

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Posgrados de Rehabilitación Oral

**Efecto del uso de estrategias alternativas sobre las propiedades
adhesivas de reparación de diferentes materiales CAD/CAM con
componentes resinosos.**

Proyecto de investigación y desarrollo

Tatiana Lisseth Chamba Quezada

Dr. Carlos Andrés Dávila Sánchez

Director de Trabajo de Titulación

Trabajo de titulación de posgrado presentado como requisito

para la obtención del título de Rehabilitación Oral

Quito, Noviembre 2022

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

COLEGIO DE POSGRADOS

HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

**Efecto del uso de estrategias alternativas sobre las propiedades
adhesivas de reparación de diferentes materiales CAD/CAM con
componentes resinosos**

Tatiana Lisseth Chamba Quezada

Firmas

Andrés Dávila Sánchez, Dr.

Director del Trabajo de Titulación

Nancy Mena, Dra.

Directora del Programa de Especialización
en Rehabilitación Oral

Paulina Aliaga, Dra.

Decana de la Escuela de Odontología

Hugo Burgos, PhD.

Decano del Colegio de Posgrados

Quito, Noviembre 2022

© DERECHOS DE AUTOR

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

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

| | |
|------------------------|--------------------------------|
| Nombre del estudiante: | Tatiana Lisseth Chamba Quezada |
| Código de estudiante: | 00214754 |
| C. I.: | 0704651843 |

Quito, Noviembre 2022

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

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

UNPUBLISHED DOCUMENT

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

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y darme las fuerzas necesarias para continuar en el proceso y no desvanecer en los momentos de debilidad y dificultad.

A mi madre, Mercy Quezada por su sacrificio, amor, apoyo moral durante todos estos años y ser la promotora para realizarme profesionalmente.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, por apoyarme incondicionalmente y darme las fuerzas necesarias para no desvanecer en el intento.

A mis docentes, por su dedicación, paciencia y los conocimientos brindados en este arduo camino para conseguir esta meta.

A mis tutores, Dr. Andrés Dávila y Dr. Camilo Pulido, por su colaboración, dirección y enseñanza permitiendo el desarrollo de este trabajo de titulación.

A mi familia y amigos, que me acompañaron durante este proceso y me dieron su apoyo diario.

A todas personas que me ayudaron e hicieron posible la culminación de este trabajo con éxito.

A la universidad San Francisco de Quito y todas sus autoridades por abrirme las puertas y proporcionarme los medios necesarios para el desarrollo del proceso investigativo en su establecimiento.

RESUMEN

Objetivo: El objetivo del presente estudio fue el de comparar tres estrategias adhesivas reparadoras empleando cuatro materiales CAD/CAM con componentes resinosos disponibles en el mercado a las 24 horas y después de 10.000 ciclos de termociclaje.

Materiales y métodos: Tres bloques de resina CAD/CAM (Cerasmart. CE, Brilliant. BR, Tetric CAD. TC) y 1 material PICN (Vita Enamic. VE) fueron cortados, embutidos en resina acrílica, sometidos a 5000 ciclos de termociclaje (5°C -55°C) para simular el envejecimiento previo de la superficie y aleatoriamente divididos de acuerdo con los siguientes tratamientos superficiales para reparación: Ácido Fluorhídrico + Silano (HF+S), Microarenado con partículas de (Al₂O₃) + Monobond Etch & Prime (A+MEP) o solo Monobond Etch & Prime (MEP). Una vez tratados, la mitad de los cilindros obtenidos en la superficie de los bloques fue analizada a las 24 horas a través de la prueba de microcizallamiento (μ SBS) con una máquina de ensayos universal. La otra mitad de los cilindros obtenidos fue analizada después de 10.000 ciclos de termociclaje equivalente a 1 año de envejecimiento a temperatura de (5°C -55°C). Dieciséis muestras fueron analizadas para determinar las de topografía superficial mediante la prueba SEM. Los datos obtenidos fueron analizados mediante ANOVA de 2 vías y prueba post test de Bonferroni ($\alpha=.05$).

Resultados: El grupo CE y TC no tuvo diferencias al análisis a las 24 horas comparado con HF+S y A+MEP, mientras que a los 10.000 ciclos el A+MEP tuvo mayores valores μ SB ($p<0.05$). El grupo BR a las 24h y a los 10.000 ciclos presentó mayores valores de μ SB, mientras que entre HS+S y MEP no presentaron diferencias significativas. El grupo VE a las 24h presentó mayores valores con estrategia A+MEP, mientras que el

MEP y HF+S no registraron diferencias y después de 10.000 ciclos el grupo MEP registró mayores valores de μ SB ($p < 0.05$), mientras que HF+S y A+MEP no se encontraron diferencias. En todos los grupos hubo un descenso en los valores de unión a excepción del grupo BR. Las micrografías SEM reflejaron una topografía suave posterior al termociclado, que se volvió más irregular, porosa, cráteres con una estrategia A+MEP.

Conclusión: El uso de microabrasión combinada con un agente de unión monocomponente puede ser una alternativa clínica simplificada para la reparación de materiales CAD-CAM con contenido de resina.

Palabras clave: Tratamientos de superficie; Resistencia a la unión al microcizallamiento; Fuerza de unión de Reparación, Bloques de resina CAD/CAM; Monobond and Etch Prime.

ABSTRACT

Objective: The objective of the present study was to compare three restorative adhesive strategies using four CAD/CAM materials with resinous components available on the market at 24 hours and after 10.000 thermocycling cycles.

Materials and methods: Three CAD/CAM resin blocks (Cerasmart. CE, Brilliant. BR, Tetric CAD. TC) and 1 PICN material (Vita Enamic. VE) were cut, embedded in acrylic resin, subjected to 5000 thermocycling cycles (5 °C -55°C) to simulate the previous aging of the surface and randomly divided according to the following surface treatments for repair: Hydrofluoric Acid + Silane (HF+S), Microblasting with (Al₂O₃) particles + Monobond Etch and Prime (A+MEP) or just Monobond Etch and Prime (MEP). Once treated, half of the cylinders obtained on the surface of the blocks were analyzed at 24h through the microshear test (μ SBS) with a universal testing machine. The other half of the cylinders obtained were analyzed after 10,000 thermocycling cycles equivalent to 1 year of aging at a temperature of (5°C -55°C). Sixteen samples were analyzed for surface topography by SEM testing. The data obtained were analyzed using 2-way ANOVA and Bonferroni post test ($\alpha=.05$).

Results: Group CE and TC had no differences in the analysis at 24 hours compared to HF+S and A+MEP, while at 10,000 cycles, A+MEP had higher μ SB values ($p<0.05$). Group BR at 24h and at 10,000 cycles presented higher values of μ SB, while between HS+S and MEP they did not present significant differences. Group VE at 24 hours presented higher values with A+MEP strategy, while MEP and HF+S did not register differences and after 10,000 cycles the MEP group registered higher values of μ SB

($p < 0.05$), while HF+ S and A+MEP no differences were found. In all groups there was a decrease in binding values except for group BR. SEM micrographs reflected a smooth topography after thermocycling, which became more irregular, porous, cratered with an A+MEP strategy.

Conclusion: The use of microabrasion combined with a monocomponent bonding agent can be a simplified clinical alternative for the repair of resin-containing CAD-CAM materials.

Keywords: Surface treatments; Microshear bond strength; Repair Bond Strength, CAD/CAM Resin Blocks; Monobond Etch and Prime.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| RESUMEN..... | 7 |
| ABSTRACT..... | 9 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 15 |
| Justificación..... | 20 |
| Objetivos..... | 21 |
| 1.2.1 Objetivo General..... | 21 |
| 1.2.2 Objetivos específicos..... | 21 |
| Hipótesis | 21 |
| 1.3.1 Hipótesis nula | 21 |
| 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA..... | 22 |
| 2.1 Historia del CAD/CAM..... | 22 |
| 2.2 Ventajas del CAD/CAM..... | 23 |
| 2.3 Clasificación de los materiales restauradores | 24 |
| 2.3.1 Materiales con base cerámica | 24 |
| 2.3.1.1 Cerámica con matriz vítrea | 24 |
| 2.3.1.1.1 Cerámica feldespática | 24 |
| 2.3.1.1.2 Cerámicas Sintéticas | 24 |
| 2.3.1.1.3 Cerámicas de óxido para ser infiltradas con vidrio..... | 24 |
| 2.3.1.2 Cerámica policristalina sin contenido de fase vítrea:..... | 25 |
| 2.3.1.2.1 Alúmina..... | 25 |
| 2.3.1.2.2 Zirconia estabilizada | 25 |
| 2.3.1.2.3 Alúmina reforzada con zirconia y zirconia reforzada con alúmina | 26 |
| 2.3.2 Materiales con base polimérica | 26 |
| 2.3.3 Materiales PICN | 26 |
| 2.4 Tratamientos de superficies | 27 |
| 2.4.1 Ácido fluorhídrico | 28 |
| 2.4.2 Silano | 29 |
| 2.4.3 MEP | 30 |
| 2.4.4 Abrasión con partículas de óxido de aluminio | 32 |
| 3. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN..... | 34 |
| 3.1. Tipo de estudio | 34 |
| 3.2. Muestra | 34 |
| 3.2.1. Criterios de inclusión y exclusión | 34 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.3 | Materiales y métodos..... | 34 |
| 3.3.1 | Diseño experimental del estudio..... | 34 |
| 3.3.2 | Elaboración de las muestras | 35 |
| 3.3.3 | Tratamientos de superficie..... | 36 |
| 3.3.2.1 | Fabricante: Ácido fluorhídrico + Silano Monobond N (HF+S)..... | 36 |
| 3.3.2.2 | Arenado + Monobond Etch and Prime (A+MEP)..... | 37 |
| 3.3.2.3 | Monobond etch and prime (MEP)..... | 39 |
| 3.3.4 | Prueba de microcizallamiento | 39 |
| 3.3.5 | Análisis de microscopía electrónica de barrido (SEM)..... | 41 |
| 3.3.6 | Análisis estadístico | 41 |
| 3.3.7 | Composición e indicaciones de los materiales del estudio..... | 42 |
| 3.3.8 | Muestras de las superficies tratadas..... | 43 |
| 4. | ANÁLISIS DE DATOS | 45 |
| 4.1 | Análisis de los resultados | 45 |
| 4.1.1 | Fuerza de unión al microcizallamiento..... | 45 |
| 4.1.2 | Análisis SEM..... | 48 |
| 5. | DISCUSIÓN..... | 51 |
| 6. | CONCLUSIONES | 59 |
| 7. | RECOMENDACIONES..... | 60 |
| 8. | REFERENCIAS | 61 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Composición de materiales usados en el estudio | 43 |
| Tabla 2. Promedio y desviación estándar (\pm DE) de la Resistencia de unión al microcizallamiento para el grupo Cerasmart..... | 46 |
| Tabla 3 Promedio y desviación estándar (\pm DE) de la Resistencia de unión al microcizallamiento μ SBS para el grupo Tetric | 46 |
| Tabla 4 Promedio y desviación estándar (\pm DE) de la Resistencia de unión al microcizallamiento μ SBS para el grupo Brilliant | 47 |
| Tabla 5 Promedio y desviación estándar (\pm DE) de la Resistencia de unión al microcizallamiento μ SBS para el grupo Vita Enamic..... | 47 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Diseño experimental del estudio | 35 |
| Figura 2 Grupo Brilliant con tratamiento de superficie (HS+S) | 37 |
| Figura 3 Grupo Vita Enamic con tratamiento de superficie (A+MEP)..... | 38 |
| Figura 4 Grupo Vita con tratamiento de superficie MEP | 39 |
| Figura 5 Máquina y prueba de microcizallamiento | 41 |
| Figura 6 Grupo Vita Enamic con tratamiento de superficie MEP..... | 43 |
| Figura 7 Grupo Vita Enamic con tratamiento de superficie (A+MEP)..... | 44 |
| Figura 8 Micrografías representativas SEM de los grupos Cerasmart y Tetric..... | 49 |
| Figura 9 Micrografías representativas SEM de los grupos Brilliant y Vita Enamic | 50 |

1. INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos en la odontología tales como; el diseño y la fabricación asistida por computadora, han modificado el proceso de elaboración de las restauraciones indirectas realizándolas con flujos de trabajo simplificados y predecibles (Beuer et al., 2008). Esta ha sido una de las razones por las cuales los nuevos sistemas digitales han ganado gran popularidad a nivel mundial y podrían ser considerados como el futuro de la odontología restauradora (Gul & Altinok-Uygun, 2020; Rosentritt et al., 2020). Entre las ventajas que permite la tecnología digital podemos destacar la amplia gama de materiales con los que se puede trabajar simultáneamente; entre los cuáles se abarcan prácticamente todos los sistemas actuales como son las cerámicas, materiales híbridos y plásticos (Lambert et al., 2017; Rosentritt et al., 2020; Sulaiman, 2020).

En el pasado, las restauraciones indirectas eran elaboradas utilizando básicamente dos tipos de materiales: resinas laboratoriales y cerámicas (Sulaiman, 2020). Entre las desventajas de estos materiales podemos citar; en el caso de las resinas laboratoriales, la dificultad desde el punto de vista operativo para su confección, considerando que para obtener resultados funcional y estéticamente óptimos dichos materiales dependían en gran medida de la habilidad del técnico laboratorial (Leprince et al., 2013). Así mismo, estos materiales pueden influir en la eficiencia de polimerización debido a diversos factores como la unidad de fotopolimerización, los parámetros de curado, la composición y propiedades del material requiriendo en algunos casos de aparatos complejos y costosos para promover una adecuada polimerización y alcanzar sus máximas propiedades mecánicas (Leprince et al., 2013). Por su parte, las cerámicas en muchos casos generaban un desgaste significativo de las estructuras antagonistas dadas sus características superficiales y la pérdida del glaseado en el tiempo, principalmente cuando los antagonistas eran dientes naturales (Gou et al., 2019;

Kurtulmus-Yilmaz et al., 2019). Además, los factores relacionados con el material protésico incluyen la dureza y la rugosidad; requiriendo de un tratamiento de superficie para disminuir el desgaste dental, siendo importante el empleo de una correcta técnica de pulido (Al-Haj Husain et al., 2016; Mohammadi-Bassir et al., 2017; Zucuni et al., 2017). Finalmente, la alta rigidez y módulo de elasticidad de dichos materiales podría comprometer la longevidad de la estructura dental remanente, considerando que, en algunas situaciones clínicas dichos materiales pueden transferir el stress resultante de la masticación a la estructura dental, debilitándola aún más (Gul & Altinok-Uygun, 2020).

Con la introducción de la tecnología CAD/CAM, nuevos materiales resinosos, con propiedades mecánicas mejoradas han sido lanzados al mercado (Jovanovic et al., 2021). Dichas propiedades mecánicas mejoradas se deben en parte a su proceso de fabricación, el cual incluye técnicas de manufactura en altas temperaturas y presión, presentando un mayor grado de conversión polimérica, menor cantidad de vacíos y una mejor adaptación marginal que sus antecesores (Papadopoulos et al., 2020). Además, los bloques de resina CAD/CAM actuales poseen en una matriz polimérica mejorada y cargas dispersas que pueden ser orgánicas o inorgánicas (de cerámica, vitrocerámicas o vidrios), en porcentajes más elevados que la de las resinas laboratoriales antiguas, lo cual permite que puedan utilizarse en situaciones aún más desafiantes (Straface et al., 2019). Estas ventajas, sumadas a la disminución de pasos durante su confección, les confieren a los bloques de resina CAD/CAM características únicas (Miranda et al., 2020).

Sin embargo, a pesar de los avances en los materiales CAD / CAM, las fracturas son en muchos casos inevitables y pueden ocasionarse por diversos factores como la falla de unión en la interfaz (Rosentritt et al., 2017), un ajuste oclusal inadecuado (Ustun et al., 2018), hábitos parafuncionales (Gul & Altinok-Uygun, 2020), espesor

inadecuado de la restauración; considerando que, el espesor recomendando de reducción oclusal debe ser de entre 1,3 mm a 2 mm para restauraciones de composite o cerámicas (Thompson & Rekow, 2004); (Magne & Knezevic, 2009; Ohlmann et al., 2008). En ese sentido, reemplazar por completo una restauración resulta en el sacrificio, en muchos casos innecesario, de la estructura dental sana; dando como resultado un aumento en el tamaño de la preparación, lo que fragiliza aún más a la estructura dental remanente y empeora su pronóstico de supervivencia en el tiempo (Mendes et al., 2020). Es por este motivo, que la reparación en boca, empleando una resina compuesta de uso directo, es considerada como una alternativa adecuada para preservar la estructura dental, reducir el costo del tratamiento y ofrecer una resolución rápida del problema (Gul & Altinok-Uygun, 2020).

Actualmente, los estudios han propuesto que la combinación del arenado y silanización es un paso crucial para lograr una reparación estable de los materiales compuestos polimerizados en laboratorio (El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018; Mendes et al., 2020). El procedimiento de arenado se realiza con la finalidad de exponer las superficies del material e incrementar la retención micromecánica, (Yoshihara et al., 2017) mientras que, la silanización se usa para unir moléculas diferentes de diferente naturaleza; en este caso, las del material fracturado con la resina que se utilizará para reparar la restauración (Lima et al., 2022). Otras técnicas describen el uso de sistemas adhesivos con MDP en conjunción con técnicas de generación de retenciones micromecánicas como las descritas anteriormente (Lima et al., 2022; Tribst et al., 2018). Así, la combinación de estas estrategias permite lograr un trabamiento micromecánico y una interacción iónica entre las partículas del sustrato y los grupos ácidos de los monómeros funcionales del sistema adhesivo que se encuentran en

adhesivos universales, muchos de los cuales poseen inclusive silano en su composición (Van Meerbeek et al., 2020; Yoshihara et al., 2017).

A pesar de que las técnicas utilizadas en la actualidad presentan resultados prometedores, el uso de arenadores en el consultorio no siempre es una realidad entre los clínicos (Roeters, 2000). Muchos de estos aparatos son costosos y requieren un manejo intrabucal cuidadoso, debido al spray que generan (Roeters, 2000). Con la intención de simplificar los pasos clínicos, un nuevo producto monocomponente ha sido recientemente lanzado en el mercado, el mismo que promueve las funciones de retención y adhesión en un solo frasco Monobond Etch & Prime (MEP) (El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018). Este primer está compuesto de silano (1% a <2,5% de metacrilato de trimetoxisililpropilo), un agente de grabado cerámico (<10% de trifluoruro de dihidrógeno de tetrabutil amonio) y un agente de imprimación (3% a 10%) de ácido fosfórico metacrilato, todo en un solo frasco, facilitando así el grabado y la silanización de materiales cerámicos en 1 solo paso (Prado et al., 2018).

Varios estudios en cerámica han mostrado que los valores de fuerza de unión obtenidos mediante esta técnica son similares a aquellos realizados de forma convencional (Barutcigil et al., 2019; El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018; Murillo-Gomez & De Goes, 2019), lo que genera grandes expectativas sobre nuevas posibilidades de uso y aplicaciones clínicas (Barutcigil et al., 2019). Un producto que promueva buenos resultados de adhesión en protocolos de uso intraoral evitando pasos más complejos durante dichos procedimientos clínicos podría ser una alternativa clínica viable a las técnicas de reparación actuales, considerando además que MEP posee baja toxicidad, lo que podría ser una ventaja al usarlo en procesos de reparación de materiales indirectos en la cavidad bucal (Alshihri, 2019; El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018).

A pesar de que este producto ha sido indicado para su uso en materiales cerámicos, los materiales de red cerámica infiltrada con polímero PICN utilizados en la actualidad (como en el caso de Vita Enamic), poseen en su composición grandes cantidades de materiales cerámicos, lo que podría producir adhesión entre dichos materiales y primers como MEP (de Souza et al., 2014). Debido a la falta de consensos acerca del tratamiento de superficie ideal para realizar protocolos reparativos en resinas CAD/CAM. El objetivo de este estudio fue comparar 3 estrategias adhesivas empleando 4 materiales CAD /CAM disponibles en el mercado a las 24 horas y después de 10.000 ciclos de termociclaje. Las hipótesis nulas de este estudio fueron 1) No hay diferencias entre los protocolos reparativos alternativos y los indicados por el fabricante en los materiales CAD / CAM estudiados 2) el procedimiento de envejecimiento no afecta la fuerza de unión de reparación de los materiales CAD/CAM.

Justificación

A pesar de los avances en los materiales CAD / CAM, las fracturas son inevitables y pueden provocarse por diferentes factores, entre ellos la falla de unión en la interfaz, ajuste oclusal inadecuado, hábitos parafuncionales y porosidades internas originadas durante el proceso de maquinación (Rosentritt et al., 2017). De igual forma, reemplazar por completo la restauración sacrifica la estructura dental sana, dando como resultado un incremento en el tamaño de la preparación y restauración (Gordan et al., 2002), produciendo una mayor pérdida de tejido dental y promoviendo un peor pronóstico para el diente restaurado. Es por este motivo que, la investigación surge ante la necesidad de evaluar diversos y más efectivos protocolos adhesivos simplificados para la reparación directa de resinas CAD/CAM empleando de forma directa una resina compuesta que serviría como una adecuada opción para preservar la estructura dental, disminuir el costo del tratamiento y proporcionar una resolución rápida al mismo tiempo (Kimmich & Stappert, 2013). En la actualidad, existen diversas técnicas de reparación con varios protocolos de acondicionamiento disponibles en el mercado (de Souza et al., 2014; El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018; Nobuaki et al., 2015; Roeters, 2000; Soares et al., 2004). Sin embargo, existen dudas en cual tratamiento de superficie es el ideal para tratar este tipo de materiales CAD-CAM. Por lo que, el estudio pretende investigar la mejor estrategia de reparación para proporcionar al profesional una alternativa de reparación a nivel clínico.

Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Comparar 3 estrategias adhesivas empleando 4 materiales CAD /CAM disponibles en el mercado a las 24 horas y después de 10000 ciclos de termociclaje

1.2.2 Objetivos específicos

1. Medir la fuerza de unión de reparación de las resinas compuestas CAD/CAM empleando 3 estrategias por medio del test SBS a las 24 horas y después del termociclado.
2. Observar las características de las superficies después del tratamiento superficial de cuatro materiales CAD-CAM a través del microscopio electrónico de barrido con el fin de determinar las características de los diferentes patrones de grabado.

Hipótesis

1.3.1 Hipótesis nulas

1. No hay diferencias entre los diferentes protocolos adhesivos reparadores a materiales CAD / CAM
2. El procedimiento de envejecimiento no afecta la fuerza de unión de los materiales CAD/CAM

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Historia del CAD/CAM

En la década de 1980, aparecieron las primeras versiones de sistemas CAD/CAM (Mormann, 2006) como fruto de la contribución de tres centros de investigación correspondientes a las Universidades de Minnesota, De Zurich y Brains y Hennson International, con la finalidad de proveer al paciente restauraciones procesadas rápidamente y sin la necesidad de impresiones (Rekow, 1987). De la misma manera, se trató de realizar restauraciones posteriores que fueran duraderas y de apariencia natural (Mormann, 2006). El primer composite CAD/CAM que apareció en el mercado fue el Paradigm Mz100, que es un bloque fotopolimerizado que contiene 85% de rellenos de circonia – sílice en un BISGMA y TEGDMA, siendo idéntico al material directo Z100 de la misma casa comercial (Nguyen et al., 2013). Posteriormente, 3M sacó la resina Lava Ultimate completamente térmica con un 79% de nano relleno de zirconia-sílice, destacándose por la composición de su matriz con Dimetacrilato de Uretano (UDMA). Este compuesto presenta dobles enlaces de concentración que Bis-GMA; consiguiendo mayores grados de reticulación, conversión y manifestando un incremento de la reactividad de polimerización con la fotopolimerización (Sideridou et al., 2002). A inicios del 2013, la casa comercial Vita introdujo Enamic un material de composite de resina que se obtiene a través de la infiltración de una red cerámica presinterizada por una mezcla de monómeros, consiguiendo un mayor relleno (-70%) y a su vez mejores propiedades mecánicas que Lava Ultimate (Coldea et al., 2013). No obstante, se quería seguir mejorando las propiedades de los composites de resina CAD/CAM, por lo que se llevaron a cabo reacciones de polimerización a alta presión (300mpa) y alta temperatura (180-200°) en

composites comerciales de restauración directa (Nguyen et al., 2012, 2013). Como resultado una mejoría tanto en módulo de Weibull, dureza, densidad y resistencia a la flexión comparado con sus homólogos fotopolimerizados, dando valores de más de 200 MPa incluso mejor que algunos materiales vitrocerámicos (Nguyen et al., 2012, 2013).

2.2 Ventajas del CAD/CAM

Las diferentes propiedades que exhiben las restauraciones CAD/CAM van a depender del tipo de material que se emplee para su fabricación. Estos materiales ofrecen una variedad de beneficios que hacen de esta tecnología atractiva, versátil tanto para el profesional como para el paciente. Entre estas ventajas podemos destacar: satisfacción del paciente, menor tiempo de tratamiento protésico y reemplazo de impresiones tradicionales por impresiones digitales mediante escáneres intraorales de fácil utilización (Joda et al., 2017; Zaruba & Mehl, 2017). Asimismo, permite combinar en una sola restauración alta durabilidad, funcionalidad y estética (Giordano, 2006; Yuzbasioglu et al., 2014). Otro punto importante a considerar es la precisión de las restauraciones cad/cam; por lo que se han corroborado que las prótesis dentales fijas, coronas unitarias, y prótesis dentales fijas sobreimplantes, se caracterizan por poseer una suficiente adaptación marginal (Abdullah et al., 2018; Papadiochou & Pissiotis, 2018). Lo que permite que sea menos probable el desarrollo de caries debido a la acumulación de placa bacteriana (Papadiochou & Pissiotis, 2018). Sustituir la toma de impresiones convencionales por la técnica digital además de disminuir el tiempo de trabajo, de crear sentimientos positivos en el paciente, también provee un adecuado grado de precisión (4 a 80 μm en escaneos digitales con limitada área.) (Skorulska et al., 2021). La tecnología digital da la oportunidad de emplear nuevos materiales para la fabricación manteniendo calidad durante todo el proceso protésico (Miyazaki et al., 2009). Todas estas ventajas de la tecnología CAD/CAM se evidencian en la satisfacción

de los pacientes y el éxito de la restauración a largo plazo tanto en cerámica (Otto & Schneider, 2008; Skorulska et al., 2021) como restauraciones compuestas (Zimmermann et al., 2018).

2.3 Clasificación de los materiales restauradores

Los materiales con tecnología CAD/CAM disponibles en el mercado se encuentran clasificados en 3 grupos.

2.3.1 Materiales con base cerámica

De acuerdo a su composición química se clasifican en:

2.3.1.1 Cerámica con matriz vítrea

2.3.1.1.1 Cerámica feldespática

Se basa en un sistema de material ternario compuesto por clay/kaolin (aluminosilicato hidratado), cuarzo (sílice) y feldespato natural (una mezcla de aluminosilicatos de potasio y sodio) (Gracis et al., 2015). Los materiales feldespáticos poseen excelentes propiedades estéticas y han sido recomendados para su uso en la fabricación de carillas (Giordano, 2006), incrustaciones inlays/onlay y coronas unitarias anteriores y posteriores (Zimmer et al., 2008). No obstante, el feldespato no es considerado suficientemente fuerte para el sector posterior (Li et al., 2014).

2.3.1.1.2 Cerámicas Sintéticas

Se produjeron con la finalidad de no ser dependientes de los recursos naturales. Su composición varía pero generalmente incluye óxido de aluminio, sodio, potasio, dióxido de silicio (Gracis et al., 2015). Son materiales a base de leucita, disilicato de litio y silicato de litio (Gracis et al., 2015).

2.3.1.1.3 Cerámicas de óxido para ser infiltradas con vidrio

En este grupo tenemos alúmina (In-Ceram Alumina, vita) que fue introducida en 1989 mediante la técnica de fundición deslizante; también tenemos alúmina y

magnesio (por ejemplo, In Ceram Spinell, vita) que fue introducido en 1994 mediante la técnica de vidrio infiltrado en un aluminato de magnesio poroso producido sintéticamente; y por último Alúmina y Zirconia (In Ceram Zirconia), es una modificación de la alúmina donde se agrega óxido de zirconio parcialmente estabilizado a la composición de óxido de aluminio para fortalecer la cerámica (Gracis et al., 2015).

2.3.1.2 Cerámica policristalina sin contenido de fase vítrea:

Este tipo de cerámica se caracteriza por una estructura cristalina de grano fino que provee tenacidad y resistencia a la fractura y con una limitada translucidez (Sriamporn et al., 2014). El no tener una fase de vidrio hace que sea difícil grabar la cerámica con ácido fluorhídrico, requiriendo de prolongados tiempos de grabado o temperaturas más altas (Sriamporn et al., 2014).

2.3.1.2.1 Alúmina

Por ejemplo, procera Allceram, Nobel Biocare; In-Ceram, este material fue introducido en 1990 por nobel biocare para la fabricación de restauraciones CAD/CAM y consiste en óxido de aluminio con una alta pureza (a 99,5%), dureza (17 a 20 gpa) y una resistencia relativamente alta, teniendo un módulo elástico ($e=300$ GPa) (Guess et al., 2011), más alta de todas las cerámicas, lo que ha llevado a que sea vulnerable a las fracturas (Kim et al., 2007; Scherrer et al., 2008).

2.3.1.2.2 Zirconia estabilizada

En su estado pura presenta tres formas alotrópicas: monoclinica, es estable hasta una temperatura de 1.170 °C, posteriormente se transforma en tetragonal, y después en cúbica una vez que sobrepasa los 2.370 °C de temperatura (Gracis et al., 2015). La transformación tetragonal a monoclinica se acompaña de un incremento de volumen y una deformación por cizallamiento (Gracis et al., 2015). Esta transformación requiere que las fases tetragonales o cúbicas se estabilicen a temperatura ambiente a través de la

aleación de óxido de circonio puro con óxidos como el calcio, magnesio, itrio, y cerio (Gracis et al., 2015). Se clasifica acorde a su microestructura como zirconia completamente estabilizada (FSZ), zirconia parcialmente estabilizada (PSZ) y policristales de zirconia tetragonales (TZP) (Gracis et al., 2015).

2.3.1.2.3 Alúmina reforzada con zirconia y zirconia reforzada con alúmina

En 1976, Claussen describió por primera vez que la adición de zirconia no estabilizada a la alúmina aumentaba la tenacidad a la fractura de la alúmina debido a la interacción entre el frente de la grieta y la segunda fase combinada con interacciones entre el frente de la grieta y las microfisuras preexistentes formadas durante la transformación tetragonal a monoclinica de la zirconia (Gracis et al., 2015).

2.3.2 Materiales con base polimérica

Presentan diversidad en su composición inorgánica y microestructura, lo que influye notablemente en su comportamiento biomecánico (Lim et al., 2016). Estos materiales debido a su proceso de polimerización industrial en alta presión y alta temperatura se vuelven mucho más homogéneos con fases mutuamente continuas e interpenetradas, que los distinguen de los materiales restauradores de composite convencionales fotopolimerizables (Lim et al., 2016)

2.3.3 Materiales PICN

Como (VITA Enamic) que contiene polímeros reticulados de dimetacrilato de uretano y dimetacrilato de trietilenglicol y una fina red de estructura de cerámica feldespática porosa abierta (86 % en peso, 75 % en volumen) (Coldea et al., 2013);. Ambas redes se interpenetran para combinar las características positivas de la cerámica y los composites (Ramos Nde et al., 2016). El PICN es amorfo sin evidencia de cristalización, tiene un módulo de elasticidad de elasticidad de (~30 GPa) siendo 3 veces mayor que el de Lava Ultimate (Ramos Nde et al., 2016).

2.4 Tratamientos de superficies

Varias técnicas están destinadas a mejorar la resistencia de unión de reparación de los compuestos de resina indirectos, incluido el enclavamiento mecánico y la unión química de los materiales compuestos de resina (Dall'oca et al., 2008). Sin embargo, el éxito de la adhesión depende del tratamiento superficial de un compuesto de resina envejecido (Rodrigues et al., 2009). La unión entre el compuesto de resina envejecido y el nuevo podría lograrse mediante tres mecanismos que son una unión química con la matriz orgánica, una unión química con las partículas de relleno expuestas y la retención micromecánica de la superficie tratada (Brosh et al., 1997). Un enlace químico con la matriz orgánica se basa en los dobles enlaces C=C no convertidos que quedan en la superficie del compuesto envejecido (Rodrigues et al., 2009). La mayor tasa de conversión de un compuesto de resina indirecta puede comprometer su procedimiento de reparación (Dall'oca et al., 2008). Para una unión química con las partículas de relleno expuestas, el silano es eficaz para mejorar la adhesión a los materiales a base de sílice. Teniendo la estructura Y-Si (OR) (Dietschi et al., 1995), donde Y es un grupo funcional (generalmente metilmetacrilato), el silano reaccionará químicamente con la resina adhesiva (dimetacrilato). Por otra parte el OR es un grupo alcoxilo, que se hidroliza a un silanol (SiOH) y forma enlaces de siloxano con silanoles en la superficie de las partículas de relleno (Lung & Matinlinna, 2012). Por lo tanto, es posible crear un enlace químico con las partículas de relleno del compuesto envejecido utilizando un agente de acoplamiento de silano y el silano también mejora la humectabilidad de las superficies del sustrato (Lung & Matinlinna, 2012). Para la retención micromecánica en la superficie tratada, el acondicionamiento de la superficie, como el uso de fresas de diamante, limpieza con chorro de arenado y grabado con ácido, puede crear una retención micromecánica y aumentar la fuerza de unión del compuesto reparado (Cesar

et al., 2001). Pocos estudios han demostrado que el esmerilado superficial del compuesto de resina indirecto con fresa de diamante produciría una menor fuerza de unión que los demás (Cesar et al., 2001).

2.4.1 Ácido fluorhídrico

El uso de grabado fluorhídrico fue efectivo para aumentar las fuerzas de unión de reparación para las resinas compuestas Lava Ultimate y Clearfil Estenia, pero este efecto ya no estaba presente después del ciclo térmico (Ozcan et al., 1998). La ventaja del uso de ácido fluorhídrico es que acondiciona o limpia las cerámicas o restauraciones de composite envejecidas (Ozcan et al., 1998). El ácido disuelve las partículas de vidrio de la cerámica o las resinas compuestas, lo que aumenta la rugosidad de la superficie (Loomans et al., 2011). Los cambios en la superficie fueron más evidentes en el compuesto con relleno híbrido que en el compuesto con relleno nanométrico, lo que podría explicarse por la diferencia en la composición de las partículas de relleno (Loomans et al., 2011). Otros estudios no recomiendan el uso de grabado fluorhídrico ya que el ácido podría eliminar por completo los rellenos inorgánicos del composite y, por lo tanto, reducir las fuerzas de unión de reparación (Ozcan et al., 2005; Ozcan et al., 2013). La aplicación de ácido fluorhídrico sobre la dentina también es perjudicial para la adhesión (Loomans et al., 2010). El motivo principal es la formación de depósitos minerales que dificultan el efecto del ácido fosfórico y la resina adhesiva aplicada posteriormente (Loomans et al., 2010). Además, en los grupos tratados con ácido fluorhídrico, la formación de espacios extensos y signos de daño del colágeno que también pueden dificultar una adhesión adecuada a la dentina a largo plazo (Loomans et al., 2010; Pioch et al., 2003). Además, desde el punto de vista biológico, el ácido fluorhídrico no es biocompatible e incluso debe considerarse como un veneno agudo y altamente corrosivo (Litovitz et al., 1998).

2.4.2 Silano

Otro aspecto del procedimiento de reparación es el uso de un agente de acoplamiento de silano que se utiliza en un esfuerzo por promover una mejor interacción química entre la capa adhesiva y las partículas de relleno de vidrio expuestas por los tratamientos superficiales (Hisamatsu et al., 2002; Staxrud & Dahl, 2015). El silano es una molécula biofuncional que promueve la unión de 2 materiales (Lung & Matinlinna, 2012) (Matinlinna et al., 2018). Es un compuesto llamado 3 metacriloxipropil trimetoxisilano (MPS). En un extremo, los MPS consisten en un grupo metacrilato que puede reaccionar con el adhesivo intermedio y los compuestos de resina y en el otro extremo, un grupo silanol reactivo que puede formar enlaces siloxanos con alúmina o sílice presentes en el material sometido a abrasión por aire o a la superficie grabada con ácido (Lung & Matinlinna, 2012) (Matinlinna et al., 2018). En los procedimientos de reparación, esta molécula favorece la unión de la fase inorgánica del sustrato con la fase orgánica del composite de resina a reparar (Antonucci et al., 2005). Además, los silanos tienen una mayor humectabilidad superficial, lo que facilita la penetración del adhesivo en los defectos superficiales y facilita una mayor fuerza de unión de reparación (Lung & Matinlinna, 2012) (Matinlinna et al., 2018).. Los agentes de acoplamiento de silano están disponibles en 2 tipos, hidrolizados y no hidrolizados (Loomans & Ozcan, 2016). Los silanos hidrolizados son ya activados y se aplican antes que el adhesivo o alternativamente se incluyen en adhesivos universales como Scotchbond Universal Adhesive (3M Oral Care) y Clearfil One (Kuraray Noritake) (Loomans & Ozcan, 2016). Mientras que el silano no hidrolizado primero debe activarse con un ácido, generalmente un monómero ácido como MDP, requiriendo de la mezcla de 2 componentes (Bis-Silano, Bisco) (Loomans & Ozcan, 2016). Las soluciones de silano hidrolizado pueden tener una vida útil relativamente corta y

gradualmente se vuelven menos reactivas después de abrir la botella, lo que evita una adhesión óptima (Matinlinna et al., 2018).

Estudios previos demostraron que la aplicación de un silano tuvo un efecto positivo en la fuerza de unión a las restauraciones directas de composite (Hisamatsu et al., 2002; Staxrud & Dahl, 2015), mientras que otros estudios no pudieron encontrar un efecto beneficioso (Lima et al., 2014; Melo et al., 2011). Otra publicación sobre resinas compuestas indirectas mostró que la rugosidad del área compuesta, el pulido con chorro de arena, o el pulido con chorro de arena y la silanización pueden proporcionar una resistencia adicional estadísticamente significativa a la carga de tracción (D'Arcangelo & Vanini, 2007).

2.4.3 MEP

Recientemente se desarrolló una imprimación de autograbado para reducir la sensibilidad de la técnica y facilitar el grabado ácido de las restauraciones de vitrocerámica (El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018). Además de presentar menor toxicidad, Monobond Etch & Prime está compuesto por un silano (1% a <2,5 metacrilato de trimetoxisililpropilo), un agente de grabado cerámico ($\leq 10\%$ trifluoruro de dihidrógeno de tetrabutilamonio) y un agente de imprimación (3% a 10 % de éster de ácido fosfórico metacrilado) en un solo frasco, permitiendo así el grabado superficial y la silanización en un solo paso (El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018). Se introdujo para simplificar el proceso de grabado de las vitrocerámicas, lo que se tradujo en menos pasos que los necesarios para la técnica de grabado con ácido fluorhídrico + silanización (Roman-Rodriguez et al., 2017). Estudios empleando este primer dan resultados de una superficie más suave (es decir menos irregularidades para el enclavamiento micromecánico) y una fuerza de unión más baja que el ácido fluorhídrico + silano. Las ligeras alteraciones topográficas generadas por MEP en comparación con

ácido fluorhídrico se debe al hecho que el Monobond Etch & Prime contiene ≤ 10 % de trifluoruro de dihidrógeno de tetrabutylamonio (Hooshmand et al., 2008), que es un ácido utilizado para obtener un patrón irregular en la superficie cerámica y retención micromecánica, pero es menos ácido que el ácido fluorhídrico (El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018; Siqueira et al., 2016).

Aunque el mecanismo de acción de Monobond Etch & Prime no está del todo claro. En un estudio realizado por El-Damanhoury encontraron residuos de flúor en la superficie de cerámica tratada utilizando un análisis de rayos X de dispersión de energía, pero la importancia de estos residuos aún no está clara (El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018). La adhesión estable de Monobond Etch & Prime posiblemente se deba a su mecanismo de reacción (El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018). Esta imprimación única se aplica sobre la superficie de cementación y se frota durante 20 s, lo que elimina la saliva y los aceites de silicona (El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018). Durante 40 s, el polifluoruro de amonio reacciona con la cerámica expuesta para crear una superficie más rugosa, más limpia y, por lo tanto, activada sobre la que se adhiere el componente de silano de su propio sistema, generando enlaces de unión (El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018). Transcurrido el tiempo de reacción, la superficie cerámica se enjuaga con spray de aire y agua, eliminando el polifluoruro de amonio soluble en agua y formando enlaces de oxígeno de silicio durante este proceso (El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018). La alta reactividad entre la superficie de cerámica activada y el sistema de silano favorece la generación de un fuerte enlace químico (El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018). La superficie de cerámica se seca con aire comprimido hasta que no se ve humedad (El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018). Después, el sistema de silano se condensa sobre la superficie cerámica y forma una capa estable con grupos terminales de

metacrilato reactivos (El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018). Estos a su vez, forman un enlace químico con el metacrilato del composite de cementación que se aplica posteriormente (El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018).

2.4.4 Abrasión con partículas de óxido de aluminio

Investigaciones precedentes corroboran que la abrasión de aire empleando partículas de óxido de aluminio de 50um (Al_2O_3) seguido de la aplicación de silano ha resultado una estrategia eficaz para tratar restauraciones de composite CAD/CAM (da Costa et al., 2012; Spitznagel et al., 2014). Se espera que la abrasión: 1) incremente el área de adherencia a la superficie, resultando en un aumento de la fuerza de unión; 2) limpie la superficie de unión; y 3) cree retención mecánica (Stawarczyk et al., 2012; Wimmer et al., 2013). Por otra parte, combinado con la silanización va a proveer la unión de los diferentes materiales para crear enlaces siloxanos (Si-O-Si) (Zaghloul et al., 2014).

(Stawarczyk et al., 2013) Manifestaron que la abrasión con óxido de aluminio aumentó la eficacia de unión para bloques de resina CAD/CAM y materiales PMMA (Stawarczyk et al., 2013). Por otra parte, un estudio realizado por (Higashi et al., 2016), examinaron a largo plazo la estabilidad y la durabilidad; determinando que la fuerza de unión de los cementos de resina y bloques de resina CAD/CAM no se vieron afectados por el envejecimiento y que sin duda el arenado y silanización incrementan los valores de microtracción μ TBS (Higashi et al., 2016). Sin embargo, el estudio de Alghamdi Ali et al, donde evaluaron las fuerzas de unión posterior al envejecimiento si se ve comprometida.

De acuerdo con (Yoshihara et al., 2016), el arenado mejora significativamente la fuerza de unión debido a que va haber una penetración más profunda del cemento

compuesto en las áreas microretentivas por medio del agente de acoplamiento del silano (Yoshihara et al., 2016).

3. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de estudio

El presente estudio fue de tipo *in vitro*

3.2. Muestra

El estudio fue *in vitro* por lo cual no se requirió de una población. Las muestras fueron agrupadas en (n=4) para cada grupo de bloques CAD/CAM: Brilliant Crios (Coltene, Altstätten, Suiza), Tetric Cad (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), Cerasmart (GC Corporation, Tokyo, Japan), Vita Enamic (Vita, Zahnfabrik; Malo Sackingen, Alemania), de acuerdo a 3 condiciones experimentales.

3.2.1. Criterios de inclusión y exclusión

Dentro de los criterios de inclusión tenemos los bloques de resina CAD/CAM que poseen alto contenido resinoso disponible en el mercado nacional (Brilliant, Tetric, Cerasmart) y un bloque de material híbrido (Vita Enamic) en conjunto con las diversas estrategias de reparación que incluyeron (arenado con partículas de óxido de aluminio de 29um, Monobond N, Ácido Fluorhídrico 5%, Monobond Etch & prime). Por otro lado, en los criterios de exclusión se encuentran los materiales que no sean resinosos o que no posean alto contenido de resina en su composición.

3.3 Materiales y métodos

3.3.1 Diseño experimental del estudio

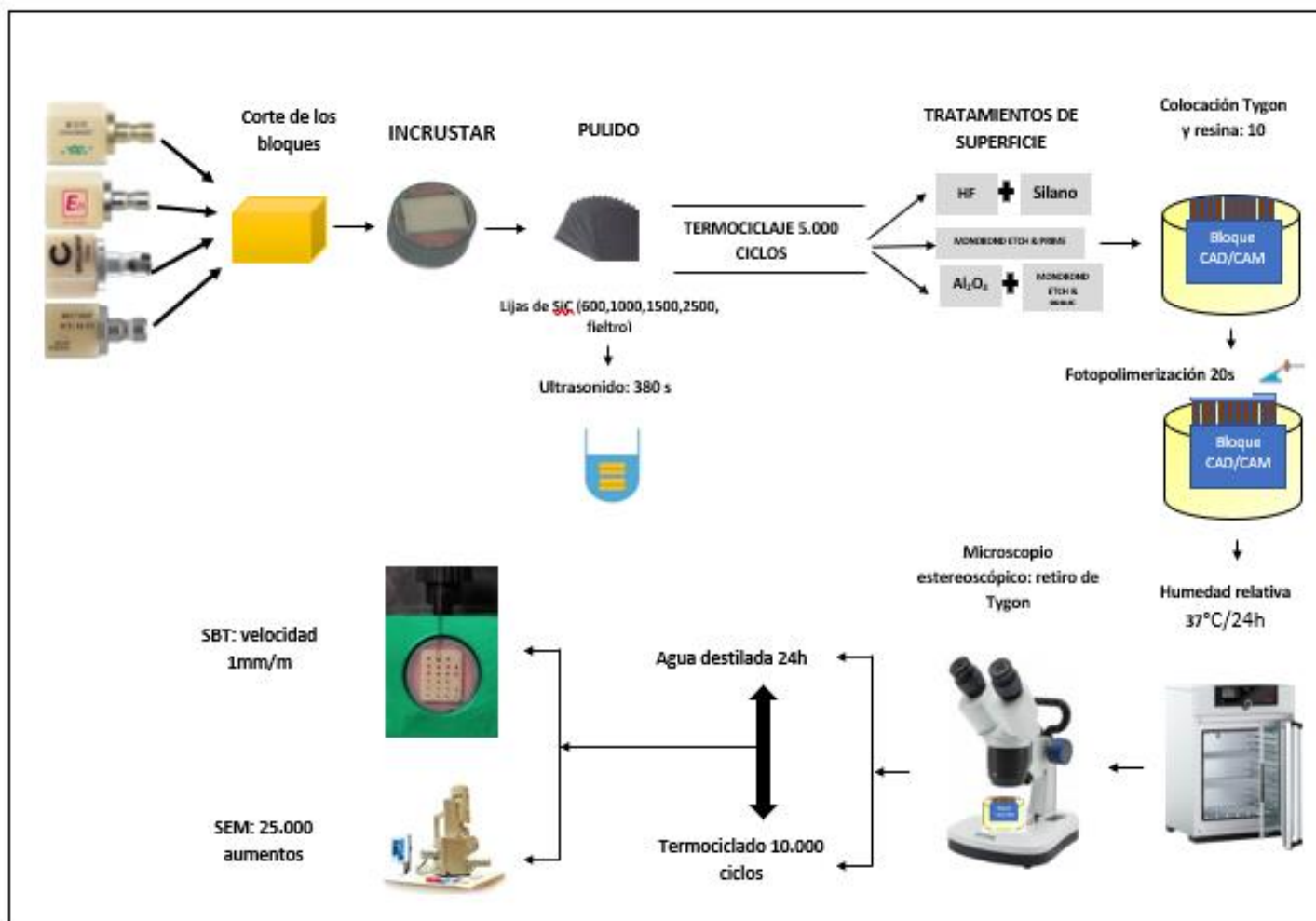


Figura 1 Diseño experimental del estudio

3.3.2 Elaboración de las muestras

La preparación de la muestra se ilustra en la Figura 1. Los materiales junto con su composición e indicaciones utilizados en este estudio se enumeran en la Tabla 1. En este estudio se usaron 4 bloques CAD/CAM: Brilliant Crios (Coltene, Altstätten, Rheintal, Suiza), Tetric Cad (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), Cerasmart (GC Corporation, Tokyo, Japan), Vita Enamic (Vita, Zahnfabrik; Malo Sackingen, Alemania), los cuales fueron divididos aleatoriamente de acuerdo a 3 condiciones experimentales ($n = 4$) para cada grupo. Se cortaron las muestras en tamaños de 12mm *14 mm *18 mm en secciones de 6mm*7mm*9mm utilizando una cortadora de

precisión de diamante de baja velocidad (IsoMet 1000; Buehler Ltd., Lake Bluff, IL) a 300 rpm bajo enfriamiento con agua.

Todas las muestras se montaron en un anillo de cloruro de polivinilo (PVC) lleno de resina acrílica (AutoClear, DentBras; Pirassununga, São Paulo, Brasil), dejando la superficie de la muestra a una altura de 3 mm en la parte superior del cilindro. Una vez embutidas, las superficies seccionadas se rectificaron con lijas de Carburo de Silicio de granos: 600, 1000, 1500, 2000, 2500 (3M, Minnesota, EE. UU). Seguidamente, las muestras se limpiaron en Ultrasonido (Kendal 2,5 lt, Saint Paul, Minnesota, EE. UU) en agua destilada durante 380 segundos eliminando los contaminantes de la superficie y luego se secaron con aire.

Posteriormente, las muestras fueron colocadas en una máquina de Termociclaje (OMC 300TC, Odeme Dental Research; Joaçaba, SC, Brasil) por 5000 ciclos, a una temperatura entre 5 y 55 ° C con tiempos de permanencia y transferencia de 20 segundos en cada baño para su envejecimiento (Lyann et al., 2018).

3.3.3 Tratamientos de superficie

Cada una de las muestras de cada uno de los materiales fueron aleatoriamente asignadas a uno de los 3 grupos de pretratamientos diferentes:

3.3.2.1 Ácido fluorhídrico + Silano Monobond N (HF+S)

En este primer grupo, las superficies de los materiales CAD-CAM fueron acondicionadas a través del uso de un gel de grabado a base de ácido fluorhídrico al 5% (IPS Ceramic Etching Gel 5ml, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) con un aplicador de adhesivo (Dochean Industries Co., Ltd., Jiangning Rd, Shanghai, China) y se dejó actuar por 60s. Posteriormente se irrigó con abundante agua, se secó por 10s y

se aplicó silano (Monobond N, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) por 60s y se dejó secar al ambiente.

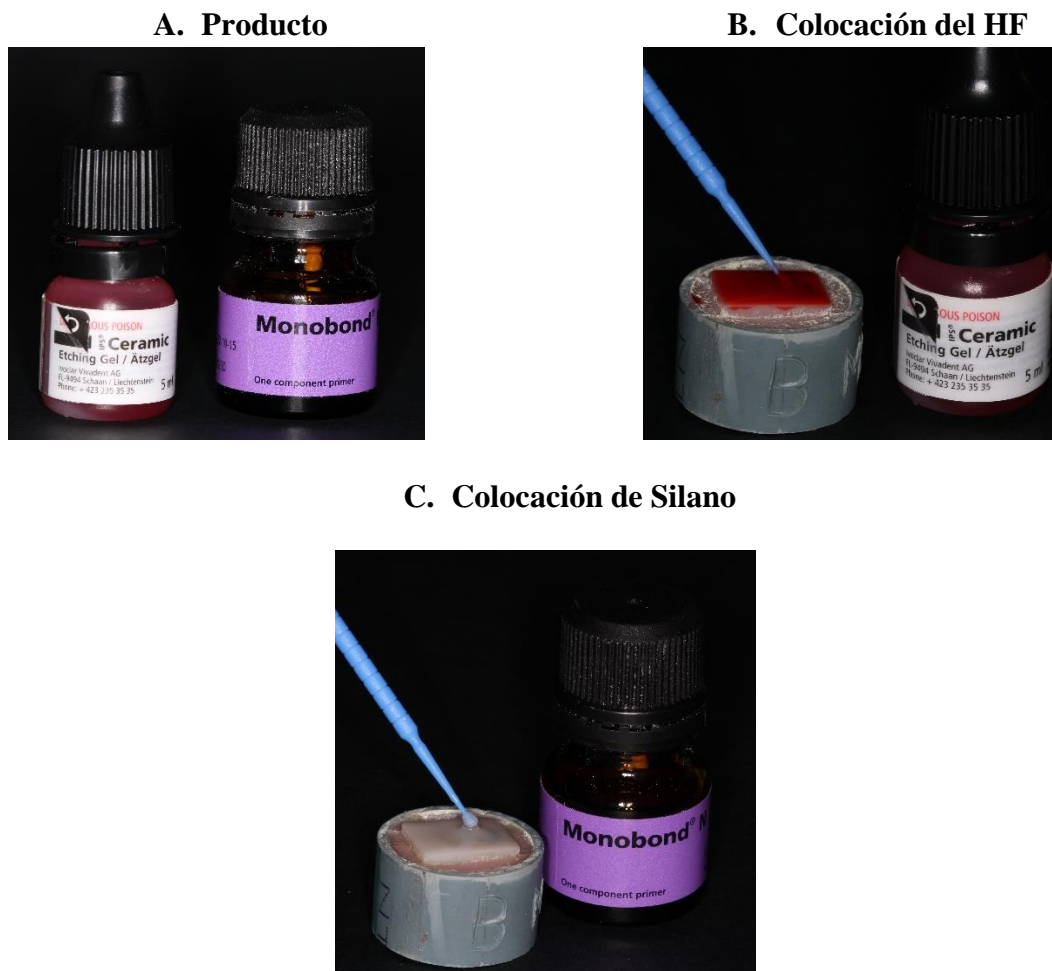


Figura 2 Grupo Brilliant con tratamiento de superficie (HS+S)

3.3.2.2 Arenado + Monobond Etch and Prime (A+MEP)

En este grupo fue realizada una abrasión por aire utilizando un microarenador (AquaCare Twin, Velopex International, Barretts Green Road, London) de partículas de 29um de óxido de aluminio (Al_2O_3) (Velopex International, Barretts Green Road,

London) a 2.5 bar de presión durante 20s desde una distancia de 10mm perpendicular a la superficie de la muestra (Elsaka, 2015). Se irrigó con abundante agua, se secó por 10s y se aplicó el acondicionador monocomponente MEP (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) con un microbrush frotando la superficie por 60s a diferencia de 20s y dejando reaccionar 40s como lo indica el fabricante. Dado que estudios anteriores ha evidenciado que la aplicación continua de MEP tiende a aumentar el patrón de grabado. (Cardenas et al., 2019). Posteriormente, se enjuagó hasta eliminar toda la coloración verde. En caso de permanencia de residuos se procede a la limpieza con ultrasonido por 5m.

A. Producto Aqua Care Twin



B. Superficie arenada



C. Colocación del MEP



Figura 3 Grupo Vita Enamic con tratamiento de superficie (A+MEP)

3.3.2.3 Monobond etch and prime (MEP)

Se aplicó el monocomponente MEP sobre la superficie con un microbrush frotando de forma continua por 60s. Posteriormente, se enjuagó con chorro de agua hasta eliminar toda la coloración verde y se secó con la jeringa triple de aire por 10s. En caso de permanencia de residuos se procede a la limpieza con ultrasonido por 5m.

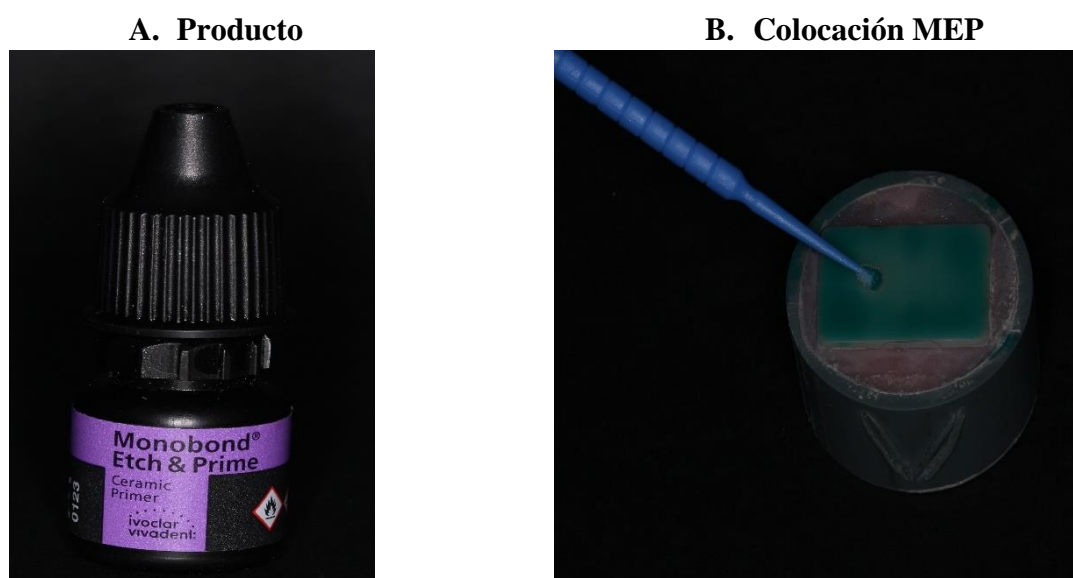


Figura 4 Grupo Vita con tratamiento de superficie MEP

3.3.4 Prueba de microcizallamiento

Una vez realizado los tratamientos de superficie, se colocó diez tubos transparentes de polietileno tipo “Tygon” (Tygon Medical Tubing Formulations 54-HL, Saint Gobain Performance Plastics; Akron, OH, EE. UU.) con un diámetro interno de 0,8 mm y una altura de 0,5 mm, sobre la superficie de cada muestra. Posteriormente, se empaquetó cuidadosamente el compuesto de resina tetric N Flow (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) dentro de cada tubo. Luego, se colocó una banda de celuloide sobre el tubo Tygon lleno y se presionó suavemente (Maquira Industria de Productos

Odontológicos S.A, Brasil). Seguidamente, las muestras se fotopolimerizaron simultáneamente con luz durante 20 s utilizando una unidad de fotocurado LED configurada a 1000 mW/cm^2 (Valo Grand, Ultradent, South Jordan, Utah). Para el posterior retiro de los tubos Tygon se empleó una cuchilla para exponer los cilindros de resina. Cada muestra se examinó bajo un microscopio estereoscópico (Better Scientific Q170, Winterstrabe, Berlin, Alemania) con un aumento de 10X, con la finalidad de descartar los cilindros que evidencien porosidad o espacios en la interfaz.

Una vez preparadas las muestras de cada grupo experimental, se almacenaron en humedad relativa a una temperatura de 37°C durante 24 h en una incubadora de calor húmedo (Mettert IN30, Escandinavia, Islandia), para el posterior análisis de la mitad de los cilindros de resina. Mientras que la otra mitad se sometieron a termociclado (OMC 300 TS, Odeme Dental Research; Luzerna city, Santa Catarina) durante 10.000 ciclos entre 5 y 55°C con tiempos de permanencia y transferencia de 20 segundos en cada baño (Lyann et al., 2018). Posteriormente se analizaron en una máquina de prueba universal (OM150, Odeme Dental Research; Luzerna city, Santa Catarina). Cada muestra se colocó en la máquina de prueba universal sujeta de un delgado alambre de ortodoncia (Orthometric-SS, Marilia, São Paulo, Brasil) con (0.2 mm de diámetro) alrededor de la base de cada cilindro compuesto. El alambre de ortodoncia entró en contacto con el cilindro de cemento compuesto a lo largo de la mitad de su circunferencia. El conjunto se mantuvo alineado (interfaz cemento - cerámica, el bucle de alambre y el centro de la celda de carga) garantizando la orientación correcta de las fuerzas de corte. La velocidad se ajustó a 0.5 mm/min hasta el fallo. Los valores de μSBS (MPa) se calcularon dividiendo la carga de falla por el área de superficie (mm^2).

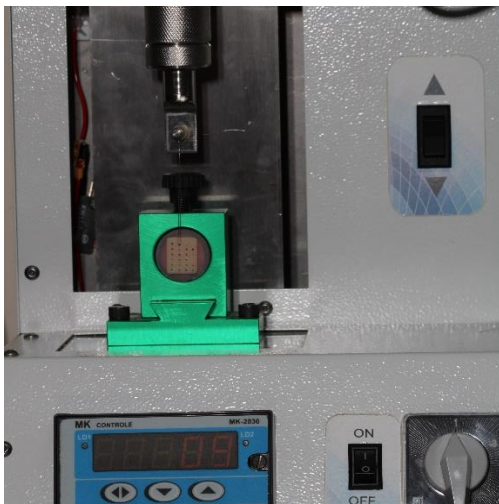
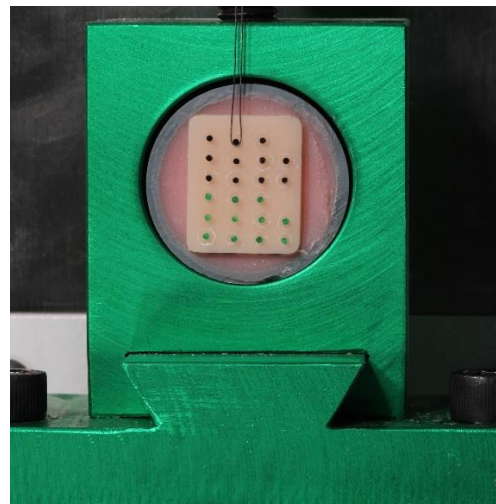
A. Máquina de prueba universal OM150**B. Muestra de la prueba de microcizallamiento**

Figura 5 Máquina y prueba de microcizallamiento

3.3.5 Análisis de microscopía electrónica de barrido (SEM)

Imágenes representativas de los tratamientos de superficie cada material restaurador fue obtenido a partir de 16 muestras adicionales. Dichas muestras fueron metalizadas con una cobertura de oro / paladio en un evaporador de vacío (SCD050, Balzers; Schaan, Liechtenstein), para ser posteriormente evaluadas bajo un microscopio electrónico de barrido (SEM, MIRA3 LM, Tescan Orsay Holding; Warrendale, PA, USA) con un aumento de (25.000 X)

3.3.6 Análisis estadístico

La distribución normal de los datos fue verificada mediante el test de shapiro-wilk y posteriormente se sometieron a un test de análisis de varianza (ANOVA) de 2 vías para detectar diferencias significativas entre (sistema de reparación y el tiempo de almacenaje a las 24h y 10.000 ciclos). Los análisis de subgrupos se realizaron utilizando las pruebas post test Bonferroni. Se utilizó IBM SPSS Statistics para Windows, V22.0

(IBM Corp., Armonk, NY) para todos los análisis estadísticos. Un valor de $p < 0,05$ se consideró significativo.

3.3.7 Composición e indicaciones de los materiales del estudio

| Materiales | Composición | Indicaciones del fabricante | Número de lote |
|---|--|--|----------------|
| CAD-CAM Resina composite Brilliant – Crios (Coltene/Whaledent/Altstätten, Switzerland) | Porción inorgánica (71%): óxido de silicio SiO_2 (<20nm), vidrio de bario (<1µm). Polímero (29%): cross-link metacrilato bis GMA, bis-EMA, TEG-DMA. | <ul style="list-style-type: none"> • Microabrasión con partículas de Al_2O_3 de 25-50µm a 1.5 bar de presión. • Enjuagado y secado • Aplicación de ONE COAT 7UNIVERSAL • No usar HF ni S | 30004014 |
| CAD-CAM Resina composite Cerasmart (GC Europe : Leuven Belgium) | Porción inorgánica (80%): sílice SiO_2 (20nm) y vidrio de bario (300nm) nanopartículas. Polímeros (20%): bis-MEPP, UDMA, DMA | <ul style="list-style-type: none"> • Arenar con alúmina 25-50 µm a 0.15MPa/ 1.5 bar. • Lavado y secado • Silanizar con Ceramic Primer II | 1910306 |
| CAD-CAM PICN VITA Enamic (VITA zahnfabrik;Bad Sackingen, Germany) | Porción inorgánica (86%): SiO_2 (58-63%), Al_2O_3 (20 – 23%), Na_2O (9 – 11%), K_2O (4 – 6%), B_2O_3 (0,5 – 2%), ZrO_2 (< 1%), CaO (< 1%) Polímeros: (14%): UDMA, TEGDMA | <ul style="list-style-type: none"> • Grabado con ácido fluorhídrico al 5% durante 60s. • Irrigar con agua hasta eliminar los residuos. • Secado por 10 s • Silanizar la superficie durante 60s. | 73340 |
| CAD-CAM Resina composite Tetric Cad (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) | Porción inorgánica: relleno de vidrio de bario, dióxido de silicio, dimetacrilatos, aditivos y pigmentos. Polímeros: bis-EMA, TEGDMA, Bis GMA, UDMA. | <ul style="list-style-type: none"> • Arenar la superficie de unión con 50-100 µm de óxido de aluminio a 1 – 1.5 bar de presión • Limpiar en ultrasonido y secar. • Aplique adhesivo universal frotando durante 20 s. • Disperse el adhesivo con aire | X19268 |
| Primer Autograbante MEP Monobond etch and prime (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) | Butanol (10-<25%), Trifluoruro de dihidrógeno de tetrabutilamonio ($\leq 10\%$), Éster de ácido fosfónico metacrilado (3-<10%), Bis (tri etoxisilil) etano (1-<2.5%) | <ul style="list-style-type: none"> • Enjuagar la restauración con agua pulverizada y secar. • Aplicar el MEP en la superficie con un aplicador y frotar durante 20s y dejar reaccionar 40s. • Enjuague con fuerte chorro de agua durante 10s. | Z01C51 |
| Silano Monobond N (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) | Etanol (50-100%), éster de ácido fosfónico metacrilado (1-<2.5%) | <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar una fina capa con un microbrush sobre la superficie pretratada y dejar reaccionar durante 60s. • Dispersar el exceso con un chorro de aire. | Z0125D |

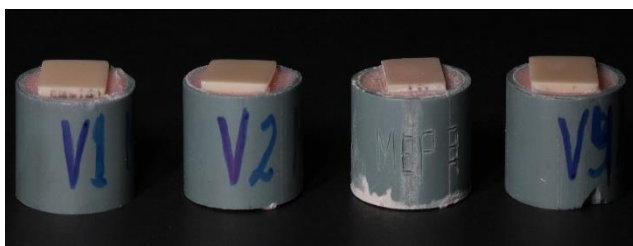
| | | | | |
|--|--|---|---|--------|
| Resina fluida de composite | Tetric N- Flow (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) | 36% dimetacrilato (incluyendo TEGMA), 63% relleno (vidrio de bario, trifluoruro de iterbio, sílice altamente dispersada y óxido mezclado), 1% iniciadores, estabilizadores y pigmentos. Contenido inorgánico 36%, tamaño de las partículas de relleno inorgánico es de 40-300 nm. | <ul style="list-style-type: none"> • Aplicado en incrementos de hasta 4mm. • Polimerice y retire el exceso del material. | Z020Z0 |
| Gel de grabar Cerámica | IPS. Ceramic Gel de grabar. (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) | < 5% de ácido fluorhídrico HF | <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar el gel con un pincel desechable sobre la superficie a grabar. • Deje actuar en función del tipo de cerámica a grabar. Lavar y secar. | Y03912 |
| Abrasión por partículas de aire | AquaCare (Velopex International, Barretts Green Road, London) | 29 μm de óxido de aluminio | <ul style="list-style-type: none"> • Microabrasión con partículas de Al_2O_3 a 2.5 bar de presión por 20s a una distancia de 10mm. | 200221 |

SiO₂ (Óxido de silicio), Al₂O₃ (Óxido de aluminio), Na₂O (óxido de sodio), K₂O (Óxido de potasio), B₂O₃ (Óxido de bario), ZrO₂ (Óxido de zirconio), CaO (Óxido de calcio). Bis-GMA: metacrilato de diglicidilo de bisfenol A; Bis-EMA: bisfenol A metacrilato de diglicidilo etoxilado; TEGDMA: dimetacrilato de trietilenglicol. UDMA: dimetacrilato de uretano; HEMA: metacrilato de hidroxietilo.

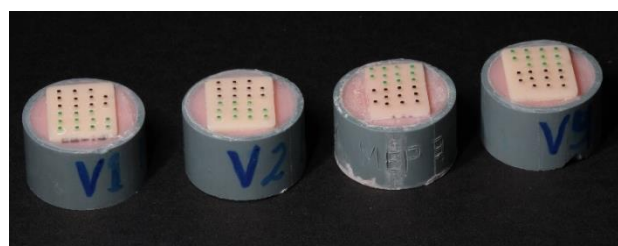
Tabla 1 Composición de materiales usados en el estudio

3.3.8 Muestras de las superficies tratadas

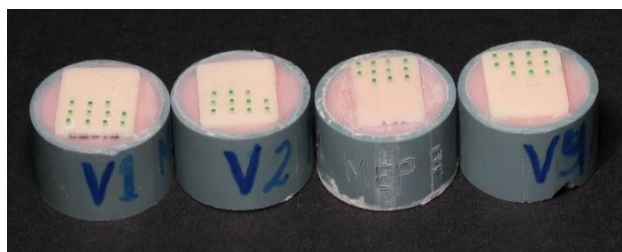
A. Sin tratamiento de superficie



B. Colocación de Tygon



C. Análisis a las 24 h



D. Superficie posterior al análisis de 10 mil ciclos de termociclado



Figura 6 Grupo Vita Enamic con tratamiento de superficie MEP

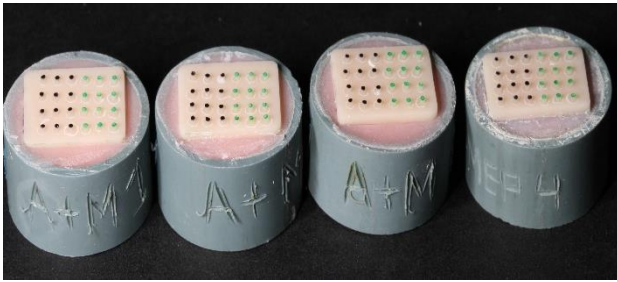
A. Colocación de Tygon**B. Posterior al análisis de 10 mil ciclos de termociclado**

Figura 7 Grupo Vita Enamic con tratamiento de superficie (A+MEP)

4. ANÁLISIS DE DATOS

4.1 Análisis de los resultados

El análisis estadístico realizado, utilizó a cada muestra obtenida a partir del bloque de cerámica como la unidad estadística. El análisis estadístico detectó una significancia para las variables tiempo de tratamiento (24hrs o 10.000 ciclos de TC) y tipo de tratamiento superficial. Hubo diferencias significativas en relación a la fuerza de unión con una significancia ($\alpha=0.05$). A continuación, se detallan los resultados obtenidos por cada tipo de material y estrategia de reparación empleada.

4.1.1 Fuerza de unión al microcizallamiento

El promedio y la desviación estándar de μ SBS de los diferentes grupos se resumen en las Tablas 2,3, 4,5.

Para el bloque de resina Cerasmart y Tetric, el tratamiento de superficie recomendado de (HF+S) y el tratamiento de (A+ MEP) no presentaron diferencias significativas al análisis a las 24 horas ($p<0.05$). Mientras que el tratamiento de superficie con (MEP) presentó un menor valor de μ SBS que la obtenida los grupos (A+MEP) y (HF+S) ($p>0.05$). Por otro lado, después del análisis a los 10.000 ciclos, el tratamiento de superficie de (A+MEP) fue el que tuvo mayores valores de μ SBS, mientras que los grupos (HF+S) y del (MEP) no presentaron diferencias significativas (Tabla 2 y 3).

Tabla 2. Promedio y desviación estándar (\pm DE) de la Resistencia de unión al microcizallamiento para el grupo Cerasmart

| TIEMPO | HF+S | MEP | ARENADO+MEP |
|---------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| INMEDIATO | 26,93 (1,51) Aa | 23,26 (0,84) Ab | 26,77 (0,58) Aa |
| 10.000 | 21,62 (1,09) Bb | 21,15 (0,16) Bb | 24,0575 (1,08) Ba |

Medias seguidas de la misma letra (letra mayúscula: dentro de la columna; letra minúscula: dentro de la fila) no son significativamente diferentes (alfa preestablecida: 0.05)

Tabla 3 Promedio y desviación estándar (\pm DE) de la Resistencia de unión al microcizallamiento μ SBS para el grupo Tetric

| TIEMPO | HF+S | MEP | ARENADO+MEP |
|---------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| INMEDIATO | 27,41 (1,31) Aa | 24,23 (1,35) Ab | 28,08 (0,82) Aa |
| 10000 | 22,08 (0,08) Bb | 21,22 (1,44) Bb | 24,35 (1,00) Ba |

Medias seguidas de la misma letra (letra mayúscula: dentro de la columna; letra minúscula: dentro de la fila) no son significativamente diferentes (alfa preestablecida: 0.05)

Para el bloque de resina Brilliant a las 24h, el (A+MEP) presentó los mayores valores de μ SBS ($p > 0.05$), los mismos que no presentaron diferencias estadísticamente significativas con el grupo que utilizó las indicaciones del (HF+S) ($p < 0.05$). En este tiempo de evaluación el grupo MEP presentó los menores valores de μ SBS ($p > 0.05$). Después de los 10.000 ciclos de TC, el tratamiento de superficie (A+MEP), presentó mayores valores de μ SBS ($p > 0.05$), mientras que por su parte entre el (HF+S) y MEP no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) (Tabla 4).

Tabla 4 Promedio y desviación estándar (\pm DE) de la Resistencia de unión al microcizallamiento μ SBS para el grupo Brilliant

| TIEMPO | HF+S | MEP | ARENADO+MEP |
|---------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| INMEDIATO | 25,46 (1,13) Ab | 22,91 (0,45) Ac | 28,17 (1,82) Aa |
| 10000 | 20,55 (2,01) Bb | 21,36 (0,44) Ab | 24,72 (0,20) Ba |

Medias seguidas de la misma letra (letra mayúscula: dentro de la columna; letra minúscula: dentro de la fila) no son significativamente diferentes (alfa preestablecida: 0.05)

En cambio, en el bloque híbrido Vita, después de las 24 horas los mayores valores de μ SBS los obtuvo el grupo (A+MEP) ($p>0.05$). Por su parte, el grupo MEP no mostró diferencias estadísticamente significativas con el grupo (HF+S) ni con el grupo (A + MEP). Después de los 10.000 ciclos de TC, se pudo observar que el grupo MEP tuvo los mayores valores de unión ($p>0.05$), mientras que el grupo (A+MEP) no presentó diferencias estadísticamente significativas con el grupo MEP ni con el grupo (HF+S) ($p<0.05$). En este tiempo de análisis, el grupo (HF+S) obtuvo los valores de μ SBS entre los grupos estudiados ($p>0.05$) (Tabla 5).

Tabla 5 Promedio y desviación estándar (\pm DE) de la Resistencia de unión al microcizallamiento μ SBS para el grupo Vita Enamic

| TIEMPO | FABRICANTE | MEP | ARENADO+MEP |
|---------------|-------------------|------------------|--------------------|
| INMEDIATO | 28,66 (0,20) Ab | 30,44 (1,08) Aab | 30,95 (1,77) Aa |
| 10000 | 23,51 (1,50) Bb | 27,37 (0,82) Ba | 25,41 (0,69) Bab |

Medias seguidas de la misma letra (letra mayúscula: dentro de la columna; letra minúscula: dentro de la fila) no son significativamente diferentes (alfa preestablecida: 0.05)

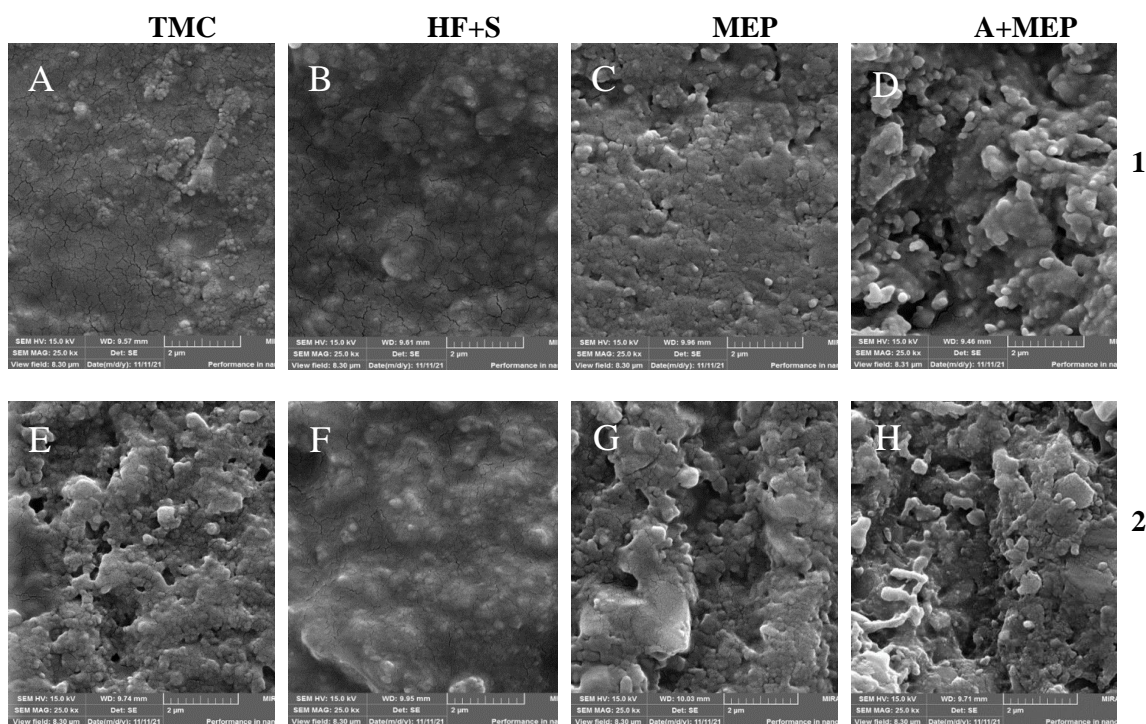
Cabe señalar que hubo un descenso de los valores obtenidos de μ SBS en relación al tiempo después de las 24 horas y 10000 ciclos, siendo estadísticamente significativo en todos los grupos independientemente de la técnica de reparación y del

material empleado ($p > 0.05$) a excepción del bloque de resina Brilliant con tratamiento de superficie MEP, no mostrando diferencias significativas relacionadas al tiempo ($p < 0.05$).

4.1.2 Análisis SEM

Las imágenes representativas de los diferentes materiales CAD-CAM y sus tratamientos de superficie pueden observarse en las Figuras 8 y 9. En el análisis de SEM, realizado con una potencia de 15.0 kV y con una magnificación de 25.000X, se pudo observar que la superficie termociclada de todos grupos (sin ningún tratamiento superficial) es más regular y homogénea que cuando se emplearon los otros métodos de tratamiento, volviéndose cada vez más irregular y porosa relacionado a la disolución de la fase vítrea posterior al grabado. Cabe señalar que, todos los grupos con estrategia de tratamiento (A+MEP) presentaron un mejor patrón de grabado con predominantes microporosidades, surcos y estrías.

La topografía de las superficies de Cerasmart y Tetric se vió afectada por el método de tratamiento en donde los surcos e irregularidades predominaron en la estrategia de (A+MEP) seguido del (MEP) y por último (HF+S) presentando una topografía más suave (Figura 8).



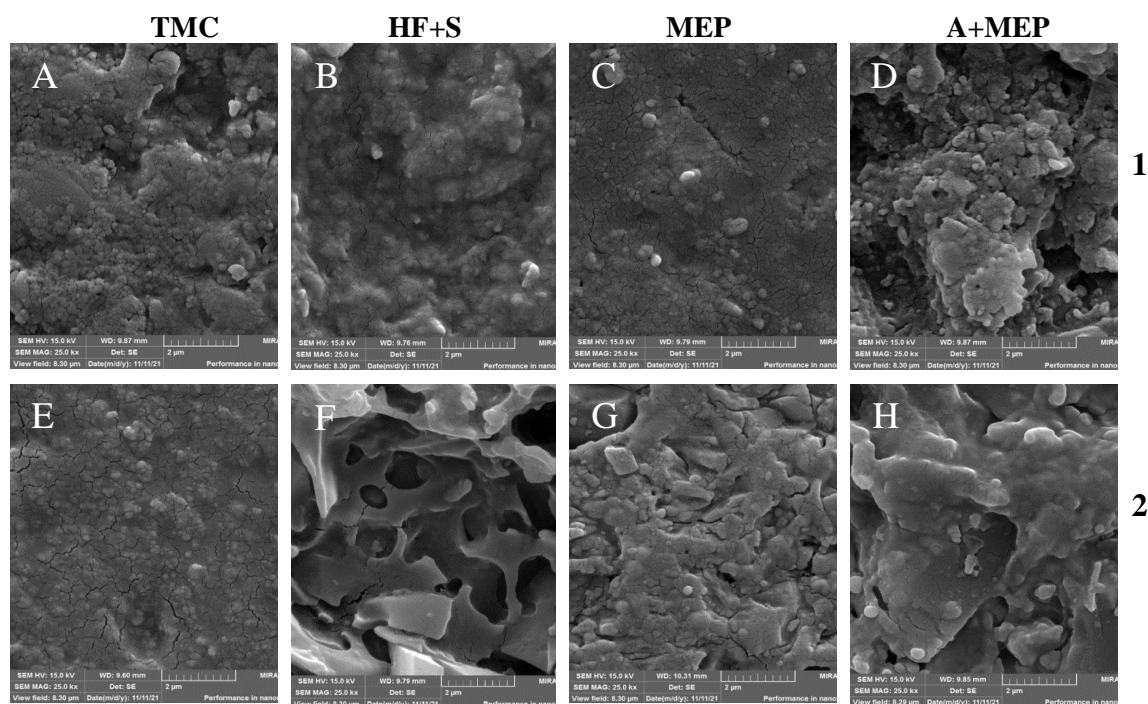
Micrografías representativas SEM (25.000X) de los grupos Cerasmart (1) y Tetric (2) después de los tratamientos de superficie de Ácido fluorhídrico + Silano (HF+S), Arenado + primer grabador cerámico Monobond Etch & Prime (A+MEP), Monobond Etch & Prime (MEP) y superficie termociclada (TMC). La superficie sin tratar (TMC) es más regular y homogénea (1A- 2E). La topografía de las superficies del grupo 1 y 2 se vió afectada por el tratamiento de superficie predominando mayores surcos e irregularidades como se puede observar en (1D – 2H) en comparación con el protocolo MEP (1C – 2C) seguido del HF+S presentando una topografía más suave (1B – 2F)

Figura 8 Micrografías representativas SEM de los grupos Cerasmart y Tetric

Las micrografías SEM representativas de la superficie Brilliant presentaron irregularidades y microporosidades más evidentes en el tratamiento de (A+MEP), seguido del (HF+S). Mientras que con el tratamiento de MEP se generó un patrón de grabado menos pronunciado (Figura 9).

De la misma forma, la topografía de superficie del material híbrido Vita Enamic, se vió modificado por el tipo de patrón de grabado, generando mayores rugosidades de

superficie con la estrategia de tratamiento de (HF+S), seguido del (A+MEP), y al MEP (Figura 9).



Micrografías representativas SEM (2500X) de los grupos Brilliant (1) y Vita Enamic (2) después de los tratamientos de superficie de Ácido fluorhídrico + Silano (HF+S), Arenado + primer grabador cerámico Monobond Etch & Prime (A+MEP), Monobond Etch & Prime (MEP) y superficie termociclada (TMC). La superficie sin tratar (TMC) es más regular y homogénea (1A – 2E). Las superficies del (1D), evidencian mayores microporosidades, seguido del (1B) y (1C) con un patrón de grabado menos pronunciado. La topografía (2F), muestra mayores rugosidades a diferencia del (2H) y del (2G) con menos poros e irregularidades.

Figura 9 Micrografías representativas SEM de los grupos Brilliant y Vita Enamic

5. DISCUSIÓN

En el presente estudio se compararon 3 estrategias de tratamientos de reparación superficial: (HF+S) con uno simplificado (MEP) y una combinación de microabrasión con partículas de óxido de aluminio de 29 μ m más el monocomponente MEP (A+MEP) en términos de cambios topográficos, resistencia de unión al microcizallamiento entre el material de relleno de resina fluida y la superficie de los materiales CAD/CAM basados en compuestos de resina (Cerasmart. CE, Brilliant. BR, Tetric Cad. TC) y el material híbrido PICN. VE), así como en términos de durabilidad de unión. En general, los valores de μ SBS obtenidos fueron mayores para el grupo A+MEP en comparación a los grupos del HF+S y MEP. Sin embargo, en algunas situaciones, cuando se realizó el análisis a las 24 horas los grupos de CE y TC no hubo diferencias significativas entre el protocolo de (HF+S) y (A+MEP). Asimismo, durante el análisis de los 10.000 ciclos no hubo diferencias significativas con el grupo VE entre el protocolo (HF+S) y (A+MEP), siendo el (MEP) el que presentó mayores valores de μ SBS. Por lo tanto, la primera hipótesis que establecía que no hay diferencias entre los tratamientos alternativos y las recomendaciones del fabricante debe ser parcialmente rechazada.

Se ha demostrado que la aplicación de un tratamiento superficial físico y químico sobre una resina envejecida mejora las fuerzas de unión de reparación (Lisia L.Valente, 2016). (Yoshihara et al., 2017), examinó la fuerza de unión del cemento de resina autoadhesivo entre muestras de zirconio y bloques CAD/CAM de composite con diferentes tratamientos superficiales; evidenciaron una mayor fuerza de unión en el grupo tratado con microabrasión antes de imprimir a diferencia de solo realizar la

microabrasión (Yoshihara et al., 2017). Estos hallazgos concuerdan parcialmente con los resultados obtenidos en este estudio aplicando una estrategia de reparación A+MEP. En donde los grupos de BR y VE presentaron una mayor μ SBS al análisis de las 24 horas en relación al tratamiento HF+S. A su vez, los grupos TC y BR, al análisis a las 24h presentaron mayores valores de unión del A+MEP comparados con el monocomponente MEP. Por lo que, se plantea que la aplicación de la imprimación cerámica MEP posterior al arenado mejoraría la resistencia de la unión al cizallamiento y esto puede explicarse por diversos mecanismos; la microabrasión del bloque de composite de resina CAD/CAM produce rugosidad superficial, aumentando el área de la superficie y exponiendo más partículas de relleno en la superficie de la matriz de resina, logrando retención micromecánica (da Costa et al., 2012) y luego el agente de imprimación MEP va a reaccionar con las superficies de partículas de relleno aumentadas generando un enlace químico. Una vez, eliminado el polifluoruro de amonio de la superficie va a dejar una superficie limpia, rugosa y activada sobre la cual el silano se condensa creando una capa estable de grupos terminales de metacrilatos reactivos, que a su vez genera un enlace químico con el metacrilato del composite de cementación usado posteriormente (Roman-Rodriguez et al., 2017; Yoshihara et al., 2017). De igual manera, (Higashi et al., 2016), examinó el efecto del arenado y la silanización en la μ TBS cementos de resina; encontrando que la arenado mejoró significativamente los valores de μ TBS de los cementos resinosos a los bloques CAD/CAM (Higashi et al., 2016). (Tekce et al., 2019) Obtuvieron resultados similares mientras investigaban el efecto de la microabrasión sobre la fuerza de unión microtensil del cemento adhesivo a los materiales CAD/CAM (Lava Ultimate, Vita Enamic y Cerasmart) (Tekce et al., 2019). Por lo tanto, se podría obtener una mayor fuerza de unión combinando la estrategia de microabrasión más la imprimación MEP. Esto podría

explicar las alteraciones topográficas en la superficie de los grupos CE, TC, BR, que se observaron en las micrografías SEM (Figura 8), presentando irregularidades y surcos predominantes en la estrategia de A+MEP, seguido del HF+S y el MEP. El arenado expone las partículas de relleno en los bloques basados en compuestos de resina mejorando la unión con los rellenos inorgánicos y los grupos silanol, mediante la unión de enlaces siloxanos (da Costa et al., 2012; Elsaka, 2016)

Por otra parte, los grupos de CE y TC al analizarse a las 24 horas, no presentaron diferencias significativas entre el protocolo de A+MEP y HS+S; esto podría estar relacionado con la composición y la estructura de cada bloque. (Niizuma et al., 2020)., investigó el efecto de grabado durante 90s con bajas concentraciones (0,5%; 1,0%; 2,0%; 3,0%, 3,5%; 4%) HF sobre materiales CAD/CAM (Cerasmart CS, Shofu HC, Katana KA y Vita Enamic EN), en donde el grabado HF aumentó la rugosidad de superficie en todos los bloques; mientras que, la resistencia de unión aumentó con el grabado a bajas concentraciones (Niizuma et al., 2020). Mediante el análisis elemental químico (EDX), reveló que la porción de sílice (Si) contenida en cada bloque tiende a disminuir significativamente con el grabado con HF, lo que probablemente genera una disminución de la porción de Si del bloque (Niizuma et al., 2020). Esta disminución pudo aumentar el contenido de vidrio de bario presente en el bloque Cerasmart, aumentando la fuerza de unión (Niizuma et al., 2020). Este hallazgo podría explicar el incremento en la fuerza μ SBS de los grupos CE y TC empleando una estrategia de reparación HF+S. Sin embargo, se requeriría de un EDX para corroborar lo evidenciado en el presente estudio. Además, sumado a la aplicación del silano sobre la superficie del sustrato pretrado en donde el compuesto de resina que consta de grupos funcionales reactivos pueden reaccionar con los grupos organofuncionales de los agentes de acoplamiento de silano (Christie Y. K. Lung, 2010). Esto sucede porque los

componentes del iniciador en el compuesto de resina se descomponen en radicales libres reactivos y de alta energía que reaccionan con el enlace >CC< en el monómero de resina o en la molécula de silano para generar una nueva especie reactiva de radicales libres (Christie Y. K. Lung, 2010). La incorporación de estos radicales libres entre los monómeros compuestos de resina y las moléculas de silano forma nuevos enlaces CC sigma (Christie Y. K. Lung, 2010) . Por lo tanto, se forma un vínculo entre el compuesto de resina y la superficie a tratar (Christie Y. K. Lung, 2010), De igual forma, se podría atribuir la similitud en ambas estrategias a que no todos los bloques de resina CAD/CAM mejoran la resistencia de unión al microcizallamiento con el arenado; por lo que, la superficie del bloque se puede ver afectada por la abrasión en relación al tamaño de la partícula y la presión realizada, dado que no se siguieron las indicaciones del fabricante, probablemente ocasionando cambios en la superficie de adhesión (Eldafrawy et al., 2018; Tsitrou et al., 2010).

Por otro lado, los grupos CE, TC, BR, evidenciaron diferencias significativas al comparar las estrategias de reparación del HF+S y MEP a las 24 horas mostrando mayores valores de μ SBS para el protocolo HF+S. Esto podría atribuirse al pH ácido de ambos patrones de grabado con la composición química de los bloques de resina CAD/CAM; en donde el HF es más ácido (pH:3.8) a diferencia del MEP (pH3.8); por lo tanto, el HF usado comúnmente para grabar cerámica al tener una acidez fuerte es capaz de reaccionar y eliminar la matriz vítrea que contiene el Si, dejando expuesta la fase cristalina, aumentando la humectabilidad, la energía superficial creando mayores cráteres, surcos y microporos comparados con una superficie menos irregular y con menos grietas del MEP, influyendo en una mayor traba micromecánica (Alex, 2008; Gupta et al., 2015). No obstante, se plantea la hipótesis que HF al ser aplicado en bloques de resina CAD/CAM, va actuar y disminuir el relleno de sílice contenido en

los materiales a base resina, aumentando el contenido de bario presente en su composición aumentando la fuerza de unión (Niizuma et al., 2020). Estos hallazgos, se correlacionan con el estudio de (Prado et al., 2018), que evaluó la fuerza de unión microcizallamiento de un cemento compuesto adherido a 2 vitrocerámicas, comparando el acondicionamiento convencional HF+S y MEP a las 24h, dando mayores valores de μ SBS para ambas cerámicas (Prado et al., 2018). Además, estos hallazgos podrían explicar las alteraciones topográficas en la superficie del grupo VE que se observaron en las micrografías SEM (Figura 9), generando mayores rugosidades en la estrategia de HF+S, seguido del A+MEP y el MEP.

Durante el análisis a las 24 horas, en el grupo VE no se registró diferencias significativas entre la estrategia de HF+S y MEP. (El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018), evaluó el efecto del pretratamiento de las cerámicas vítreas e híbridas con una imprimación MEP, revelando mayores valores de μ SBS en la estrategia de HF+S comparado con Silano y MEP en las cerámicas; esto puede atribuirse al aumento del área superficial y la rugosidad ocasionada por este pretratamiento. Sin embargo, en el material híbrido no presentó diferencias significativas entre HF+S y MEP, esto podría relacionarse al patrón de grabado; dado que el MEP al contener polifluoruro de amonio y ser una sal ácida suave en relación al ácido fluorhídrico, se espera que de un patrón de grabado más débil (El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018). Sin embargo, (Tian et al., 2014), explicó que la disolución del componente vítreo no depende de la diferencia de acidez; sino a la reacción del fluoruro con el dióxido de silicio para formar fluoruro de silicio. Por lo tanto, los efectos de grabado con HS+S y MEP pueden atribuirse a la variación en la reactividad del fluoruro disponible dentro de cada material (Tian et al., 2014). Por tal motivo, el patrón de grabado no puede considerarse como desventaja, dado que en estudios anteriores no se

ha encontrado un beneficio significativo en términos de fuerza de unión (Siqueira et al., 2019). Además, se podría relacionar el aumento en la resistencia de unión al modo de aplicación del primer MEP. Por lo que, se plantea la hipótesis de que la aplicación continua durante 60s incrementa el potencial de grabado en lugar de 20s y esto podría deberse a la interacción del monómero ácido resinoso (éster de ácido fosfórico metacrilado) incrementando no solo la impregnación del monómero en la superficie sino el potencial de grabado (Cardenas et al., 2019). Así mismo, realizar un lavado por 60s no solo suprime el alcohol, agua y otros productos de reacción del silano, sino que también puede contribuir a la condensación de la sílice con el silano formando siloxanos (Shen et al., 2004). Por consiguiente, la evaporación del alcohol puede aumentar la densidad de las conexiones locales disponibles para que el silano pueda reaccionar con la superficie pretratada (Shen et al., 2004). Esto concordaría con el estudio (Cardenas et al., 2019), que evalúa diferentes modos de aplicación del MEP sobre el (μ SBS) en superficies vitrocerámicas dando valores altos μ SBS frotando el MEP por 60s y dejando actuar por 40s para disilicato de litio, mientras que en la cerámica feldespática no hubieron diferencias significativas (Cardenas et al., 2019).

Con respecto a las condiciones de almacenamiento, hubo un descenso de los valores obtenidos de μ SBS en relación al tiempo después de las 24 horas y 10000 ciclos, siendo estadísticamente significativo en todos los grupos, a excepción del grupo B con tratamiento de superficie MEP, no mostrando diferencias significativas relacionadas al tiempo. Por lo tanto, la segunda hipótesis que establecía que el procedimiento de envejecimiento no afecta la fuerza de unión de reparación de los materiales CAD/CAM debe ser parcialmente rechazada. Esta disminución del μ SBS en los grupos CE, TC, VE, podría relacionarse con la interfaz silanizada cuando se expone al agua; produciendo una disminución significativa de la fuerza de unión en la interfaz

durante un período de tiempo, lo que puede deberse a la ruptura hidrolítica de los enlaces de siloxano, contribuyendo a la disminución de la fuerza de unión observada en los grupos experimentales (Cardenas et al., 2017; Guarda et al., 2013; Kalavacharla et al., 2015). Además, los repetidos cambios de temperatura conllevan a un debilitamiento continuo de las superficies de unión entre la matriz de resina y el material de relleno, probablemente debido al coeficiente de expansión térmica (Baur & Ilie, 2013; Celik et al., 2015; Ozel Bektas et al., 2012). Esto concuerda con los hallazgos encontrados en estudios anteriores en donde el termociclado ha influenciado negativamente en la fuerza de unión de los materiales CAD/CAM con las resinas compuestas (Baur & Ilie, 2013; Celik et al., 2015; Ozel Bektas et al., 2012).

Por otra parte, el grupo Brilliant con estrategia de reparación del monocomponente MEP, no presentó diferencia significativa relacionado al tiempo de almacenamiento. De esta forma, se plantea la hipótesis que tener un módulo elástico bajo, hace que sea resiliente para soportar los impactos. Además, acorde a la guía del producto establecida por la casa comercial, la resina BR muestra baja absorción de agua debido a su bajo contenido de polímero. Por tal razón, el primer de silano que viene integrado en el monocomponente MEP, no absorbe una predominante cantidad de agua, no conllevando a una mayor ruptura hidrolítica de los enlaces siloxanos en la interface del siloxano (Jukka Pekka Matinlinna, 2010), conduciendo a que los polímeros plastificados no disminuyan significativamente sus propiedades mecánicas, resultando en una mayor durabilidad de unión (De Munck et al., 2003).

El HF es un químico fuerte, tóxico que tiene el poder de corroer los tejidos y de provocar dolor, ardor al contacto e incluso alterar el mecanismo de calcio convirtiéndose en un problema principal para su reparación intraoral (Blatz et al., 2003; Chen et al., 1998). Por lo que fue un hallazgo que la abrasión con partículas de óxido de

aluminio combinado con el primer autograbante MEP aumente la fuerza de unión, convirtiéndose en una alternativa para la reparación de microfisuras de materiales CAD/CAM a nivel clínico.

El presente estudio tuvo algunas limitaciones entre ellas: no se pudo realizar un EDX y medir el cambio de la composición elemental en la superficie de los bloques CAD/CAM causado por los diferentes patrones de grabado, siendo un análisis importante para observar los residuos posteriores a una superficie pretratada. Además, al ser un estudio *in vitro* no reproducen con exactitud las condiciones clínicas por lo que se recomienda la realización de estudios clínicos para obtener más información sobre la nueva imprimación; así como la evaluación de otras variables relacionadas al tiempo de aplicación, condición de almacenamiento y la combinación de microabrasión en el primer cerámico MEP.

6. CONCLUSIONES

Con las limitaciones del presente estudio *in vitro*, podemos concluir que:

1. El uso de tratamientos alternativos para la reparación de materiales CAD-CAM con contenido de resinas compuestas puede ser una herramienta efectiva para su reparación.
2. Dependiendo del material, el uso de técnicas alternativas eficaces para reparar restauraciones de materiales CAD CAM a base de resina puede variar entre el uso de un acondicionador monocomponente o la combinación de microarenado y acondicionador monocomponente
3. EL uso de estrategias adhesivas alternativas a las indicadas por el fabricante puede ser una estrategia confiable para promover valores adhesivos de reparación estables después del envejecimiento artificial.

7. RECOMENDACIONES

Se sugiere la realización de futuros estudios con diferentes métodos de prueba que evalúen las propiedades mecánicas y ópticas de los materiales CAD/CAM de acuerdo a los parámetros establecidos en este estudio. Asimismo, la realización de estudios clínicos ya que al ser un estudio in vitro no reproducen con exactitud las condiciones clínicas sobre la nueva imprimación cerámica MEP.

8. REFERENCIAS

Abdullah, A. O., Pollington, S., & Liu, Y. (2018). Comparison between direct chairside and digitally fabricated temporary crowns. *Dent Mater J*, 37(6), 957-963. <https://doi.org/10.4012/dmj.2017-315>

Al-Haj Husain, N., Camilleri, J., & Ozcan, M. (2016). Effect of polishing instruments and polishing regimens on surface topography and phase transformation of monolithic zirconia: An evaluation with XPS and XRD analysis. *J Mech Behav Biomed Mater*, 64, 104-112. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2016.07.025>

Alex, G. (2008). Preparing porcelain surfaces for optimal bonding. *Compend Contin Educ Dent*, 29(6), 324-335; quiz 336. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18795637>

Alshihri, A. (2019). Etching efficacy and bonding performance of resin to lithium disilicate ceramic using self-etching primer with different reaction times. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 33, 1215–1225. <https://doi.org/10.1080/01694243.2019.1585028>

Antonucci, J. M., Dickens, S. H., Fowler, B. O., Xu, H. H., & McDonough, W. G. (2005). Chemistry of Silanes: Interfaces in Dental Polymers and Composites. *J Res Natl Inst Stand Technol*, 110(5), 541-558. <https://doi.org/10.6028/jres.110.081>

Barutcigil, K., Barutcigil, C., Kul, E., Ozarslan, M. M., & Buyukkapan, U. S. (2019). Effect of Different Surface Treatments on Bond Strength of Resin Cement to a CAD/CAM Restorative Material. *J Prosthodont*, 28(1), 71-78. <https://doi.org/10.1111/jopr.12574>

Baur, V., & Ilie, N. (2013). Repair of dental resin-based composites. *Clin Oral Investig*, 17(2), 601-608. <https://doi.org/10.1007/s00784-012-0722-4>

Beuer, F., Schweiger, J., & Edelhoff, D. (2008). Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J*, 204(9), 505-511. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2008.350>

Blatz, M. B., Sadan, A., & Kern, M. (2003). Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent*, 89(3), 268-274. <https://doi.org/10.1067/mpr.2003.50>

Brosh, T., Pilo, R., Bichacho, N., & Blutstein, R. (1997). Effect of combinations of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites. *J Prosthet Dent*, 77(2), 122-126. [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(97\)70224-5](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(97)70224-5)

Cardenas, A. F. M., Quintero-Calderon, A. S., Siqueira, F. S. F., Campos, V. S., Wendlinger, M., Pulido-Mora, C. A., Masson-Palacios, M. J., Sarmiento-Delgado, M. L., & Loguercio, A. D. (2019). Do Different Application Modes Improve the Bonding Performance of Self-etching Ceramic Primer to Lithium Disilicate and Feldspathic Ceramics? *J Adhes Dent*, 21(4), 319-327. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a42929>

Cardenas, A. M., Siqueira, F., Hass, V., Malaquias, P., Gutierrez, M. F., Reis, A., Perdigao, J., & Loguercio, A. (2017). Effect of MDP-containing Silane and Adhesive Used Alone or in Combination on the Long-term Bond Strength and Chemical Interaction with Lithium Disilicate Ceramics. *J Adhes Dent*, *19*(3), 203-212. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a38414>

Celik, C., Cehreli, S. B., & Arhun, N. (2015). Resin composite repair: Quantitative microleakage evaluation of resin-resin and resin-tooth interfaces with different surface treatments. *Eur J Dent*, *9*(1), 92-99. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.149652>

Cesar, P. F., Meyer Faara, P. M., Miwa Caldart, R., Gastaldoni Jaeger, R., & da Cunha Ribeiro, F. (2001). Tensile bond strength of composite repairs on Artglass using different surface treatments. *Am J Dent*, *14*(6), 373-377. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11949797>

Chen, J. H., Matsumura, H., & Atsuta, M. (1998). Effect of different etching periods on the bond strength of a composite resin to a machinable porcelain. *J Dent*, *26*(1), 53-58. [https://doi.org/10.1016/s0300-5712\(96\)00078-4](https://doi.org/10.1016/s0300-5712(96)00078-4)

Christie Y. K. Lung, J. P. M. (2010). Resin Bonding to Silicized Zirconia with Two Isocyanatosilanes and a Cross-linking Silane. Part II: Mechanistic Approach. *Springer* *2*(2010), 153-161. <https://doi.org/10.1007/s12633-010-9043-x>

Coldea, A., Swain, M. V., & Thiel, N. (2013). Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. *Dent Mater*, *29*(4), 419-426. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.01.002>

D'Arcangelo, C., & Vanini, L. (2007). Effect of three surface treatments on the adhesive properties of indirect composite restorations. *J Adhes Dent*, 9(3), 319-326.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17655072>

da Costa, T. R., Serrano, A. M., Atman, A. P., Loguercio, A. D., & Reis, A. (2012). Durability of composite repair using different surface treatments. *J Dent*, 40(6), 513-521. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.03.001>

Dall'oca, S., Papacchini, F., Radovic, I., Polimeni, A., & Ferrari, M. (2008). Repair potential of a laboratory-processed nano-hybrid resin composite. *J Oral Sci*, 50(4), 403-412. <https://doi.org/10.2334/josnusd.50.403>

De Munck, J., Van Meerbeek, B., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., Suzuki, K., Lambrechts, P., & Vanherle, G. (2003). Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res*, 82(2), 136-140. <https://doi.org/10.1177/154405910308200212>

de Souza, G., Hennig, D., Aggarwal, A., & Tam, L. E. (2014). The use of MDP-based materials for bonding to zirconia. *J Prosthet Dent*, 112(4), 895-902. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.01.016>

Dietschi, D., Scampa, U., Campanile, G., & Holz, J. (1995). Marginal adaptation and seal of direct and indirect Class II composite resin restorations: an in vitro evaluation. *Quintessence Int*, 26(2), 127-138. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7568723>

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

Eldafrawy, M., Ebroin, M. G., Gailly, P. A., Nguyen, J. F., Sadoun, M. J., & Mainjot, A. K. (2018). Bonding to CAD-CAM Composites: An Interfacial Fracture Toughness Approach. *J Dent Res*, 97(1), 60-67. <https://doi.org/10.1177/0022034517728714>

Elsaka, S. E. (2015). Repair bond strength of resin composite to a novel CAD/CAM hybrid ceramic using different repair systems. *Dent Mater J*, 34(2), 161-167. <https://doi.org/10.4012/dmj.2014-159>

Elsaka, S. E. (2016). Influence of surface treatments on bond strength of metal and ceramic brackets to a novel CAD/CAM hybrid ceramic material. *Odontology*, 104(1), 68-76. <https://doi.org/10.1007/s10266-014-0188-8>

Giordano, R. (2006). Materials for chairside CAD/CAM-produced restorations. *J Am Dent Assoc*, 137 Suppl, 14S-21S. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0397>

Gordan, V. V., Mondragon, E., & Shen, C. (2002). Replacement of resin-based composite: evaluation of cavity design, cavity depth, and shade matching. *Quintessence Int*, 33(4), 273-278. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11989376>

Gou, M., Chen, H., Kang, J., & Wang, H. (2019). Antagonist enamel wear of tooth-supported monolithic zirconia posterior crowns in vivo: A systematic review. *J Prosthet Dent*, 121(4), 598-603. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.06.005>

Gracis, S., Thompson, V. P., Ferencz, J. L., Silva, N. R., & Bonfante, E. A. (2015). A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont*, 28(3), 227-235. <https://doi.org/10.11607/ijp.4244>

Guarda, G. B., Correr, A. B., Goncalves, L. S., Costa, A. R., Borges, G. A., Sinhoreti, M. A., & Correr-Sobrinho, L. (2013). Effects of surface treatments,

thermocycling, and cyclic loading on the bond strength of a resin cement bonded to a lithium disilicate glass ceramic. *Oper Dent*, 38(2), 208-217. <https://doi.org/10.2341/11-076-L>

Guess, P. C., Schultheis, S., Bonfante, E. A., Coelho, P. G., Ferencz, J. L., & Silva, N. R. (2011). All-ceramic systems: laboratory and clinical performance. *Dent Clin North Am*, 55(2), 333-352, ix. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2011.01.005>

Gul, P., & Altinok-Uygun, L. (2020). Repair bond strength of resin composite to three aged CAD/CAM blocks using different repair systems. *J Adv Prosthodont*, 12(3), 131-139. <https://doi.org/10.4047/jap.2020.12.3.131>

Gupta, S., Parolia, A., Jain, A., Kundabala, M., Mohan, M., & de Moraes Porto, I. C. (2015). A comparative effect of various surface chemical treatments on the resin composite-composite repair bond strength. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*, 33(3), 245-249. <https://doi.org/10.4103/0970-4388.160402>

Higashi, M., Matsumoto, M., Kawaguchi, A., Miura, J., Minamino, T., Kabetani, T., Takeshige, F., Mine, A., & Yatani, H. (2016). Bonding effectiveness of self-adhesive and conventional-type adhesive resin cements to CAD/CAM resin blocks. Part 1: Effects of sandblasting and silanization. *Dent Mater J*, 35(1), 21-28. <https://doi.org/10.4012/dmj.2015-234>

Hisamatsu, N., Atsuta, M., & Matsumura, H. (2002). Effect of silane primers and unfilled resin bonding agents on repair bond strength of a prosthodontic microfilled composite. *J Oral Rehabil*, 29(7), 644-648. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.2002.00899.x>

Hooshmand, T., Parvizi, S., & Keshvad, A. (2008). Effect of surface acid etching on the biaxial flexural strength of two hot-pressed glass ceramics. *J Prosthodont*, *17*(5), 415-419. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2008.00319.x>

Joda, T., Zarone, F., & Ferrari, M. (2017). The complete digital workflow in fixed prosthodontics: a systematic review. *BMC Oral Health*, *17*(1), 124. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0415-0>

Jovanovic, M., Zivic, M., & Milosavljevic, M. (2021). A potential application of materials based on a polymer and CAD/CAM composite resins in prosthetic dentistry. *J Prosthodont Res*, *65*(2), 137-147. https://doi.org/10.2186/jpr.JPOR_2019_404

Jukka Pekka Matinlinna, L. L. (2010). Experimental Novel Silane System in Adhesion Promotion between Dental Resin and Pretreated Titanium. Part II: Effect of Long-Term Water Storage. *ResearchGate*, *2*(2010), 79-85. <https://doi.org/10.1007/s12633-010-9039-6>

Kalavacharla, V. K., Lawson, N. C., Ramp, L. C., & Burgess, J. O. (2015). Influence of Etching Protocol and Silane Treatment with a Universal Adhesive on Lithium Disilicate Bond Strength. *Oper Dent*, *40*(4), 372-378. <https://doi.org/10.2341/14-116-L>

Kim, B., Zhang, Y., Pines, M., & Thompson, V. P. (2007). Fracture of porcelain-veneered structures in fatigue. *J Dent Res*, *86*(2), 142-146. <https://doi.org/10.1177/154405910708600207>

Kimmich, M., & Stappert, C. F. (2013). Intraoral treatment of veneering porcelain chipping of fixed dental restorations: a review and clinical application. *J Am Dent Assoc*, *144*(1), 31-44. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2013.0011>

Kurtulmus-Yilmaz, S., Cengiz, E., Ongun, S., & Karakaya, I. (2019). The Effect of Surface Treatments on the Mechanical and Optical Behaviors of CAD/CAM Restorative Materials. *J Prosthodont*, 28(2), e496-e503. <https://doi.org/10.1111/jopr.12749>

Lambert, H., Durand, J. C., Jacquot, B., & Fages, M. (2017). Dental biomaterials for chairside CAD/CAM: State of the art. *J Adv Prosthodont*, 9(6), 486-495. <https://doi.org/10.4047/jap.2017.9.6.486>

Leprince, J. G., Palin, W. M., Hadis, M. A., Devaux, J., & Leloup, G. (2013). Progress in dimethacrylate-based dental composite technology and curing efficiency. *Dent Mater*, 29(2), 139-156. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.11.005>

Li, R. W., Chow, T. W., & Matinlinna, J. P. (2014). Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. *J Prosthodont Res*, 58(4), 208-216. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2014.07.003>

Lim, K., Yap, A. U., Agarwalla, S. V., Tan, K. B., & Rosa, V. (2016). Reliability, failure probability, and strength of resin-based materials for CAD/CAM restorations. *J Appl Oral Sci*, 24(5), 447-452. <https://doi.org/10.1590/1678-775720150561>

Lima, A. F., Ferreira, S. F., Catelan, A., Palialol, A. R., Goncalves, L. S., Aguiar, F. H., & Marchi, G. M. (2014). The effect of surface treatment and bonding procedures on the bond strength of silorane composite repairs. *Acta Odontol Scand*, 72(1), 71-75. <https://doi.org/10.3109/00016357.2013.804945>

Lima, R. B. W., Muniz, I. A. F., Campos, D. E. S., Murillo-Gomez, F., Andrade, A. K. M., Duarte, R. M., & de Souza, G. M. (2022). 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*.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.01.011>

Lisia L.Valente, R. S.-O., Ana P.Gonçalves, Eduardo Fernández, Bas Loomans, Rafael R.Moraes. (2016). Repair bond strength of dental composites: systematic review and meta-analysis. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 69(2016), 15-26.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2016.03.020>

Litovitz, T. L., Klein-Schwartz, W., Dyer, K. S., Shannon, M., Lee, S., & Powers, M. (1998). 1997 annual report of the American Association of Poison Control Centers Toxic Exposure Surveillance System. *Am J Emerg Med*, 16(5), 443-497.
[https://doi.org/10.1016/s0735-6757\(98\)90000-6](https://doi.org/10.1016/s0735-6757(98)90000-6)

Loomans, B., & Ozcan, M. (2016). Intraoral Repair of Direct and Indirect Restorations: Procedures and Guidelines. *Oper Dent*, 41(S7), S68-S78.
<https://doi.org/10.2341/15-269-LIT>

Loomans, B. A., Cardoso, M. V., Opdam, N. J., Roeters, F. J., De Munck, J., Huysmans, M. C., & Van Meerbeek, B. (2011). Surface roughness of etched composite resin in light of composite repair. *J Dent*, 39(7), 499-505.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2011.04.007>

Loomans, B. A., Mine, A., Roeters, F. J., Opdam, N. J., De Munck, J., Huysmans, M. C., & Van Meerbeek, B. (2010). Hydrofluoric acid on dentin should be avoided. *Dent Mater*, 26(7), 643-649. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.03.007>

Lung, C. Y., & Matinlinna, J. P. (2012). Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: an overview. *Dent Mater*, 28(5), 467-477.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.02.009>

Lyann, S. K., Takagaki, T., Nikaido, T., Uo, M., Ikeda, M., Sadr, A., & Tagami, J. (2018). Effect of Different Surface Treatments on the Tensile Bond Strength to Lithium Disilicate Glass Ceramics. *J Adhes Dent*, 20(3), 261-268. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a40632>

Magne, P., & Knezevic, A. (2009). Thickness of CAD-CAM composite resin overlays influences fatigue resistance of endodontically treated premolars. *Dent Mater*, 25(10), 1264-1268. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.05.007>

Matinlinna, J. P., Lung, C. Y. K., & Tsoi, J. K. H. (2018). Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. *Dent Mater*, 34(1), 13-28. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.09.002>

Melo, M. A., Moyses, M. R., Santos, S. G., Alcantara, C. E., & Ribeiro, J. C. (2011). Effects of different surface treatments and accelerated artificial aging on the bond strength of composite resin repairs. *Braz Oral Res*, 25(6), 485-491. <https://doi.org/10.1590/s1806-83242011000600003>

Mendes, L. T., Loomans, B. A. C., Opdam, N. J. M., Silva, C. L. D., Casagrande, L., & Lenzi, T. L. (2020). Silane Coupling Agents are Beneficial for Resin Composite Repair: A Systematic Review and Meta-Analysis of In Vitro Studies. *J Adhes Dent*, 22(5), 443-453. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a45175>

Miranda, J. S., Monteiro, J. B., Silva, P. N. F., Valera, M. C., Bresciani, E., & Melo, R. M. (2020). Can different etching protocols change the properties of a hybrid ceramic? *Gen Dent*, 68(2), 20-25. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32105221>

Miyazaki, T., Hotta, Y., Kunii, J., Kuriyama, S., & Tamaki, Y. (2009). A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J*, 28(1), 44-56. <https://doi.org/10.4012/dmj.28.44>

Mohammadi-Bassir, M., Babasafari, M., Rezvani, M. B., & Jamshidian, M. (2017). Effect of coarse grinding, overglazing, and 2 polishing systems on the flexural strength, surface roughness, and phase transformation of yttrium-stabilized tetragonal zirconia. *J Prosthet Dent*, *118*(5), 658-665. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.12.019>

Mormann, W. H. (2006). The evolution of the CEREC system. *J Am Dent Assoc*, *137 Suppl*, 7S-13S. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0398>

Murillo-Gomez, F., & De Goes, M. F. (2019). Bonding effectiveness of tooth-colored materials to resin cement provided by self-etching silane primer after short- and long-term storage. *J Prosthet Dent*, *121*(4), 713 e711-713 e718. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.12.018>

Nguyen, J. F., Migonney, V., Ruse, N. D., & Sadoun, M. (2012). Resin composite blocks via high-pressure high-temperature polymerization. *Dent Mater*, *28*(5), 529-534. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.12.003>

Nguyen, J. F., Migonney, V., Ruse, N. D., & Sadoun, M. (2013). Properties of experimental urethane dimethacrylate-based dental resin composite blocks obtained via thermo-polymerization under high pressure. *Dent Mater*, *29*(5), 535-541. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.02.006>

Niizuma, Y., Kobayashi, M., Toyama, T., & Manabe, A. (2020). Effect of etching with low concentration hydrofluoric acid on the bond strength of CAD/CAM resin block. *Dent Mater J*, *39*(6), 1000-1008. <https://doi.org/10.4012/dmj.2018-398>

Nobuaki, A., Keiichi, Y., & Takashi, S. (2015). Effects of air abrasion with alumina or glass beads on surface characteristics of CAD/CAM composite materials and

the bond strength of resin cements. *J Appl Oral Sci*, 23(6), 629-636.
<https://doi.org/10.1590/1678-775720150261>

Ohlmann, B., Gruber, R., Eickemeyer, G., & Rammelsberg, P. (2008). Optimizing preparation design for metal-free composite resin crowns. *J Prosthet Dent*, 100(3), 211-219. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)60180-8](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(08)60180-8)

Otto, T., & Schneider, D. (2008). Long-term clinical results of chairside Cerec CAD/CAM inlays and onlays: a case series. *Int J Prosthodont*, 21(1), 53-59. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18350948>

Ozcan, M., Alander, P., Vallittu, P. K., Huysmans, M. C., & Kalk, W. (2005). Effect of three surface conditioning methods to improve bond strength of particulate filler resin composites. *J Mater Sci Mater Med*, 16(1), 21-27. <https://doi.org/10.1007/s10856-005-6442-4>

Ozcan, M., Corazza, P. H., Marocho, S. M., Barbosa, S. H., & Bottino, M. A. (2013). Repair bond strength of microhybrid, nanohybrid and nanofilled resin composites: effect of substrate resin type, surface conditioning and ageing. *Clin Oral Investig*, 17(7), 1751-1758. <https://doi.org/10.1007/s00784-012-0863-5>

Ozcan, M., Pfeiffer, P., & Nergiz, I. (1998). A brief history and current status of metal-and ceramic surface-conditioning concepts for resin bonding in dentistry. *Quintessence Int*, 29(11), 713-724. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10200721>

Ozel Bektas, O., Eren, D., Herguner Siso, S., & Akin, G. E. (2012). Effect of thermocycling on the bond strength of composite resin to bur and laser treated composite resin. *Lasers Med Sci*, 27(4), 723-728. <https://doi.org/10.1007/s10103-011-0958-2>

Papadiochou, S., & Pissiotis, A. L. (2018). Marginal adaptation and CAD-CAM technology: A systematic review of restorative material and fabrication techniques. *J Prosthet Dent*, *119*(4), 545-551. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.07.001>

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 (Basel)*, *13*(4). <https://doi.org/10.3390/ma13040981>

Pioch, T., Jakob, H., Garcia-Godoy, F., Gotz, H., Dorfer, C. E., & Staehle, H. J. (2003). Surface characteristics of dentin experimentally exposed to hydrofluoric acid. *Eur J Oral Sci*, *111*(4), 359-364. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0722.2003.00048.x>

Prado, M., Prochnow, C., Marchionatti, A. M. E., Baldissara, P., Valandro, L. F., & Wandscher, V. F. (2018). Ceramic Surface Treatment with a Single-component Primer: Resin Adhesion to Glass Ceramics. *J Adhes Dent*, *20*(2), 99-105. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a40303>

Ramos Nde, C., Campos, T. M., Paz, I. S., Machado, J. P., Bottino, M. A., Cesar, P. F., & Melo, R. M. (2016). Microstructure characterization and SCG of newly engineered dental ceramics. *Dent Mater*, *32*(7), 870-878. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.03.018>

Rekow, D. (1987). Computer-aided design and manufacturing in dentistry: a review of the state of the art. *J Prosthet Dent*, *58*(4), 512-516. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(87\)90285-x](https://doi.org/10.1016/0022-3913(87)90285-x)

Rodrigues, S. A., Jr., Ferracane, J. L., & Della Bona, A. (2009). Influence of surface treatments on the bond strength of repaired resin composite restorative materials. *Dent Mater*, *25*(4), 442-451. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2008.09.009>

Roeters, J. J. (2000). A simple method to protect patient and environment when using sandblasting for intraoral repair. *J Adhes Dent*, 2(3), 235-238. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11317398>

Roman-Rodriguez, J. L., Perez-Barquero, J. A., Gonzalez-Angulo, E., Fons-Font, A., & Bustos-Salvador, J. L. (2017). Bonding to silicate ceramics: Conventional technique compared with a simplified technique. *J Clin Exp Dent*, 9(3), e384-e386. <https://doi.org/10.4317/jced.53570>

Rosentritt, M., Krifka, S., Strasser, T., & Preis, V. (2020). Fracture force of CAD/CAM resin composite crowns after in vitro aging. *Clin Oral Investig*, 24(7), 2395-2401. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-03099-1>

Rosentritt, M., Preis, V., Behr, M., & Hahnel, S. (2017). Influence of preparation, fitting, and cementation on the vitro performance and fracture resistance of CAD/CAM crowns. *J Dent*, 65, 70-75. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.07.006>

Scherrer, S. S., Quinn, G. D., & Quinn, J. B. (2008). Fractographic failure analysis of a Procera AllCeram crown using stereo and scanning electron microscopy. *Dent Mater*, 24(8), 1107-1113. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2008.01.002>

Shen, C., Oh, W. S., & Williams, J. R. (2004). Effect of post-silanization drying on the bond strength of composite to ceramic. *J Prosthet Dent*, 91(5), 453-458. <https://doi.org/10.1016/S0022391304001301>

Sideridou, I., Tserki, V., & Papanastasiou, G. (2002). Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*, 23(8), 1819-1829. [https://doi.org/10.1016/s0142-9612\(01\)00308-8](https://doi.org/10.1016/s0142-9612(01)00308-8)

Siqueira, F. S., Alessi, R. S., Cardenas, A. F., Kose, C., Souza Pinto, S. C., Bandeca, M. C., Loguercio, A. D., & Gomes, J. C. (2016). New Single-bottle Ceramic Primer: 6-month Case Report and Laboratory Performance. *J Contemp Dent Pract*, *17*(12), 1033-1039. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27965493>

Siqueira, F. S. F., Campos, V. S., Wendlinger, M., Muso, R. A. C., Gomes, J. C., Reis, A., Cardenas, A. F. M., & Loguercio, A. D. (2019). Effect of Self-Etching Primer Associated to Hydrofluoric acid or Silane on Bonding to Lithium Disilicate. *Braz Dent J*, *30*(2), 171-178. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201902366>

Skorulska, A., Piszko, P., Rybak, Z., Szymonowicz, M., & Dobrzynski, M. (2021). Review on Polymer, Ceramic and Composite Materials for CAD/CAM Indirect Restorations in Dentistry-Application, Mechanical Characteristics and Comparison. *Materials (Basel)*, *14*(7). <https://doi.org/10.3390/ma14071592>

Soares, C. J., Giannini, M., Oliveira, M. T., Paulillo, L. A., & Martins, L. R. (2004). Effect of surface treatments of laboratory-fabricated composites on the microtensile bond strength to a luting resin cement. *J Appl Oral Sci*, *12*(1), 45-50. <https://doi.org/10.1590/s1678-77572004000100009>

Spitznagel, F. A., Horvath, S. D., Guess, P. C., & Blatz, M. B. (2014). Resin bond to indirect composite and new ceramic/polymer materials: a review of the literature. *J Esthet Restor Dent*, *26*(6), 382-393. <https://doi.org/10.1111/jerd.12100>

Sriamporn, T., Thamrongananskul, N., Busabok, C., Poolthong, S., Uo, M., & Tagami, J. (2014). Dental zirconia can be etched by hydrofluoric acid. *Dent Mater J*, *33*(1), 79-85. <https://doi.org/10.4012/dmj.2013-243>

Stawarczyk, B., Basler, T., Ender, A., Roos, M., Ozcan, M., & Hammerle, C. (2012). Effect of surface conditioning with airborne-particle abrasion on the tensile

strength of polymeric CAD/CAM crowns luted with self-adhesive and conventional resin cements. *J Prosthet Dent*, 107(2), 94-101. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(12\)60031-6](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(12)60031-6)

Stawarczyk, B., Trottmann, A., Hammerle, C. H., & Ozcan, M. (2013). Adhesion of veneering resins to polymethylmethacrylate-based CAD/CAM polymers after various surface conditioning methods. *Acta Odontol Scand*, 71(5), 1142-1148. <https://doi.org/10.3109/00016357.2012.757354>

Staxrud, F., & Dahl, J. E. (2015). Silanising agents promote resin-composite repair. *Int Dent J*, 65(6), 311-315. <https://doi.org/10.1111/idj.12188>

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 Med*, 15(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s13005-019-0206-8>

Sulaiman, T. A. (2020). Materials in digital dentistry-A review. *J Esthet Restor Dent*, 32(2), 171-181. <https://doi.org/10.1111/jerd.12566>

Tekce, N., Tuncer, S., Demirci, M., Kara, D., & Baydemir, C. (2019). Microtensile Bond Strength of CAD/CAM Resin Blocks to Dual-Cure Adhesive Cement: The Effect of Different Sandblasting Procedures. *J Prosthodont*, 28(2), e485-e490. <https://doi.org/10.1111/jopr.12737>

Thompson, V. P., & Rekow, D. E. (2004). Dental ceramics and the molar crown testing ground. *J Appl Oral Sci*, 12(spe), 26-36. <https://doi.org/10.1590/s1678-77572004000500004>

Tian, T., Tsoi, J. K., Matinlinna, J. P., & Burrow, M. F. (2014). Aspects of bonding between resin luting cements and glass ceramic materials. *Dent Mater*, 30(7), e147-162. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2014.01.017>

Tribst, J., Anami, L. C., Ozcan, M., Bottino, M. A., Melo, R. M., & Saavedra, G. (2018). Self-etching Primers vs Acid Conditioning: Impact on Bond Strength Between Ceramics and Resin Cement. *Oper Dent*, 43(4), 372-379. <https://doi.org/10.2341/16-348-L>

Tsitrou, E. A., Helvatjoglu-Antoniades, M., & van Noort, R. (2010). A preliminary evaluation of the structural integrity and fracture mode of minimally prepared resin bonded CAD/CAM crowns. *J Dent*, 38(1), 16-22. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2009.07.003>

Ustun, O., Buyukhatipoglu, I. K., & Secilmis, A. (2018). Shear Bond Strength of Repair Systems to New CAD/CAM Restorative Materials. *J Prosthodont*, 27(8), 748-754. <https://doi.org/10.1111/jopr.12564>

Van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Van Landuyt, K., Yoshida, Y., & Peumans, M. (2020). From Buonocore's Pioneering Acid-Etch Technique to Self-Adhering Restoratives. A Status Perspective of Rapidly Advancing Dental Adhesive Technology. *J Adhes Dent*, 22(1), 7-34. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a43994>

Wimmer, T., Ender, A., Roos, M., & Stawarczyk, B. (2013). Fracture load of milled polymeric fixed dental prostheses as a function of connector cross-sectional areas. *J Prosthet Dent*, 110(4), 288-295. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(13\)60378-](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(13)60378-9)

9

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. *Dent Mater*, 33(3), e124-e135.

<https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.12.003>

Yoshihara, K., Nagaoka, N., Sonoda, A., Maruo, Y., Makita, Y., Okihara, T., Irie, M., Yoshida, Y., & Van Meerbeek, B. (2016). Effectiveness and stability of silane coupling agent incorporated in 'universal' adhesives. *Dent Mater*, 32(10), 1218-1225.

<https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.07.002>

Yuzbasioglu, E., Kurt, H., Turunc, R., & Bilir, H. (2014). Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC Oral Health*, 14, 10.

<https://doi.org/10.1186/1472-6831-14-10>

Zaghloul, H., Elkassas, D. W., & Haridy, M. F. (2014). Effect of incorporation of silane in the bonding agent on the repair potential of machinable esthetic blocks. *Eur J Dent*, 8(1), 44-52. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.126240>

Zaruba, M., & Mehl, A. (2017). Chairside systems: a current review. *Int J Comput Dent*, 20(2), 123-149. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28630955>

Zimmer, S., Gohlich, O., Ruttermann, S., Lang, H., Raab, W. H., & Barthel, C. R. (2008). Long-term survival of Cerec restorations: a 10-year study. *Oper Dent*, 33(5), 484-487. <https://doi.org/10.2341/07-142>

Zimmermann, M., Koller, C., Reymus, M., Mehl, A., & Hickel, R. (2018). Clinical Evaluation of Indirect Particle-Filled Composite Resin CAD/CAM Partial Crowns after 24 Months. *J Prosthodont*, 27(8), 694-699. <https://doi.org/10.1111/jopr.12582>

Zucuni, C. P., Guilardi, L. F., Rippe, M. P., Pereira, G. K. R., & Valandro, L. F. (2017). Fatigue strength of yttria-stabilized zirconia polycrystals: Effects of grinding, polishing, glazing, and heat treatment. *J Mech Behav Biomed Mater*, 75, 512-520. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2017.06.016>