



Facultad de ciencias de la salud

Especialidad en operatoria dental y estética

**Tema:**

**Resistencia de unión de un composite vitrocerámico  
mecanizado en sistema CAD-CAM, cementado con resina  
compuesta. *Estudio in vitro***

**Tesis para la obtención del Título de  
“Especialista en operatoria dental y estética”**

**Presentada por:**

Nathalie Cristina Contento Fierro

**Tutor:**

Dra. María Soledad Peñaherrera Manosalvas

**Quito, diciembre de 2024**

## Resumen

Este estudio evaluó la resistencia de unión de una resina vitrocerámica mecanizada mediante el sistema CAD-CAM, utilizando resinas compuestas fluida y precalentada en combinación con diversas estrategias adhesivas. Para ello, se prepararon 70 cilindros de resina vitrocerámica Brava Block (FGM) a través de un sistema CAD-CAM. Una de las superficies fue tratada con chorro de óxido de aluminio (50  $\mu\text{m}$ ) y limpieza ultrasónica seguida de alcohol al 70%. Los especímenes se distribuyeron en siete grupos: un grupo control con cementación tradicional, tres con resina fluida (RF) y tres con resina precalentada (RP), aplicando distintas estrategias adhesivas.

Los agentes cementantes fueron fotoactivados con una lámpara VALO Grand a 1200  $\text{mW}/\text{cm}^2$ , y los especímenes se almacenaron a 37 °C durante 24 horas. Se evaluó la resistencia de unión mediante ensayos de cizallamiento con una máquina universal de pruebas (OM150) a 1 mm/min. Los datos se analizaron con ANOVA y pruebas post-hoc de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Los resultados indicaron que el protocolo con imprimador Monobond N y resina fluida obtuvo la mayor resistencia de unión, seguido por las combinaciones de Monobond N con adhesivo y resina fluida, y de Monobond N con resina precalentada, sin diferencias significativas respecto al grupo control. En contraste, el protocolo con imprimador Prosil y resina precalentada presentó la menor resistencia de unión. La fractura mixta predominó en los grupos que emplearon resina precalentada y en el de Monobond N con resina fluida.

El protocolo cementante con Monobond N y resina fluida optimiza la resistencia de unión de la resina vitrocerámica procesada mediante CAD-CAM, mientras que el silano tradicional combinado con resina precalentada obtuvo los peores resultados.

**Palabras clave:** Resinas compuestas; Adhesión dental; Sistemas CAD-CAM; Materiales dentales; Imprimador de silano.

### **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.

Nombre: Nathalie Cristina Contento Fierro

Cédula: 1103993885

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mis amados hijos y esposo, quienes han sido mi inspiración y mi mayor fortaleza en este camino. Su amor incondicional, paciencia y constante apoyo han sido el motor que me impulsó a seguir adelante en los momentos más desafiantes. Agradezco profundamente su comprensión y sacrificio durante este proceso.

A mi coordinador de posgrado, cuyo valioso aporte de conocimientos y experiencia enriqueció este proyecto y fue una guía fundamental en mi formación académica.

A mi director de tesis, asesores y equipo de investigación, les expreso mi gratitud por su compromiso, sabias orientaciones y constante apoyo. Gracias a su acompañamiento y dedicación, fue posible culminar esta investigación con éxito y satisfacción.

Asimismo, dedico este esfuerzo a mi familia, amigos y seres queridos, quienes con sus palabras de aliento y confianza en mis capacidades me recordaron que no estaba sola en este desafío.

Finalmente, agradezco a la vida por las oportunidades y aprendizajes obtenidos en este camino, que hoy me permiten compartir este logro.

## Índice

|   |    |
|---|----|
| <b>Índice</b> .....                           | 6  |
| <b>Índice de Figuras</b> .....                | 7  |
| <b>Índice de Tablas</b> .....                 | 8  |
| <b>Resumen</b> .....                          | 9  |
| <b>Abstract</b> .....                         | 11 |
| <b>Introducción</b> .....                     | 12 |
| <b>Material y Métodos</b> .....               | 15 |
| <b>Preparación de muestras</b> .....          | 15 |
| <b>Grupos experimentales</b> .....            | 15 |
| <b>Análisis de resistencia de unión</b> ..... | 19 |
| <b>Análisis estadístico</b> .....             | 19 |
| <b>Hallazgos</b> .....                        | 20 |
| <b>Discusión</b> .....                        | 23 |
| <b>Conclusión</b> .....                       | 27 |
| <b>Referencias</b> .....                      | 28 |

## Índice de Figuras

- Figura 1.** Esquema metodológico de la preparación de los cuerpos de prueba ..... 18
- Figura 2.** Distribución de la frecuencia de los tipos de fractura de acuerdo a protocolo de cementación aplicado. M-CR: Monobond N y cemento resinoso Variolink Esthetic (control); M-A-RF: Monobond N, adhesivo Clearfil SE Bond y resina fluida ENA HRI Flow; M-RF:22

## Índice de Tablas

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> Distribución de los grupos experimentales. ....   | 16 |
| <b>Tabla 2.</b> Especificaciones de los materiales utilizados.....  | 17 |
| <b>Tabla 3.</b> Media, desviación estándar e intervalos de confianza de los valores de resistencia de unión (MPa) para el composite vitrocerámico mecanizado de acuerdo con el protocolo de cementación aplicado..... | 20 |

## **Resistencia de unión de una resina vitrocerámica mecanizada en sistema CAD-CAM y cementada con resina compuesta. *Estudio in vitro***

Nathalie Cristina Contento-Fierro

Universidad De Los Hemisferios

nccontentof@estudiantes.uhemisferios.edu.ec

### **Resumen**

Este estudio evaluó la resistencia de unión de una resina vitrocerámica mecanizada mediante el sistema CAD-CAM, utilizando resinas compuestas fluida y precalentada en combinación con diversas estrategias adhesivas. Para ello, se prepararon 70 cilindros de resina vitrocerámica Brava Block (FGM) a través de un sistema CAD-CAM. Una de las superficies fue tratada con chorro de óxido de aluminio (50  $\mu\text{m}$ ) y limpieza ultrasónica seguida de alcohol al 70%. Los especímenes se distribuyeron en siete grupos: un grupo control con cementación tradicional, tres con resina fluida (RF) y tres con resina precalentada (RP), aplicando distintas estrategias adhesivas.

Los agentes cementantes fueron fotoactivados con una lámpara VALO Grand a 1200  $\text{mW}/\text{cm}^2$ , y los especímenes se almacenaron a 37 °C durante 24 horas. Se evaluó la resistencia de unión mediante ensayos de cizallamiento con una máquina universal de pruebas (OM150) a 1 mm/min. Los datos se analizaron con ANOVA y pruebas post-hoc de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Los resultados indicaron que el protocolo con imprimador Monobond N y resina fluida obtuvo la mayor resistencia de unión, seguido por las combinaciones de Monobond N con adhesivo y resina fluida, y de Monobond N con resina precalentada, sin diferencias significativas respecto al grupo control. En contraste, el protocolo con imprimador Prosil y

resina precalentada presentó la menor resistencia de unión. La fractura mixta predominó en los grupos que emplearon resina precalentada y en el de Monobond N con resina fluida.

El protocolo cementante con Monobond N y resina fluida optimiza la resistencia de unión de la resina vitrocerámica procesada mediante CAD-CAM, mientras que el silano tradicional combinado con resina precalentada obtuvo los peores resultados.

**Palabras clave:** Resinas compuestas; Adhesión dental; Sistemas CAD-CAM; Materiales dentales; Imprimador de silano.

## Abstract

This study evaluated the bond strength of a CAD-CAM glass-ceramic resin cemented with fluid and preheated composite resin, using different adhesive strategies. Seventy Brava Block (FGM) glass-ceramic resin cylinders were prepared through CAD-CAM. One surface of each cylinder was treated with alumina sandblasting (50  $\mu\text{m}$ ) and ultrasonic cleaning followed by 70% alcohol. The specimens were divided into seven groups: one control group with traditional cementation, three groups with fluid composite resin (FR), and three with preheated composite resin (PR), each employing different adhesive strategies.

The cementing agents were light-cured using a VALO Grand lamp at 1200  $\text{mW}/\text{cm}^2$ , and the specimens were stored at 37 °C for 24 hours. Bond strength was assessed through shear testing using a universal testing machine (OM150) at a speed of 1  $\text{mm}/\text{min}$ . The data were analyzed statistically using ANOVA and post-hoc Tukey tests ( $p < 0.05$ ).

The protocol combining Monobond N primer with fluid resin achieved the highest bond strength, followed by protocols with Monobond N primer, adhesive, and fluid resin, and Monobond N primer with preheated resin. No significant differences were observed compared to the control group. In contrast, the combination of Prosil primer and preheated resin resulted in the lowest bond strength. Mixed fractures were the most common type, especially in the groups that used preheated resin and in the protocol with Monobond N primer and fluid resin.

In conclusion, the cementation protocol with Monobond N primer and fluid resin significantly optimizes the bond strength of CAD-CAM glass-ceramic resin. Meanwhile, the use of traditional silane combined with preheated resin resulted in the poorest performance.

**Keywords:** Composite resins; Dental adhesion; CAD-CAM systems; Dental materials; Silane primer.

## Introducción

Los bloques mecanizados mediante sistemas CAD-CAM han marcado un avance significativo en el campo de los materiales dentales, combinando estética, resistencia mecánica y biocompatibilidad (Spitznagel et al., 2018; Al-Haj Husain et al., 2022;). Gracias a la integración de tecnologías de diseño y fabricación asistida por computadora, estos materiales permiten la producción precisa y eficiente de restauraciones dentales personalizadas, optimizando la calidad y el tiempo de los procedimientos clínicos (Akça et al., 2013). En particular, la incorporación de vitrocerámicas en sistemas CAD-CAM ha transformado la práctica prostodóntica, promoviendo procedimientos mínimamente invasivos y ofreciendo soluciones restauradoras duraderas y de alta calidad (Almejrad et al., 2024).

Los bloques de resina vitrocerámica destacan por sus excelentes propiedades mecánicas, como alta resistencia a la flexión, compresión y fractura, fundamentales para garantizar la durabilidad de las restauraciones dentales (Ling, Ma et al., 2021; Ling, Lai et al., 2022). Además, su translucidez y estabilidad de color proporcionan resultados estéticos que imitan de manera realista los dientes naturales, convirtiéndolos en una opción ideal para restauraciones estéticas como incrustaciones y coronas (Spitznagel et al., 2018). La presencia de componentes de resina en estos bloques facilita su mecanización y permite reparaciones intraorales más sencillas en comparación con las cerámicas tradicionales, lo que representa una ventaja en escenarios clínicos donde los ajustes son necesarios (Ruse et al., 2014). Asimismo, estos materiales muestran menor desgaste que las resinas nanocerámicas y causan menos abrasión a los dientes antagonistas, mejorando su desempeño clínico (Laborie et al., 2024).

Sin embargo, la adhesión de las resinas vitrocerámicas procesadas mediante CAD-CAM sigue siendo un desafío técnico debido a la influencia de múltiples factores.

Investigaciones han demostrado que los imprimadores de silano ofrecen una adhesión comparable al grabado con ácido fluorhídrico, especialmente en combinación con sistemas adhesivos (Turunç-Oğuzman y Şişmanoğlu 2023). De igual forma, el tratamiento de superficie con chorro de arena ha mostrado ser eficaz en aumentar la resistencia de unión de cerámicas con matriz de resina, especialmente cuando se emplean imprimadores específicos (Machry et al., 2022; Reymus et al., 2019). Aunque el uso de silano ha sido tradicionalmente la estrategia adhesiva estándar para promover la unión química entre materiales presenta limitaciones en las resinas vitrocerámicas, donde los imprimadores alternativos han demostrado ser más eficaces (Reymus et al., 2019; Emsermann et al., 2019). En este contexto, los sistemas adhesivos simplificados actuales integran múltiples funciones en una sola aplicación, logrando resistencias de unión comparables a las obtenidas con el silano (Turunç-Oğuzman y Şişmanoğlu 2023; Abdou et al., 2021).

A pesar de los avances en la investigación de materiales dentales, aún no se ha desarrollado un cemento ideal (Maletin et al., 2023). Por ejemplo, los cementos basados en resinas fluidas convencionales han demostrado una resistencia de unión superior en comparación con los cementos autoadhesivos (Santi et al., 2022). No obstante, su desempeño depende del tipo de sistema adhesivo empleado, siendo los sistemas de grabado total más efectivos en términos de resistencia de unión a la dentina superficial en comparación con los sistemas simplificados (Özcan y Mese 2012). Por otro lado, el precalentamiento de resinas compuestas mejora su fluidez, favoreciendo una mejor adaptación; sin embargo, esta fluidez sigue siendo inferior a la de los cementos resinosos tradicionales (Raposo et al., 2023). Aunque las resinas precalentadas han mostrado un sellado marginal superior, su resistencia de unión es generalmente menor que la de los cementos resinosos convencionales (Urcuyo et al., 2020).

Pese a los avances en estrategias adhesivas, los resultados obtenidos varían dependiendo del tipo de material y las combinaciones de tratamiento utilizadas. Por ello, el objetivo de este estudio fue determinar la resistencia de unión de una resina vitrocerámica procesada mediante CAD-CAM, cementada con una resina compuesta fluida y/o precalentada, utilizando diferentes estrategias adhesivas, evaluadas mediante ensayos mecánicos de cizallamiento. La hipótesis nula planteada fue que los diferentes protocolos de cementación no generan diferencias significativas en la resistencia de unión de las resinas vitrocerámicas CAD-CAM.

## **Material y Métodos**

### **Preparación de muestras**

Se mecanizaron 70 cilindros de resina vitrocerámica Brava Block (FGM; Joinville, SC, Brasil) con dimensiones de 12 mm de diámetro por 14 mm de altura, empleando el sistema CAD-CAM DWX-42W (DGSHAPE Corporation; Hamamatsu, Japón). Una de las superficies circulares de cada cilindro fue tratada mediante chorro de óxido de aluminio 50  $\mu\text{m}$  (Bio-Art; São Carlos, SP, Brasil), aplicado durante 15 s a una presión de 2 bares y a una distancia de 4 mm. Posteriormente, los cilindros fueron sometidos a un baño ultrasónico en cuba ultrasónica CD-4820 (Codyson Ultrasonic; Shenzhen, China) durante 480 s para eliminar impurezas, seguido de una limpieza con alcohol al 70%.

### **Grupos experimentales**

Los cilindros fueron distribuidos aleatoriamente en siete grupos ( $n=10$ ): un grupo control con un sistema de cementación tradicional (Varilolink Esthetic LC), tres grupos con resina fluida (RF) y tres con resina precalentada (RP), aplicándose en ambos casos distintas estrategias adhesivas. La distribución de los grupos experimentales se detalla en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Distribución de los grupos experimentales.*

| Grupos              |        | Imprimador a base de Silano | Sistema adhesivo        | Agente cementante           |
|---------------------|--------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Control             | M-CR   | <i>Monobond N</i>           | -                       | <i>Variolink Esthetic</i>   |
| Resina fluida       | M-A-RF | <i>Monobond N</i>           | <i>Clearfil SE Bond</i> | <i>ENA HRI Flow</i>         |
|                     | M-RF   | <i>Monobond N</i>           | -                       |                             |
|                     | P-RF   | <i>Prosil</i>               | -                       |                             |
| Resina precalentada | M-A-RP | <i>Monobond N</i>           | <i>Clearfil SE Bond</i> | <i>ENA HRI Esmalte Plus</i> |
|                     | M-RP   | <i>Monobond N</i>           | -                       |                             |
|                     | P-RP   | <i>Prosil</i>               | -                       |                             |

Tras completar los protocolos adhesivos establecidos, se aplicaron los agentes cementantes sobre la superficie tratada de los bloques de resina vitrocerámica, siguiendo las recomendaciones de los fabricantes. La Tabla 2 muestra las especificaciones de los materiales utilizados en este estudio. En los grupos que incluyeron resina precalentada, se utilizó la jeringa de resina ENA HRI Esmalte Plus (Micerium; Génova, Italia), previamente calentada en el dispositivo ENA HRI Composite Warmer (Micerium; Génova, Italia) durante 7 min a 55 °C, conforme a las indicaciones para cementación.

**Tabla 2.***Especificaciones de los materiales utilizados*

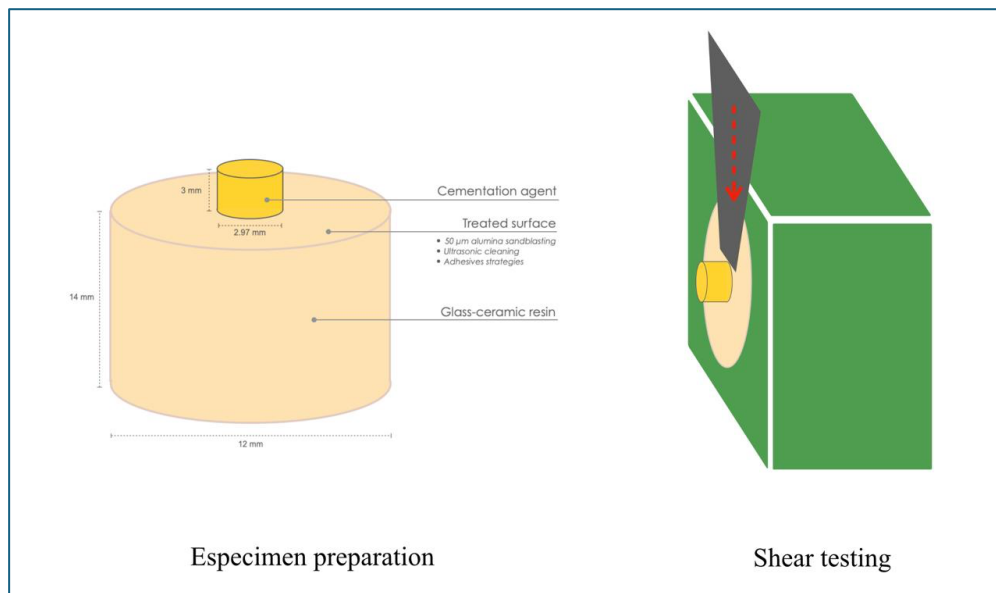
| <b>Material</b>   | <b>Tipo</b>                                   | <b>Composición</b>   |
|---|---|--|
| <b>Brava Block</b><br>(FGM, Brasil,<br>#250123-280722)                        | Resina<br>vitrocerámica<br>CAD-CAM            | Matriz polimérica: Resinas metacrílicas (Bis-GMA, UDMA, TEGDMA), relleno inorgánico: Partículas cerámicas de dióxido de silicio y óxido de aluminio, pigmentos: Óxidos metálicos para color y translucidez, iniciadores: Peróxidos o sistemas fotoiniciadores. |
| <b>Monobond N</b><br>(Ivoclar Vivadent,<br>Liechtenstein,<br>#Z06F4X)         | Imprimador a<br>base de silano                | Silano, ácido metacrílico, disolventes orgánicos.  |
| <b>Prosil</b><br>(FGM, Brasil,<br>#080422)                                    | Imprimador a<br>base de silano                | Silano, disolventes orgánicos.   |
| <b>Clearfil SE Bond</b><br>(Kuraray, Japón,<br>#280775)                       | Sistema<br>adhesivo<br>autoacondicion<br>ante | Matriz polimérica: Metacrilato de 4-metacriloxifenoleto (4-META), acrilato de bisfenol-A glicidilmetacrilato (Bis-GMA), hidróxido de etilo, resinas alifáticas, agua, relleno inorgánico: Sílice.  |
| <b>Variolink Esthetic</b><br>(Ivoclar Vivadent,<br>Liechtenstein,<br>#2063PL) | Cemento<br>resinoso                           | Matriz polimérica: Resinas metacrílicas (Bis-GMA, TEGDMA), relleno inorgánico: Sílice, catalizadores, fotoiniciadores.   |
| <b>ENA HRI Flow</b><br>(Micerium, Italia,<br>#2022006388)                     | Resina fluida                                 | Matriz polimérica: Resinas metacrílicas (Bis-GMA, TEGDMA), relleno inorgánico: Dióxido de silicio y vidrio bario, fotoiniciadores.   |
| <b>ENA HRI Esmalte Plus</b><br>(Micerium, Italia,<br>#2023005422)             | Resina<br>compuesta                           | Matriz polimérica: Resinas metacrílicas (Bis-GMA, TEGDMA), relleno inorgánico: Dióxido de silicio y vidrio bario, pigmentos.   |

Para garantizar la precisión en la aplicación del material, se empleó una matriz de polietileno transparente tipo Tygon (Anhui Hongyu Wuzhou Medical Manufacturer; Anhui, China), con un diámetro interno de 2,97 mm y una altura de 3 mm. El volumen interno de la matriz fue llenado completamente con el agente de cementación, asegurando una distribución homogénea mediante el uso de un explorador N° 5.

Posteriormente, se colocó una tira de celuloide sobre la matriz y se aplicó una ligera presión para estabilizar el material. La fotoactivación se realizó durante 20 s utilizando el fotopolimerizador VALO Grand (Ultradent; South Jordan, Utah, EE. UU.), configurado a una irradiancia de 1200 mW/cm<sup>2</sup>. Finalmente, los especímenes se almacenaron en condiciones de humedad a 37 °C durante 24 h. La Figura 1. muestra un esquema metodológico de la preparación de los cuerpos de prueba.

### Figura 1.

*Esquema metodológico de la preparación de los cuerpos de prueba*



### **Análisis de resistencia de unión**

Tras el período de almacenamiento, las matrices de Tygon fueron retiradas cuidadosamente utilizando una hoja de bisturí N° 11 Biolife (Sterilance Medical; Suzhou, China). Los especímenes fueron inspeccionados bajo magnificación para identificar posibles porosidades o grietas en la interfaz adhesiva, descartando aquellos con defectos. Posteriormente, los cilindros fueron sometidos a un ensayo de cizallamiento en una máquina de ensayos universal OM150 (Odeme Dental Research; Luzerna, Brasil), utilizando un dispositivo diseñado para posicionar el cilindro perpendicular al centro de la célula de carga (1 kN). El ensayo se llevó a cabo a una velocidad de 1 mm/min hasta alcanzar la fractura. Los valores de resistencia de unión fueron calculados dividiendo la fuerza máxima aplicada (N) por el área adhesiva (mm<sup>2</sup>), obteniéndose la media aritmética de cada grupo.

Finalmente, las muestras fueron examinadas bajo una magnificación de 10x para clasificar el tipo de fractura. Estas se categorizaron como: adhesiva en la interfaz (AD), cohesiva dentro del cemento de resina (CC), cohesiva en la resina vitromérica (CR) o mixta (M), siendo esta última una combinación de fracturas.

### **Análisis estadístico**

Los datos fueron sometidos a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Se aplicó el test paramétrico ANOVA seguido del post-hoc Tukey. Se aplicó un nivel de significancia del 5% para todos los análisis estadísticos. La frecuencia de los tipos de fractura fueron reportados descriptivamente.

### Hallazgos

La Tabla 3 muestra que el protocolo de cementación que empleó el imprimador a base de silano Monobond N combinado con resina fluida (M-RF) alcanzó los mayores valores de resistencia de unión ( $p < 0.05$ ). Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas al compararlo con el protocolo que combinó Monobond N, sistema adhesivo y resina fluida (M-A-RF), ni con el protocolo que utilizó Monobond N junto con resina precalentada (M-RP) ( $p > 0.05$ ). Además, estos dos últimos protocolos tampoco presentaron diferencias significativas en relación con el grupo control que empleó Monobond N con cemento resinoso (M-CR) ( $p > 0.05$ ).

**Tabla 3.**

*Media, desviación estándar e intervalos de confianza de los valores de resistencia de unión (MPa) para el composite vitrocerámico mecanizado de acuerdo con el protocolo de cementación aplicado.*

| Protocolos   | Control            | Resina fluida      |                    |                    | Resina precalentada |                     |                   |
|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
|              | M-CR               | M-A-RF             | M-RF               | P-RF               | M-A-RP              | M-RP                | P-RP              |
| <b>Media</b> | 9.24 <sup>bc</sup> | 0.40 <sup>ab</sup> | 11.63 <sup>a</sup> | 9.37 <sup>bc</sup> | 8.73 <sup>c</sup>   | 10.74 <sup>ab</sup> | 6.23 <sup>d</sup> |
| <b>DE</b>    | 0.55               | 0.71               | 0.87               | 0.94               | 0.95                | 0.79                | 0.81              |
| <b>IC</b>    | 8.90-<br>9.58      | 9.96-<br>10.84     | 11.10-<br>12.17    | 8.79-<br>9.95      | 8.14-9.32           | 10.25-<br>11.22     | 5.73-6.74         |

*Nota:* D<sup>ab</sup> Diferentes letras minúsculas dentro de la misma fila significan diferencia estadísticamente significativa (ANOVA de una vía y prueba post-hoc de Tukey;  $p < 0,05$ ). DE: desviación estándar; IC: intervalos de confianza; M-CR: Monobond N y cemento resinoso Variolink Esthetic (control); M-A-RF: Monobond N, adhesivo Clearfil SE Bond y resina fluida ENA HRI Flow; M-RF: Monobond N y resina fluida ENA HRI Flow; P-RF: Prosil y resina fluida ENA HRI Flow; M-A-RP: Monobond N, adhesivo Clearfil SE Bond y resina precalentada ENA HRI Esmalte Plus; M-RP: Monobond N y resina precalentada ENA HRI Esmalte Plus; P-RP: Prosil y resina precalentada ENA HRI Esmalte Plus.

Por otro lado, los valores intermedios de resistencia de unión se observaron en los protocolos que emplearon el grupo control (*M-CR*), el imprimador *Prosil* combinado con resina fluida (*S-RF*), y *Monobond N* combinado con adhesivo y resina precalentada (*M-A-RP*). En contraste, el protocolo que utilizó *Prosil* junto con resina precalentada (*P-RP*) presentó los valores más bajos de resistencia de unión entre todos los evaluados ( $p < 0.05$ ).

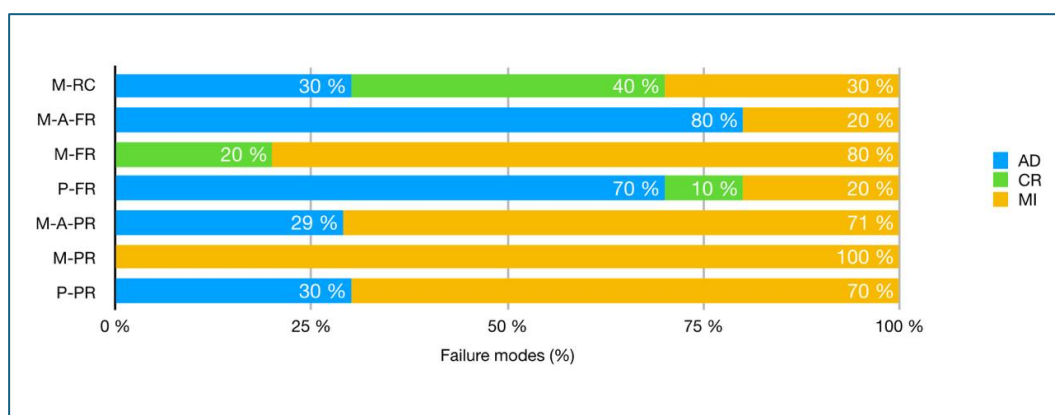
En general, los resultados sugieren que los protocolos que incluyen resina fluida (*RF*) tienden a proporcionar una mayor resistencia de unión en comparación con aquellos que emplean resina precalentada, salvo en el caso específico del protocolo *M-RP*, donde la combinación con *Monobond N* produjo un comportamiento similar al de los mejores protocolos.

La Figura 2 detalla la distribución de los tipos de fractura. La fractura mixta (*M*) fue la más común en la mayoría de los grupos experimentales, incluyendo aquellos que emplearon resina precalentada (*M-A-RP*, *M-RP* y *P-RP*), así como el grupo que utilizó *Monobond N* con resina fluida (*M-RF*). Por su parte, la fractura adhesiva (*AD*) predominó en los protocolos que incluyeron *Monobond N* con adhesivo y resina fluida (*M-A-RF*), y en el protocolo que utilizó *Prosil* con resina fluida (*P-RF*). En el grupo control (*M-CR*), los tipos

de fractura se distribuyeron entre adhesiva (*AD*), cohesiva en la resina vitrocerámica (*CR*) y mixta (*M*), siendo la fractura cohesiva en la resina vitrocerámica la más representativa.

### Figura 2.

*Distribución de la frecuencia de los tipos de fractura de acuerdo con protocolo de cementación aplicado. M-CR: Monobond N y cemento resinoso Variolink Esthetic (control); M-A-RF: Monobond N, adhesivo Clearfil SE Bond y resina fluida ENA HRI Flow; M-RF:*



## Discusión

Nuestros resultados evidenciaron que los protocolos que emplearon resina fluida como agente de cementación lograron una mayor resistencia de unión a la resina vitrocerámica mecanizada en comparación con los protocolos que utilizaron resina precalentada. Sin embargo, el protocolo que combinó el imprimador Monobond N con resina precalentada mostró un desempeño comparable a los mejores protocolos evaluados. En particular, el protocolo Monobond N con resina fluida fue el más efectivo, alcanzando una resistencia de unión similar a la de los protocolos que incluían Monobond N, adhesivo y resina fluida. Por el contrario, el protocolo que empleó Prosil con resina precalentada presentó el menor desempeño en resistencia de unión, permitiendo rechazar la hipótesis nula.

El uso de Monobond N, un imprimador basado en silano, ha demostrado en estudios previos mejorar significativamente la resistencia de unión en interfaces resina-cerámica en comparación con grupos controles sin imprimación (Robaian, 2024). Nuestros resultados coinciden con esta evidencia, mostrando que la combinación de Monobond N con resina fluida logra una unión sólida, comparable a la obtenida con sistemas adhesivos avanzados (Robaian, 2024). Aunque las resinas convencionales precalentadas favorecen la adaptación y el sellado marginal en restauraciones indirectas, su resistencia de unión es inferior a la de los cementos a base de resinas fluidas (Raposo et al., 2023; Urcuyo et al., 2020). Sin embargo, el uso de Monobond N combinado con resina precalentada también demostró mejorar la resistencia de unión, resaltando la versatilidad y eficacia de este imprimador.

Estudios previos han reportado que Monobond N ofrece una resistencia de unión comparable a la lograda mediante grabado con ácido fluorhídrico seguido de silano (Awad et al., 2022; Lima et al., 2024). Nuestros hallazgos confirman que Monobond N no solo simplifica el procedimiento clínico, sino que también constituye una alternativa eficaz para el

tratamiento de superficies vitrocerámicas. En este contexto, la combinación de Monobond N con sistemas adhesivos y resina fluida mostró resultados favorables. Sin embargo, la literatura sugiere que la aplicación de una imprimación de silano antes de un sistema adhesivo no necesariamente mejora la resistencia de unión (Sarahneh y Günal-Abduljalil 2021). Esto podría explicar por qué la inclusión del sistema adhesivo no aportó una ventaja significativa en nuestros resultados. Además, el tipo de silano empleado influye notablemente en el desempeño adhesivo (Mendes et al., 2023), como lo demuestran los resultados menos favorables obtenidos con Prosil.

Monobond N y Prosil son imprimadores a base de silano diseñados para mejorar la adhesión entre materiales resinosos y cerámicos, pero difieren en su composición y eficacia. Monobond N incluye componentes como ácido metacrílico, que potencian su capacidad de adhesión (Taira et al., 2012), mientras que Prosil se basa exclusivamente en silano tradicional (Grard et al., 2020). Aunque Prosil ha mostrado eficacia en ciertas aplicaciones, su desempeño es inferior al de Monobond N en superficies cerámicas complejas (Sakai et al., 2011). Esto se evidenció en nuestros resultados, donde los protocolos con Prosil mostraron las menores resistencias de unión, especialmente al combinarse con resina precalentada.

El uso de cementos a base de resina fluida garantiza una unión fuerte y duradera entre la restauración y la estructura dental (Maletin et al., 2023). En este estudio, los protocolos con resina fluida, incluido el cemento resinoso Variolink Esthetic LC utilizado como control, presentaron una resistencia de unión superior a los protocolos con resina precalentada. Por otro lado, aunque las resinas precalentadas mejoran propiedades mecánicas y estéticas (Odalís et al., 2023; Marcondes et al., 2023; Elkady et al., 2024), presentan desventajas como mayor porosidad y alteraciones en la cinética de polimerización (Dunavári et al., 2022). Estas características pueden explicar la menor resistencia de unión observada con resinas

precalentadas, salvo cuando se combinaron con Monobond N, lo que sugiere una interacción favorable entre ambos materiales.

Comparando el grupo control (Monobond N con Variolink Esthetic LC) con el grupo experimental que alcanzó los mejores resultados (Monobond N con resina fluida), se observó que este último fue significativamente superior. Variolink Esthetic LC, un cemento resinoso fotopolimerizable conocido por sus propiedades estéticas y mecánicas (Babaier et al., 2022; Ilie, 2017; Yoshida et al., 2007; Turgut y Bagis, 2013), contiene rellenos de sílice que mejoran sus propiedades (Chen et al., 2021; Hategekimana y Kiraz, 2022). Sin embargo, nuestras resinas experimentales ENA HRI, especialmente la variante Flow, demostraron un desempeño superior, posiblemente debido a su composición de rellenos inorgánicos. ENA HRI Flow incluye dióxido de silicio, que mejora la resistencia mecánica, y vidrio de bario, que aporta radiopacidad y estética (Cao et al., 2021; Guo et al., 2024; de Figuereido et al., 2021). Estas diferencias podrían limitar las propiedades del Variolink Esthetic LC al interactuar con ciertos imprimadores de silano (Chen et al., 2021; Chen et al., 2023).

En cuanto a los tipos de fractura, los grupos con resina precalentada presentaron predominantemente fracturas mixtas, lo que refleja dificultades en la unión sólida entre materiales (Diniz et al., 2014). Sin embargo, el protocolo Monobond N con resina fluida, a pesar de sus resultados superiores, también mostró mayormente fracturas mixtas, lo que impide establecer conclusiones definitivas sobre la relación entre resistencia de unión y tipo de fractura.

Este estudio presenta limitaciones, como el uso de muestras in vitro que no reproducen completamente las condiciones orales y la exclusión de factores como envejecimiento acelerado o variabilidad clínica. Sin embargo, su fortaleza radica en la innovación metodológica al evaluar combinaciones de resinas, fluidas y precalentadas, con

diferentes imprimadores, destacando la eficacia de Monobond N. Para futuras investigaciones, se sugiere incluir ensayos de fatiga cíclica, simulaciones clínicas a largo plazo y explorar otros tipos de cerámicas y agentes de cementación. Los resultados obtenidos aportan información valiosa para optimizar protocolos de cementación, sentando las bases para mejorar la práctica clínica.

## **Conclusión**

Con las limitaciones de este estudio, podemos concluir que el protocolo de cementación que combina imprimador Monobond N con resina fluida mejora significativamente la resistencia de unión de la resina vitrocerámica procesada por CAD-CAM. Asimismo, la resina fluida demostró ser una alternativa superior a la resina precalentada, aunque esta última mostró resultados prometedores al emplearse junto con Monobond N. Por último, el uso de un imprimador de silano tradicional destaca como la estrategia menos efectiva, especialmente cuando se combina con resina precalentada.

## Referencias

- Abdou A, Takagaki T, Alghamdi A, Tichy A, Nikaido T, Tagami J. Bonding performance of dispersed filler resin composite CAD/CAM blocks with different surface treatment protocols. *Dent Mater J* [Internet]. 2021 Jan 31;40(1):209–19. Available from: <http://dx.doi.org/10.4012/dmj.2020-049>
- Akça K, Cavusoglu Y, Sagirkaya E, Aybar B, Cehreli MC. CAD/CAM glass ceramics for single-tooth implant crowns: a finite element analysis. *Implant Dent* [Internet]. 2013 Dec;22(6):623–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1097/01.id.0000433589.33926.79>
- Al-Haj Husain N, Dürr T, Özcan M, Brägger U, Joda T. Mechanical stability of dental CAD-CAM restoration materials made of monolithic zirconia, lithium disilicate, and lithium disilicate-strengthened aluminosilicate glass-ceramic with and without fatigue conditions. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2022 Jul;128(1):73–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.12.002>
- Almejrads L, Almansour A, Bartlett D, Austin R. CAD/CAM leucite-reinforced glass-ceramic for simulation of attrition in human enamel in vitro. *Dent Mater* [Internet]. 2024 Feb;40(2):173–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2023.11.004>
- Awad MM, Alhalabi F, Alotaibi N, Alzamil F, Binalrimal S, Alrahlah A, et al. A systematic review and meta-analysis of bond strength studies associated with self-etching primer and HF acid etching of dental glass-ceramics. *Int J Adhes Adhes* [Internet]. 2022 Oct;118(103216):103216. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0143749622001336>

Babaier R, Haider J, Silikas N, Watts DC. Effect of CAD/CAM aesthetic material thickness and translucency on the polymerisation of light- and dual-cured resin cements. *Dent Mater* [Internet]. 2022 Dec;38(12):2073–83. Available from:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2022.11.016>

Cao J, Yang DL, Pu Y, Wang D, Wang JX. CaF<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> core–shell nanoparticles as novel fillers with reinforced mechanical properties and sustained fluoride ion release for dental resin composites. *J Mater Sci* [Internet]. 2021 Oct;56(29):16648–60. Available from: <https://link.springer.com/10.1007/s10853-021-06371-6>

Chen H, Liu H, Wang R, Jiang X, Zhu M. Size-controllable synthesis of dendritic porous silica as reinforcing fillers for dental composites. *Dent Mater* [Internet]. 2021 Jun;37(6):961–71. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2021.02.015>

Chen H, Luo J, Yang J, Zeng C, Jiang X. Synthesis of Pore-Size-Tunable Porous Silica Particles and Their Effects on Dental Resin Composites. *Biomolecules* [Internet]. 2023 Aug 24;13(9). Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/biom13091290>

de Figueiredo EZ, de Souza Balbinot G, Castelo Branco Leitune V, Mezzomo Collares F. Niobium silicate as a filler for an experimental photopolymerizable luting agent. *J Prosthodont Res* [Internet]. 2021 Feb 24;65(1):25–30. Available from: [http://dx.doi.org/10.2186/jpr.JPOR\\_2019\\_420](http://dx.doi.org/10.2186/jpr.JPOR_2019_420)

Diniz AC, Nascimento RM, Souza JCM, Henriques BB, Carreiro AFP. Fracture and shear bond strength analyses of different dental veneering ceramics to zirconia. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl* [Internet]. 2014 May 1;38:79–84. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2014.01.032>

- Diniz AC, Nascimento RM, Souza JCM, Henriques BB, Carreiro AFP. Fracture and shear bond strength analyses of different dental veneering ceramics to zirconia. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl* [Internet]. 2014 May 1;38:79–84. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2014.01.032>
- Dunavári E, Berta G, Kiss T, Szalma J, Fráter M, Böddi K, et al. Effect of Pre-Heating on the Monomer Elution and Porosity of Conventional and Bulk-Fill Resin-Based Dental Composites. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2022 Dec 19;23(24). Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/ijms232416188>
- Elkady M, Abdelhakim S, Riad M. The clinical performance of dental resin composite repeatedly preheated: A randomized controlled clinical trial. *J Dent* [Internet]. 2024 May;144:104940. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2024.104940>
- Emsermann I, Eggmann F, Krastl G, Weiger R, Amato J. Influence of Pretreatment Methods on the Adhesion of Composite and Polymer Infiltrated Ceramic CAD-CAM Blocks. *J Adhes Dent* [Internet]. 2019;21(5):433–43. Available from: <http://dx.doi.org/10.3290/j.jad.a43179>
- Grard A, Belec L, Perrin FX. Effect of surface morphology on the adhesion of silicone elastomers on AA6061 aluminum alloy. *Int J Adhes Adhes* [Internet]. 2020 Oct;102(102656):102656. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0143749620301196>
- Guo S, Luo SH, Li X, Wang Z, Zhang X, Lei X, et al. Effect of silica nanospheres silanized by functional silanes on the physicochemical and mechanical properties of Bis-GMA/TEGDMA dental composite resin by photocuring synthesis. *Int J Adhes Adhes* [Internet]. 2024 Jun;132(103724):103724. Available from:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0143749624001064>

Hategekimana F, Kiraz N. Preparation and characterization of silica based nanoclusters as reinforcement for dental applications. *Polym Compos* [Internet]. 2022 Oct;43(10):7564–74. Available from: <https://4spepublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pc.26857>

Ilie N. Transmitted irradiance through ceramics: effect on the mechanical properties of a luting resin cement. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2017 May;21(4):1183–90. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00784-016-1891-3>

Laborie M, Naveau A, Menard A. CAD-CAM resin-ceramic material wear: A systematic review. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2024 May;131(5):812–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.01.027>

Lima RBW, Muniz I de AF, Campos DES, Murillo-Gómez F, Andrade AKM de, Duarte RM, et al. Effect of universal adhesives and self-etch ceramic primers on bond strength to glass-ceramics: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2024 Mar;131(3):392–402. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.01.011>

Ling L, Lai T, Malyala R. Fracture toughness and brittleness of novel CAD/CAM resin composite block. *Dent Mater* [Internet]. 2022 Dec;38(12):e308–17. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2022.11.012>

Ling L, Ma Y, Malyala R. A novel CAD/CAM resin composite block with high mechanical properties. *Dent Mater* [Internet]. 2021 Jul;37(7):1150–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2021.03.006>

- Machry RV, Pilecco RO, Valcanaia A, Pereira GKR, Bottino MC, Valandro LF. Adhesion to a new CAD/CAM resin composite: Effects of the machining roughness simulation, surface treatments, and long-term aging. *Int J Adhes Adhes* [Internet]. 2022 Oct;118(103194):103194. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0143749622001117>
- Maletin A, Knežević MJ, Koprivica DĐ, Veljović T, Puškar T, Milekić B, et al. Dental Resin-Based Luting Materials-Review. *Polymers (Basel)* [Internet]. 2023 Oct 19;15(20). Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/polym15204156>
- Marcondes RL, Moraes RR, Pereira J, de Carvalho MA. Preheated restorative composite resin for luting ceramic laminate veneers: An optimized technique report. *J Clin Exp Dent* [Internet]. 2023 Feb;15(2):e165–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.4317/jced.60068>
- Mendes LT, Pedrotti D, Leitune VCB, Lenzi TL. Use of nonhydrolyzed silane prior to the silane-containing universal adhesive application improves the repair bond strength of resin composite. *Int J Adhes Adhes* [Internet]. 2023 Apr;123(103339):103339. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0143749623000180>
- Odalís LGE, Andrea SPP, Esteban TOP. Preheated resin as a cementing agent in fixed prosthesis: Literature review. *World J Adv Res Rev* [Internet]. 2023 Apr 30;18(1):573–84. Available from: <https://wjarr.com/content/preheated-resin-cementing-agent-fixed-prosthesis-literature-review>
- Özcan M, Mese A. Adhesion of conventional and simplified resin-based luting cements to superficial and deep dentin. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2012 Aug;16(4):1081–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00784-011-0594-z>

Raposo CC, Nery LMS, Carvalho EM, Ferreira PVC, Ardenghi DM, Bauer J, et al. Effect of preheating on the physicochemical properties and bond strength of composite resins utilized as dental cements: An in vitro study. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2023 Jan;129(1):229.e1–229.e7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.11.007>

Reymus M, Roos M, Eichberger M, Edelhoff D, Hickel R, Stawarczyk B. Bonding to new CAD/CAM resin composites: influence of air abrasion and conditioning agents as pretreatment strategy. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2019 Feb;23(2):529–38. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00784-018-2461-7>

Robaian A. Effect of trialkoxysilane/aminosilane-containing universal adhesive on resin-ceramic microtensile bond strength and ceramic wettability: An in-vitro study. *Heliyon* [Internet]. 2024 Jul 30;10(14):e34112. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34112>

Ruse ND, Sadoun MJ. Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. *J Dent Res* [Internet]. 2014 Dec;93(12):1232–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1177/0022034514553976>

Sakai M, Taira Y, Sawase T. Silane primers rather than heat treatment contribute to adhesive bonding between tri-n-butylborane resin and a machinable leucite-reinforced ceramic. *Dent Mater J* [Internet]. 2011 Nov 25;30(6):854–60. Available from: <http://dx.doi.org/10.4012/dmj.2011-103>

Santi MR, Lins R, Sahadi BO, Soto-Montero JR, Martins L. Comparison of the Mechanical Properties and Push-out Bond Strength of Self-adhesive and Conventional Resin Cements on Fiber Post Cementation. *Oper Dent* [Internet]. 2022 May 1;47(3):346–56.

Available from: <http://dx.doi.org/10.2341/21-015-L>

- Sarahneh O, Günal-Abduljalil B. The effect of silane and universal adhesives on the micro-shear bond strength of current resin-matrix ceramics. *J Adv Prosthodont* [Internet]. 2021 Oct;13(5):292–303. Available from: <http://dx.doi.org/10.4047/jap.2021.13.5.292>
- Spitznagel FA, Boldt J, Gierthmuehlen PC. CAD/CAM Ceramic Restorative Materials for Natural Teeth. *J Dent Res* [Internet]. 2018 Sep;97(10):1082–91. Available from: <http://dx.doi.org/10.1177/0022034518779759>
- Taira Y, Sakai M, Sawase T. Effects of primer containing silane and thiophosphate monomers on bonding resin to a leucite-reinforced ceramic. *J Dent* [Internet]. 2012 May;40(5):353–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2011.12.003>
- Turgut S, Bagis B. Effect of resin cement and ceramic thickness on final color of laminate veneers: an in vitro study. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2013 Mar;109(3):179–86. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913\(13\)60039-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913(13)60039-6)
- Turuñ-Oğuzman R, Şişmanoğlu S. Influence of surface treatments and adhesive protocols on repair bond strength of glass-matrix and resin-matrix CAD/CAM ceramics. *J Esthet Restor Dent* [Internet]. 2023 Dec;35(8):1322–31. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/jerd.13131>
- Urcuyo Alvarado MS, Escobar García DM, Pozos Guillén A de J, Flores Arriaga JC, Romo Ramírez GF, Ortiz Magdaleno M. Evaluation of the Bond Strength and Marginal Seal of Indirect Restorations of Composites Bonded with Preheating Resin. *Eur J Dent* [Internet]. 2020 Oct;14(4):644–50. Available from: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0040-1716630>

Yoshida K, Tsuo Y, Meng X, Atsuta M. Mechanical properties of dual-cured resin luting agents for ceramic restoration. *J Prosthodont* [Internet]. 2007 Aug 2;16(5):370–6.

Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-849X.2007.00221.x>