realizará un análisis en cuanto a las diferentes categorías de cerámicas, planteadas por la estandarización, agregando la información obtenida por los fabricantes y los estudios revisados.




- Clase 1: Cerámicas que tienen una resistencia flexural entre 50 y 100 MPa. Ninguno de los bloques cerámicos para CAD-CAM evaluados en este estudio entra en esta categoría.
- Clase 2: Cerámicas que tienen una resistencia flexural entre 100 y 300 MPa. indicada según la norma ISO 6872:2015 para coronas anteriores y posteriores como restauración monolítica o infraestructura recubierta, en esta categoría se encuentran:
 - Vitablocs™ mark II, VITA®: Con una resistencia flexural entre los 110 MPa y los 150 MPa, se ubica como una cerámica clase 2, a pesar de lo indicado por la norma ISO la misma empresa recomienda su uso sólo para inlays, onlays y para la técnica Cad-On. Mientras que las variedades Triluxe y RealLife las indica para carillas y coronas anteriores, debido a sus capacidades estéticas superiores. La recomendación se basa en el concepto de estética más que en resistencia.
 - Cerec blocs™, Dentsply Sirona®: Con una resistencia a la flexión de 150 MPa, entra en la categoría de cerámica clase 2, se utiliza para las mismas indicaciones que la norma ISO refiere, pero en los casos de coronas anteriores y carillas, se recomienda el uso de las variedades Cerec blocs™ C PC que viene en tres tonos y la variedad C In, que tiene un núcleo muy cromático similar a la dentina recubierto por uno con tonalidad de esmalte.
 - IPS empress™ CAD, Ivoclar®: Si bien esta variedad tiene refuerzo de leucita, su resistencia a la flexión está entre los 135 - 185 MPa, por ende se clasifica como una cerámica clase 2, al igual que los productos más estéticos de la competencia tiene variedades HT (High translucency) y LT (Low Translucency), además de la variedad Multi, que posee capas de diferentes tonos de dentina y esmalte. Se utiliza para las mismas indicaciones que las normas ISO plantean, será la exigencia estética la que determinará cuál utilizar.




- Enamic™, VITA®: A diferencia de los anteriores acá no estamos frente a una cerámica pura, esta matriz cerámica infiltrada con resina tiene una resistencia a la flexión entre 150-160 MPa. Tiene diversas variedades, destacando las HT (High translucency) en su versión normal y policromática (MultiColor), y ST (super translucency), indicadas en su mayoría para inlays, onlays y carillas. Aunque las versiones HT se indican igual como coronas monolíticas anteriores y posteriores.
- Lava™ Ultimate, 3M ESPE®: Considerado más una resina que una cerámica, por los autores de las publicaciones recogidas, clasifica dentro de los materiales híbridos. Su resistencia a la flexión inicial esta entre los 190 a 200 MPa, y si bien dentro de este grupo se indica para coronas unitarias, la misma empresa ha enviado un comunicado donde no lo recomienda para coronas, solo para inlays, onlays y carillas.
- Clase 3: Cerámicas que tienen una resistencia flexural entre 300 y 500 MPa. indicada según la norma ISO 6872:2015 para coronas monolíticas o infraestructuras para prótesis anterior o posterior de una sola unidad y para prótesis de tres unidades que no impliquen molares:
 - IPS E.max™ CAD, Ivoclar®: Con una resistencia a la flexión que rodea los 350 MPa en sus diferentes variedades, este producto entra a la categoría de cerámica clase 3. Sus indicaciones son exactamente las mismas que plantea la norma ISO, aunque se irá variando entre sectores estéticos y no estéticos el material a usar.
 - Suprinity™ PC, VITA®: Con una resistencia cercana a los 400 MPa, tiene todos los requisitos para cumplir las indicaciones vistas en la norma ISO, sin embargo el propio fabricante lo indica para restauraciones unitarias, potenciando para las restauraciones plurales otros productos.
 - Celtra™ Duo, Dentsply Sirona®: Material similar a Suprinity™, con una resistencia cercana a los 390 MPa, completa las cerámicas clase 3 de la lista, la diferencia con los otros materiales expuestos, es que viene completamente sinterizado. Las indicaciones coinciden con su clasificación ISO, y se comercializa en dos tipos de translucidez, con diferentes tonos.




- Clase 4: Cerámicas que tienen una resistencia flexural entre 500 y 800 MPa. indicada según la norma ISO 6872:2015 para cerámicas monolíticas e infraestructuras de prótesis de tres unidades que impliquen restauraciones molares.
 - Lava™ Esthetics, 3M ESPE®: Zirconio translúcido con una resistencia a la flexión que se aproxima a los 800 MPa, y se ha clasificado como cerámica tipo 4. Indicado inicialmente para puentes de 3 piezas, la empresa también lo recomienda para coronas unitarias, inlays, onlays incluso carillas.
 - Vita YZ™ XT, VITA®: Otra variedad de zirconio translúcido, esta posee una resistencia a la flexión cercana a los 600 MPa, está indicado principalmente para puentes anteriores de hasta 3 piezas, como infraestructura o como restauración monolítica.
- Clase 5: Cerámica con una resistencia flexural sobre 800 MPa, indicadas para una subestructura total o parcialmente cubierta para cuatro o más unidades.
 - Lava™ Plus, 3M ESPE®: Con una resistencia cercana a los 1100 MPa, entra a la clase 5 de las cerámicas, indicada como infraestructura de puentes sobre 4 piezas, hasta 48 mm. con máximo dos pónicos juntos en sector posterior, y 4 en sector anterior.
 - Vita YZ™ T, HT y ST, VITA®: Mientras que las versiones T y HT poseen una resistencia a la flexión similar cercana a los 1200 MPa, y se indican como infraestructuras, la versión ST baja su resistencia alrededor de los 850 MPa, sigue estando dentro de la clase 5 de cerámicas, pero se indica para restauraciones de dientes posteriores como cerámica monolítica.
 - InCoris™, Dentsply Sirona®: Todas las variedades presentan una resistencia a la flexión sobre los 900 MPa, la versión ZI se recomienda como infraestructura, mientras que las versiones TZI y TZI C, se recomiendan para estructuras monolíticas maquilladas.
 - IPS E.max™ ZirCAD, Ivoclar®: Las versiones MT y MT multi, llegan a una resistencia a la flexión cercana a los 850 MPa, y están diseñadas para ser usadas como estructuras monolíticas. Mientras que las variedades LT y MO alcanzan los 1200 MPa de resistencia flexural, y su indicación es como infraestructura.

El objetivo primordial es realizar una guía clínica ante los diferentes casos clínicos, que se presentará a continuación.

Guía Clínica

Caso Clínico	Recomendado	Posible
	<p>Vitablocs™ mark II</p> <p>Cerec blocs™ C</p> <p>IPS empress™ CAD</p> <p>Lava™ Ultimate</p>	<p>IPS E.max™ CAD</p> <p>Suprinity™ PC</p> <p>Celtra™ Duo</p> <p>Lava™ Esthetics</p> <p>Vita YZ™ XT</p>
	<p>Vitablocs™ Triluxe y RealLife</p> <p>Cerec blocs™ PC e In</p> <p>IPS empress™ CAD HT</p> <p>Enamic™ ST y multicolor</p> <p>Lava™ Ultimate</p> <p>IPS E.max™ CAD</p> <p>Suprinity™ PC</p> <p>Celtra™ Duo</p>	<p>Lava™ Esthetics</p> <p>Vita YZ™ XT</p>
	<p>Vitablocs™ Triluxe y RealLife</p> <p>Cerec blocs™ PC e In</p> <p>IPS empress™ CAD</p> <p>Enamic™ ST y multicolor</p> <p>IPS E.max™ CAD</p> <p>Suprinity™ PC</p> <p>Celtra™ Duo</p>	<p>Lava™ Esthetics</p> <p>Vita YZ™ XT</p>

	<p>IPS E.max™ CAD Suprinity™ PC Celtra™ Duo</p>	<p>Lava™ Esthetics Vita YZ™ XT</p>
	<p>Vitablocs™ Mark II Cerec blocs™ C IPS empress™ CAD Enamic™ HT IPS E.max™ CAD Suprinity™ PC Celtra™ Duo</p>	<p>Lava™ Esthetics Vita YZ™ XT y ST</p>
	<p>Lava™ Esthetics Vita YZ™ XT y ST InCoris™ TZI y TZI C IPS E.max™ ZirCAD MT y MT multi</p>	<p>Lava™ Plus Vita YZ™ HT</p>
	<p>Lava™ Plus Vita YZ™ HT y ST InCoris™ TZI y TZI C IPS E.max™ ZirCAD LT</p>	
	<p>Lava™ Esthetics Vita YZ™ XT, HT y ST InCoris™ TZI y TZI C IPS E.max™ ZirCAD MT y LT</p>	<p>Lava™ Plus Vita YZ™ T InCoris™ ZI IPS E.max™ ZirCAD MO</p>

 	<p>Lava™ Plus</p> <p>Vita YZ™ T y HT</p> <p>InCoris™ ZI</p> <p>IPS E.max™ ZirCAD MO y LT</p>	<p>Lava™ Esthetics</p> <p>Vita YZ™ XT, HT y ST</p> <p>InCoris™ TZI</p> <p>IPS E.max™ ZirCAD MT y LT</p>
	<p>Lava™ Plus</p> <p>Vita YZ™ T</p> <p>InCoris™ ZI</p> <p>IPS E.max™ ZirCAD MO</p>	<p>Vita YZ™ HT</p> <p>IPS E.max™ ZirCAD LT</p>

CONCLUSIONES

- Las cerámicas han evolucionado y se han creado bloques con diversas características, en donde las menores propiedades mecánicas son directamente proporcionales a la alta estética, y viceversa. Pero de apoco el mercado ha incluido nuevos materiales que combinan resistencia y estética, haciéndolos muy versátiles en sus usos.
- Las características más importantes para determinar el uso clínico de una restauración cerámica son sus propiedades mecánicas y le estética que se puede lograr, según las necesidades del caso.
- Las empresas revisadas en este review son las más importantes en nuestro país y sus avances son los que están a la vanguardia de las tecnologías.
- Cada empresa presenta diversos productos que finalmente se adaptarán a las diferentes necesidades clínicas, es importante conocer sus características para tener resultados predecibles y estéticos.

RESUMEN

Objetivo: Realizar una revisión de la literatura para conocer los diferentes materiales cerámicos de las empresas 3M[®] ESPE[™], DENTPLY SIRONA[®], IVOCLAR VIVADENT[®] Y VITA[®] para la tecnología CAD-CAM, conociendo sus indicaciones, comparando algunas características de ellas, para obtener una guía clínica sencilla para seleccionar el material adecuado para cada caso clínico.

Metodología: Realizar un review de cerámicas para CAD-CAM se torna complejo debido a la gran variedad de materiales que presenta el mercado. Es por ello que este review va enfocado en conocer los materiales, más que nada en sus indicaciones, con el fin de tener una guía clínica para elegir los materiales más comunes y prestigiosos del mercado según el caso clínico. Por lo tanto se realizó una revisión bibliográfica través de las base de datos electrónicas: PUBMED MEDLINE, aplicando la estrategia de búsqueda PICO (Population, Intervention, Comparison and Outcome), las fechas de búsqueda fueron entre enero del 2013 hasta diciembre del 2018. Los términos de búsqueda utilizados fueron agrupados en la estrategia PICO. Tomando en consideración ciertos criterios de inclusión y exclusión.

Resultados: Se seleccionaron 21 publicaciones: 13 son estudios experimentales comparativos, 6 son revisiones sistemáticas y meta-análisis, 1 estandarización ISO y 1 libro.

Conclusión: Cada empresa presenta diversos productos que finalmente se adaptarán a las diferentes necesidades clínicas, es importante conocer sus características para tener resultados predecibles y estéticos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Montagna F; Barbesi M. (2013) Cerámicas, Zirconio y CAD/CAM. Caracas, Venezuela. Editorial Amolca
2. Alghazzawi, M. (2016). Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *journal of prosthodontic research*, 6 0 (2 0 1 6), 7 2 – 8 4
3. Martínez Rus, Francisco, Pradíes Ramiro, Guillermo, Suárez García, M^a Jesús, & Rivera Gómez, Begoña. (2007). Cerámicas dentales: clasificación y criterios de selección. *RCOE*, 12(4), 253-263.
4. Da Silva, L., Lima, E., Miranda, R., Favero, S., Lohbauer, U., Cesar, P. (2017). Dental ceramics: a review of new materials and processing methods. *Braz. Oral Res.* 2017;31(suppl):e58
5. DAL PIVA, Amanda Maria de Oliveira, BARCELLOS, Aline Serrado de Pinho, BOTTINO, Marco Antonio, SOUZA, Rodrigo Othávio de Assunção e, & MELO, Renata Marques de. (2018). Can heat-pressed feldspathic ceramic be submitted to multiple heat-pressing?. *Brazilian Oral Research*, 32, e106.
6. Raymond Wai Kim Li, Tak Wah Chow, Jukka Pekka Matinlinna. (2014) Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: State of the art, *Journal of Prosthodontic Research*, Volume 58, Issue 4, 2014, Pages 208-216.
7. Ahrari, F., Boruziniat, A., Mohammadipour, H. S., & Alirezaei, M. (2018). The Effect of Fractional CO₂ Laser Irradiation on Shear Bond Strength of Resin Cement to Feldspathic Porcelain. *Journal of lasers in medical sciences*, 9(2), 101-106.
8. Vafaei, F., Heidari, B., Khoshhal, M., Hooshyarfard, A., Izadi, M., Shahbazi, A., & Moghimbeigi, A. (2018). Effect of Resin Cement Color on the Final Color of Lithium Disilicate All-Ceramic Restorations. *Journal of dentistry (Tehran, Iran)*, 15(3), 143-150.
9. Serina Taguchi, Futoshi Komine, Kei Kubochi, Ryosuke Fushiki, Fumiaki Kimura, Hideo Matsumura. (2018) Effect of a silane and phosphate functional monomer on shear bond strength of a resin-based luting agent to lithium disilicate ceramic and quartz materials, *Journal of Oral Science*, Volume 60, Issue 3, Pages 360-366
10. Riccitiello, F., Amato, M., Leone, R., Spagnuolo, G., & Sorrentino, R. (2018). In vitro Evaluation of the Marginal Fit and Internal Adaptation of Zirconia and Lithium Disilicate Single Crowns: Micro-CT Comparison Between Different Manufacturing Procedures. *The open dentistry journal*, 12, 160-172. doi:10.2174/1874210601812010160

11. Rigoni, Paulo, Amaral, Flávia Lucisano Botelho do, França, Fabiana Mantovani Gomes, & Basting, Roberta Tarkany. (2012). Color agreement between nanofluorapatite ceramic discs associated with try-in pastes and with resin cements. *Brazilian Oral Research*, 26(6), 516-522
12. Anmol, C., & Soni, S. (2014). Effect of two different finishing systems on surface roughness of feldspathic and fluorapatite porcelains in ceramo-metal restorations: Comparative in vitro study. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, 4(1), 22-8.
13. Bona, A. D., Pecho, O. E., & Alessandretti, R. (2015). Zirconia as a Dental Biomaterial. *Materials (Basel, Switzerland)*, 8(8), 4978-4991. doi:10.3390/ma8084978
14. Pjetursson, B., Valente, N., Strasding, M., Zwahlen M., Liu, S., Sailer, I. (2018). A systematic review of the survival and complication rates of zirconia-ceramic and metal-ceramic single crowns. *Clin Oral Implants Res.* 2018 Oct;29 Suppl 16:199-214.
15. ISO 6872:2015. (2015) Dentistry — Ceramic materials. International standard. Fourth edition. 2015-06-01
16. Renan Belli, Michael Wendler, Dominique de Ligny, Maria Rita Cicconi, Anselm Petschelt, Herwig Peterlik, Ulrich Lohbauer, (2016) Chairside CAD/CAM materials. Part 1: Measurement of elastic constants and microstructural characterization, *Dental Materials*, Volume 33, Issue 1, Pages 84-98
17. Michael Wendler, Renan Belli, Anselm Petschelt, Daniel Mevec, Walter Harrer, Tanja Lube, Robert Danzer, Ulrich Lohbauer, (2016) Chairside CAD/CAM materials. Part 2: Flexural strength testing, *Dental Materials*, Volume 33, Issue 1, Pages 99-109.
18. Sonmez, N., Gultekin, P., Turp, V., Akgungor, G., Sen, D., & Mijiritsky, E. (2018). Evaluation of five CAD/CAM materials by microstructural characterization and mechanical tests: a comparative in vitro study. *BMC oral health*, 18(1), 5.
19. Kim Sieper, Sebastian Wille, Matthias Kern. (2017) Fracture strength of lithium disilicate crowns compared to polymer-infiltrated ceramic-network and zirconia reinforced lithium silicate crowns, *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, Volume 74, Pages 342-348.
20. Awad D, Stawarczyk B, Liebermann A, Ilie N. (2015) Translucency of esthetic dental restorative CAD/CAM materials and composite resins with respect to thickness and surface roughness. *J Prosthet Dent.* 2015 Jun;113(6):534-40
21. Vichi A, Carrabba M, Paravina R, Ferrari M. (2014) Translucency of ceramic materials for CEREC CAD/CAM system. *J Esthet Restor Dent.* 2014 Jul-Aug;26(4):224-31.