

VARIACIÓN EN LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL DE UNA RESINA COMPUESTA NANOCERÁMICA PARA CAD/CAM DESPUÉS DE DIFERENTES TRATAMIENTOS ACONDICIONANTES. ESTUDIO IN VITRO

VARIATION OF THE SURFACE ROUGHNESS OF RESIN-BASED COMPOSITE NANOCERAMIC FOR CAD/CAM AFTER DIFFERENT CONDITIONING TREATMENTS. IN VITRO STUDY

Artículo recibido el: 12/12/2025

Artículo aceptado el: 3/10/2026

Blanca Emperatriz Real López*

*Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9798-6202>

breal@uce.edu.ec

María Salomé Guevara Albuja*

*Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-7069-4019>

salome.ga@hotmail.com

Pablo Rubén Garrido Villavicencio*

*Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5223-1017>

pgarrido@uce.edu.ec

Myriam Katherine Zurita Solís*

*Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1668-481X>

kzurita@uce.edu.ec

Ángel Eduardo Garrido Cisneros*

*Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6583-4610>

agarrido@uce.edu.ec

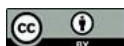
The authors declare that there is no conflict of interest

Resumen

Por sus propiedades mecánicas y estéticas, se ha hecho frecuente el uso bloques de resina compuesta nanocerámica para CAD/CAM en la fabricación de restauraciones indirectas; sin embargo, no existe consenso en el mejor tratamiento de acondicionamiento superficial de este material. OBJETIVO: se investigó la rugosidad superficial (μm) después de la aplicación de tres tratamientos acondicionantes: ácido fluorhídrico (9%), ácido fosfórico (37%) y arenado con óxido de aluminio ($50\ \mu$). MÉTODO: se fabricaron 30 laminados ($14 \times 12 \times 0.5\ \text{mm}$) cortando bloques C14 (Cerasmart®), las superficies se pulieron con carburo de silicio (grano 500 a 2000) y se estandarizaron las muestras. Tres tipos de acondicionamiento superficial fueron aplicados ($n= 10$): ácido fluorhídrico al 9% por 15 segundos, arenado con óxido de aluminio $50\ \mu/2\ \text{bar}$ por 20 segundos y

Abstract

Due to their mechanical and aesthetic properties, the use of nanoceramic composite resin blocks for CAD/CAM has become frequent in the fabrication of indirect restorations; however, there is no consensus on the best surface conditioning treatment for this material. OBJECTIVE: To investigate the surface roughness (μm) after the application of three conditioning treatments: hydrofluoric acid (9%), phosphoric acid (37%), and aluminum oxide sandblasting ($50\ \mu$). METHOD: 30 laminates ($14 \times 12 \times 0.5\ \text{mm}$) were fabricated by cutting C14 blocks (Cerasmart®); the surfaces were polished with silicon carbide (500 to 2000 grit) to standardize the samples. Three types of surface conditioning were applied ($n= 10$): 9% hydrofluoric acid for 15 seconds, $50\ \mu/2\ \text{bar}$ aluminum oxide sandblasting for 20 seconds, and 37% phosphoric acid for 60 seconds.



ácido fosfórico al 37% por 60 segundos. La rugosidad superficial se midió antes y después del tratamiento acondicionante; los resultados fueron analizados estadísticamente mediante test t pareado y análisis de varianza con el test Kruskal-Wallis y post Hoc de Dunn con un intervalo de confianza del 95%. RESULTADOS: se encontró que la rugosidad superficial aumentó significativamente con el tratamiento de arenado y con ácido fluorhídrico ($p < 0.0001$), con el ácido fosfórico no varió estadísticamente la rugosidad superficial. El arenado con óxido de aluminio alteró la superficie más que ácido fluorhídrico 9% y que ácido fosfórico 37% ($p < 0.05$) CONCLUSIONES: El acondicionamiento superficial de arenado con óxido de aluminio 50 μ /2 bar presentó una gran variación en la rugosidad superficial en comparación con el ácido fluorhídrico 9%/15 seg y fosfórico 37%/1 min. El arenado y el ácido fluorhídrico modificaron la rugosidad superficial de laminados de cerámica híbrida para CAD/CAM.

Palabras clave: Resina Compuesta. CAD/CAM. Rugosidad Superficial. Ácido Fluorhídrico. Ácido Fosfórico. Arenado.

Surface roughness was measured before and after the conditioning treatment; the results were statistically analyzed using a paired t-test, Kruskal-Wallis analysis of variance, and Dunn's post hoc test with a 95% confidence interval. RESULTS: It was found that surface roughness increased significantly with the sandblasting treatment and with hydrofluoric acid ($p < 0.0001$); with phosphoric acid, surface roughness did not vary statistically. Aluminum oxide sandblasting altered the surface more than 9% hydrofluoric acid and 37% phosphoric acid ($p < 0.05$). CONCLUSIONS: Surface conditioning with 50 μ /2 bar aluminum oxide sandblasting showed a high variation in surface roughness compared to 9% hydrofluoric acid for 15 seconds and 37% phosphoric acid for 1 minute. Both sandblasting and hydrofluoric acid modified the surface roughness of CAD/CAM hybrid ceramic laminates.

Keywords: Composite Resin. CAD/CAM. Surface Roughness. Hydrofluoric Acid. Phosphoric Acid. Sandblasting.

1 INTRODUCCIÓN

La rugosidad superficial se define como la irregularidad micro-geométrica de una superficie, caracterizada por una serie de valles y picos de amplitudes y profundidades variables (Gupta *et al.*, 2022; Ruse & Sadoun, 2014; SILVA *et al.*, 2017). En la odontología restauradora, el control de la rugosidad es un factor determinante para el éxito clínico, ya que, un incremento controlado permite optimizar la fuerza de adhesión mediante el aumento del área de contacto y la creación de micro-retenciones mecánicas (Caparros Pérez & Duque Vargas, 2010; Cascante Calderón *et al.*, 2019), se pretende que la cara interna de material presente una rugosidad optimizada que permita aumentar la superficie de contacto y que evita el desprendimiento de la corona, carilla o incrustación (Barutcigil *et al.*, 2019; Bunces Cortez & Garrido Cisneros, 2022; El-Damanny & Gaintantzopoulou, 2018).

Desde su introducción para los sistemas CAD/CAM, los bloques de resina compuesta nanocerámica, se han posicionado como una buena opción para restauraciones indirectas debido a su apariencia estética, rentabilidad, facilidad de fabricación,

simplicidad de los ajustes intraorales y reparabilidad (Ruse & Sadoun, 2014). Una gran ventaja clínica es el módulo de elasticidad similar a la dentina que permite una mejor absorción de fuerzas masticatorias y reduce el riesgo de fracturas en comparación con cerámicas puras, debido a una red cerámica infiltrada con polímeros que da una resistencia flexural que permite soportar el estrés masticatorio que se concentra en la zona polimérica que es más elástica y que evita su ruptura, acompañando al desgaste natural (Strasser *et al.*, 2018). Cerasmart® (GC-Japón) es una resina compuesta con rellenos nano híbridos cerámicos en una matriz orgánica con Bis-MEPP, UDMA, DMA más un 71% en peso de relleno inorgánicos con nanopartículas de sílice y vidrio de bario (sílice (20 nm), vidrio de bario (300 nm)), combina además la resistencia de un disilicato de litio más una resina compuesta. Tiene una resistencia a la flexión de 200MPa, 1.28 GPa de elasticidad, dureza de 1 GPa y resistencia a la tracción de 338 N; posee propiedades de opalescencia, fluorescencia y translucidez balanceada (AL-Turki *et al.*, 2020; Avram *et al.*, 2022; Fresdental, n.d.; gc.dental, n.d.; Hassan *et al.*, 2022; Sismanoglu *et al.*, 2020).

Es imperativo establecer protocolos de acondicionamiento específicos para cada sustrato. En el caso de las resinas compuestas nanocerámicas, el tratamiento de superficie previo a la cementación se considera el paso crítico para garantizar una interfase adhesiva estable y duradera. Antes de la silanización, la superficie debe ser pre-condicionada para que la matriz de resina se destruya parcialmente y las partículas de relleno queden expuestas (Gupta *et al.*, 2022; Spitznagel *et al.*, 2018). El desafío adhesivo radica en que por los componentes orgánicos e inorgánicos en respuesta a los ácidos fosfórico, fluorhídrico o arenado con óxido de aluminio pueden diferir de las cerámicas convencionales (Barutcgil *et al.*, 2019; El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018).

Es común la aplicación de tres tipos de acondicionamiento: ácido fluorhídrico, que es un material altamente corrosivo, que disuelve y elimina la matriz vítrea, sílice, silicatos y cristales de leucita formando poros de 3-4 μm (Gupta *et al.*, 2022; Murillo-Gómez *et al.*, 2018; Puppini-Rontani *et al.*, 2017; Zamorano Pino *et al.*, 2016), ácido fosfórico, considerado un ácido débil útil para remoción de impurezas, remoción de ácido fluorhídrico y acondicionamiento de esmalte y dentina (Aydın *et al.*, 2021; Campos *et al.*, 2016; Muhammed *et al.*, 2023; Strasser *et al.*, 2018), y arenado con óxido de Aluminio, una sustancia cristalina sintética derivada de la bauxita con varios tamaños de grano de: 25, 50, 110, 125, 150, 250 μm ; la presión de 2 bar es recomendable para acondicionar la superficie, una presión superior puede dañar la superficie cerámica y

reducir resistencia (Frankenbergera *et al.*, 2015; Muhammed *et al.*, 2023; Murillo-Gómez *et al.*, 2018; Ramírez Sánchez *et al.*, 2008).

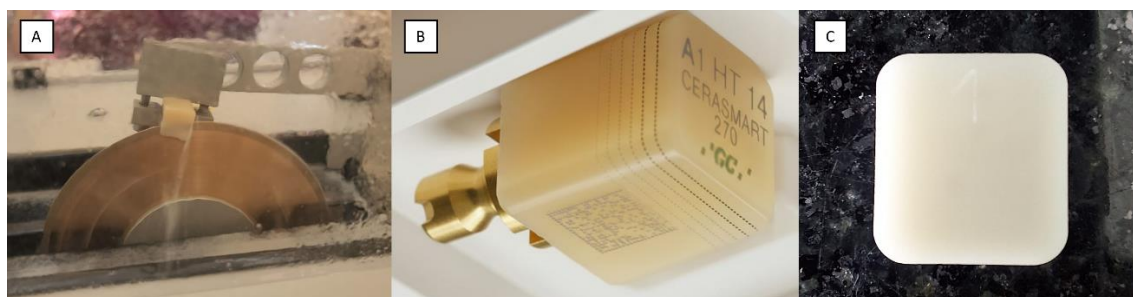
El objetivo del estudio fue evaluar la rugosidad superficial en una resina compuesta nanocerámica para CAD/CAM después de la aplicación de tres tratamientos acondicionantes: ácido fluorhídrico al 9% por 15 segundos, ácido fosfórico al 37% por 1 minuto y arenado con óxido de aluminio 50 μ /2 bar por 20 segundos.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Bloques Cerasmart® (GC-Japón) para CAD/CAM de tamaño C14 fueron cortados con irrigación constante en 30 láminas de 0.5 mm de espesor usando una cortadora de precisión (IsoMet 1000, Buheler™-USA) a 400 rpm, con un disco de diamante de baja velocidad (Microcut P4000, Buheler™-USA). Las láminas obtenidas fueron desgastadas y pulidas (AutoMet™ 2000, Buheler™-USA) progresivamente con discos de carburo silicio de rugosidad 300, 500, 1000, 1500 (Fandelli, México) y 2000, (Buheler-USA); estandarizadas a 0.5 mm \pm 0.05 mm con un calibrador (7322^a, Mitutoyo-Japón).

Figura 1

Preparación de las muestras: A: Corte; B: Bloque Cerasmart® y forma del corte; C: muestra



Las muestras se lavaron en ultrasonido con agua destilada por 5 minutos y se secaron con aire antes de la medición de la rugosidad superficial inicial, se distribuyeron aleatoriamente para conformar los tres grupos (n=10/grupo). El rugosímetro digital (SJ-210, Mitutoyo-Japón) nivelado a 0° con estándar de medición ISO-1997, se calibró en lámina de vidrio con una referencia de rugosidad (Ra) de 1,64 μ m, a una velocidad de

palpación de 0,5 mm/s y una longitud de onda (λ_c) de 0,25 mm. Los resultados de cada muestra fueron el promedio de 4 mediciones girando en dirección de las manecillas del reloj, para continuar con la siguiente medida. Como criterio de estandarización, la medición inicial de la rugosidad debía ser uniforme para todos los grupos; en un rango no mayor a 0.5 micras, obteniéndose valores de $0,02 \pm 0.5$ micras. Posteriormente se procedió a la aplicación de los tratamientos de acondicionamiento superficial en tres grupos (n=10):

Grupo 1: ácido fluorhídrico

Se colocó ácido fluorhídrico al 9% durante 15 segundos, luego se lavó con chorro de agua durante 30 segundos y se lavó en ultrasonido con agua destilada durante 30 segundos finalmente se secó con aire durante 15 segundos.

Grupo 2: ácido fosfórico

Se aplicó ácido fosfórico al 37% durante 1 minuto, el tiempo fue controlado por un cronómetro, posteriormente se realizó un enjuague con chorro de agua durante 30 segundos y se lavó en ultrasonido con agua destilada durante 30 segundos y secó con aire durante 15 segundos.

Grupo 3: arenado

Se aplicó arenado con óxido de aluminio (50μ) a una presión de 2 bar durante un tiempo de 20 segundos. La punta del arenador fue ubicada perpendicular a las láminas a 10 mm de distancia. Luego se sumergió las muestras durante 30 segundos y secado con aire durante 15 segundos.

Después de los distintos tratamientos acondicionantes se midió la rugosidad superficial de todas las muestras. La calibración de rugosímetro y la medición se realizó como fue descrito para la medida inicial. Las medidas de cada muestra se almacenaron en una tabla de Excel (Tabla 1) y exportaron al programa BioEstat 5.3 (Brasil) para el análisis estadístico; se realizaron pruebas de normalidad con el test Shapiro-Wilk y dos comparaciones: primero se comparó el valor inicial con la medida final en cada grupo mediante un test T de medidas relacionadas (dependientes); luego se realizó el análisis entre los promedios de los tres tratamientos aplicados mediante Kruskal-Wallis con post Hoc de Dunn. En todos los test se consideró un intervalo de confianza del 95%.

Figura 2

Medición de rugosidad superficial. Recuadro: calibración del rugosímetro



3 RESULTADOS

Como se describió, para la medida inicial se estandarizó la rugosidad superficial antes del procedimiento experimental debiendo existir diferencias en un rango no mayor a 0.5 micras, obteniéndose valores de $0,03 \pm 0.5$ micras. Estadísticamente se confirmó que entre los grupos existió una gran uniformidad de los resultados (Tabla 1), lo que permitió continuar con el procedimiento experimental.

Tabla 1

Rugosidad inicial; se observa uniformidad de los 3 grupos

MEDIDA INICIAL	Media μ	Desvío estándar	Shapiro-Wilk IC 95%
FLUORHÍDRICO	0.026	± 0.004	0.569
FOSFÓRICO	0.025	± 0.003	0.540
ARENADO	0.026	± 0.004	0.538

En la comparación entre la medida inicial y después del tratamiento acondicionante, el test T para medidas relacionadas (Tabla 2), demostró una diferencia significativa en los grupos de ácido fluorhídrico al 9% y del arenado con óxido de aluminio 50μ ($p=0.0001$); mientras que no existió diferencia después de la aplicación del ácido fosfórico al 37% ($p=0.197$).

Tabla 2

Comparación de la medida inicial y después de aplicar el tratamiento acondicionante.

T PAREADO (IC 95%)	Media Inicial	Media Final	p=
FLUORHÍDRICO	0.026 ± 0.004	0.038 ± 0.009	< 0.0001
FOSFÓRICO	0.025 ± 0.003	0.026 ± 0.003	0.1965
ARENADO	0.026 ± 0.004	0.949 ± 0.023	< 0.0001

Para determinar si existió diferencias entre los diferentes tratamientos experimentales, en ANOVA se encontró varianzas desiguales entre los grupos, por lo que se aplicó el test de Kruskal-Wallis con la prueba de rango post Hoc de Dunn (Tabla 3). Se observó que el arenado con óxido de aluminio creó una variación en la rugosidad superficial significativamente mayor que ácido fluorhídrico y que el ácido fosfórico ($p = < 0.05$); a su vez la rugosidad superficial del ácido fluorhídrico fue significativamente mayor que el ácido fosfórico ($p = < 0.05$).

Tabla 3

Análisis de varianzas con test de Kruskal-Wallis.

KRUSKAL-WALLIS - post HOC DUNN	FLUORHÍDRICO	FOSFÓRICO	ARENADO
FLUORHÍDRICO		< 0.05	< 0.05
FOSFÓRICO	< 0.05		< 0.05
ARENADO	< 0.05	< 0.05	

4 DISCUSIÓN

El presente estudio encontró que el arenado con óxido de aluminio 50 $\mu\text{m}/2\text{bar}$ por 20 segundos es el tratamiento superficial que más aumenta la rugosidad superficial en laminados de resina compuesta nanocerámica con respecto al ácido fluorhídrico al 9% y ácido fosfórico al 37%. El ácido fosfórico no produce un aumento significativo en la rugosidad superficial de la resina nanocerámica del estudio.

La rugosidad superficial es un aspecto fundamental para determinar la eficacia de los procedimientos acondicionantes; Spitznagel *et al* (2018), demostraron la importancia de aumentar la rugosidad superficial mediante tratamiento mecánico. Los procedimientos de pretratamiento y los parámetros óptimos, como la duración del grabado o la presión del arenado, siguen siendo objeto de controversia. Strasser *et al* (2018), concluyeron que

cada material requiere un pre-tratamiento individual, dependiendo del tipo de material y su composición.

Para la mayoría de las restauraciones indirectas de resinas compuestas, existe consenso en dos tratamientos acondicionantes: abrasión con aire, y grabado con ácido fluorhídrico. Los resultados del presente estudio concuerdan en que el arenado con óxido de aluminio 50 μm genera una mayor rugosidad superficial que el ácido fluorhídrico que induce valores menores lo que se traduciría en una resistencia de adhesión más baja para la mayoría de los composites.

Establecer un tratamiento acondicionante ideal es complejo, Strasser *et al* (2018), refieren que un tratamiento o adhesión insuficiente podrían provocar el desprendimiento de la restauración, como se ha descrito para las coronas de composite CAD/CAM. Una razón sería el alto grado de conversión de los materiales basados en resina que son polimerizados a alta temperatura y/o alta presión disminuyendo la cantidad de monómeros libres para la unión química. Por otro lado, el tiempo excesivo de tratamiento o mayor presión pueden conducir a la formación de porosidades grandes y profundas afectando la resistencia de la unión y del material; Strasser *et al* (2018) sugieren una baja presión para el arenado. Mientras que Bunces Cortez & Garrido Cisneros (2022) , encontraron que la rugosidad superficial aumentaba proporcionalmente con el tiempo de grabado en una resina compuesta para CAD/CAM (Lava, 3M). La presión de 2 bar usada en el experimento generó una gran diferencia respecto al grabado con ácido fluorhídrico al 9%.

Fathy *et al* (2022) mencionan que el acondicionamiento químico con ácido fluorhídrico mejora la humectabilidad del material cerámico para CAD/CAM al hacer rugosas las superficies, demostraron que el acoplamiento de silano o un adhesivo universal, aumenta aún más la humectabilidad, facilitando la formación de enlaces covalentes entre la restauración y el cemento de resina. El ácido tiende a disolver la fase vítrea del material mientras que la red polimérica permanece intacta, la red de polímero restante crea una estructura de panal, permitiendo el encavamiento micromecánico del adhesivo y cemento. Avram *et al* (2022) mencionan que el HF deja una superficie preparada para la penetración y difusión del material de cementación, aumentando la fuerza de unión adhesivo-restauración. (2) La concentración del HF al 9% coincide con estudios de Papadopoulos *et al* (2020); Marín-Miranda *et al* (2022) afirman que el HF es un proceso dinámico controlado de reacciones químicas superficiales, influenciadas por

tiempo, concentración y composición de la cerámica, por otra parte Hooshmand *et al* (2008), advierten que el grabado ácido también puede tener efectos adversos sobre la resistencia estructural de la cerámica, afirmando que el tiempo de grabado excesivo puede afectar la rugosidad superficial y estructural del material. Sin embargo, para las cerámicas híbridas el artículo de Straface *et al* (2019), recomienda grabar de 30 a 60 segundos para lograr mayor resistencia de unión.

Bunces Cortez & Garrido Cisneros (2022), en su artículo utilizó tiempos entre: 5, 15 y 20 segundos con el ácido fluorhídrico al 9%. Obteniendo valores iniciales de 0.39, 0.38, 0.40 μm , respectivamente. Posterior a la aplicación de HF se obtuvieron valores de 0.54, 0.69 y 0.89, respectivamente. El material utilizado en este artículo es un bloque de resina modificada Lava Ultimate.

A diferencia de nuestro estudio que utilizó un tiempo de 15 segundos y se obtuvieron valores de $0.026 \pm 0.004 \mu\text{m}$ antes del grabado y posterior de $0.038 \pm 0.009 \mu\text{m}$; el material utilizado fue una cerámica híbrida Cerasmart® que posee una estructura de matriz nanoflexible y al ser ácido sensible permite que se dé la disolución de su matriz y permita que se forme la superficie rugosa (Hassan *et al.*, 2022; Sismanoglu *et al.*, 2020).

Muhammed *et al* (2023), indica que Cerasmart® contiene partículas de nanorelleno bien dispersas (10-30 μm) entre rellenos de tamaño medio de 0.5 μm sin rellenos agregados. Los valores han demostrado que la cantidad y tipo de matriz tienen un impacto en los valores de rugosidad, debido a los valores de dureza molecular de los materiales, puede verse afectado por variaciones en las proporciones de polimerización de UDMA y BisGMA, recomienda el arenado superficial.

Se descubrió que la abrasión con aire mediante partículas de óxido de aluminio (Al_2O_3) con un tamaño de partícula de 50 μm era el método más eficaz para aumentar la rugosidad de la superficie. El arenado con óxido de Aluminio con un tamaño de partícula de 50 μm /2 bar durante 20 segundos presentó una mayor variación hasta 10 veces superior al HF. Las diferencias fueron estadísticamente significativas entre los grupos de acondicionantes. Villacrés Herrera (2023), recomienda en su estudio arenar con un tamaño máximo de partículas 50 μm y 2 bar y realizó comparaciones de tiempos entre 15- 60 segundos. En su investigación obtuvo rugosidades de 4.68 μm durante 15 segundos, por lo que se coincide con el presente estudio, ya que, se realizó con el arenado bajo los mismos parámetros ya descritos, pero durante 20 segundos; los resultados fueron

estadísticamente significativos los valores oscilaron entre: 0.0039 μm antes del tratamiento y 0.0231 μm después del arenado.

Strasser *et al* (2018), reportaron que arenar con un tamaño de partículas de 50 μm a una presión de 2 bar de presión incrementa hasta un 225% la rugosidad superficial, es importante no exceder el tiempo de 30 segundos ya que la fuerza de unión microtensil disminuye. En estudios de Re *et al* (2012), realizaron el arenado durante 20 segundos a 1 bar de presión, se detectaron microfracturas, sin embargo, la rugosidad fue demasiado leve.

Yoshihara *et al* (2017), menciona que 1 bar es una presión insuficiente para generar rugosidad superficial. Por tanto, en este estudio se decidió aplicar una presión de 2 bar, en el que se obtuvo excelentes resultados en comparación con el resto de acondicionantes. En su estudio ayuda a entender la fuerza adhesiva que se encontró a través de las muestras tratadas con arenado y menciona la ventaja del método al combinarse con el grabado con HF. Indicando que mediante un barrido electrónico se observó que, si bien el arenado deja una superficie con grietas y surcos, con áreas elevadas y deprimidas en la superficie cerámica, el HF genera la presencia de microporos. Estas dos técnicas muestran valores superiores a las rugosidades observados al ser grabadas de manera individual.

Entre de los tres acondicionantes, el ácido fosfórico al 37% no aumentó la rugosidad es por esto que, al ser un ácido débil, este ácido suele ser utilizado para eliminar los restos orgánicos del material cerámico, así como también fluidos como la saliva tras la prueba de la restauración cerámica en boca. Por tanto, los resultados estadísticos fueron acordes a la función descrita. Los resultados de investigaciones previas con ácido fosfórico concuerdan con los presentados en este estudio donde se produjo un aumento de la rugosidad superficial entre un 0.03 a 0.04 μm en promedio, coincidiendo con los resultados de Strasser *et al* (2018), que en su estudio al utilizar este ácido menciona que los cambios fueron mínimos.

Por consiguiente, el ácido fosfórico ayuda para eliminar restos orgánicos tras la prueba en boca de la cerámica e incluso el fabricante de Cerasmart® recomienda que se puede utilizar el ácido fosfórico del 35-37% para limpiar la superficie, durante 10-15 segundos antes de colocar el Silano. Según un estudio de Strasser *et al* (2018), a pesar de producir un aumento de la rugosidad superficial en el material cerámico, no es suficiente para destruir la matriz vítrea de la cerámica. No obstante, el ácido fosfórico sirve como

agente grabador del esmalte y la dentina, para eliminar el brillo dentinario y permitir una correcta adhesión entre el material cerámico restaurador, adhesivo, cemento resinoso y estructura dental.

Los resultados de este estudio in vitro refutan la hipótesis nula de que los diferentes tratamientos superficiales afectan de igual manera a la rugosidad superficial de las cerámicas híbridas para CAD/CAM (Aydın *et al.*, 2021). La rugosidad superficial de las cerámicas híbridas para CAD/CAM se altera en distinto grado, dependiendo del tratamiento acondicionante aplicado, fue aceptada. Todos los tratamientos aplicados aumentaron la rugosidad superficial. Cabe destacar que en esta investigación todas las muestras fueron pulidas con una maquina específica de pulido y con discos de distintos granos. Esto explica los valores estandarizados de todas las muestras que van desde 0.02-0.03 μm .

Dentro de las limitaciones de este estudio se encuentra el uso de un solo material, sin embargo, Cerasmart®, es uno de los materiales más estudiados entre las resinas compuestas para CAD/CAM. Los tiempos de grabado y arenado y la presión del arenado deben clarificarse en futuras investigaciones.

5 CONCLUSIONES

Se concluye que el arenado con partículas de óxido de aluminio de 50 μm /2 bar por 20 segundos generó el mayor incremento en la rugosidad superficial. Si bien el ácido fluorhídrico al 9% por 15 segundos aumenta la rugosidad de forma significativa, su eficacia es inferior al arenado; por el contrario, el ácido fosfórico no induce cambios morfológicos estructurales, por lo que su uso debe limitarse exclusivamente a la limpieza de contaminantes orgánicos previa a la aplicación de agentes de unión.

REFERENCIAS

- Al-Turki, L., Merdad, Y., Abuhaimed, T. A., Sabbahi, D., Almarshadi, M., & Aldabbagh, R. (2020). Repair bond strength of dental computer-aided design/computer-aided manufactured ceramics after different surface treatments. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 32(7), 726–733. <https://doi.org/10.1111/jerd.12635>
- Avram, L. T., Galațanu, S.-V., Opriș, C., Pop, C., & Jivănescu, A. (2022). Effect of different etching times with hydrofluoric acid on the bond strength of CAD/CAM

ceramic material. *Materials*, 15(20), Article 7071. <https://doi.org/10.3390/ma15207071>

Aydın, N., Topçu, F., Karaoğlanoğlu, S., Oktay, E., & Erdemir, U. (2021). Effect of finishing and polishing systems on the surface roughness and color change of composite resins. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, e446–e454. <https://doi.org/10.4317/jced.58011>

Barutçigil, K., Barutçigil, Ç., Kul, E., Özarıslan, M. M., & Buyukkaplan, U. S. (2019). Effect of different surface treatments on bond strength of resin cement to a CAD/CAM restorative material. *Journal of Prosthodontics*, 28(1), 71–78. <https://doi.org/10.1111/jopr.12574>

Bunces Cortez, L. E., & Garrido Cisneros, Á. E. (2022). Efecto del tiempo de grabado con ácido fluorhídrico en láminas de resina prepolimerizada. *Odontología*, 24(1), Article e3599. <https://doi.org/10.29166/odontologia.vol24.n1.2022-e3599>

Campos, F., Almeida, C., Rippe, M., de Melo, R., Valandro, L., & Bottino, M. (2016). Resin bonding to a hybrid ceramic: Effects of surface treatments and aging. *Operative Dentistry*, 41(2), 171–178. <https://doi.org/10.2341/15-057-L>

Caparroso Pérez, C., & Duque Vargas, J. A. (2010). Cerámicas y sistemas para restauraciones CAD-CAM: una revisión. *Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia*, 22(1), 88–108.

Cascante Calderón, M., Villacís Altamirano, I., & Studart Medeiros, I. (2019). Cerámicas: una actualización. *Odontología*, 21(2), 86–113. <https://doi.org/10.29166/odontologia.vol21.n2.2019-86-113>

El-Damanhoury, H. M., & Gaintantzopoulou, M. D. (2018). Self-etching ceramic primer versus hydrofluoric acid etching: Etching efficacy and bonding performance. *Journal of Prosthodontic Research*, 62(1), 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2017.06.002>

Fathy, H., Hamama, H. H., El-Wassefy, N., & Mahmoud, S. H. (2022). Effect of different surface treatments on resin-matrix CAD/CAM ceramics bonding to dentin: In vitro study. *BMC Oral Health*, 22(1), Article 635. <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02674-5>

Frankenberger, R., Hartmann, V., Krech, M., Krämer, N., Reich, S., Braun, A., & Roggendorf, M. (2015). Adhesive luting of new CAD/CAM materials. *International Journal of Computerized Dentistry*, 18(1), 9–20.

Fresdental. (n.d.). *GC CERASMART*. <https://fresdental.es/gc-cerasmart/>

GC Dental. (n.d.). *CERASMART® force-absorbing, hybrid ceramic CAD/CAM block*. <https://www.gc.dental/america/products/digital/cadcam/cerasmart>

Gupta, S., Gupta, B., Motwani, B. K., Binalrimal, S., Radwan, W., Robaian, A., Zidane, B., Al Wadei, M. H. D., Veeraraghavan, V. P., Bhandi, S., Raj, A. T., & Patil, S. (2022). The effect of different surface conditioning techniques on the bonding

- between resin cement and ceramic. *Coatings*, 12(3), Article 399. <https://doi.org/10.3390/coatings12030399>
- Hassan, S. A., Beleidy, M., & El-din, Y. A. (2022). Biocompatibility and surface roughness of different sustainable dental composite blocks: Comprehensive in vitro study. *ACS Omega*, 7(38), 34258–34267. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c03745>
- Hooshmand, T., Parvizi, S., & Keshvad, A. (2008). Effect of surface acid etching on the biaxial flexural strength of two hot-pressed glass ceramics. *Journal of Prosthodontics*, 17(5), 415–419. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2008.00319.x>
- Marín-Miranda, M., Orozco-Cuanalo, L., Fernández-Hernández, J., & Juárez-López, M. L. A. (2022). Análisis fotoelástico de la contracción de resinas dentales usando diferentes técnicas de obturación. *Revista Odontológica Mexicana*, 26(1), 41–50.
- Muhammed, H. A., Mahmoud, E. M., Fahmy, A. E., & Nasr, D. M. (2023). The effect of sandblasting versus acid etching on the surface roughness and biaxial flexural strength of CAD/CAM resin-matrix ceramics: In vitro study. *BMC Oral Health*, 23(1), Article 169. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-02883-6>
- Murillo-Gómez, F., Palma-Dibb, R. G., & De Goes, M. F. (2018). Effect of acid etching on tridimensional microstructure of etchable CAD/CAM materials. *Dental Materials*, 34(6), 944–955. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.03.013>
- Papadopoulos, K., Pahinis, K., Saltidou, K., Dionysopoulos, D., & Tsitrou, E. (2020). Evaluation of the surface characteristics of dental CAD/CAM materials after different surface treatments. *Materials*, 13(4), Article 981. <https://doi.org/10.3390/ma13040981>
- Puppini-Rontani, J., Sundfeld, D., Costa, A., Correr, A., Puppini-Rontani, R., Borges, G., Sinhoreti, M., & Correr-Sobrinho, L. (2017). Effect of hydrofluoric acid concentration and etching time on bond strength to lithium disilicate glass ceramic. *Operative Dentistry*, 42(6), 606–615. <https://doi.org/10.2341/16-215-L>
- Ramírez Sánchez, H. U., Rubio Castellón, D. M., Valencia Toro, F. A., & García López, E. (2008). Comparación del esfuerzo a la tracción de brackets arenados mediante óxido de aluminio nuevo y reciclado con y sin ultrasonido: Estudio in vitro. *Acta Odontológica Venezolana*, 46(1), 15–19.
- Re, D., Augusti, D., Augusti, G., & Giovannetti, A. (2012). Early bond strength to low-pressure sandblasted zirconia: Evaluation of a self-adhesive cement. *European Journal of Esthetic Dentistry*, 7(2), 164–175.
- Ruse, N. D., & Sadoun, M. J. (2014). Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. *Journal of Dental Research*, 93(12), 1232–1234. <https://doi.org/10.1177/0022034514553976>
- Silva, L. H. da, Lima, E. de, Miranda, R. B. de P., Favero, S. S., Lohbauer, U., & Cesar, P. F. (2017). Dental ceramics: A review of new materials and processing methods. *Brazilian Oral Research*, 31(Suppl. 1). <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2017.vol31.0058>

- Sismanoglu, S., Yildirim-Bilmez, Z., Erten-Taysi, A., & Ercal, P. (2020). Influence of different surface treatments and universal adhesives on the repair of CAD-CAM composite resins: An in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 124(2), 238.e1–238.e9. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.02.029>
- Spitznagel, F. A., Boldt, J., & Gierthmuehlen, P. C. (2018). CAD/CAM ceramic restorative materials for natural teeth. *Journal of Dental Research*, 97(10), 1082–1091. <https://doi.org/10.1177/0022034518779759>
- Straface, A., Rupp, L., Gintaute, A., Fischer, J., Zitzmann, N. U., & Rohr, N. (2019). HF etching of CAD/CAM materials: Influence of HF concentration and etching time on shear bond strength. *Head & Face Medicine*, 15(1), Article 21. <https://doi.org/10.1186/s13005-019-0206-8>
- Strasser, T., Preis, V., Behr, M., & Rosentritt, M. (2018). Roughness, surface energy, and superficial damages of CAD/CAM materials after surface treatment. *Clinical Oral Investigations*, 22(8), 2787–2797. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2365-6>
- Villacrés Herrera, M. B. (2023). *Efecto en la rugosidad superficial de diferentes tiempos de arenado en acondicionamiento superficial de resinas nanocerámicas para CAD/CAM: Estudio in vitro* [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/>
- Yoshihara, K., Nagaoka, N., Maruo, Y., Nishigawa, G., Irie, M., Yoshida, Y., & Van Meerbeek, B. (2017). Sandblasting may damage the surface of composite CAD–CAM blocks. *Dental Materials*, 33(3), e124–e135. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.12.003>
- Zamorano Pino, X., Valenzuela Aránguiz, V., Peña Juliá, V., & Saul Pino, C. (2016). Micromorfología superficial de 2 cerámicas grabables tratadas con diferentes ácidos. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*, 9(1), 30–35. <https://doi.org/10.1016/j.piro.2015.09.007>

Contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron por igual al desarrollo de este artículo.

Disponibilidad de datos

Todos los conjuntos de datos relevantes para los resultados de este estudio están disponibles en su totalidad en el artículo.

Cómo citar este artículo (APA)

López, B. E. R., Albuja, M. S. G., Villavicencio, P. R. G., Solís, M. K. Z., & Cisneros, Ángel E. G. (2026). VARIACIÓN EN LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL DE UNA RESINA COMPUESTA NANOCERÁMICA PARA CAD/CAM DESPUÉS DE DIFERENTES TRATAMIENTOS ACONDICIONANTES. ESTUDIO IN VITRO. *Veredas Do Direito*, 23(6), e236034. <https://doi.org/10.18623/rvd.v23.6034>