

# Estado actual de las cerámicas en odontología, tecnología CAD/CAM y sus indicaciones

## *Current Status of Ceramics in Dentistry, CAD/CAM Technology and its Indications*

DOI: <https://doi.org/10.37883/AOV/v59-2-2025-04>  
Disponible en [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_aov](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_aov)  
Recepción del trabajo: 08/02/2024  
Fecha de inicio: 31/03/2024  
Aprobado: 17/03/2025

Luis Alonso Calatrava Oramas

Profesor Titular jubilado de la Universidad Central de Venezuela.

MSc. University of Michigan

Doctor en Odontología Universidad Central de Venezuela.  
ORCID: [0009-0003-9500-4847](https://orcid.org/0009-0003-9500-4847)

[lcalatravao@gmail.com](mailto:lcalatravao@gmail.com)

**RESUMEN** Las restauraciones de cerámica han ganado cada vez más atención en las últimas décadas, principalmente debido a la mayor demanda de sonrisas estéticas y al desarrollo tecnológico en el campo de la odontología. El objetivo de esta revisión narrativa es explorar el estado actual de los materiales dentales CAD-CAM, sus aplicaciones clínicas en cuanto a sus propiedades físico-químicas, mecánicas y ópticas, mediante el análisis de la literatura científica.

Las notables propiedades y versatilidad hacen de las cerámicas sin metal: feldespáticas, di-silicato de litio y

silicato de litio circonia sean materiales indicados en la odontología moderna, generalizando sus indicaciones. Por otro lado, las circonias dentales, también se han utilizado ampliamente debido a sus altas propiedades mecánicas y biocompatibilidad; inicialmente indicadas como material de infraestructura, sus complicaciones técnicas relacionadas con la cerámica de recubrimiento, han llevado a importantes esfuerzos para mejorar las propiedades ópticas de estos materiales, permitiendo su indicación monolítica. Paralelamente, la reciente introducción de la nueva generación de cerámicas híbridas ha ofrecido una amplia paleta de materiales dentales que amplían las indicaciones clínicas restauradoras, a la luz de los dictados de la odontología mínimamente invasiva. El material ideal para restaurar o reemplazar los tejidos bucales perdidos, puede resultar difícil de alcanzar, pero los esfuerzos para desarrollar opciones nuevas y mejoradas, continúan a un ritmo rápido, de allí que se requiere una cuidadosa selección de materiales, adaptados a cada situación clínica. Considerando esta evolución se presenta una perspectiva crítica y una actualización, centrándose en sus propiedades, indicaciones y rendimiento.

**Palabras clave:** Cerámica; disilicato de litio; ZLS; circonia, cerámicas híbridas.

**SUMMARY** Ceramic restorations have gained increasing attention in recent decades, mainly due to the increased demand for aesthetic smiles and technological development in the field of dentistry. The objective of this narrative review is to analyze the current state of CAD-CAM dental materials, their clinical applications in terms of their physicochemical, mechanical and optical properties, through the analysis of the scientific literature. The notable properties and versatility make metal-free ceramics: feldspathic, di and lithium/zirconium silicate materials indicated in modern dentistry, generalizing their indications. On the other hand, dental zirconia

has also been widely used due to its high mechanical properties and biocompatibility; Initially indicated as an infrastructure material, its technical complications related to coated porcelain have led to significant efforts to improve the optical properties of these materials, allowing their monolithic indication. In parallel, the recent introduction of the new generation of hybrid ceramics has offered a wide palette of dental materials that expand restorative clinical indications, in light of the dictates of minimally invasive dentistry. The ideal material to restore or replace lost oral tissues may be elusive, but efforts to develop new and improved options continue at a rapid pace, requiring careful selection of materials adapted to each clinical situation. Considering this evolution, a critical perspective and update is presented, focusing on its properties, indications and performance.

**Keywords:** Ceramics; Lithium disilicate; dental porcelain; Zirconia.

## INTRODUCCIÓN

La incorporación de nuevas tecnologías y materiales restauradores estéticos ha estimulado una evolución significativa en la odontología contemporánea, provocando un cambio radical en la manera de diagnosticar y tratar a los pacientes; paralelamente la selección del material es una de las decisiones más importantes que deben tomar los clínicos, ya que puede afectar la función a largo plazo, la longevidad y la estética de las restauraciones.

El diseño asistido por computadora / fabricación asistida por computadora (CAD/CAM) en nuestra área, destaca como el uso de tecnología informática para diseñar diferentes tipos de procedimientos dentales. Esta fase ha aumentado velozmente el uso del flujo de trabajo digital para la fabricación de

restauraciones, ya que ofrecen rapidez y eficiencia, y también la capacidad de almacenar la información capturada de forma indefinida, y transferirla fácilmente entre la clínica y el laboratorio.

Los pasos concretos del flujo de trabajo digital dental del sistema CAD/CAM son: (1) Escanear registros dentales mediante un escáner conectado a un software; (2) Procesar los datos digitales con un programa que permita diseñar visualmente restauraciones dentales; (3) Procesos de fabricación realizados mediante técnicas sustractivas (fresándolas a partir de un bloque prefabricado o discos)<sup>1-5</sup> y las técnicas aditivas.

La fabricación aditiva o impresión 3D, se está convirtiendo en una alternativa a la fabricación sustractiva o fresado y se han desarrollado una amplia variedad de materiales para su uso en odontología; sin embargo, aún no se ha experimentado un gran avance comercial en este ámbito<sup>6,7</sup>.

Para ejecutar estas modalidades de flujo de trabajo se pueden utilizar técnicas de digitalización directa o indirecta. En la directa, el diente preparado se escanea en la cavidad bucal mediante un escáner óptico intraoral, mientras que, en la técnica de digitalización indirecta, primero se toma una impresión de silicona convencional y luego se escanea la impresión o el modelo, con un escáner extra oral o de laboratorio. Luego, los datos adquiridos se utilizan para el diseño (CAD) y fabricación (CAM) de la restauración protésica<sup>8</sup>.

Los procesos digitales también han permitido el desarrollo de materiales totalmente cerámicos de alto rendimiento, que con fines educativos y de comunicación, se han clasificado en tres familias:

## REVISIÓN DE LA LITERATURA

(1) cerámicas de matriz de vidrio, (2) cerámicas policristalinas y (3) cerámicas de matriz de resina. El criterio utilizado para diferenciarlos se basa en la fase o fases presentes en su composición química, y su longevidad depende de diferentes factores, incluidos: los relacionados con el procedimiento / material, el paciente y el odontólogo<sup>9-11</sup>. Por lo anterior es importante explorar las aplicaciones clínicas de estos materiales y su correlación con la mejora de sus características mecánicas.

De allí que el objetivo general del presente trabajo, es analizar a través de una revisión bibliográfica exhaustiva, el estado actual de las cerámicas en odontología y sus principales indicaciones clínicas, haciendo énfasis en la tecnología CAD/CAM.

## METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de la literatura en bases de datos académicas y repositorios digitales, tales como Google Scholar, PubMed Y Scielo.

Se establecieron criterios claros de inclusión para seleccionar los estudios relevantes, considerando artículos publicados en idioma inglés y español, durante los últimos 10 años, siendo la última fecha de selección diciembre 2024.

Como estrategia de búsqueda se utilizaron los siguientes términos MeSH: Ceramics; Lithium disilicate; dental porcelain; Zirconia; Organically Modified Ceramics; CAD-CAM materials; digital dentistry; prosthodontics.

Los artículos seleccionados fueron analizados en función de su rigor metodológico y la inclusión de

la temática en estudio: cerámicas dentales para sistemas CAD-CAM, características mecánicas, su composición, propiedades ópticas.

La información recopilada se organizó y se presentó como un texto narrativo para su análisis crítico.

## RESULTADOS

### Materiales cerámicos para los bloques CAD/CAM

Los antecedentes sobre las propiedades de los materiales disponibles, es un punto de partida para tratar sobre el desarrollo de alternativas potenciales para rehabilitar las estructuras de tejidos duros y blandos perdidos, a base de cerámica. La necesidad actual es alcanzar un equilibrio entre propiedades mecánicas y un acabado estético de alta calidad, con el objetivo de imitar el aspecto óptico de los dientes naturales.

La gran cantidad de materiales de restauración ha proporcionado un gran número de opciones para los odontólogos restauradores, pero ha aumentado la complejidad del proceso de toma de decisiones; paralelamente con la llegada de la era digital y el fresado en el consultorio, junto con la novedosa tecnología de sinterización rápida, la fabricación de restauraciones dentales es más automatizada y eficiente en términos de tiempo y precisión.<sup>12</sup>

Sin duda este avance especializado, ha aumentado la aplicación de cerámicas en el campo de la restauración dental; poseen ventajas, como excelentes propiedades ópticas, biocompatibilidad, baja conductividad térmica, estabilidad del color y excelentes propiedades mecánicas. Por lo tan-

to, hemos evolucionado gradualmente del uso de aleaciones, a materiales cerámicos<sup>1,9</sup>. Pero, esta gran cantidad de opciones disponibles, implica, que una selección inadecuada del material, puede provocar fallas en el resultado final.

Una revisión reciente señala que las cerámicas compuestas de sílice, para uso CAD/CAM, son materiales amorfos inorgánicos no metálicos, que contienen una fase vítreo, y se pueden clasificar en feldespáticas tradicionales, cerámicas de vidrio reforzadas con leucita y cerámicas de silicato de litio. El componente de vidrio proporciona una alta translucidez, excelentes cualidades estéticas y una apariencia natural. Añaden también un nuevo tipo de material cerámico, que combina las ventajas de los materiales cerámicos y poliméricos, que tiene propiedades que incluyen estética, resistencia, adhesión, resistencia al desgaste y otras características como las de la porcelana<sup>11</sup>.

## Cerámica feldespática tradicional

La primera incrustación producida por CAD/CAM se fabricó en 1985 utilizando un bloque cerámico compuesto por cerámica feldespática de grano fino (Vita™ Mark I, Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemania)<sup>12</sup>.

Estas cerámicas consisten en una mezcla de leucita (aluminosilicato de potasio) y vidrio, con una resistencia a la flexión baja a media, de hasta 120 MPa; tienen excelentes propiedades estéticas y se han recomendado para su uso en la fabricación de carillas, inlays/onlays y coronas simples. Sin embargo, debido a su resistencia a la flexión relativamente baja, se recomienda precaución en pa-

cientes con bruxismo severo o en áreas de altas cargas oclusales<sup>13</sup>.

## Vitrocerámica reforzada con leucita

Las cerámicas feldespáticas reforzadas con leucita ofrecen mayor resistencia que las feldespáticas tradicionales y son adecuadas para carillas laminadas, coronas anteriores, incrustaciones y onlays; contienen hasta un 45 % de leucita por volumen, que sirve como fase de refuerzo, lo que resulta en una flexión media, valores de resistencia de hasta 140 MPa y altas tasas de supervivencia del 95,2%. Además, ofrecen una excelente estética después de hasta 11 años<sup>4</sup>. Otros reportan una alta tasa de supervivencia del 79,6% después de un período de observación de 13 a 15 años<sup>15</sup>.

Ejemplos de vitro-cerámicas altamente cargados de leucita incluyen: IPS Empress Aesthetic® (Ivoclar Vivadent), Optec OPC® (Jeneric Pentron), Authentic® (Jensen) y Finesse All-Ceramic® (Dentsply). El IPS Empress® CAD (Ivoclar Vivadent) es ejemplo clásico de cerámica CAD/CAM a base de leucita<sup>16</sup>.

## Vitreocerámicas de di-silicato de litio

Tienen una estructura con los cristales de disilicato de litio dispuestos aleatoriamente en la capa de vidrio (fase de vidrio Li<sub>2</sub>O/2SiO<sub>2</sub>). IPS e.max Ceram es una cerámica de estratificación de nano-fluorapatita que se utiliza para la producción de carillas o como material de recubrimiento para cerámicas de vidrio u óxido, mientras que IPS e. max ZirPress son lingotes prensados, adecuados para recubrimiento de subestructuras mediante la técnica de inyección sobre circonia<sup>17</sup>.

Sus propiedades mecánicas y la buena calidad estética de estos materiales se reflejan en buena longevidad, que contribuye en gran medida en el atractivo para los clínicos. En comparación con las vitrocerámicas de leucita, (IPS Empress, Ivoclar Vivadent) los materiales a base de disilicato de litio: (IPS e.max, Ivoclar Vivadent), Tessera (Dentsplay, Sirona), Initial LiSi (GC), Amber Press/Mill (Hess), tienen propiedades mecánicas superiores, lo que amplía su indicación. La técnica de cristalización es similar, sea un bloque “azul” para sistema CAD-CAM o pastilla para técnica de inyección<sup>18</sup>.

Se han reportado tasas de supervivencia del 96,7 % y 95,2 % para coronas posteriores de cobertura total e inlays y onlays de cobertura parcial, respectivamente, sin casos de fracaso durante el seguimiento de 16,9 años<sup>19</sup>.

Teóricamente, la precisión del diseño y fresado producido por la tecnología CAD/CAM contemporánea, debería producir una restauración con una precisión marginal de cero discrepancias en todo el margen; pero se sabe que esto es prácticamente imposible. Se ha informado de una amplia gama de valores medios de discrepancia marginal, que ocurren en las coronas e.max CAD; sin embargo, concluyen que la precisión marginal de estas coronas es clínicamente aceptable<sup>20</sup>.

### Cerámicas de silicato de litio. Reforzadas con zirconio (ZLS)

La búsqueda constante de materiales de restauración de cerámica sin metal que combinen estética y resistencia, ha contribuido al desarrollo de nuevas vítreo-cerámicas de silicato de litio como fase

cristalina principal, en una matriz vítreo reforzada con cristales más pequeños y finos.

Sin embargo, su resistencia a la fatiga está influenciada por variables experimentales, como la cantidad de carga cíclica, el diseño y el material del pilar y del antagonista, los parámetros de termociclado y el entorno de prueba; por esta razón, la heterogeneidad y la falta de estandarización en los diseños de investigación, los materiales probados y las condiciones experimentales hacen que la comparación de datos no sea fácilmente factible<sup>1</sup>.

Las investigaciones han llevado a la introducción de estos materiales prometedores, las ZLS, gracias a una estrategia alternativa para mejorar la translucidez: una matriz vítreo, que contiene una estructura cristalina homogénea hecha de cristales de silicato de litio, se refuerza con rellenos de zirconio tetragonal (aproximadamente el 10% en peso)<sup>17</sup>.

La tenacidad a la fractura, resistencia a la flexión, el módulo elástico y la dureza de la cerámica ZLS, son mayores en comparación con las cerámicas feldespáticas, de disilicato de litio e híbridas, así como con las nanocerámicas / resina; sin embargo, son más bajos que el circonio translúcido o de alta translucidez.

Señalan Bajraktarova-Valjakova et al., que su composición específica tiene un efecto positivo sobre las propiedades ópticas del material, en consecuencia, se logra en la restauración, la apariencia estética como un diente natural (opalescencia natural, fluorescencia y efecto camaleónico pronunciado). Los cristalitos de silicato de litio de Celtra con un tamaño de 0,5-0,7 µm corresponden al rango de longitud de onda de la luz natural, imitando así el

comportamiento opalescente del esmalte dental y, junto con el alto contenido de vidrio, son responsables de la fluorescencia de la restauración<sup>17</sup>.

Estos nuevos materiales mantienen buenas propiedades ópticas, se tallan fácilmente en sistemas CAD-CAM y logran un buen acabado superficial, ya que todavía tienen una gran cantidad de matriz de vidrio. Además, su resistencia a la flexión es significativamente mayor que todas las demás cerámicas a base de sílice. Algunos ejemplos, Celtra Duo™ (Dentsply, Degudent), VITA Suprinity®, (VITA Zahnfabrik), y Obsidian® (Glidewell)<sup>21</sup>.

Las ZLS (Celtra Duo, N!ce y GC Initial LiSI CAD) no requieren tratamiento térmico, ya que son cristalizados por los fabricantes. Vichi et al, 2023, señalan que estos pueden considerarse una alternativa válida al disilicato de litio para coronas individuales, y que, al no requerir tratamiento térmico, pueden considerarse un material de uso clínico, reemplazando así a las vitrocerámicas feldespáticas, permitiendo un tiempo de trabajo similar con un mayor rendimiento mecánico<sup>22</sup>.

## Circonia

Las cerámicas de dióxido de circonio tetragonal (Y-TZP) estabilizadas con Itria, también llamadas circonia, son materiales cerámicos policristalinos no metálicos con alta resistencia a la fractura y tenacidad, y con cierto grado de translucidez. Han reemplazado a la porcelana fundida sobre metal<sup>12, 23-25</sup>.

Las restauraciones Y-TZP se fabrican con tecnologías CAD/CAM; Inicialmente, esto se hacían cofias y estructuras que se recubrían con porcelana estra-

tificada, mientras que más recientemente abarcan restauraciones monolíticas de contorno completo, que van desde reconstrucciones de cobertura parcial sobre dientes, hasta reconstrucciones de boca completa para restauraciones sobre implantes.

Las propiedades del Y-TZP están determinadas en gran medida por su contenido de Itria. El primero en salir al mercado fue el 3Y-TZP, que también se considera circonia convencional. Los 4Y-TZP y 5Y-TZP de alta translucidez, son generaciones más nuevas de circonia con una estética mejorada. El mayor contenido de Itria conduce a un mayor porcentaje de partículas de fase cúbica, lo que las hace más translúcidas que el 3Y-TZP. Sin embargo, su menor resistencia a la flexión limita sus indicaciones clínicas a unidades únicas y prótesis dentales fijas de corta duración<sup>26, 27</sup>.

Entre los diferentes tipos de YSZ, el 3Y-TZP exhibe la mayor resistencia a la flexión, que generalmente oscila entre 850 y 1500 MPa; 4Y-PSZ tiende a mostrar una resistencia a la flexión similar a la de 3Y-TZP, que oscila entre 900 y 1450 MPa; 5Y-PSZ demuestra una resistencia a la flexión significativamente menor a 650–1000 MPa; y 6Y-PSZ tiene la resistencia a la flexión más baja entre 500 y 700 MPa<sup>28</sup>.

Los distintos tipos de circonia se ofrecen en discos grandes para fresado y fabricación en el laboratorio dental (p. ej., Katana™ HTML, STML y UTML, Kuraray Noritake Dental; IPS e.max® ZirCAD, Ivoclar Vivadent). También se ofrecen bloques de circonia de alta translucidez para sistemas CAD/CAM en el consultorio, como CEREC® Zirconia (Dentsply Sirona), Katana™ Zirconia One (Kuraray Noritake Dental), VITA YZ (VITA Zahnfabrik), Lava™ Zirconia

## REVISIÓN DE LA LITERATURA

Block (3M Oral Care) e IPS e.max® ZirCAD (Ivoclar Vivadent) <sup>29</sup>.

Con un horno especial en el consultorio y un programa de sinterización rápida, la sinterización de una sola corona puede tardar menos de 19 minutos. Los bloques de circonio multicromáticos con diferentes niveles de croma, desde las capas de dentina hasta las de esmalte, se han convertido en un estándar. Sin embargo, los últimos desarrollos incluyen bloques multitranslúcidos (p. ej., Katanatm YML, Kuraray Noritake Dental; IPS e.max® ZirCAD Prime Esthetic, Ivoclar Vivadent) con capas de diferentes niveles de translucidez para una mayor estética de las restauraciones monolíticas de circonio <sup>29,30</sup>.

Recientemente se ha ratificado que la circonia disponible en forma semisinterizada, posee una mayor resistencia mecánica que otras cerámicas CAD/CAM; sin embargo, las razones estéticas siguen siendo problemáticas debido a su baja transparencia <sup>31</sup>. También se ha afirmado una vez más, que las carillas monolíticas de circonio demostraron una menor translucidez en comparación con las de disilicato de litio. El cambio del grosor del material afectó a la translucidez de ambos materiales, y la percepción del color, sólo en el caso de la circonia <sup>34</sup>.

A estas restauraciones se le crea una apariencia personalizada similar a la de un diente, mediante la infiltración de tintes líquidos en una etapa verde o presinterizada y la cocción de tintes y esmaltes después de la sinterización. Algunos fabricantes ofrecen espacios en blanco de circonia precoloreadas e incluso multicapa que imitan la apariencia natural del diente y se pueden personalizar aún más <sup>32</sup>.

Las cerámicas de circonio son conocidas por su falta de afinidad de unión en comparación con las cerámicas de vidrio, debido a su microestructura y su inercia química. Por lo tanto, se han evaluado varios tratamientos de superficie y agentes adhesivos y actualmente, el tratamiento superficial más habitual es la abrasión con aire con partículas de alúmina, asociada a la aplicación de una imprimación de 10-Metacriloiloxidecile Dihidrógeno Fosfato (10- MDP), que aumenta la humectabilidad y energía superficial de la superficie cerámica, además de la unión química <sup>33</sup>.

Un estudio sobre restauraciones cantiléver con tecnología 4Y-PSZ o 5-PSZ reporta que no se recomiendan para uso clínico. Sin embargo, las cargas para 3Y-TZP superaron las posibles fuerzas masticatorias en la región posterior y, por lo tanto, pueden ser una opción de tratamiento adecuada <sup>35,36</sup>.

También en diciembre 2023 se realizó una revisión sistemática y un metanálisis sobre la influencia de la sinterización rápida en las propiedades ópticas y mecánicas del YSZ dental; la translucidez basada en CIELab del YSZ sinterizado convencionalmente, es mayor que la del YSZ sinterizado rápidamente. El análisis descriptivo indicó que la sinterización rápida no afecta la dureza del YSZ en comparación con la del YSZ sinterizado convencionalmente. Los resultados antes mencionados sugieren que el YSZ sinterizado rápidamente podría ser un material factible para coronas y restauraciones de corta duración <sup>28</sup>. Sin embargo, otros han señalado que todavía existen dificultades para lograr la precisión del color ideal utilizando restauraciones de circonia, que sólo se puede lograr si los colores de la restauración, el pilar y el cemento coinciden entre sí <sup>37,38</sup>.

## Redes cerámicas híbridas

Reciente se ha promovido una nueva categoría de materiales híbridos, que consisten en una matriz orgánica altamente llena de partículas cerámicas. Los beneficios son una fácil reparación intraoral con materiales restauradores fotopolimerizables y una tasa de producción más rápida, ya que no es necesaria la cocción<sup>39</sup>.

Estas cerámicas híbridas (HC), la red cerámica con infiltraciones de polímeros (PICN) y las nanoce-rámicas de resina (RNC), son la generación más reciente con propiedades físicas similares a las de los dientes naturales, incluyendo dureza, rigidez, resistencia a la flexión y resistencia a la unión por microcizallamiento<sup>40</sup>.

Shi et al., afirman que este nuevo tipo de material cerámico que combina las ventajas de los materiales cerámicos y poliméricos, presentan una matriz de resina /cerámicas inorgánicas y tiene propiedades similares a los materiales cerámicos, incluyendo estética, resistencia, adherencia, resistencia al desgaste y otras características similares muy cercanas a las porcelanas. Su módulo elástico es bajo, similar al de la dentina, pueden pulirse y manipularse más fácilmente en comparación con otros materiales cerámicos<sup>11</sup>.

También se ha afirmado que restauraciones cerá-micas infiltradas con polímeros PICN y de cerámica feldespática fabricadas con CAD/CAM proporcionan una adaptación marginal suficiente, pero las PICN muestran una mayor resistencia a la fractura en endo/coronas que las de cerámica feldespática<sup>41</sup>.

## Red cerámicos infiltrados con polímeros (PICN)

PICN (Polymer Infiltrated Ceramic Network) tiene propiedades positivas, ya que la resina compuesta tiene un equilibrio interesante entre flexibilidad e intensidad, lo que lo hace adecuado para coronas, inlays, onlays y carillas individuales. VITA Enamic de VITA tiene dos estructuras de red tridimensionales que se inter-penetran entre sí; la red de ce-rámica de feldespato de estructura fina dominante (86% en peso o 75% en volumen) reforzada por una red de polímero de metacrilato (14% en peso o 25% en volumen). Estas características, junto el fresado muy fino, favorecen su uso en pacientes con erosiones, donde no se recomienda la preparación dental. El patrón de desgaste de ENAMIC es similar al del esmalte dental y superior a muchos materiales<sup>42</sup>. Por lo tanto, los PICN son mecáni-camente comparables al esmalte en términos de dureza y son excelentes materiales para la restau-ración dental<sup>43</sup>.

También denominados "cerámicas híbridas", pre-tenden combinar la resistencia y las propiedades ópticas de las cerámicas, con la elasticidad de los polímeros. Los materiales PICN ofrecen menor fragilidad, mayor flexibilidad, mayor tenacidad a la fractura, y tiempos de fresado reducido, con una excelente precisión interna y marginal. Los procedimientos de acabado se simplifican signifi-cativamente, ya que no es necesario sinterizarlos y solo requieren pulido. Además, los materiales PICN presentan un desgaste abrasivo bajo cuando los dientes antagonistas entran en contacto con ellos<sup>11,44,45</sup>.

### Resin Nano Ceramic (RNC)

Lava Ultimate de 3M ESPE contiene partículas nanocerámicas (partículas de nanómeros y nanocluster) unidas en una matriz polimérica altamente reticulada. El material se procesa durante varias horas en un tratamiento térmico especial, resultando un material altamente curado, por lo que no es necesario hornear (sinterizar) después del proceso CAM.

Las propiedades mecánicas de los bloques CAD-CAM probados, estuvieron dentro del rango aceptable para la fabricación de restauraciones individuales según la norma ISO para cerámica (ISO 6872:2008)<sup>46</sup>.

En cuanto a su capacidad de carga, se pueden indicar para carillas oclusales mínimamente invasivas, para corregir el desgaste de los dientes oclusales y así sustituir las restauraciones de coronas convencionales. Las diferencias estadísticamente significativas encontradas entre diferentes materiales pueden ser clínicamente irrelevantes, ya que los valores medios obtenidos superaron los intervalos de fuerza normales<sup>47</sup>.

Es resistente a las fracturas, con características de absorción de impactos. A pesar de su alto contenido de cerámica, este material no se recomienda para la producción de coronas, sino solo para inlays, onlays y carillas<sup>11</sup>.

### Nanocerámica flexible

CERASMART™ de GC, está compuesto de partículas pequeñas y uniformemente distribuidas de silicato de alúmina-bario, incrustadas en una matriz

de polímero. VOCO ofrece los bloques GRANDIO® que contienen 86% p/ p de rellenos inorgánicos en una matriz de polímero para mayor tenacidad y excelente resistencia al desgaste. Con la ventaja del módulo de elasticidad similar a la dentina, indicados para una endocorona, podría lograrse una estructura monobloque y disipar más energía bajo la misma carga, que puede tener la mayor resistencia a la fractura.

El tiempo de fresado en la unidad CAM de estos materiales es más corto en comparación con otras cerámicas, con una vida útil más larga de las fresas de tallado. No es necesario realizar cocción de sinterización o cristalización después del fresado; el brillo final y la suavidad de la restauración se pueden lograr mediante el pulido de la superficie. Los híbridos son resistentes al desgaste y “suaves” con la dentición opuesta; se pueden reparar fácilmente en la boca, aunque estos materiales se caracterizan por prácticamente no astillarse<sup>48</sup>. Además brindan facilidad de uso para los odontólogos y técnicos, en restauraciones conservadoras.

Todos los híbridos tienen un módulo de elasticidad similar al de la dentina y un módulo de resilencia significativamente mayor que las cerámicas de vidrio y a base de feldespato, por lo que pueden absorber una tensión significativamente mayor sin deformación o falla permanente. Es por eso que los híbridos son materiales recomendados para la fabricación de coronas sobre implantes, donde el ligamento periodontal (tejido que actúa como amortiguador) ya está perdido<sup>17</sup>.

## DISCUSIÓN

En la odontología moderna, el continuo desarrollo de la tecnología CAD / CAM ha ganado una gran popularidad entre los odontólogos y los técnicos dentales. Estas opciones ofrecen un proceso de fabricación estandarizado que da como resultado un flujo de trabajo confiable, predecible y económico para restauraciones dentales individuales y complejas.

La tecnología digital se introdujo como una alternativa a los sistemas clásicos de fabricación convencional, proporcionando acceso a herramientas altamente sofisticadas para diseñar y fabricar una gran diversidad de restauraciones con apariencia natural, resistencia mecánica adecuada y mayor nivel de precisión.

Paralelamente al aumento de la demanda estética de nuestros pacientes y de la profesión, los materiales cerámicos han continuado su desarrollo. Los sistemas de clasificación son relevantes para diversos fines, entre ellos, permitir la estandarización y la comunicación clara en informes científicos, entre profesionales y como un paso lógico que permita fácilmente la inclusión de nuevos materiales restauradores y brindar información útil sobre las propiedades de los materiales y las indicaciones clínicas <sup>9</sup>.

Las cerámicas tradicionales de silicato y las populares circonia de los últimos años, y las resina / cerámicas, se están utilizando cada vez más en la clínica restauradora. Las de silicato son impecables en términos de estética, pero obviamente son más débiles que las cerámicas circonia en términos de propiedades mecánicas; y las cerámicas a base de

resina son más fáciles de pulir y ajustar en la cavidad oral debido a su módulo elástico.

La cerámica a base de silicato de litio (ZLS) reforzada con zirconia presenta una microestructura única y compleja, que aumenta su resistencia mecánica, pero disminuye su apariencia estética, especialmente su translucidez, debido al contenido de zirconia tetragonal. Los resultados de estas restauraciones han revelado que exhiben mejores propiedades mecánicas en comparación con las cerámicas feldespáticas, de disilicato de litio e híbridas o las nanocerámicas de resina, pero inferiores propiedades en comparación con la zirconia translúcida o de alta translucidez <sup>50</sup>.

La clasificación de la circonia es útil para comprender su evolución temporal, pero su desarrollo continuo conducirá inevitablemente a un gran número de generaciones. La selección del tipo más apropiado, es en función de su contenido de itria, que determina su resistencia / translucidez, y es fundamental para el éxito y la longevidad de la restauración.

La cerámica de circonia tetragonal estabilizada con itria (Y-TZP) ha demostrado ser un material de alto rendimiento y se ha utilizado como material central para prácticamente cualquier tipo de restauración fija, debido a sus propiedades mecánicas superiores. Pero por razones estéticas, de manera similar a las coronas de metal /cerámica, las estructuras de circonia se pueden recubrir con materiales de cerámica de vidrio o feldespáticos translúcidos; pero su confiabilidad se ha limitado, ya que se ha demostrado ser el eslabón más débil en las reconstrucciones soportadas por circonia <sup>51</sup>.

Recién han aparecido sistemas de circonia “multicromáticas”; el análisis microestructural reveló el mismo contenido de itria y fracciones cúbicas en las diferentes capas de cada material. Las composiciones de pigmentos fueron la única diferencia entre las capas, lo que, dio lugar a diferencias significativas en el color, pero no en la translucidez de las capas; si bien el tono graduado obtenido con estas circonias multicromáticas, resultó en una opción más estética con respecto a las circonias monolíticas anteriores, las características microestructurales, así como las desventajas fundamentales de cada tipo de circonia, siguen siendo motivo de preocupación<sup>52</sup>.

Los materiales provistos de una estructura en capas, compuesta por diferentes composiciones de circonias dentales (MULTICAPAS) proporcionan estructuras graduadas que imitan no solo el tono, sino también la translucidez y el aspecto estético de los dientes naturales. La caracterización microestructural de dichos materiales ha evidenciado un gradiente en el contenido de itria desde las regiones gingivales a las incisales, junto con un aumento progresivo en el contenido de la fase cúbica y, por lo tanto, la translucidez. Pero se ha afirmado que su resistencia a la fractura está determinada por la cantidad de circonia más débil en la porción oclusal o incisal de la restauración (5Y), en lugar de ser por la circonia más fuerte en la parte cervical de la corona<sup>52</sup>.

Los materiales CAD/CAM de cerámica híbrida, red cerámica infiltrada con polímeros y nanocerámica de resina son la generación más reciente de materiales restauradores desarrollados y presentados para la fabricación de restauraciones indirectas, como carillas, incrustaciones, onlays, coronas par-

ciales y unitarias para restauraciones dentales o de implantes. El desarrollo de estos materiales implica la infiltración de una cerámica porosa con polímeros a base de resina. Esta nueva generación de materiales tiene propiedades físicas similares a los dientes naturales, incluidas la dureza, la rigidez, la resistencia a la flexión y la resistencia de unión a microcorte<sup>53</sup>.

Las variaciones en su microestructura influyen en las propiedades mecánicas, químicas y biológicas; en consecuencia, la estabilidad a largo plazo de los nuevos materiales híbridos es en gran medida desconocida en comparación con los materiales cerámicos tradicionales; sin embargo, estos materiales híbridos mediante CAD/CAM mostraron una disposición muy homogénea de sus estructuras, lo que puede atribuirse a la producción industrial, en comparación a una resina compuesta directa<sup>54</sup>.

En esta revisión se ha observado gran heterogeneidad de los datos metodológicos entre los estudios, falta de comparaciones adecuadas (grupos de control y de estudio), ausencia de grupos homogéneos en cuanto a tipo de material de restauración y un breve seguimiento. Se deberían realizar estudios más homogéneos con materiales, técnicas de fabricación y sistemas de software CAD/CAM más comparables con grupos de control en un diseño de estudio controlado aleatorio de boca dividida<sup>55</sup>. Por todo lo anterior, la literatura existente tiene lagunas importantes, lo que dificulta la obtención de conocimientos fiables sobre el rendimiento a largo plazo de estos materiales; sin duda para una comprensión más clara de cómo los diferentes sistemas cerámicos afectan las tasas de supervivencia de las restauraciones, es vital una investigación

rigurosa que involucre a más participantes y una documentación uniforme de los resultados.

Es importante también afirmar que los procesos de fresado (CAD/CAM) bien establecidos, seguirán siendo durante algún tiempo el método principal para la fabricación de las cerámicas<sup>56</sup>. Sin embargo, el desperdicio excesivo de material, el impacto ambiental y el desgaste de las fresas CAM han dirigido la atención a la fabricación aditiva (AM), pero deben superarse la calidad de la superficie, la precisión dimensional y las propiedades mecánicas que se ven directamente influenciadas por los defectos introducidos en las restauraciones cerámicas durante la AM. Sin embargo, se han observado avances significativos en los últimos años, incluida la fabricación de prótesis de circonia monolíticas con una adaptación marginal superior a sus contrapartes fresadas, y con detalles de la anatomía oclusal que actualmente no se reproducen mediante fresado<sup>57</sup>.

## CONCLUSIONES

1. La cerámica dental ha avanzado rápidamente en ciencia y tecnología, consolidándose como un campo de materiales en constante crecimiento. Aunque alcanzar el material ideal sigue siendo un desafío, los esfuerzos en investigación continúan aceleradamente, lo que exige una cuidadosa selección de materiales adaptados a cada situación clínica.

2. Los sistemas de clasificación de cerámicas dentales facilitan la estandarización y una comunicación efectiva tanto en informes científicos como entre profesionales. Enfocarse en la composición química permite la incorporación de nuevos materiales

de restauración y brinda información valiosa sobre sus propiedades e indicaciones clínicas.

3. Las vitrocerámicas, como el disilicato de litio y el vidrio reforzado con leucita, son ampliamente reconocidas por sus cualidades. La cerámica a base de silicato de litio reforzada con circonia presenta una microestructura única y compleja, con mejores propiedades mecánicas en comparación con otras cerámicas, aunque con propiedades estéticas inferiores debido al contenido de circonio tetragonal, en comparación con la circonia translúcida.

4. Las distintas “generaciones de circonia dental” han mejorado su translucidez gracias a modificaciones en la microestructura, composición y procesamiento. Aunque su clasificación ayuda a entender su evolución, los avances pueden resultar confusos para científicos y clínicos.

5. Las cerámicas híbridas, aunque relativamente nuevas y menos investigadas, muestran resultados prometedores en estudios a corto plazo. Además, ofrecen facilidad de uso para odontólogos y técnicos en restauraciones conservadoras.

6. La incorporación de la tecnología CAD/CAM ha transformado la odontología restauradora, permitiendo la fabricación de restauraciones cerámicas con mayor precisión, rapidez y personalización. Esta tecnología ha mejorado la calidad de ajuste y la durabilidad de las prótesis, además de facilitar la planificación digital y la reducción de errores humanos. Su aplicación abarca desde coronas y carillas hasta puentes y prótesis implantosostentadas, optimizando los resultados estéticos y funcionales en el tratamiento clínico.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Blatz, MB Chairside Digital Dentistry: A Review of Current Technologies Compendium Nov/Dec 2021; 42 (10)
2. Rexhepi I, Santilli M, D'Addazio G, Tafuri G, Manciocchi E, Caputi S, Sinjari B. Clinical Applications and Mechanical Properties of CAD-CAM Materials in Restorative and Prosthetic Dentistry: A Systematic Review. *J Funct Biomater.* 2023 Aug 17;14(8):431.
3. Galante R., Figueiredo-Pina C.G., Serro A.P. Additive manufacturing of ceramics for dental applications: A review. *Dent. Mater.* 2019; 35:825-846.
4. Barazanchi A, Li KC, Al-Amleh B, Lyons K, Waddell JN. Additive Technology: Update on Current Materials and Applications in Dentistry. *J Prosthodont.* 2017 Feb;26(2):156-163.
5. Pontevedra P, Lopez-Suarez C, Rodriguez V, Tobar C, Pelaez J, Suarez MJ. Digital workflow for monolithic and veneered zirconia and metal-ceramic posterior fixed partial dentures: A five-year prospective randomized clinical trial. *J Prosthodont Res.* 2024 Jan 16;68(1):78-84.
6. Methani MM, Revilla-León M, Zandinejad A. The potential of additive manufacturing technologies and their processing parameters for the fabrication of all-ceramic crowns: A review. *J Esthet Restor Dent.* 2020 Mar;32(2):182-192
7. Frąckiewicz W, Szymlet P, Jedliński M, Świątłowska-Bajzert M, Sobolewska E. Mechanical characteristics of zirconia produced additively by 3D printing in dentistry - A systematic review with meta-analysis of novel reports. *Dent Mater.* 2024 Jan;40(1):124-138.
8. Mounajed R, Taylor T, Hamadah O, Voborná I, Al-Akkad M. Assessment of the readiness of restorations manufactured by CAD/CAM in terms of marginal fit (Part I). *PeerJ.* 2022 May 2;10:e13280
9. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NR, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont.* 2015 May-Jun;28(3):227-35.
10. Sulaiman TA. Materials in digital dentistry-A review. *J Esthet Restor Dent.* 2020; 32(2):171-181.
11. Shi HY, Pang R, Yang J, Fan D, Cai H, Jiang HB, Han J, Lee ES, Sun Y. Overview of Several Typical Ceramic Materials for Restorative Dentistry. *Biomed Res Int.* 2022 Jul 18; 2022:8451445.
12. Mörmann WH, Bindl A. All-ceramic, chair-side computer-aided design/computer-aided machining restorations. *Dent Clin North Am.* 2002 Apr;46(2):405-26, viii.
13. Li RW, Chow TW, Matlinlinna JP. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. *J Prosthodont Res.* 2014 Oct;58(4):208-16.
14. Fraedeani M, Redemagni M. An 11-year clinical evaluation of leucite-reinforced glass-ceramic crowns: a retrospective study. *Quintessence Int.* 2002;33(7):503-510.
15. Zürcher AN, Hjerpe J, Studer S, Lehner C, Sailer I, Jung RE. Clinical outcomes of tooth-supported leucite-reinforced glass-ceramic crowns after a follow-up time of 13-15 years. *J Dent.* 2021 Aug; 111:103721.
16. Warreth A, Elkareimi Y. All-ceramic restorations: A review of the literature. *Saudi Dent J.* 2020 Dec;32(8):365-372.
17. 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.* 2018; 6(9):1742-1755.
18. Marchesi G, Camurri Piloni A, Nicolin V, Turco G, Di Lenarda R. Chairside CAD/CAM Materials: Current Trends of Clinical Uses. *Biology (Basel).* 2021; 10(11):1170.
19. Malament KA, Margvelashvili-Malament M, Natto ZS, et al. Comparison of 16.9-year survival of pressed acid etched e.max lithium disilicate glass-ceramic complete and partial coverage restorations in posterior teeth: performance and outcomes as a function of tooth position, age, sex, and thickness of ceramic material. *J Prosthet Dent.* 2020;126(4):533-545.
20. Nawafleh N, Hatamleh M, Janzeer Y, Alrahlah A, Alahadal K. Marginal Discrepancy of Five Contemporary Dental Ceramics for Anterior Restorations. *Eur J Dent.* 2023 Oct;17(4):1114-1119.
21. Eftekhar Ashtiani R, Beyabanaki E, Razmgah M, Salazar A, Revilla-León M, Zandinejad A. Color Stability of Resin Hybrid Ceramic Materials in Comparison to Zirconia-Reinforced Lithium Silicate Ceramic. *Front Dent.* 2023 Oct 1; 20:37.
22. Vichi A, Zhao Z, Paolone G, Scotti N, Mutahar M, Goracci C, Louca C. Factory Crystallized Silicates for Monolithic Metal-Free Restorations: A Flexural Strength and Translucency Comparison Test. *Materials (Basel).* 2022 Nov 6;15(21):7834
23. Silva LHD, Lima E, Miranda RBP, Favero SS, Lohbauer U, Cesar PF. Dental ceramics: a review of new materials and processing methods. *Braz Oral Res.* 2017; 31(suppl 1): e58.
24. Khanlar LN, Salazar Rios A, Tahmaseb A, Zandinejad A. Additive Manufacturing of Zirconia Ceramic and Its Application in Clinical Dentistry: A Review. *Dent J (Basel).* 2021;9(9):104
25. Matta RE, Eitner S, Stelzer SP, Reich S, Wichmann M, Berger L. Ten-year clinical performance of zirconia posterior fixed partial dentures. *J Oral Rehabil.* 2022;49(1):71-80.
26. Alammar A, Blatz MB. The resin bond to high-translucent zirconia - a systematic review. *J Esthet Restor Dent.* 2022;34(1):117-135.
27. Kui A, Manziuc M, Petruțiu A, Buduru S, Labunet A, Negucioiu M, Chisnoiu A. Translucent Zirconia in Fixed Prosthodontics-An Integrative Overview. *Biomedicines.* 2023 Nov 22;11(12):3116.
28. Liu H, Inokoshi M, Xu K, Tonprasong W, Minakuchi S, Van Meerbeek B, Vleugels J, Zhang F. Does speed-sintering affect the optical and mechanical properties of yttria-stabilized zirconia? A systematic review and meta-analysis of in-vitro studies. *Jpn Dent Sci Rev.* 2023 Dec; 59:312-328.
29. Blatz MB, Hariton-Gross K, Anadioti E, et al. Prospective 5-year clinical evaluation of posterior zirconia fixed dental prostheses veneered with milled lithium disilicate (CADon). *J Esthet Restor Dent.* 2022; 34(1):136-144.
30. Luna-Domínguez CR, Luna-Domínguez JH, Blatz M. Full-mouth rehabilitation in a completely digital workflow using partially adhesive monolithic zirconia restorations. *J Esthet Restor Dent.* 2023 Oct;35(7):1050-1057.

31. Someya T, Kasahara M, Takemoto S, Hattori M. The Wear Behavior of Glass-Ceramic CAD/CAM Blocks against Bovine Enamel. *Materials* (Basel). 2023 Oct 24;16(21):6839.
32. Blatz MB, Vonderheide M, Conejo J. The Effect of Resin Bonding on Long-Term Success of High-Strength Ceramics. *J Dent Res.* 2018 Feb;97(2):132-139.
33. Klaisiri A, Maneenacarath A, Jirathawornkul N, Suthamprajak P, Sriamporn T, Thamrongananskul N. The Effect of Multiple Applications of Phosphate-Containing Primer on Shear Bond Strength between Zirconia and Resin Composite. *Polymers* (Basel). 2022 Oct 5;14(19):4174.
34. Aydoğdu HM, Yıldız P, Ünlü DG. A comparative study of translucency and color perception in monolithic zirconia and lithium disilicate veneers. *Helijon.* 2023 Dec 17;10(1):e23789.
35. Klotz AL, Halfmann J, Rues S, Bömicke W, Rammelsberg P, Zenthöfer A. Fracture Resistance of Posterior Tooth-Supported Cantilever Fixed Dental Prostheses of Different Zirconia Generations and Framework Thicknesses: An In Vitro Study. *Materials* (Basel). 2024 Jan 4;17(1):263. doi: 10.3390/ma17010263. PMID: 38204115; PMCID: PMC10779861.
36. Aydoğdu HM, Yıldız P, Ünlü DG. A comparative study of translucency and color perception in monolithic zirconia and lithium disilicate veneers. *Helijon.* 2023 Dec 17;10(1):e23789..
37. Tabatabaian F. Color aspect of monolithic zirconia restorations: a review of the literature. *J. Prosthodont.* 2019;28(3):276-287
38. Kang CM, Huang YW, Wu SH, Mine Y, Lee IT, Peng TY. Evaluation of shade correspondence between high-translucency pre-colored zirconia and shade tab by considering the influence of cement shade and substrate materials. *Helijon.* 2023 Nov 29;9(12):e23046.
39. Heboyan A, Bennardo F. New biomaterials for modern dentistry. *BMC Oral Health.* 2023 Oct 29;23(1): 817.
40. Eftekhari Ashtiani R, Beyabanaki E, Razmgah M, Salazar A, Revilla-León M, Zandinejad A. Color Stability of Resin Hybrid Ceramic Materials in Comparison to Zirconia-Reinforced Lithium Silicate Ceramic. *Front Dent.* 2023 Oct 1; 20:37.
41. Saglam G, Cengiz S, Karacaer O. Marginal adaptation and fracture resistance of feldspathic and polymer-infiltrated ceramic network CAD/CAM endocrowns for maxillary premolars. *Niger J Clin Pract.* 2020 Jan;23(1):1-6.
42. Kawajiri Y, Ikeda H, Nagamatsu Y, Masaki C, Hosokawa R, Shimizu H. PICN Nanocomposite as Dental CAD/CAM Block Comparable to Human Tooth in Terms of Hardness and Flexural Modulus. *Materials* (Basel). 2021 Mar 3;14(5):1182.
43. Tokunaga J, Ikeda H, Nagamatsu Y, Awano S, Shimizu H. Wear of Polymer-Infiltrated Ceramic Network Materials against Enamel. *Materials* (Basel). 2022 Mar 25;15(7):2435.
44. Conejo J, Ozer F, Mante F, et al. Effect of surface treatment and cleaning on the bond strength to polymer-infiltrated ceramic network CAD-CAM material. *J Prosthet Dent.* 2021;126(5):698-702
45. Blatz MB, Conejo J, Alammar A, Ayub J. Current protocols for resin-bonded dental ceramics. *Dent Clin North Am.* 2022;66(4):603- 625.
46. Goujat A, Abouelleil H, Colon P, Jeannin C, Pradelle N, Seux D, Grosogeoat B. Mechanical properties and internal fit of 4 CAD-CAMblock materials. *J Prosthet Dent.* 2018 Mar;119(3):384-389.
47. Ioannidis A, Mühlmann S, Özcan M, Hüslér J, Hämmeler CHF, Benic GI. Ultra-thin occlusal veneers bonded to enamel and made of ceramic or hybrid materials exhibit load-bearing capacities not different from conventional restorations. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2019 Feb; 90:433-440
48. Dirxen C, Blunck U, Preissner S. Clinical performance of a new biomimetic double network material. *Open Dent J.* 2013 Sep 6; 7:118-22.
49. Yerliyurt K, Sarıkaya I. Color stability of hybrid ceramics exposed to beverages in different combinations. *BMC Oral Health.* 2022 May 14;22(1):180.
50. Manziuc M, Kui A, Chisnou A, Labunet A, Negucioiu M, Ispas A, Buduru S. Zirconia-Reinforced Lithium Silicate Ceramic in Digital Dentistry: A Comprehensive Literature Review of Our Current Understanding. *Medicina (Kaunas).* 2023 Dec 8;59(12):2135.
51. Mitov G, Anastassova-Yoshida Y, Nothdurft FP, von See C, Pospiech P. Influence of the preparation design and artificial aging on the fracture resistance of monolithic zirconia crowns. *J Adv Prosthodont.* 2016 Feb;8(1):30-6.
52. Benalcázar-Jalkh EB, Bergamo ETP, Campos TMB, Coelho PG, Sailer I, Yamaguchi S, Alves LMM, Witek L, Tebcherani SM, Bonfante EA. A Narrative Review on Polycrystalline Ceramics for Dental Applications and Proposed Update of a Classification System. *Materials* (Basel). 2023 Dec 7;16(24):7541.
53. Beyabanaki E, Ashtiani RE, Moradi M, Namdari M, Mostafavi D, Zandinejad A. Biaxial flexural strength and Weibull characteristics of a resin ceramic material after thermal-cycling. *J Prosthodont.* 2023 Oct;32(8):721-727.
54. Prause E, Hey J, Beuer F, Yassine J, Hesse B, Weitkamp T, Gerber J, Schmidt F. Microstructural investigation of hybrid CAD/CAM restorative dental materials by micro-CT and SEM. *Dent Mater.* 2024 Jun;40(6):930-940.
55. Al-Haj Husain N, Özcan M, Molinero-Mourelle P, Joda T. Clinical Performance of Partial and Full-Coverage Fixed Dental Restorations Fabricated from Hybrid Polymer and Ceramic CAD/CAM Materials: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med.* 2020 Jul 4;9(7):2107.
56. Calatrava O Luis Alonso Adopción E Implementación De Nuevas Tecnologías En La Odontología Restauradora Latinoamericana. *RODYB* 2021; 11(1)
57. Rezaie F, Farshbaf M, Dahri M, Masjedi M, Maleki R, Amini F, Wirth J, Moharamzadeh K, Weber FE, Tayebi L. 3D Printing of Dental Prostheses: Current and Emerging Applications. *J Compos Sci.* 2023 Feb;7(2):80.