

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Posgrados**

**ANÁLISIS VOLUMÉTRICO DIGITAL DE MATERIALES  
CERÁMICOS CAD/CAM DESPUÉS DEL CEPILLADO DENTAL**

**Proyecto de Investigación y Desarrollo**

**Jimmy Kelvin Espinosa Guerrero**

**Dr. Cristian Abad-Coronel**

**Director de Trabajo de Titulación**

Trabajo de titulación de posgrado presentado como requisito para la obtención

del

título de Especialista en Rehabilitación Oral

Quito, Diciembre de 2022.

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**COLEGIO DE POSGRADOS**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**ANÁLISIS VOLUMÉTRICO DE MATERIALES DENTALES CERÁMICOS**

**UTILIZADOS PARA SISTEMAS CAD/CAM**

**Jimmy Kelvin Espinosa Guerrero**

Cristian Abad, Dr. \_\_\_\_\_

Director del Trabajo de Titulación

Nancy Mena, Dra. \_\_\_\_\_

Directora del Programa de  
Especialización en Rehabilitación Oral

Paulina Aliaga, Dra. \_\_\_\_\_

Decana de la Escuela de Odontología

Hugo Burgos PhD \_\_\_\_\_

Decano del Colegio de Postgrados.

**Quito, Diciembre 2022.**

**© DERECHOS DE AUTOR**

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombre del estudiante: JIMMY KELVIN ESPINOSA GUERRERO

Código de estudiante: 00213629

C.I.: 0704441252

Lugar y fecha: Quito, diciembre 2022

### **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

### **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following graduation project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

**DEDICATORIA**

A mi esposa que me acompañó día a día en este camino, con amor y paciencia.

A mis padres por su gran esfuerzo, entrega y sacrificio.

**AGRADECIMIENTOS**

A Dios por siempre escuchar mis oraciones y ser mi compañía en los momentos más difíciles, porque sin el nada de esto fuera posible.

A mi esposa por acompañarme en este largo camino con entusiasmo, paciencia, entrega y amor. Por siempre ser mi guía y mi compañera de vida.

A mis padres por siempre estar presentes, les debo todo.

A mi familia por recordarme día a día el valor de tenerlos.

A mis tutores de tesis por su increíble trabajo desinteresado conmigo, por impartir sus conocimientos y experiencia.

A mis amigos por la grata compañía y las memorables experiencias.

Este trabajo les pertenece a todos los que estuvieron en cada parte de este proceso, mis eternos agradecimientos con todos.

## RESUMEN

El objetivo de este estudio in vitro fue evaluar el desgaste volumétrico de tres materiales cerámicos CAD/CAM (diseño asistido por computadora / fabricación asistida por computadora). Los materiales que se evaluaron fueron cerámica feldespática [CEREC Blocs (Dentsply Sirona)], cerámica feldespática reforzada con leucita [Initial LRF (GC)] y cerámica disilicato de litio [Amber Mill (HASS Corp)]. **Método:** Se diseñaron restauraciones tipo carillas con parámetros estandarizados para todas las muestras en el software CEREC 5.1.3. Y se materializaron en una unidad de fresado (MCXL, Dentsply Sirona, Alemania). Todas las muestras (n=30) fueron sometidas a cepillado simulado (100.000 ciclos) con una suspensión con 150 gr de pasta de flúor y con 1 litro de agua destilada. El desgaste se evaluó superponiendo escaneos previos y posteriores al cepillado obtenidos con un escáner óptico intraoral (CEREC Primescan; Dentsply Sirona, Alemania), que luego se importó al software OraCheck 5.0 (DentsplySirona, Alemania). Para la prueba de hipótesis de la investigación se verificaron los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk) y homocedasticidad (Levene). Una vez determinada la normalidad de los datos se utilizó una prueba ANOVA con un intervalo de confianza de 95%. **Resultados:** Los materiales cerámicos CAD/CAM sometidos a prueba no presentaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al desgaste volumétrico promedio (p-valor = 0,455 > 5%). **Conclusiones:** Después del cepillado, todos los materiales presentaron valores de rugosidad clínicamente aceptables por debajo de 0.2  $\mu\text{m}$ .

PALABRAS CLAVE: CAD/CAM; cerámica; prueba de desgaste; cepillado simulado; análisis volumétrico.

## ABSTRACT

The objective of this in vitro study was to evaluate the volumetric wear of three CAD/CAM (computer-aided design/computer-aided manufacturing) ceramic materials. The materials that were evaluated were feldspathic ceramics [CEREC Blocs (Dentsply Sirona)], leucite-reinforced feldspathic ceramics [Initial LRF (GC)], and lithium disilicate ceramics [Amber Mill (HASS Corp)]. **Method:** Veneer-type restorations were designed with standardized parameters for all samples in the CEREC 5.1.3 software. And they materialized in a milling unit (MCXL, Dentsply Sirona, Germany). All samples (n=30) were subjected to simulated brushing (100,000 cycles) with a suspension containing 150 g of fluoride paste and 1 liter of distilled water. Wear was assessed by overlaying pre- and post-brushing scans obtained with an intraoral optical scanner (CEREC Primescan; Dentsply Sirona, Germany), which was then imported into OraCheck 5.0 software (DentsplySirona, Germany). For the research hypothesis test, the assumptions of normality (Shapiro-Wilk) and homoscedasticity (Levene) were verified. Once the normality of the data was determined, an ANOVA test with a confidence interval of 95% was used. **Results:** The CAD/CAM ceramic materials tested did not present statistically significant differences in terms of average volumetric wear (p-value = 0.455 > 5%). **Conclusions:** After brushing, all materials presented clinically acceptable roughness values below 0.2  $\mu\text{m}$ .



KEY WORDS: CAD/CAM; ceramics; wear test; simulated brushing; volumetric analysis.

**TABLA DE CONTENIDO**

RESUMEN .....	7
ABSTRACT .....	8
INTRODUCCIÓN .....	12
OBJETIVOS.....	15
<b>OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>15</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>15</b>
<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>15</b>
REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	16
<b>MATERIALES CERÁMICOS.....</b>	<b>17</b>
<b>CERÁMICAS USADAS EN EL ESTUDIO .....</b>	<b>19</b>
<b>RUGOSIDAD SUPERFICIAL DE MATERIALES CERÁMICOS.....</b>	<b>25</b>
METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	26
<b>PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS .....</b>	<b>27</b>
<b>PRUEBA DE DESGASTE .....</b>	<b>27</b>
<b>EVALUACIÓN DEL DESGASTE VOLUMÉTRICO .....</b>	<b>28</b>
<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>28</b>
ANÁLISIS DE DATOS.....	29
DISCUSIÓN.....	32
CONCLUSIONES .....	38
REFERENCIAS.....	39

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características técnicas de los materiales CAD/CAM evaluados en este estudio. ....	26
Tabla 2. Medias y desviaciones estándar (DE) del cambio volumétrico de los materiales después de la prueba de desgaste. ....	29
Tabla 3. Resultado de la verificación de supuestos. ....	31
Tabla 4. Resultado de la comparación en el cambio volumétrico promedio (mm <sup>3</sup> ) entre los materiales. ....	32

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Bloque de CEREC Blocs para el sistema CAD/CAM CEREC. ....	20
Figura 2. Bloque de INITIAL LRF Blocks para el sistema CAD/CAM CEREC. ....	21
Figura 3. Bloque de Amber Mill HASS para el sistema CAD/CAM CEREC. ....	24
Figura 4. Gráfico del cambio volumétrico promedio para cada material. ....	30
Figura 5. Resultado del escaneo inicial y del escaneo posterior a la prueba, realizado en el software Orachek 5.0: (A) Amber Mill (ABM); (B) CEREC Bloqs (CB); (C) Initial LRF (LRF). ....	30

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas CAD/CAM (diseño asistido por computadora / fabricación asistida por computadora) se han desarrollado con rapidez durante los últimos 35 años, con un creciente interés clínico y un gran número de nuevos materiales CAD/CAM que han sido introducidos en el mercado (Ying R et al, 2019; Matzinger M, 2019). Los sistemas CAD/CAM reducen el tiempo clínico y de laboratorio, son más precisos y mejoran el rendimiento de las restauraciones cerámicas por el hecho de que pueden ser diseñadas y fabricadas a través del flujo digital (Ying R et al, 2019; Zurek et al, 2019). Además, estos materiales por su fabricación basada en nuevas tecnologías se producen industrialmente a presión elevada para formar estructuras presinterizadas logrando propiedades físicas y mecánicas mejoradas (Aladağ A et al, 2019).

Las cerámicas dentales disponibles para los sistemas CAD/CAM de acuerdo con su clasificación se pueden presentar en: cerámicas con matriz vítrea y cerámicas policristalinas sin contenido de fase vítrea (Sulaiman et al, 2020; Ludovichetti et al, 2018). Estos tipos de materiales difieren considerablemente con respecto a sus propiedades químicas, mecánicas y de fabricación (Lebon N et al, 2015). Las cerámicas con matriz vítrea comprenden tres grupos: las cerámicas feldespáticas, que tienen las mejores características estéticas, utilizadas frecuentemente para la elaboración de carillas, inlays, onlays y coronas. Sin embargo, su resistencia no se considera lo suficientemente alta para restauraciones en la zona posterior, considerándolas frágiles (Zurek et al, 2019; Sulaiman et al, 2020; Li RW et al, 2014; Gracis S et al, 2015). Las cerámicas

sintéticas, de alta resistencia con refuerzo de cristales de disilicato de litio, que las hace ideales para la fabricación de inlays, onlays, carillas y coronas con tasas de supervivencia entre 97% y 100%. También se encuentran en el mercado las cerámicas policristalinas que poseen una estructura cristalina de grano fino que proporciona resistencia y tenacidad a la fractura, pero con menor translucidez como la zirconia estabilizada (Li RW et al, 2014; Gracis S et al, 2015).

La cerámica feldespática es una de las más antiguas y es un material usado en bloques para fresado (CEREC Blocs CB, Dentsply Sirona, York, Pennsylvania). Son bloques fabricados con polvos de grano fino que producen una cerámica relativamente libre de poros. Sus partículas finas (4µm) proveen una mejorada capacidad de pulido, menor desgaste del esmalte y resistencia a la flexión de aproximadamente 112 a 120 Mpa (Nejatidanesh F et al, 2015). Estos bloques están compuestos por 64% de sílice y 23% de óxido de aluminio y pueden ser monocromáticos (C) y policromáticos (PC), con variedad en tonos y tamaños. Poseen alta translucidez con efecto mimético y propiedades de abrasión similares a las del esmalte (Zurek et al, 2019; Sulaiman et al, 2020). En un esfuerzo por mejorar la resistencia a la flexión de las cerámicas feldespáticas, se introdujo la cerámica reforzada con leucita, la cual posee alta translucidez, lo que la convierte en una opción ideal para casos de alta estética. Initial LRF Block (LRF) (GC, Tokio) es un bloque de cerámica de feldespato reforzada con leucita con una distribución y tamaño de partícula de estos cristales que favorecen la apariencia estética y con sus partículas cerámicas densas distribuidas de forma homogénea, que proporcionan resistencia a la flexión cercana a 160 MPa. Presentan alta translucidez (HT), baja translucidez (LT) y 6 tonos diferentes

(Sulaiman et al, 2020; Li RW et al, 2014). AMBER MILL (ABM) (Hass, Kangreung, Korea) es un bloque de cerámica con disilicato de litio (DL) compuesto por 40% de cristales de metasilicato y núcleos de DL incrustados en una fase vítrea. Estos cristales permiten una rápida fabricación de las restauraciones. El material se fresa en húmedo en una fase precristalizada, posteriormente se realiza el proceso de cristalización en un horno de sinterización donde es posible ajustar el nivel de translucidez del material, se disuelven los metasilicatos y el DL se cristaliza, obteniendo un material con 70% de cristales de DL en una matriz vítrea con una resistencia a la flexión de entre 350 MPa y 450 MPa (Li RW et al, 2014; Kang SY et al, 2020; Furtado de Mendoca A et al, 2019; Stawarczyk B et al, 2021).

Las cerámicas dentales tienen excelentes propiedades estéticas y resistencia al desgaste (De Andrade et al, 2021). Sin embargo, están sujetas a cambios de color, cambios en la microdureza y cambios en la rugosidad de la superficie por causas endógenas y exógenas. Existen factores extrínsecos como bebidas con colorante, soluciones ácidas, altas temperaturas y el cepillado dental, que están relacionados con la degradación de la cerámica. Dichas condiciones afectan la composición estructural e interfieren en las propiedades superficiales del material (Alencar-Silva et al, 2019). Uno de los factores que más contribuye al desgaste superficial es el cepillado dental que junto al dentífrico pueden producir un fenómeno de desgaste de 3 o 4 cuerpos en las restauraciones (Yuan JC et al, 2018). Las pastas dentales están compuestas por componentes abrasivos, los cuales deben medirse con la abrasividad relativa de la dentina (RDA). La Asociación Dental Americana recomienda una dosis máxima de 250 RDA (Garza

LA et al, 2016). Además, el cepillado puede generar una remoción de la caracterización, cambio de color y un incremento en la rugosidad de la superficie (Yuan JC et al, 2018). Valores de rugosidad superiores a  $0.2 \mu\text{m}$  se relacionan con un aumento en la retención bacteriana y una disminución en el brillo, indicando deterioro del material (De Andrade et al, 2021; Yuan JC et al, 2018). Aker y col. reportaron que con un cepillo normal y una pasta de dientes común existe desgaste de la caracterización de la superficie de las restauraciones de cerámica feldespática en un período de 10 a 12 años (Pouranfar FL et al, 2020).

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

El objetivo principal propuesto en el presente trabajo de investigación es evaluar el desgaste volumétrico de tres materiales cerámicos CAD/CAM después de una simulación de cepillado dental, mediante una prueba de desgaste de tres cuerpos.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Comparar el desgaste volumétrico de los materiales cerámicos CAD/CAM después de una simulación de cepillado dental.

Determinar que material cerámico CAD/CAM presentó mayor desgaste volumétrico después de la simulación de cepillado dental.

### **HIPÓTESIS**

Dadas las similitudes en las características de los materiales cerámicos, no se espera encontrar diferencias volumétricas en las superficies cerámicas después del cepillado.

La hipótesis de trabajo general se expresa de la siguiente hipótesis nula aplicada en el siguiente enunciado:

HO1: Los materiales cerámicos CAD/CAM sometidos a prueba no presentaron diferencias significativas en cuanto al desgaste volumétrico después de la simulación de cepillado dental.

### **REVISIÓN DE LA LITERATURA**

La tecnología de diseño asistido por computadora (CAD) / fabricación asistida por computadora (CAM) es uno de los aspectos de más rápida evolución en la odontología restauradora moderna. La trayectoria de la tecnología CAD/CAM y la odontología en el consultorio comenzó en 1985, cuando Mörmann y Brandestini introdujeron el sistema Cerec. Ahora hay disponible un número cada vez mayor de sistemas chairside. Los escáneres intraorales se han vuelto significativamente mejores, más rápidos y más pequeños, con superficies de software de diseño más intuitivas. Este entorno virtual con diseño en pantalla y producción asistida por computadora con prototipado rápido, como el fresado o la creciente opción de posibilidades de impresión tridimensional, permite la fabricación de varias restauraciones sin ningún modelo físico (Spitznagel FA et al, 2018).

La tecnología CAD/CAM fue desarrollada para resolver 3 desafíos. El primer desafío fue garantizar la resistencia adecuada de la restauración, especialmente para los dientes posteriores. El segundo desafío fue crear restauraciones con una apariencia natural. El tercer desafío era hacer que la restauración dental



fuera más fácil, rápida y precisa. Debido a la aplicación de piezas y bloques industriales homogéneos, es probable que ocurran menos fallas de materiales durante la fabricación y la aplicación clínica. En comparación con los materiales hechos a mano, los bloques CAD/CAM revelan una menor presencia de fallas y poros, lo que resulta en una mayor confiabilidad (Spitznagel FA et al, 2018; Davidowitz G, 2011).

Actualmente se encuentra disponible una amplia gama de materiales para el proceso de fabricación digital, lo que aumenta la gama de indicaciones en el campo de la odontología restauradora, la implantología dental, la ortodoncia y las estrategias complejas de planificación de tratamientos. Por lo tanto, la decisión de elegir el material adecuado para cada indicación se ha convertido en un desafío (Spitznagel FA et al, 2018).

### **MATERIALES CERÁMICOS**

En la actualidad existen un sin número de materiales cerámicos disponibles para la fabricación asistida por computador (CAM), por ende, resulta ideal tener un sistema de clasificación de los materiales cerámicos que proporcione información clínica relevante sobre cuando usar un material vs otro: sector a trabajar (anterior o posterior), tipo de restauración (parcial, completa), extensión de la restauración (corta o larga) y método de cementación (tratamiento de la superficie). Se han propuesto diferentes sistemas de clasificación que se centran en las indicaciones clínicas, la composición, la capacidad de grabado, los métodos de procesamiento, las temperaturas de cocción, la microestructura, la

translucidez, la resistencia a la fractura y el desgaste del antagonista. Estas clasificaciones, sin embargo, tienden a ser vagas o imprecisas y no permiten fácilmente la inclusión de nuevos materiales de restauración (Gracis S et al, 2015).

Se pueden clasificar los materiales de restauración cerámicos en tres grupos, según la presencia de atributos específicos en su formulación, de la siguiente manera:

1. Cerámicas de matriz de vidrio:

Materiales cerámicos inorgánicos no metálicos que contienen una fase de vidrio

2. Cerámica policristalina:

Materiales cerámicos inorgánicos no metálicos que no contienen ninguna fase de vidrio

3. Cerámicas de matriz de resina:

Matrices poliméricas que contienen predominantemente compuestos refractarios inorgánicos que pueden incluir porcelanas, vidrios, cerámicas y vitrocerámicas.

El grupo de las cerámicas de matriz de vidrio se subdivide en tres subgrupos: cerámicas feldespáticas, cerámicas sintéticas y cerámicas infiltradas con vidrio.

Las cerámicas policristalinas se subdividen en cuatro subgrupos: alúmina, zirconia estabilizada, alúmina endurecida con zirconia y zirconia endurecida con aluminato. El tercer grupo, las cerámicas de matriz resinosa, se divide en varios subgrupos según su composición (Gracis S et al, 2015).

## **CERÁMICAS USADAS EN EL ESTUDIO**

### **Cerámica Feldespática**

Este grupo tradicional de cerámicas se basa en un sistema de materiales ternario compuesto por arcilla/caolín (silicato de aluminio hidratado), cuarzo (sílice) y feldespato natural (una mezcla de silicato de aluminio de potasio y sodio). El feldespato de potasio forma cristales de leucita (fase cristalina) que, dependiendo de la cantidad, no solo aumentan la resistencia intrínseca de la restauración, sino que también hacen que esta porcelana sea adecuada para el revestimiento de subestructuras metálicas (coeficiente de expansión térmica de aproximadamente 10 % o menos, por debajo de la subestructura). Estos materiales todavía se utilizan como material de revestimiento sobre sustratos de cerámica y aleaciones metálicas y como material estético adherido a la estructura dental (Gracis S et al, 2015).

Las primeras cerámicas de feldespato de estructura fina CAD/CAM evolucionaron a partir de cerámicas feldespáticas tradicionales. El material muestra una resistencia característica baja 118,65 MPa (Gracis S et al, 2015; Spitznagel FA et al, 2018).

## CEREC Blocs



*Figura 1. Bloque de CEREC Blocs para el sistema CAD/CAM CEREC.*

CEREC Blocs son bloques de cerámica de feldespato de estructura fina de fabricación industrial que se utilizan para la fabricación de inlays, onlays, coronas y carillas con CEREC o inLab. Están compuestos por óxido de sílice en un 64%, óxido de alúmina en un 23%, óxido de sodio de un 6 a 9 %, otros óxidos en un 6 a 8 % y pigmentos en porcentajes menores a 1%. Se fabrican a partir de polvos de grano fino con mayor resistencia y desgaste reducido gracias al diámetro fino de sus cristales de 4mm. La resistencia a la flexión de CEREC Blocs es de 112 a 120 MPa. La ventaja determinante que presentan los CEREC Blocs consiste en que las restauraciones pueden ajustarse inmediatamente después del tallado. Se ofrecen en CEREC Blocs C (cromáticos) y CEREC Blocs C PC (policromáticos), en tres tamaños de bloque: 10, 12, 14 y 12, 14, 14/14 respectivamente y en 10 colores clásicos Vita más un tono de blanqueo. Los bloques policromáticos presentan 4 colores: A1, A2, A3, A3,5.

### **Cerámica de Vidrio Reforzada con Leucita**

Es una cerámica bien establecida derivada de las primeras generaciones de bloques CAD/CAM que contienen hasta un 40 % de cristales de leucita incrustados en una vitrocerámica feldespática. La leucita revela un crecimiento detrítico a través de la cristalización superficial de partículas de vidrio en polvo de vidrio por cristalización voluminosa de vidrios monolíticos que tienen  $TiO_2$  y  $CeO_2$  como agentes nucleantes. Con esta técnica denominada "reforzamiento por dispersión" y la adición de rellenos como la leucita dispersada uniformemente por todo el vidrio feldespático, se podría lograr un aumento moderado de la resistencia. Por lo general exhibe una resistencia a la flexión de 160 a 200 MPa según el fabricante (Spitznagel FA et al, 2018).

### **INITIAL LRF Block**



*Figura 2. Bloque de INITIAL LRF Blocks para el sistema CAD/CAM CEREC.*

Es un bloque CAD/CAM de feldespato reforzado con leucita para restauraciones de cerámica. El contenido de leucita refuerza la estructura y permite su uso tanto

en la zona anterior como en la posterior, incluso sin glaseado. La elección del tamaño y la distribución de los cristales de leucita afecta el reflejo de la luz incidente y lo hace notablemente estético. Se puede obtener excelentes propiedades físicas solo con pulido. Sin embargo, se puede usar pasta de glaseado (GC) Initial LRF. Opcionalmente, se puede mezclar con Initial Spectrum Stains (GC) para caracterizar la restauración.

Según los datos del fabricante, Initial LRF BLOCK se encuentra entre los bloques con la mayor estabilidad a la fractura y resistencia a la flexión en su categoría con una resistencia a la flexión de 160 a 200 MPa con sistema de pulido y hasta 250 MPa con glaseado. Se presenta en tres tamaños de bloque: 12, 14 y 14L. Tienen bloques de alta translucidez (HT) y baja translucidez (LT) con 6 colores diferentes: A1, A2, A3, A3,5, B1, BL.

### **Cerámica de Disilicato de Litio**

Para permanecer menos dependiente de los recursos naturales de materias primas y sus variaciones inherentes, la industria cerámica ha comenzado a utilizar materiales sintéticos. La composición varía entre los fabricantes, pero comúnmente incluye dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ), óxido de sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) y óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). La cerámica de disilicato de litio presenta una matriz de vidrio que incrusta pequeños cristales en forma de aguja con dimensiones de alrededor de 0,5 a 4  $\mu\text{m}$  con diferentes orientaciones. El disilicato de litio CAD/CAM se expone a un proceso de cristalización de 2 etapas. Tras la sinterización, obtiene su resistencia final a la flexión que según la marca pueden variar de 400 a 530 MPa. Un estudio reciente describió una resistencia característica alta de 609,80 MPa. Por lo tanto, la cerámica de disilicato de litio

tiene la mayor resistencia en vitrocerámica, aproximadamente 3 a 4 veces la resistencia de otras cerámicas ricas en vidrio. Debido a la translucidez favorable y la variedad de colores, el material se puede utilizar para restauraciones monolíticas o como material de núcleo recubierto con cerámica de recubrimiento que contenga apatita. La indicación abarca desde todo tipo de restauraciones de un solo diente e implantes hasta prótesis dentales fijas de 3 unidades anteriores y posteriores (limitadas a premolares). Varios estudios han demostrado que el desempeño de las coronas monolíticas en disilicato de litio a los 8 años ha mostrado tasas de supervivencia de hasta el 94,8% y a los 10 años al 96,7%; reduciendo significativamente la incidencia de complicaciones debidas al astillado. Un estudio clínico reciente basado en coronas monolíticas de disilicato de litio aplicadas en el consultorio mostró una tasa de supervivencia del 83,5 % y una tasa libre de complicaciones del 71,0 % después de 10 años. En cuanto al uso de puentes, se pueden utilizar hasta 3 elementos en el sector posterior, y según un ensayo clínico a 10 años, no habría diferencia en cuanto a supervivencia entre este material y los de metal- cerámica (Gracis S et al, 2015; Spitznagel FA et al, 2018; Marchesi G et al, 2021).

## Amber Mill



*Figura 3. Bloque de Amber Mill HASS para el sistema CAD/CAM CEREC.*

Amber Mill son bloques dentales de vitrocerámica mecanizables hechos de disilicato de litio. La estructura cristalina más densa y reticulada de Amber Mill da como resultado excelentes propiedades físicas. La resistencia a la flexión biaxial de Amber Mill es de 450 MPa después de cristalizar por completo. Los bloques de Amber Mill presentan efecto de gradación multicromática, su translucidez se puede alterar a través de un tratamiento térmico. El cristalino fino se incrusta en una matriz de vidrio, el tamaño y la densidad del cristal aumentan y, en consecuencia, se refuerzan las propiedades mecánicas y se logra el nivel de translucidez deseado. La combinación de dos factores: temperatura y tiempo de mantenimiento para el tratamiento térmico de translucidez de Amber Mill diferencia la translucidez resultante. Según el programa de tratamiento térmico de translucidez recomendado, se recomienda a cada usuario que verifique sus propias condiciones optimizadas para el uso del horno. Posterior al proceso de cristalización, se obtiene un material con un 70% de cristales de disilicato de litio en una matriz vítrea. Se presentan en cuatro tamaños: C12, C14, C32, C40 y en 19 colores diferentes que van desde A1-D4 y 4 colores blancos.



## **RUGOSIDAD SUPERFICIAL DE MATERIALES CERÁMICOS**

La literatura ha demostrado que las restauraciones CAD/CAM exhiben una adaptación marginal, de contorno y de tono aceptable en comparación con las restauraciones fabricadas de manera analógica. Así también, los bloques CAD monolíticos ofrecen una calidad estándar constante con una tasa de fractura más baja que la de la técnica de recubrimiento manual. Menos interfaces de material pueden producir menos complicaciones mecánicas. Sin embargo, los materiales cerámicos CAD/CAM están sujetos al proceso de degradación cuando se exponen a una gran variedad de condiciones en la cavidad oral. Elementos como bebidas de color, soluciones ácidas y altas temperaturas son factores extrínsecos relacionados con la degradación de la cerámica. Otro factor importante que contribuye a la abrasión superficial y la rugosidad de la restauración es el cepillado de dientes diario. Junto con el dentífrico, se puede observar un fenómeno de desgaste de 3 o 4 cuerpos en varias restauraciones. El cepillado de dientes puede conducir a la eliminación de la capa caracterizada, aumento de la rugosidad de la superficie y cambio de color de las restauraciones (Alencar-Silva et al, 2019; Yuan JC et al, 2018).

Se ha demostrado que las cerámicas con una superficie rugosa son más susceptibles a las manchas de fuentes externas. Así también, la textura de la superficie puede afectar la percepción del color, con menos reflectancia de la luz de las superficies más ásperas. Por otro lado, el aumento de la rugosidad de más de 0,2 mm se ha asociado con una mayor acumulación de placa, lo que lleva a un aumento del riesgo de caries e inflamación periodontal. Además, se ha

demostrado que el aumento de la rugosidad de la superficie de un material dental está relacionado con el desgaste del antagonista (Alencar-Silva et al, 2019; Yuan JC et al, 2018).

### METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se realizó un estudio comparativo in vitro, en el cual se evaluaron tres tipos de materiales cerámicos CAD/CAM. Se utilizaron 10 bloques de cada material: CEREC Blocs (Dentsply Sirona), Initial LRF (GC) y Amber Mill (HASS Corp). La información sobre los materiales analizados se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Características técnicas de los materiales CAD/CAM evaluados en este estudio.

Material	Código	Clasificación	Fabricante	Composición <sup>a</sup>	Número de Lote
<b>CEREC Blocs</b>	CB	Cerámica de feldespato	Dentsply Sirona	SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, CaO, TiO <sub>2</sub> , pigmentos	98850
<b>Initial LRF</b>	LRF	Cerámica de feldespato reforzada con leucita	GC	No disponible en detalle	1901151
<b>Amber Mill</b>	ABM	Disilicato de litio	HASS Corp	SiO <sub>2</sub> , Li <sub>2</sub> O, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , otros óxidos y colorantes	EBE05NF090 1

<sup>a</sup> Información del fabricante

Comentado [CAC1]: No veo la referencia de esto en la tabla.

## **PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS**

Se realizó un escaneo de un modelo impreso de un maxilar superior, con una preparación para carilla en el incisivo central superior. Se diseñó la restauración usando el software CEREC 5.1.3. Los parámetros de diseño fueron estandarizados para todas las muestras, con un espesor mínimo de 1 mm. A continuación, la información se exportó al software CAM para la materialización en una unidad de fresado (MCXL, Dentsply Sirona, Alemania). Se fabricaron diez muestras para cada grupo (n=10). Para el grupo de cerámica de disilicato de litio (Amber Mill) las muestras pasaron por un proceso de cristalización según las indicaciones del fabricante a 815 °C por 21 min. Posteriormente todas las muestras fueron sometidas a un pulido especular utilizando una felpa y pasta de pulir (AP Esthetic, Dusseldorf, Germany) durante 60 segundos. Se lavaron con agua y se secaron con aire comprimido durante 20 segundos.

## **PRUEBA DE DESGASTE**

El cepillado fue simulado mediante una máquina de cepillado automática (MEV-3T XY; Odeme Dental Research, Luzerna, Brasil). Las muestras se fijaron en soportes de policloruro de vinilo (PVC) de 18 mm x 12 mm con silicona de condensación (Speedex; COLTENE). Se utilizaron cepillos de nylon de cerdas duras (Colgate Extra Clean; Col-gate-Palmolive, Bogotá, Colombia) en cada cabezal. Cada espécimen se cepilló en una dirección perpendicular a la superficie de deslizamiento con una carga de 2N, una amplitud de excursión de 15 mm y una frecuencia de 72 rpm/min (1.2Hz) durante un total de 100.000 ciclos. Se inyectó una suspensión con 150gr de pasta de flúor (Colgate Total 12; Colgate-Palmolive, Colombia) con una Abrasividad Relativa de la Dentina (RDA)

de 70/78, con 1L de agua destilada. La solución se inyectaba cada 5000 ciclos para mantener la superficie húmeda. La temperatura interna de la máquina se mantuvo a 36.5 °C. Al final de la prueba de cepillado, cada muestra se limpió con agua corriente y se secó con aire comprimido (Sulaiman et al, 2020; Lebon N et al, 2015).

### **EVALUACIÓN DEL DESGASTE VOLUMÉTRICO**

El desgaste volumétrico de los materiales se midió mediante la superposición de exploraciones previas y posteriores a la prueba de cepillado por medio de un escáner óptico intraoral (CEREC PrimeScan: Dentsply Sirona, Bensheim, Alemania). Los datos adquiridos en la digitalización de cada muestra fueron importados en formato STL al software OraCheck 5.0 (Dentsply Sirona, Alemania), el cual permite la comparación 3D entre dos o más escaneos digitales, mediante el algoritmo de mejor ajuste (Hartkamp O et al, 2017).

### **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los registros de datos de cada grupo de muestras se recopilaron en un archivo de Excel (versión 16, Microsoft, Redmond, WA, USA) y se importaron al programa SPSS (IBM SPSS Statistics versión 26 en español). Para la prueba de hipótesis de la investigación se verificaron los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk) y homocedasticidad (Levene). Una vez determinada la normalidad de los datos se utilizó una prueba ANOVA con un intervalo de confianza de 95%.

### ANÁLISIS DE DATOS

El resultado de la comparación del desgaste volumétrico de los materiales cerámicos CAD/CAM se muestran en la tabla 2. ABM mostró un cambio volumétrico promedio de  $0,19 \pm 0,09$  mm<sup>3</sup>, el valor mínimo observado fue de 0,09 mm<sup>3</sup> y el máximo de 0,32 mm<sup>3</sup>. Para CB el cambio promedio fue de  $0,13 \pm 0,40$  mm<sup>3</sup>, el cambio mínimo fue de 0,00 mm<sup>3</sup> y el máximo de 0,40 mm<sup>3</sup>. Para LRF el cambio volumétrico observado fue de  $0,23 \pm 0,13$  mm<sup>3</sup>, con un cambio mínimo de 0,02 mm<sup>3</sup> y máximo de 0,43 mm<sup>3</sup>. La figura 4 muestra las diferencias obtenidas en el desgaste volumétrico promedio para cada material cerámico CAD/CAM. LRF presentó mayor cambio volumétrico promedio (0,229 mm<sup>3</sup>) seguido de ABM (0,189 mm<sup>3</sup>), siendo el menor CB (0,161 mm<sup>3</sup>). En la Figura 5 se muestran gráficos de mediciones realizadas con el software Oracheck 5.0.

Tabla 2. Medias y desviaciones estándar (DE) del cambio volumétrico de los materiales después de la prueba de desgaste.

Material	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Amber	10	0,19	0,09	0,09	0,32
Cerec	10	0,16	0,13	0,00	0,40
Initial	10	0,23	0,13	0,02	0,43
Total	30	0,19	0,12	0,00	0,43

Fuente: resultados de mediciones en mm<sup>3</sup> para cada tratamiento.

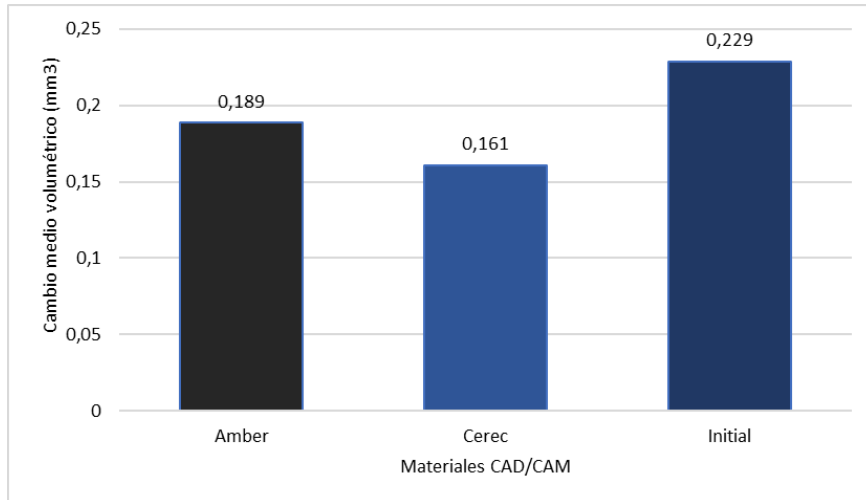


Figura 4. Gráfico del cambio volumétrico promedio para cada material.

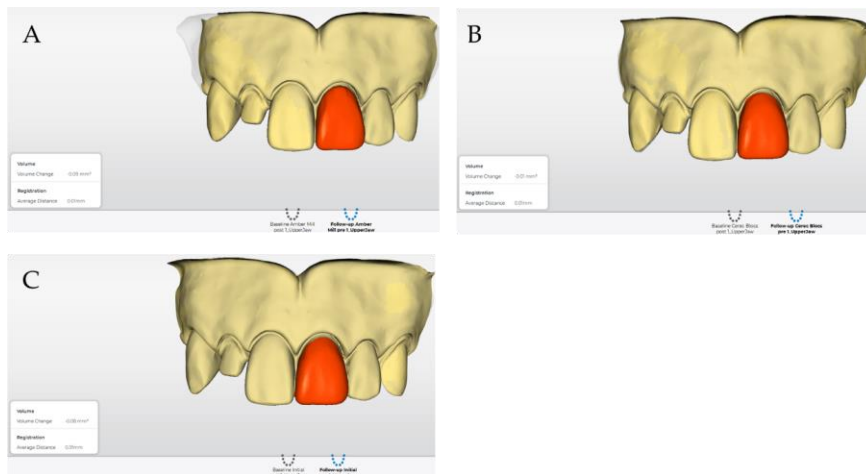


Figura 5. Resultado del escaneo inicial y del escaneo posterior a la prueba, realizado en el software Orascan 5.0: (A) Amber Mill (ABM); (B) CEREC Bloqs (CB); (C) Initial LRF (LRF).

La tabla 3, muestra los resultados de las pruebas de normalidad y de homocedasticidad. Para la prueba de normalidad se concluyó que los datos provienen de una población con distribución normal ( $p\text{-valor} = 0,412 > 5\%$ ) y de acuerdo con el resultado de la prueba de homocedasticidad se concluyó que los datos provienen de poblaciones con igualdad de varianzas ( $p\text{-valor} = 0,281 > 5\%$ ).

A través de la prueba ANOVA, se determinó que los materiales cerámicos CAD/CAM sometidos a prueba no presentaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al desgaste volumétrico promedio ( $p\text{-valor} = 0,455 > 5\%$ ). La tabla 4 muestra los resultados de la comparación del cambio volumétrico promedio entre los tres materiales.

*Tabla 3. Resultado de la verificación de supuestos.*

Prueba	Estadístico	Grados de libertad	P-valor
Normalidad (Shapiro-Wilk)	0,965	30	0,412
Homocedasticidad (Levene)	1,331	(2;27)	0,281

*Nota: nivel de significancia al 5%.*

*Tabla 4. Resultado de la comparación en el cambio volumétrico promedio (mm<sup>3</sup>) entre los materiales.*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,023	2	0,012	0,811	0,455
Dentro de grupos	0,389	27	0,014		
Total	0,412	29			

**Nota:** nivel de significancia al 5%, prueba ANOVA.

## DISCUSIÓN

Este estudio in vitro tuvo como objetivo, investigar el desgaste volumétrico de las superficies de materiales cerámicos CAD/CAM después de la simulación del cepillado dental. Los resultados demostraron que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las muestras. Debido a esto, la hipótesis nula del estudio fue aceptada. Para las cerámicas CAD/CAM Cerec Blocs (CB) e Initial LRF (LRF) no se requirió fases de glaseado ni cocción, mientras que las muestras de Amber Mill (ABM) pasaron por un proceso de cristalización.

Se han descrito varios métodos para el análisis del desgaste in vitro: la medición de la rugosidad superficial, la pérdida de volumen después de la prueba de desgaste y el peso de las muestras sometidas a la prueba de desgaste. En este estudio se analizó la pérdida de volumen de cada material cerámico a través de un escáner intraoral, que es una herramienta rápida, fácil de usar y con aceptable



confiabilidad en los resultados. El escáner se usó para la adquisición de datos antes y después de la simulación de cepillado dental y posteriormente se analizó en el software OraCheck para determinar el desgaste volumétrico de cada material cerámico (Abad-Coronel C et al, 2022).

Existen diferentes protocolos de envejecimiento in vitro propuestos para simular las condiciones de la cavidad oral a la que los materiales restauradores están sujetos. Los más comunes, se destacan: el termociclado, la inmersión en líquidos y la simulación de cepillado dental. En condiciones clínicas, los factores térmicos, químicos y mecánicos afectan la calidad, estética y longevidad de las restauraciones cerámicas (De Andrade et al, 2021). La compleja interacción de alimentos, bebidas, saliva y la interacción del flúor de la pasta dental con el cepillado de dientes ha demostrado previamente cambios en la superficie de los materiales cerámicos en cuanto a volumen, brillo, caracterización y dureza, lo que resulta en una baja durabilidad (Yuan JC et al, 2018; Labban N et al, 2021; Dederichs M et al, 2021). Por lo tanto, pruebas como la simulación de cepillado dental pueden ayudar a conocer el rendimiento clínico de estos materiales (De Andrade et al, 2021; Labban N, Al Amri M, 2021).

El efecto de la abrasividad de las pastas dentales en los materiales restauradores ha sido bien documentado. El cepillado dental con un dentífrico con RDA baja es capaz de producir desgaste en la caracterización del color en la superficie de una restauración metal-cerámica en un lapso de 10 a 12 años (Yuan JC et al, 2018). Un estudio probó que el desgaste se produjo solo por efecto del dentífrico y no hubo relación con el cepillo dental (Garza LA et al, 2016). Esto se confirmó con otro estudio en el que los autores sugirieron que el uso de un dentífrico muy abrasivo es el responsable del desgaste superficial (Labban N, Al Amri M, 2021).

La pasta usada en el presente estudio tiene baja abrasividad de 70 RDA. Muchos investigadores han relacionado las propiedades ópticas con la rugosidad superficial. Además, se atribuye que la superficie lisa de los materiales es directamente proporcional a la reflexión y dispersión de la luz superficial, lo que mejora las propiedades ópticas (Labban N, Al Amri M, 2021). Valores de rugosidad superficial (Ra) mayores a  $0.2 \mu\text{m}$  han sido reportados que se relacionan a un incremento en la retención bacteriana (De Andrade et al, 2021). Además, estudios han reportado que la lengua humana es capaz de percibir clínicamente una superficie rugosa de  $0.25$  a  $0.50 \mu\text{m}$ , reduciendo el confort del paciente (Garza LA et al, 2016; Dederichs M et al, 2021).

El presente estudio determinó un valor promedio de Ra de  $0,19 \pm 0,09 \text{ mm}^3$  para ABM,  $0,16 \pm 0,13 \text{ mm}^3$  para CB y de  $0,23 \pm 0,13 \text{ mm}^3$  para LRF. Estos valores están por debajo del límite clínico mencionado anteriormente. Por lo tanto, no se los considera clínicamente significativos. Mormann et al, en su estudio mostraron que los valores de rugosidad superficial (Ra) de las mismas cerámicas probadas en este estudio, no presentaron diferencias significativas entre ellas, además de presentar gran retención de brillo después de la prueba (Mörmann WH et al 2013).

Heintze y Forjanic también respaldan los presentes resultados con sus investigaciones sobre la rugosidad superficial (Ra) de diferentes materiales dentales. Los autores no encontraron diferencias significativas en la cerámica de disilicato de litio antes y después de la simulación de cepillado dental. Esto podría explicarse potencialmente por su alta resistencia y dureza de 590 VHN (Vickers Hardness) (Heintze et al, 2008). Por otro lado, Garza et al, encontraron que los valores de Ra aumentaron ligeramente a través del tiempo. En su estudio

mostraron que se requirió de 12 años de simulación de cepillado dental para obtener cambios notables de manchas extrínsecas en la cerámica IPS E-max Press (disilicato de litio prensable) (Garza LA et al, 2016). En otro estudio Alencar-Silva et al, analizaron la rugosidad de la superficie (Ra) de 2 grupos de cerámica con disilicato de litio: un grupo con aplicación de glaseado y sinterizado y otro con pulido de la superficie con discos abrasivos. Los resultados dieron valores de Ra de  $0.38 \pm 0.01 \mu\text{m}$  y  $0.10 \pm 0.00 \mu\text{m}$ , respectivamente. Estos resultados demuestran que un pulido mecánico puede proveer valores de Ra menores para las restauraciones de disilicato de litio CAD/CAM con propiedades óptimas capaces de reducir la adhesión microbiana y retención mecánica de sustancias extrínsecas. Esto permite al clínico realizar ajustes en el sillón sin necesidad de un proceso de laboratorio adicional (Alencar-Silva FJ et al, 2019). Ludovichetti et al, informaron que no hubo diferencias significativas entre la cerámica con disilicato de litio y la cerámica reforzada con zirconio en cuanto al potencial de desgaste. También informaron que la cerámica de disilicato de litio desgastaba más el esmalte antagonista que los otros sistemas cerámicos (Ludovichetti et al, 2018; Heintze et al, 2008). En relación con nuestro estudio, la cerámica con disilicato de litio obtuvo valores de rugosidad superficial muy similares a las otras cerámicas estudiadas sin diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, la cerámica feldespática fue la que menor cambio volumétrico presentó, como muestra la figura 4. Sripetchdanond et al, reportaron mayor rugosidad superficial en la cerámica y a su vez mayor desgaste en el esmalte antagonista en comparación con la zirconia y las resinas compuestas (Sripetchdanond J et al, 2014). En contraste, D'Arcangelo et al, informaron que la cerámica de disilicato de litio presentó una tasa de desgaste similar a la del

oro y el esmalte (D'Arcangelo C et al, 2016). La inconsistencia en los resultados de estos estudios puede deberse a los diferentes métodos de prueba aplicados. El desgaste superficial de las cerámicas se ha atribuido a las partículas de vidrio que se desprenden y actúan de manera similar a los abrasivos y conducen a un proceso de desgaste de 3 cuerpos (Ozkiş SE et al, 2022).

En un estudio de Nima et al, se compararon 3 materiales restauradores: resina compuesta, cerámica con infiltración de polímero y cerámica feldespática. Los resultados mostraron que la cerámica feldespática tuvo mayor retención de brillo y menor desgaste superficial después del cepillado. La cerámica feldespática es una cerámica con mayor dureza, las partículas abrasivas de sílice en la pasta dental, junto con el cepillo, pudieron haber actuado como un procedimiento de pulido a largo plazo (Nima G et al, 2021). Rodrigues et al, también indicó en su estudio que después de la simulación de cepillado dental, la cerámica feldespática reforzada con leucita mostró valores bajos de rugosidad superficial, considerándola un material estable en la cavidad oral (Rodrigues CRT et al, 2019). En otra investigación, De Andrade et al, mostraron en su estudio que después de la simulación de cepillado dental realizado en cerámica vítrea reforzada con leucita, cerámica vítrea infiltrada con polímero y resinas compuestas, solo las dos primeras presentaron valores de brillo aceptables. Esto puede deberse a que estos materiales tienen mayor contenido vítreo y, en consecuencia, un índice de refracción más alto. Si bien los resultados de los estudios no son concluyentes, se puede evidenciar que los materiales con matriz vítrea tienen los valores más bajos de rugosidad superficial y que al ser materiales con mayor dureza son menos propensos al desgaste (De Andrade et al, 2021). De tal manera, que los materiales cerámicos son capaces de mantener

sus propiedades físicas como la rugosidad superficial, el brillo y el cambio volumétrico con menores alteraciones frente a factores extrínsecos, como el cepillado dental, a lo largo del tiempo.

Si bien es cierto la literatura reporta información contradictoria relacionada con la cantidad de ciclos necesarios para simular la abrasión del cepillado dental, en este estudio se realizaron 100.000 ciclos que simularon 10 años de cepillado dental. En base a estudios previos que muestran que la fuerza promedio aplicada en el cepillado dental es de 2-3 N, los cepillos dentales usados en este estudio se aplicaron a las superficies cerámicas con una fuerza de 2 N y una frecuencia de 72 rpm/min (Litonjua LA et al, 2004).

Este estudio in vitro presenta algunas limitaciones como, por ejemplo: los movimientos del cepillo de dientes, la composición de la mezcla usada que no contenía saliva o saliva artificial y la dificultad de simular el entorno bucal dinámico, como la fluctuación del pH, las fuerzas masticatorias y la presencia de bacterias (Yuan JC et al, 2018; Garza LA et al, 2016). Además, no se ha incluido variables como, la diferencia en la fuerza que las personas aplican al cepillarse los dientes, la abrasividad de las pastas dentales, el tipo de cerdas del cepillo de dientes y la regularidad con la que las personas se cepillan los dientes. Se necesitan más estudios para imitar la situación real de una restauración cerámica en la cavidad oral, para proporcionar información más viable en condiciones clínicas.

## CONCLUSIONES

Basado en los resultados de este estudio in vitro, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- La simulación de cepillado dental no presentó diferencias estadísticamente significativas en cuanto al desgaste volumétrico promedio entre los materiales cerámicos.
- Después del cepillado, todos los materiales presentaron valores de rugosidad clínicamente aceptables por debajo de  $0.2 \mu\text{m}$ .
- El pulido mecánico puede proveer valores de rugosidad superficial bajos con propiedades óptimas capaces de reducir la adhesión microbiana y retención mecánica de sustancias extrínsecas, favoreciendo el tiempo de trabajo al clínico.
- Las cerámicas vítreas poseen excelente resistencia y valores de dureza, lo que favorece a una mejor durabilidad del brillo, menor rugosidad superficial y por ende menor desgaste ante factores externos.

## REFERENCIAS

- Yin R, Kim YK, Jang YS, Lee JJ, Lee MH, Bae TS. Comparative evaluation of the mechanical properties of CAD/CAM dental blocks. *Odontology*. 2019 Jul;107(3):360-367.
- Matzinger M, Hahnel S, Preis V, Rosentritt M. Polishing effects and wear performance of chairside CAD/CAM materials. *Clin Oral Investig*. 2019 Feb;23(2):725-737.
- Zurek AD, Alfaro MF, Wee AG, Yuan JC, Barao VA, Mathew MT, Sukotjo C. Wear Characteristics and Volume Loss of CAD/CAM Ceramic Materials. *J Prosthodont*. 2019 Feb;28(2):e510-e518.
- Aladağ A, Oğuz D, Çömlekoğlu ME, Akan E. *In vivo* wear determination of novel CAD/CAM ceramic crowns by using 3D alignment. *J Adv Prosthodont*. 2019 Apr;11(2):120-127.
- Sulaiman TA. Materials in digital dentistry-A review. *J Esthet Restor Dent*. 2020 Mar;32(2):171-181.
- Ludovichetti FS, Trindade FZ, Werner A, Kleverlaan CJ, Fonseca RG. Wear resistance and abrasiveness of CAD-CAM monolithic materials. *J Prosthet Dent*. 2018 Aug;120(2):318.e1-318.e8.
- Lebon N, Tapie L, Vennat E, Mawussi B. Influence of CAD/CAM tool and material on tool wear and roughness of dental prostheses after milling. *J Prosthet Dent*. 2015 Aug;114(2):236-47.
- Li RW, Chow TW, Matinlinna JP. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. *J Prosthodont Res* 2014 Oct;58(4):208-216.

- 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):227-235.
- Nejatidanesh F, Amjadi M, Akouchekian M, Savabi O. Clinical performance of CEREC AC Bluecam conservative ceramic restorations after five years—A retrospective study. *J Dent*. 2015 Sep;43(9):1076-1082.
- Kang SY, Yu JM, Lee JS, Park KS, Lee SY. Evaluation of the Milling Accuracy of Zirconia-Reinforced Lithium Silicate Crowns Fabricated Using the Dental Medical Device System: A Three-Dimensional Analysis. *Materials (Basel)*. 2020 Oct 21;13(20):4680.
- Furtado de Mendonca A, Shahmoradi M, Gouvêa CVD, De Souza GM, Ellakwa A. Microstructural and Mechanical Characterization of CAD/CAM Materials for Monolithic Dental Restorations. *J Prosthodont*. 2019 Feb;28(2):e587-e594.
- Stawarczyk B, Mandl A, Liebermann A. Modern CAD/CAM silicate ceramics, their translucency level and impact of hydrothermal aging on translucency, Martens hardness, biaxial flexural strength and their reliability. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2021 Jun;118:104456.
- de Andrade GS, Augusto MG, Simões BV, Pagani C, Saavedra GSFA, Bresciani E. Impact of simulated toothbrushing on surface properties of chairside CAD-CAM materials: An in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2021 Mar;125(3):469.e1-469.e6.
- Alencar-Silva FJ, Barreto JO, Negreiros WA, Silva PGB, Pinto-Fiamengui LMS, Regis RR. Effect of beverage solutions and toothbrushing on the Surface roughness, microhardness, and color stainability of a vitreous CAD-CAM



- lithium disilicate ceramic. *J Prosthet Dent.* 2019 Apr;121(4):711.e1-711.e6.
- Yuan JC, Barão VAR, Wee AG, Alfaro MF, Afshari FS, Sukotjo C. Effect of brushing and thermocycling on the shade and surface roughness of CAD-CAM ceramic restorations. *J Prosthet Dent.* 2018 Jun;119(6):1000-1006.
- Garza LA, Thompson G, Cho SH, Berzins DW. Effect of toothbrushing on shade and surface roughness of extrinsically stained pressable ceramics. *J Prosthet Dent.* 2016 Apr;115(4):489-94.
- Pouranfar FL, Sheridan R, Salmon C, Vandewalle KS. Effect of Toothbrushing on Surface Color of Ceramic-polymer Materials: An *In Vitro* Study. *J Contemp Dent Pract.* 2020 Sep 1;21(9):1054-1058.
- Hartkamp, O., Peters, F., Bothung, H., Lohbauer, U., & Reich, S. (2017). Optical profilometry versus intraoral (handheld) scanning. *International journal of computerized dentistry*, 20(2), 165–176.
- Abad-Coronel C, Palomeque A, Mena Córdova N, Aliaga P. Digital Volumetric Analysis of CAD/CAM Polymeric Materials after Tooth Brushing. *Polymers (Basel).* 2022 Aug 26;14(17):3499.
- Labban N, Al Amri MD, Alnafaiy SM, Alhijji SM, Alenizy MA, Iskandar M, Feitosa S. Influence of Toothbrush Abrasion and Surface Treatments on Roughness and Gloss of Polymer-Infiltrated Ceramics. *Polymers (Basel).* 2021 Oct 27;13(21):3694.
- Dederichs M, Fahmy MD, An H, Guentsch A, Viebranz S, Kuepper H. Comparison of Wear Resistance of Prefabricated Composite Veneers Versus Ceramic and Enamel. *J Prosthodont.* 2021 Oct;30(8):711-719.

- Labban N, Al Amri M, Alhijji S, Alnafaiy S, Alfouzan A, Iskandar M, Feitosa S. Influence of toothbrush abrasion and surface treatments on the color and translucency of resin infiltrated hybrid ceramics. *J Adv Prosthodont.* 2021 Feb;13(1):1-11.
- Mörmann WH, Stawarczyk B, Ender A, Sener B, Attin T, Mehl A. Wear characteristics of current aesthetic dental restorative CAD/CAM materials: two-body wear, gloss retention, roughness and Martens hardness. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2013 Apr;20:113-25.
- Heintze SD, Cavalleri A, Forjanic M, Zellweger G, Rousson V. Wear of ceramic and antagonist--a systematic evaluation of influencing factors in vitro. *Dent Mater.* 2008 Apr;24(4):433-49.
- Sripetchdanond J, Leevailoj C. Wear of human enamel opposing monolithic zirconia, glass ceramic, and composite resin: an in vitro study. *J Prosthet Dent* 2014;112:1141-50.
- D'Arcangelo C, Vanini L, Rondoni GD, De Angelis F. Wear properties of dental ceramics and porcelains compared with human enamel. *J Prosthet Dent* 2016;115:350-5.
- Ozkir SE, Bicer M, Deste G, Karakus E, Yilmaz B. Wear of monolithic zirconia against different CAD-CAM and indirect restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2022 Sep;128(3):505-511.
- Nima G, Lugo-Varillas JG, Soto J, Faraoni JJ, Palma-Dibb RG, Correa-Medina A, Giannini M. Effect of toothbrushing on the surface of enamel, direct and indirect CAD/CAM restorative materials. *Int J Prosthodont.* 2021 July/August;34(4):473–481.

- Rodrigues CRT, Turssi CP, Amaral FLB, Basting RT, França FMG. Changes to Glazed Dental Ceramic Shade, Roughness, and Microhardness after Bleaching and Simulated Brushing. *J Prosthodont*. 2019 Jan;28(1):e59-e67.
- Litonjua LA, Andreana S, Bush PJ, Tobias TS, Cohen RE. Wedged cervical lesions produced by toothbrushing. *Am J Dent*. 2004 Aug;17(4):237-40.
- Spitznagel FA, Boldt J, Gierthmuehlen PC. CAD/CAM Ceramic Restorative Materials for Natural Teeth. *J Dent Res*. 2018 Sep;97(10):1082-1091.
- Davidowitz G, Kotick PG. The use of CAD/CAM in dentistry. *Dent Clin North Am*. 2011 Jul;55(3):559-70.
- Marchesi G, Camurri Piloni A, Nicolini V, Turco G, Di Lenarda R. Chairside CAD/CAM Materials: Current Trends of Clinical Uses. *Biology (Basel)*. 2021 Nov 12;10(11):1170.