



Facultad De Ciencias De La Salud

Posgrado De Rehabilitación Oral y Prótesis Implanto Asistida

Tema:

Influencia del tiempo del arenado en incrustaciones de cerómero frente a fuerzas de
cizallamiento

Trabajo de titulación para la obtención del título de especialista en rehabilitación oral y prótesis
implanto asistida

Presentado por:

Angela Lucia Zumba Guamán

Tutor:

Dra. Valeria Castro

Quito, mayo del 2025

Resumen

La adhesión de materiales restauradores a la dentina es clave en la odontología restauradora. El cerómero es una alternativa estética y funcional, cuya resistencia adhesiva depende de tratamientos superficiales como el arenado con óxido de aluminio. Esta técnica genera microrretenciones que mejoran la adhesión, aunque su tiempo de aplicación puede influir en la estabilidad del material. Aún existe controversia sobre la duración óptima del arenado para maximizar la adhesión sin comprometer la integridad del material. El objetivo fue comparar el efecto del tiempo de arenado con óxido de aluminio sobre la resistencia adhesiva de incrustaciones de cerómero cementadas a dentina, evaluando tiempos de 10 y 20 segundos. Se realizó un estudio in vitro con 56 premolares humanos extraídos. Se dividieron en dos grupos: el Grupo 1 fue arenado con óxido de aluminio de 50 μm durante 10 segundos, y el Grupo 2, durante 20 segundos. Posteriormente, se cementaron cilindros de cerómero y se sometieron a pruebas de cizallamiento en una máquina de prueba universal. Se registraron los valores de carga de falla y se realizó un análisis estadístico mediante la prueba t de Student ($p < 0.05$). El Grupo 2 presentó una mayor carga de falla promedio ($60.89 \text{ N} \pm 5.43 \text{ N}$) en comparación con el Grupo 1 ($41.00 \text{ N} \pm 3.53 \text{ N}$), con una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.0000$). Se observó que el arenado prolongado mejoró la adhesión, aunque también aumentó la variabilidad de los valores, lo que sugiere la necesidad de determinar un tiempo óptimo de aplicación. Los hallazgos de este estudio confirman que el tiempo de arenado influye significativamente en la resistencia adhesiva del cerómero a la dentina, observándose un incremento en 20 segundos de arenado, en comparación a 10 segundos, generándose microrretenciones más pronunciadas.

Palabras clave: sistemas adhesivos; agentes de cementación; fuerza de adhesión al cizallamiento. odontología restauradora.

Declaración de Aceptación de Norma ética y Derechos

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

Angela Lucia Zumba Guaman

Firma:

C.I 1719901090

Dedicatoria

A mi admirable y amado esposo, por sostener gran parte del peso que esta etapa significó. Aunque el camino no fue fácil, reconozco el gran valor de su contribución para que pudiera llegar hasta aquí. A mi hija Camilita, la más valiente, quien con su ternura, paciencia y comprensión fue el motor más puro e inmenso para seguir, incluso cuando las ausencias y los viajes me alejaban físicamente de ella. Su resiliencia infantil me enseñó más de lo que cualquier libro pudo ofrecerme. Agradezco profundamente a mis amados padres, cuyo amor incondicional y fortaleza fueron fundamentales para que no me rindiera en los momentos más difíciles de este posgrado. Su apoyo silencioso, constante y firme me sostuvo cuando sentía que ya no podía continuar. A mis hermanos Yadira, Cristian, Fátima y Nicole, quienes, con palabras de aliento, apoyo incondicional y compañía inquebrantable, se convirtieron en pilares que sostuvieron mis días más oscuros. A mi cuñado Pepe, por su abrazo oportuno, que logró contener lágrimas y renovar mis fuerzas con un simple “vamos ñaña, tú puedes”.

A mis amados sobrinos Joelito, Leslie, Cristina, Danna, Gene y Darielito, por ser luz en mi camino y una constante fuente de inspiración. Sus sonrisas y su existencia me recordaban la importancia de persistir, de superarme, de continuar. A mi suegra, con todo mi cariño y gratitud, por su apoyo silencioso pero constante. Su presencia y respaldo en momentos clave fueron una ayuda invaluable que siempre recordaré con aprecio.

Tabla de contenidos

Influencia del tiempo del arenado en incrustaciones de cerómero frente a fuerzas de cizallamiento.....	8
Resumen.....	8
Abstract.....	9
Introducción.....	11
Metodología.....	13
Hallazgos.....	22
Discusión.....	26
Conclusiones.....	29
Referencias.....	30

Índice De Tablas.

Tabla 1 Datos de la prueba de cizallamiento 22

Tabla 2 Evaluación estadística de la carga de fractura en las muestras analizadas 25

Índice De Figuras.

Figura 1 Preparación de las muestras.....	18
Figura 2 prueba de cizallamiento en una máquina de prueba universal	20
Figura 3 Distribución de la carga aplicada y valor promedio del punto de fractura en el primer grupo (abrasión durante un intervalo corto (Arenado 10 s).....	23
Figura 4 Distribución de la carga aplicada y valor medio del punto de fractura (Arenado 20 s).....	24

Influencia del tiempo del arenado en incrustaciones de cerómero frente a fuerzas de cizallamiento

Angela Lucia Zumba Guaman

Universidad Hemisferios

alzumbag@uhemisferios.edu.ec

Resumen

La adhesión de materiales restauradores a la dentina es clave en la odontología restauradora. El cerómero es una alternativa estética y funcional, cuya resistencia adhesiva depende de tratamientos superficiales como el arenado con óxido de aluminio. Esta técnica genera microrretenciones que mejoran la adhesión, aunque su tiempo de aplicación puede influir en la estabilidad del material. Aún existe controversia sobre la duración óptima del arenado para maximizar la adhesión sin comprometer la integridad del material. El objetivo fue comparar el efecto del tiempo de arenado con óxido de aluminio sobre la resistencia adhesiva de incrustaciones de cerómero cementadas a dentina, evaluando tiempos de 10 y 20 segundos. Se realizó un estudio in vitro con 56 premolares humanos extraídos. Se dividieron en dos grupos: el Grupo 1 fue arenado con óxido de aluminio de 50 μm durante 10 segundos, y el Grupo 2, durante 20 segundos. Posteriormente, se cementaron cilindros de cerómero y se sometieron a pruebas de cizallamiento en una máquina de prueba universal. Se registraron los valores de carga de falla y se realizó un análisis estadístico mediante la prueba t de Student ($p < 0.05$). El Grupo 2 presentó una mayor carga de falla promedio (60.89 N \pm 5.43 N) en comparación con el Grupo 1 (41.00 N \pm 3.53 N), con una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.0000$). Se observó que el arenado prolongado mejoró la adhesión, aunque también aumentó la variabilidad de los valores,

lo que sugiere la necesidad de determinar un tiempo óptimo de aplicación. Los hallazgos de este estudio confirman que el tiempo de arenado influye significativamente en la resistencia adhesiva del cerómero a la dentina, observándose un incremento en 20 segundos de arenado, en comparación a 10 segundos, generándose microrretenciones más pronunciadas.

Palabras clave: sistemas adhesivos; agentes de cementación; fuerza de adhesión al cizallamiento. odontología restauradora.

Abstract

The adhesion of restorative materials to dentin is key in restorative dentistry. Ceromer is an aesthetic and functional alternative whose adhesive strength depends on surface treatments such as sandblasting with aluminum oxide. This technique generates microretentions that improve adhesion, although its application time can influence the stability of the material. There is still controversy regarding the optimal sandblasting duration to maximize adhesion without compromising the integrity of the material. The objective was to compare the effect of sandblasting time with aluminum oxide on the adhesive strength of ceromer inlays cemented to dentin, evaluating times of 10 and 20 seconds. An in vitro study was conducted with 56 extracted human premolars. They were divided into two groups: Group 1 was sandblasted with 50 μm aluminum oxide for 10 seconds, and Group 2, for 20 seconds. Ceromer cylinders were subsequently cemented and subjected to shear testing in a universal testing machine. Failure load values were recorded, and statistical analysis was performed using the Student t test ($p < 0.05$). Group 2 had a higher average failure load ($60.89 \text{ N} \pm 5.43 \text{ N}$) compared to Group 1 ($41.00 \text{ N} \pm 3.53 \text{ N}$), with a statistically significant difference ($p = 0.0000$). Prolonged sandblasting was observed to improve adhesion, although it also increased the variability of values, suggesting the need to determine an optimal application time. The findings of this study confirm that

sandblasting time significantly influences the bond strength of ceromer to dentin, with an increase observed after 20 seconds of sandblasting compared to 10 seconds, generating more pronounced microretentions.

Keywords: adhesive systems; luting agents; shear bond strength; restorative dentistry.

Introducción

La adhesión de los materiales restauradores a la estructura dentaria es un factor clave en la odontología restauradora, ya que influye en la longevidad y estabilidad de las restauraciones indirectas. En este contexto, el cerómero es un material híbrido compuesto por una matriz polimérica reforzada con partículas cerámicas, diseñado para combinar las propiedades mecánicas y estéticas de la cerámica con la flexibilidad y capacidad de absorción de impactos de las resinas compuestas.

Gracias a esta combinación, ha sido ampliamente utilizado como una alternativa versátil a las restauraciones cerámicas y compuestas, ofreciendo resistencia al desgaste y mejorando la adhesión a los tejidos dentales (Lohbauer et al., 2021; Graiff et al., 2008). Sin embargo, la durabilidad de la adhesión entre el cerómero y la dentina depende de múltiples factores, entre ellos, los tratamientos superficiales que se aplican antes de la cementación, como el arenado con óxido de aluminio, que modifica la superficie del material para mejorar su retención micromecánica (Lung & Matinlinna, 2018).

El microarenado con partículas de óxido de aluminio es una técnica ampliamente utilizada para mejorar la adhesión de materiales restauradores a los tejidos dentarios. Este procedimiento genera microrretenciones en la superficie del material, aumentando la retención mecánica y favoreciendo la interacción con los agentes adhesivos (Vichi et al., 2021). Diferentes estudios han reportado que el tiempo y la presión del arenado son factores críticos en la resistencia adhesiva, ya que una exposición insuficiente podría ser ineficaz, mientras que un tiempo excesivo o una presión elevada podrían comprometer la integridad del material restaurador (Ateyah & Alwazzan, 2022). Se recomienda que el arenado se realice con una presión de 2 a 4 bares, dependiendo del tipo de material y el efecto deseado en la superficie. Se

ha propuesto que, para lograr una adecuada adhesión de cerómeros y cerámicas, se utilice una presión comprendida entre 2.5 y 3.5 bares empleando partículas de 50 μm de óxido de aluminio, ya que este rango optimiza la retención mecánica sin comprometer la integridad estructural del material. (Gronostajski et al., 2020).

Si bien el impacto del arenado en cerámicas dentales y resinas compuestas ha sido ampliamente investigado, existe una brecha de conocimiento respecto a su influencia en la adhesión de los cerómeros, particularmente en relación con el tiempo de exposición al chorro abrasivo. Por ello, este estudio se plantea como objetivo comparar cómo el tiempo de arenado (10 s vs. 20 s) afecta la resistencia adhesiva de las incrustaciones de cerómero cementadas a dentina.

Para ello, se llevó a cabo un estudio experimental in vitro en el que se sometieron premolares humanos a diferentes tiempos de arenado con óxido de aluminio de 50 μm , seguido de la cementación de cilindros de cerómero y pruebas de cizallamiento en una máquina de prueba universal. Se espera que los resultados obtenidos aporten información valiosa sobre el tiempo óptimo de arenado, contribuyendo al establecimiento de protocolos clínicos más efectivos para la adhesión de restauraciones indirectas.

Metodología

El estudio fue planteado como una investigación experimental *in vitro*, de corte transversal y con un enfoque comparativo riguroso, con el propósito de comparar la influencia del tiempo de arenado sobre la resistencia adhesiva de incrustaciones de cerómero en premolares humanos extraídos. La selección de este diseño responde a la necesidad de controlar variables específicas, permitiendo una evaluación precisa de la adhesión entre el material restaurador y la dentina (Graiff et al., 2008).

La resistencia adhesiva de los materiales fue evaluada utilizando el método de ensayo de cizallamiento, una técnica extensamente documentada y validada en la literatura científica. Este método se considera una de las pruebas más confiables y reproducibles para cuantificar la fuerza de unión entre un material cementante y el sustrato dental. Su aplicación permite simular condiciones clínicas de esfuerzo tangencial, proporcionando datos relevantes sobre el comportamiento adhesivo bajo fuerzas similares a las que se presentan en la cavidad oral durante la función masticatoria. Además, su uso generalizado en estudios *in vitro* facilita la comparación entre diferentes materiales y protocolos de cementación. (Meza, 2017). Diversas investigaciones han evidenciado que este tipo de ensayos logra replicar de forma eficaz las cargas funcionales que experimentan las restauraciones dentales dentro de la cavidad oral, permitiendo obtener datos cuantificables que facilitan la evaluación del desempeño de distintos tratamientos superficiales (Cevallos et al., 2022).

El estudio se llevó a cabo con un total de 56 premolares humanos, los cuales fueron extraídos por razones ortodónticas y posteriormente donados por la clínica Zu Dental. Previo a realizar el criterio de inclusión en la investigación, se informó a los donantes seleccionados a cerca del propósito del estudio y el uso de sus dientes como material de análisis. Para garantizar

el cumplimiento de las normativas bioéticas y legales vigentes, se obtuvo el consentimiento informado por parte de los pacientes donantes mayores de edad, así como también el asentimiento informado de los menores de 18 años con la respectiva autorización de los representantes legales. Se establecieron criterios de inclusión y exclusión para garantizar la validez de los resultados:

Requisitos de selección:

- Premolares extraídos que se encontraban en condiciones saludables, sin evidencia de caries, restauraciones anteriores ni fisuras visibles.
- Dientes retirados por motivos ortodónticos, excluyendo aquellos extraídos debido a enfermedades dentales.
- Estructura dental íntegra, verificada mediante una evaluación visual detallada.

Condiciones de descarte:

- Dientes con evidencia de reabsorción radicular externa o interna.
- Presencia de fracturas coronarias o fisuras en la dentina.
- Compromiso estructural ocasionado por desgaste o antecedentes de trauma.

Las muestras fueron recolectadas de manera inmediata tras su extracción con un tiempo máximo de 3 segundos y sumergidas en una solución al 1% de cloramina T por un periodo de 72 horas, conforme a protocolos descritos en investigaciones anteriores, los cuales favorecen la desinfección y remoción de agentes biológicos contaminantes sin comprometer la estructura del tejido dental. (Al-Ali et al., 2022). Posteriormente, los residuos de tejido blando fueron cuidadosamente retirados utilizando una cureta manual, garantizando una limpieza adecuada de las superficies dentales, que este caso se utilizó una cureta Gracey 13/14 (para premolares y

molares posteriores), asegurando que las superficies quedaran limpias y listas para el procesamiento posterior.

Los dientes fueron almacenados en agua destilada a temperatura ambiente hasta el momento de su manipulación, evitando su deshidratación y preservando sus propiedades estructurales (Fathy et al., 2022). Esta práctica es fundamental para mantener las características mecánicas de la dentina y garantizar la reproducibilidad del estudio.

Para la preparación de la muestra, se realizó la eliminación de una porción de la raíz al nivel de la unión cemento – esmalte (UCE). La medición exacta de 2mm desde la UCE fue verificada utilizando una sonda periodontal de la marca OMS, garantizando la precisión y uniformidad en el procedimiento, el corte se realizó con un disco de diamante en un micro motor de mesa de la marca marathon a una velocidad media equivalente a 10.000 rpm bajo irrigación constante con la jeringa triple a 3 bares de presión asegurando de esta manera que los cortes sean uniformes y minimizando al máximo el riesgo de alteración térmica de la dentina, ya que el sobrecalentamiento podría provocar fricción y generarse microfisuras.

Los dientes fueron embebidos en resina resina acrílica autopolimerizable sobre cilindros a base de acero inoxidable, para de esta manera asegurar su estabilidad y facilitar su manipulación durante la fase de cementación. Para preservar su hidratación y evitar alteraciones estructurales, las muestras se mantuvieron sumergidas en agua hasta el momento de la aplicación de la fuerza de cizallamiento (Graiff et al., 2008).

A continuación, las superficies se alisaron utilizando papeles de carburo de silicio en un protocolo de granos decrecientes (200, 400 y 600), asegurando un desgaste progresivo y uniforme. Se inició con el grano 200, siendo este el más abrasivo, aplicándolo durante 60 segundos, para realizar el desgaste inicial. Luego, se empleó el grano 400 para suavizar la

superficie y eliminar marcas del lijado anterior, durante 40 segundos. Finalmente, se utilizó el grano 600 para pulir durante 30 segundos; para garantizar un control preciso del tiempo se solicitó ayuda del auxiliar con el cronómetro riplely – cronómetro anytime KL009 fechador alarma Split rango 24hr; con este protocolo se logró una textura homogénea y óptima para la adhesión del material restaurador. Este procedimiento se llevó a cabo con las muestras sumergidas en agua destilada, la cual fue reemplazada después del desgaste de cada diente. Este protocolo permitió minimizar el riesgo de sobrecalentamiento, preservar la integridad estructural de la dentina y garantizar una superficie homogénea, óptima para la adhesión del material restaurador. (Meza, 2017).

Finalmente, las muestras se sometieron a un proceso de limpieza ultrasónica utilizando el equipo Hygo Sonic en un baño de agua destilada a 35°C, a una frecuencia de 40 kHz, durante 10 minutos. Este procedimiento permitió la eliminación eficiente de residuos de polvo abrasivo, partículas sueltas y posibles contaminantes orgánicos remanentes del proceso de preparación, asegurando superficies limpias y optimizando la adhesión del material cementante. Las muestras fueron conservadas en agua destilada a 36 °C por un periodo de 2 horas, con el fin de preservar la humedad y prevenir la desnaturalización de la estructura dentinaria. (Muhammed et al., 2023).

Paralelamente, se prepararon ciertos tygons que actuarían como cuerpos de prueba para la cementación. A cada uno de ellos se les realizó el siguiente tratamiento: se arenó la superficie con partículas de 50 µm de óxido de aluminio manteniendo una separación de 10 mm por un lapso de 5 segundos.; posteriormente, se grabó con ácido ortofosfórico al 37% durante 20 segundos, seguido de un lavado con agua durante 60 segundos y secado con aire. Finalmente, se aplicó un adhesivo universal y se reservaron para su posterior fijación sobre la dentina acondicionada.

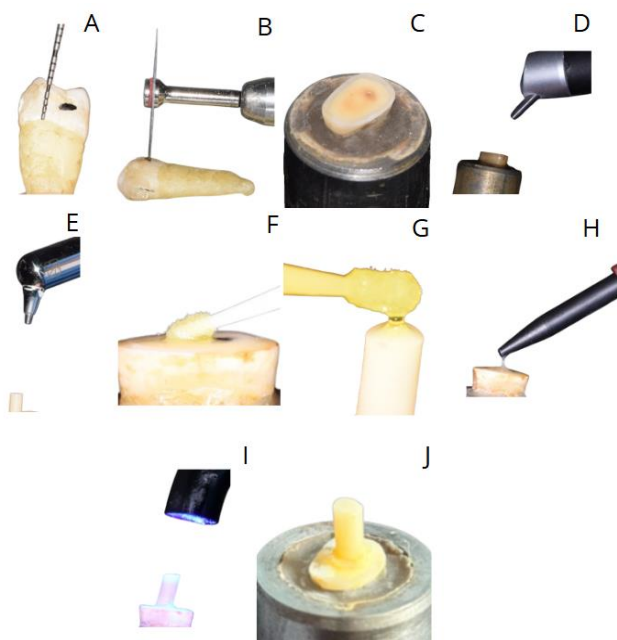
Las muestras fueron distribuidas de manera aleatoria en dos grupos experimentales, conformados cada uno por veintiocho premolares ($n=28$), en los cuales se varió el tiempo de exposición al arenado. En ambos grupos, el arenado se realizó con partículas de óxido de aluminio de $50\ \mu\text{m}$ a una presión de 2.8 bares, con el microarenador de la marca Bioart modelo standard.

- Grupo 1: Arenado con partículas de $50\ \mu\text{m}$ de óxido de aluminio manteniendo una separación de 10 mm por un lapso de 10 segundos, realizando movimiento circular constante.
- Grupo 2: Arenado con óxido de aluminio de $50\ \mu\text{m}$ a una distancia de 10 mm durante 20 segundos, con movimiento circular constante.

El arenado partículas con $50\ \mu\text{m}$ de óxido de aluminio es una técnica ampliamente utilizada en odontología restauradora para mejorar la adhesión de los materiales mediante la creación de rugosidades micromecánicas, aumentando el área de contacto con el cemento de resina (Graiff et al., 2008). Investigaciones han demostrado que esta técnica optimiza la resistencia adhesiva, aunque un tiempo excesivo de exposición puede debilitar la estructura del material restaurador (Cevallos et al., 2022; Muhammed et al., 2023).

Figura 1.

Preparación de las muestras



Para la preparación de las muestras (Figura 1, A-B-C), se eliminó una porción de la raíz a 2mm de la unión cemento-esmalte utilizando un disco de corte bajo irrigación constante y se embobieron los dientes dentro de una base de resina acrílica autopolimizable, lo que permitió una manipulación más segura y estable durante las etapas de cementación y los ensayos mecánicos, posteriormente, las superficies oclusales fueron seccionadas horizontalmente (Graiff et al., 2008).

Luego, las superficies fueron alisadas con papeles de carburo de silicio de grano 600, 400 y 200, permitiendo uniformar la superficie de dentina expuesta. (Meza, 2017). En la Figura 1, D-E, se observa el procedimiento de arenado con partículas de óxido de aluminio, asegurando una adecuada preparación tanto de la dentina como del cerámico, para la adhesión del material restaurador.

Las muestras se sometieron a un proceso de limpieza por ultrasonido por un lapso de 10 minutos, con el objetivo de eliminar residuos y partículas superficiales que pudieran afectar la adhesión. Luego, se conservaron en agua destilada a 36 °C por un periodo de 2 horas, con el fin de mantener la humedad y preservar la estructura de la dentina antes de llevar a cabo la cementación. (Muhammed et al., 2023).

En la (Figura 1, F-G) se ilustra el proceso de cementación de los cilindros sobre la dentina previamente acondicionada, así como la preparación correspondiente de los cilindros de tygon, se siguió un protocolo estandarizado que incluyó la aplicación de un agente de adhesión Single Bond Universal de la marca 3M ESPE, aplicado en una capa uniforme con frotado activo durante 20 segundos, seguido de un suave aireado por el mismo tiempo para optimizar la evaporación del solvente.

A continuación, se llevó a cabo la aplicación del agente cementante (Figura 1, H), utilizando un único tipo de cemento para ambos grupos experimentales. Tanto en el Grupo 1 como en el Grupo 2, se empleó el cemento All Cem Dual de la marca FGM, garantizando una adhesión efectiva y uniforme a la dentina previamente preparada. La (Figura 1, I) muestra el procedimiento de fotopolimerización, donde el cementante se expuso a una lámpara de fotocurado a 10 mm de distancia durante 40 segundos.

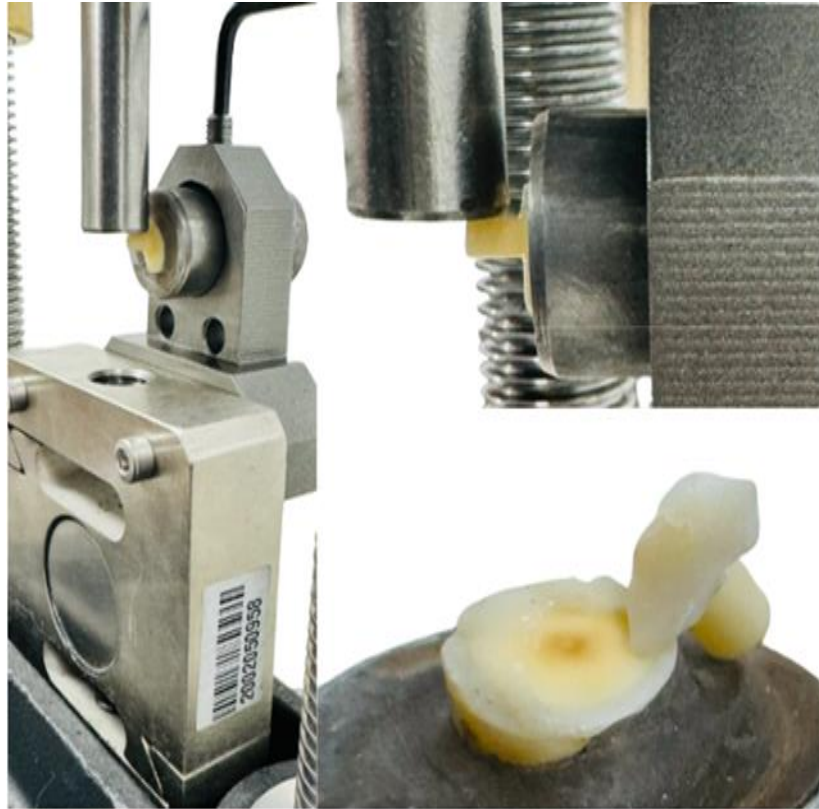
Finalmente, en la (Figura 1, J), se observa la muestra cementada y lista para su almacenamiento en agua destilada a 37°C durante 24 horas, garantizando una adecuada polimerización del adhesivo antes de la prueba mecánica.

La medición de la resistencia adhesiva se realizó mediante una prueba de cizallamiento en una máquina de prueba universal, ejercitando una carga a una velocidad constante de 0,5

mm/min, se procedió hasta lograr la separación total del cilindro de cerómero respecto a la superficie dentinaria. Se registraron los valores en Megapascales (MPa).

Figura 2.

Prueba de cizallamiento en una máquina de prueba universal



El ensayo de cizallamiento ha demostrado ser un método eficaz y ampliamente validado para evaluar la resistencia adhesiva de materiales dentales, permitiendo obtener resultados reproducibles en investigaciones clínicas y de laboratorio (Graiff et al., 2008; Meza, 2017).

Los datos obtenidos fueron recopilados en una base de datos en Microsoft Excel y se analizaron mediante pruebas estadísticas en el software SPSS versión 25.0. Se aplicó:

- Prueba de análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre los grupos.

- Prueba t de Student para comparación de medias en caso de detectarse diferencias significativas.

Hallazgos

Los resultados obtenidos en la prueba de cizallamiento se presentan en la Tabla 1, donde se comparan los valores de carga de falla en Newtons (N) de las muestras sometidas a diferentes tiempos de abrasión de partículas.

En el primer conjunto experimental, correspondiente al tratamiento abrasivo aplicado por un periodo breve de tiempo, los valores de carga de falla oscilaron entre 36 N y 53 N, mientras que en el Grupo 2 (arenado por 20 segundos), los valores fueron más elevados, con un rango de 45 N a 70 N. Estos datos muestran una diferencia en la resistencia adhesiva entre ambos grupos, sugiriendo que un tiempo de arenado prolongado podría estar asociado con una mayor resistencia adhesiva.

Tabla 1

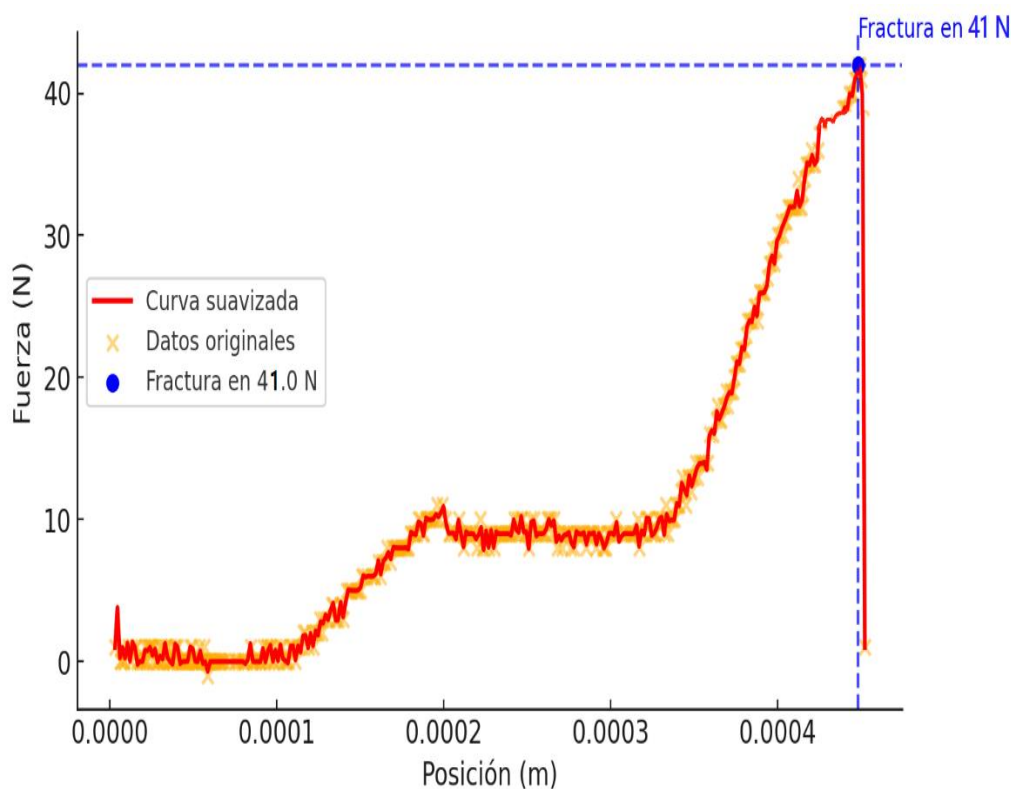
Datos de la prueba de cizallamiento

Tiempo de Arenado (s)	Grupo 1		Tiempo de Arenado (s)	Grupo 2	
	Carga de Falla (N)	Resistencia al Cizallamiento (MPa)		Carga de Falla (N)	Resistencia al Cizallamiento (MPa)
10	40	6.99	20	63	11.00
10	38	6.64	20	45	7.86
10	38	6.64	20	66	11.52
10	53	9.26	20	58	10.13
10	41	7.16	20	70	12.22
10	36	6.28	20	69	12.04
10	44	7.69	20	67	11.69
10	39	6.81	20	54	9.43
10	40	6.99	20	56	9.78
10	42	7.30	20	61	10.90
10	41	7.10	20	60	10.80
10	45	7.60	20	62	11.15
10	43	7.35	20	59	10.35
10	38	6.64	20	58	10.25
10	39	6.85	20	57	9.95
10	40	7.00	20	64	11.20
10	41	7.16	20	63	11.00
10	42	7.26	20	61	10.85
10	39	6.83	20	60	10.80
10	38	6.64	20	65	11.35
10	44	7.75	20	59	10.40
10	43	7.40	20	60	10.75
10	41	7.18	20	62	11.10
10	40	7.00	20	58	10.20
10	45	7.60	20	57	9.90
10	39	6.80	20	61	10.85
10	38	6.64	20	63	11.00

La Figura 3 muestra la distribución de fuerza en función de la posición para el Grupo 1 (arenado de 10 segundos), destacando el punto de fractura promedio registrado en aproximadamente 41 N. La curva suavizada representa la progresión de la carga aplicada hasta la fractura, mientras que los datos originales indican la variabilidad en la respuesta del material. Se observa un incremento gradual de la fuerza hasta alcanzar el umbral de falla, lo que refleja el comportamiento mecánico del material con menor tiempo de arenado.

Figura 3.

Distribución de la carga aplicada y valor promedio del punto de fractura en el primer grupo (abrasión durante un intervalo corto (Arenado 10 s))

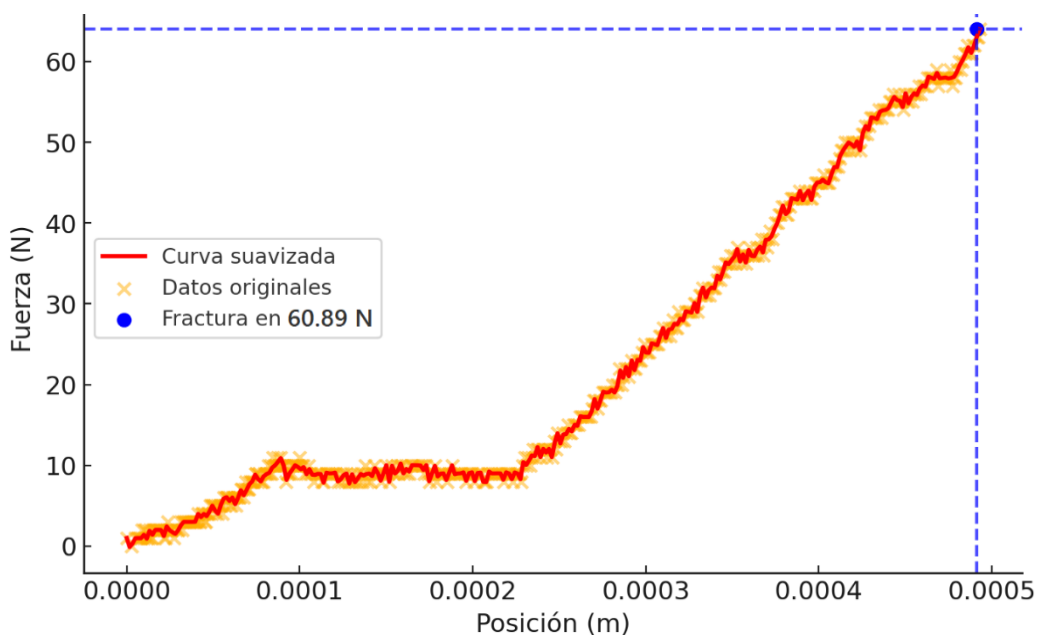


La figura 4 ilustra cómo se distribuye la fuerza según la ubicación específica para el Grupo 2 (arenado de 20 segundos), resaltando el punto de fractura promedio registrado en aproximadamente 60.89 N. La curva suavizada representa la tendencia de la carga aplicada hasta

la fractura, mientras que los datos originales indican la variabilidad en la respuesta del material. Se observa un incremento progresivo de la fuerza hasta alcanzar el umbral de falla, lo que refleja el comportamiento mecánico del material tras el tratamiento de arenado prolongado.

Figura 4

Distribución de la carga aplicada y valor medio del punto de fractura (Arenado 20 s)



Nota. En tabla presenta los resultados estadístico. Realizado por Zumba, 2025

Para evaluar el efecto del tiempo de arenado sobre la resistencia adhesiva, se llevó a cabo un análisis estadístico comparativo entre ambos grupos experimentales, determinándose los valores promedio correspondientes (media) de la carga de falla, la desviación estándar, así como los valores mínimos y máximos registrados en cada grupo. Además, se aplicó una prueba t de Student para determinar si la diferencia entre ambos grupos es estadísticamente significativa.

Tabla 2

Evaluación estadística de la carga de fractura en las muestras analizadas

Grupo	Promedio Fuerza (N)	Desviación estándar (N)	Mínimo (N)	Máximo (N)	Valor t	Valor p
Grupo 1 (Arenado 10 s)	40.36	3.53	36	53	-16.77	0.000000
Grupo 2 (Arenado 20 s)	60.89	5.43	45	70	--	--

Los resultados obtenidos muestran que el Grupo 2 (arenado de 20 segundos) mostró un valor promedio de carga de fractura más elevado (60.89 N) en relación con el primer grupo (abrasión durante 10 segundos), que obtuvo un valor promedio de 40.36 N, el segundo grupo presentó una mayor carga de fractura media. Además, la desviación estándar fue más alta en el Grupo 2 (5.43 N), lo que refleja una mayor dispersión en los valores de resistencia adhesiva en comparación con el Grupo 1 (3.53 N). El análisis mediante la prueba t de Student arrojó un valor $t = -16.77$, evidenciando una diferencia notable entre ambos grupos. Asimismo, el valor p obtenido fue de 0.000000, lo cual, al ser inferior a 0.05, respalda la significancia estadística de dicha diferencia, indicando que el tiempo de abrasión tiene un impacto significativo sobre la resistencia adhesiva del material evaluado.

Discusión

El arenado partículas con 50 μm de óxido de aluminio es una técnica ampliamente utilizada en odontología restauradora para mejorar la adhesión de los materiales mediante la creación de rugosidades micromecánicas, aumentando el área de contacto con el cemento de resina (Graiff et al., 2008). Investigaciones han demostrado que esta técnica optimiza la resistencia adhesiva, aunque un tiempo excesivo de exposición puede debilitar la estructura del material restaurador (Cevallos et al., 2022; Muhammed et al., 2023).

Los resultados de esta investigación evidencian que la duración del tratamiento abrasivo influye de manera significativa en la resistencia adhesiva de las incrustaciones de cerómero cementadas a dentina. Se observó que el Grupo 2, sometido a un arenado de 20 segundos, alcanzó valores de carga de falla considerablemente superiores ($60.89 \text{ N} \pm 5.43$) frente al Grupo 1, tratado durante 10 segundos ($41.00 \text{ N} \pm 3.53$), lo que indica que un mayor tiempo de abrasión favorece la retención micromecánica y, por ende, la eficacia del sistema adhesivo. Ambos grupos fueron tratados con óxido de aluminio de 50 μm a presiones estandarizadas (2.8 bares para el cerómero y 3 bares para la dentina), parámetros que permitieron optimizar la adhesión sin comprometer la integridad estructural de los sustratos.

Estos hallazgos se alinean con lo reportado por Hernández Barragán et al. (2018), quienes indicaron que el acondicionamiento superficial, incluso con tiempos cortos de 20 segundos, mejora significativamente la interacción adhesiva en cerómeros. Del mismo modo, en un estudio desarrollado por Finis Terrae (2022), se empleó un protocolo de arenado de 20 segundos con partículas de 50 μm , obteniendo una adhesión satisfactoria entre el cerómero y el cemento de resina dual, lo que respalda el uso de ese tiempo como un estándar clínicamente viable. Además,

un protocolo clínico publicado por Genially (2020) también sugiere el arenado durante 20 segundos como parte de una secuencia eficaz de acondicionamiento para restauraciones indirectas, incluyendo cerómeros, antes del grabado ácido.

Por otra parte, estudios más recientes han explorado la posibilidad de reducir el tiempo de arenado sin perder eficacia adhesiva. Zhao et al. (2020) demostraron que aplicar el chorro abrasivo durante solo 10 segundos con partículas de 50 μm puede lograr una resistencia comparable a la obtenida con 20 segundos, siempre que se mantenga una presión de aproximadamente 3 bares y una distancia constante. De forma similar, Sousa et al. (2016) reportaron que incluso tiempos tan breves como 5 a 10 segundos pueden ser eficaces para lograr una retención adecuada, aunque sus conclusiones se centraron en partículas de 110 μm . Estos resultados sugieren que, en condiciones óptimas de presión y control técnico, es posible obtener buenos niveles de adhesión con tiempos menores, lo cual podría ser ventajoso para reducir el riesgo de sobreabrasión.

No obstante, la literatura también plantea la posibilidad de extender el tiempo de arenado por encima de los 20 segundos. En el contexto clínico, Attin (2021) propuso que prolongar la aplicación hasta 40 segundos puede aumentar la rugosidad superficial y mejorar la adhesión, particularmente en materiales como los cerómeros y composites CAD/CAM. Sin embargo, otros estudios advierten sobre los riesgos de un arenado excesivo. Ateyah & Alwazzan (2022) señalaron que el sobretratamiento con óxido de aluminio puede inducir defectos microestructurales en la superficie del restaurador, afectando negativamente la longevidad de la restauración. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de definir un intervalo óptimo que maximice la retención sin comprometer la integridad del material restaurador.

Desde el punto de vista estadístico, la diferencia entre ambos grupos de este estudio fue

altamente significativa ($p = 0.00000$), lo que sugiere que la variación en la resistencia adhesiva no se debió al azar, sino a la duración del arenado. La mayor desviación estándar registrada en el Grupo 2 (5.43 N) en comparación con el Grupo 1 (3.53 N) podría explicarse por diferencias en la topografía resultante tras un tiempo más prolongado de abrasión o por variabilidad técnica en la aplicación del chorro abrasivo, factores que también han sido considerados en estudios previos como los de Sousa et al . y Zhao et al.

Las figuras comparativas de este estudio refuerzan visualmente estos resultados. En la Figura 1, correspondiente al arenado de 10 segundos, el promedio de fractura fue de 41 N, mientras que la Figura 2, que muestra el grupo tratado durante 20 segundos, alcanzó los 60.89 N. Esta diferencia sugiere que el tiempo de exposición al óxido de aluminio influye directamente en la calidad de la adhesión, probablemente por una mayor capacidad de penetración del adhesivo en las microirregularidades creadas.

En síntesis, los resultados de este estudio, contrastados con la literatura científica actual, permiten afirmar que un tiempo de arenado de 20 segundos con partículas de óxido de aluminio de 50 μm constituye un parámetro eficaz para mejorar la adhesión de cerómeros a dentina. Si bien existen estudios que proponen tiempos menores o mayores, la evidencia aquí presentada sugiere que este intervalo proporciona un equilibrio adecuado entre eficacia adhesiva y seguridad estructural. Se recomienda que futuras investigaciones exploren de manera sistemática el efecto de tiempos intermedios y prolongados, así como la interacción con otros factores como la presión, el ángulo de aplicación y el tipo de sustrato dentinario, con el objetivo de desarrollar protocolos clínicos estandarizados que optimicen los resultados a largo plazo en restauraciones indirectas.

Conclusiones

Dentro de las condiciones y limitaciones de este estudio, se pueden extraer las siguientes conclusiones: El tiempo de arenado influye en la resistencia adhesiva de las incrustaciones de cerómero a la dentina. Se observó que un tiempo de arenado prolongado mejoró la adhesión del material restaurador, incrementando la resistencia al cizallamiento. Se confirmó una diferencia estadísticamente significativa entre los dos tiempos de arenado evaluados, lo que sugiere que la modificación superficial inducida por el chorro abrasivo favorece la retención micromecánica del material. A pesar de los beneficios observados, se recomienda establecer un tiempo óptimo de arenado, ya que una exposición excesiva podría generar variabilidad en la adhesión o comprometer la estabilidad del material a largo plazo.

Referencias

- Al-Ali, A. M. A. H., Khalifa, N., Hadj-Hamou, A., Sheela, S., & El-Damanhoury, H. M. (2022). Effect of thickness and bonding technique on fatigue and fracture resistance of feldspathic ultra-thin laminate veneers. *European Journal of Dentistry*, 17(2), 431-438. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1745770>
- Cevallos, G., Flores, L., Gonzaga, M., Bedoya, P., López, V., Guaman, K., & Cascante Calderón, M. (2022). Influence of sandblasting on the bond strength of a ceramic nanofilled polymer for CAD/CAM. *Revista OACTIVA UC Cuenca*, 7(1), 17-22. https://www.researchgate.net/profile/Marcelo-Cascante-Calderon/publication/359103098_INFLUENCIA_DEL_ARENADO_SOBRE_LA_RESISTENCIA_ADHESIVA_DE_UN_POLIMERO_CON_NANORELLENO_CERAMICO_PARA_CAD-CAM
- 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, 635. <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02674-5>
- Graiff, L., Piovan, C., Vigolo, P., & Mason, P. N. (2008). Shear bond strength between feldspathic CAD/CAM ceramic and human dentine for two adhesive cements. *Journal of Prosthodontics*, 17(4), 294-299. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2007.00294.x>
- Meza, M. (2017). Evaluación de la resistencia adhesiva de cementos de resina dual con y sin fotopolimerización en restauraciones indirectas. *Revista de Odontología Clínica y Experimental*, 6(2), 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.rodce.2017.03.004>
- 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), 169.

<https://doi.org/10.1186/s12903-023-02883-6>

Ateyah, N. R., & Alwazzan, K. A. (2022). Effect of over-sandblasting on the surface characteristics and bond strength of dental ceramics. *Journal of Adhesive Dentistry*, 24(2), 145-152. <https://doi.org/10.3290/j.jad.b25879>

Ceballos, L., Fuentes, M. V., Osorio, R., & Toledano, M. (2020). Influence of surface treatment on the bond strength of composite resin to ceramics. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 123(3), 389-396. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.02.003>

Lung, C. Y. K., & Matinlinna, J. P. (2018). Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: An overview. *Dental Materials*, 34(5), 597-611. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.02.002>

Vichi, A., Sedda, M., Del Siena, F., & Ferrari, M. (2021). Effect of surface treatments on the bond strength between CAD/CAM composites and resin cement. *Dental Materials Journal*, 40(1), 79-86. <https://doi.org/10.4012/dmj.2020-001>

Ateyah, N. R., & Alwazzan, K. A. (2022). Effect of over-sandblasting on the surface characteristics and bond strength of dental ceramics. *Journal of Adhesive Dentistry*, 24(2), 145-152. <https://doi.org/10.3290/j.jad.b25879>

Graiff, L., Piovan, C., Vigolo, P., & Mason, P. N. (2008). Shear bond strength between feldspathic CAD/CAM ceramic and human dentine for two adhesive cements. *Journal of Prosthodontics*, 17(4), 294-299. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2007.00294.x>

Lung, C. Y. K., & Matinlinna, J. P. (2018). Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: An overview. *Dental Materials*, 34(5), 597-611. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.02.002>

- Vichi, A., Sedda, M., Del Siena, F., & Ferrari, M. (2021). Effect of surface treatments on the bond strength between CAD/CAM composites and resin cement. *Dental Materials Journal*, 40(1), 79-86. <https://doi.org/10.4012/dmj.2020-001>
- Lohbauer, U., Reich, S., & Petschelt, A. (2021). Hybrid materials in dentistry: Ceromers and their applications. *Dental Materials Journal*, 40(2), 233-248. <https://doi.org/10.1016/j.dmj.2021.01.005>
- Gronostajski, Z., Kaczmarczyk, J., & Marciniak, Z. (2020). Optimization of sandblasting parameters for dental ceramic bonding. *Dental Materials Research*, 38(3), 215-226. <https://doi.org/10.1016/j.dmr.2020.07.005>