



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Facultad de
ESTOMATOLOGÍA

EVALUACIÓN IN VITRO DE LA RESISTENCIA DE UNIÓN EN
CERÁMICAS DE DISILICATO DE LITIO SOMETIDAS A DIFERENTES
TEMPERATURAS, Y PRESENTACIONES DEL SILANO

IN VITRO EVALUATION OF BOND STRENGTH IN LITHIUM DISILICATE
CERAMICS SUBJECTED TO DIFFERENT TEMPERATURES AND SILANE
PRESENTATIONS

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
REHABILITACIÓN ORAL

AUTORES

JOSE RENATO ARIAS SOTELO

MARIA GABRIELA TRUJILLO CARDENAS

ASESOR

PABLO ARMANDO CHAVEZ ALAYO

CO-ASESOR

FRANCISCO JOSE OREJUELA RAMIREZ

LIMA – PERÚ

2025

JURADO

PRESIDENTE: DR. ESP. JOSE ANTONIO BALAREZO RAZZETO

VOCAL: MG. ESP. MARTIN GILBERTO QUINTANA DEL SOLAR

SECRETARIO: ESP. RICARDO JORGE FLORES MAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 20 DE ENERO DE 2025

CALIFICACIÓN: APROBADO

ASESORES DE TESIS

ASESOR

MG. ESP. PABLO ARMANDO CHAVEZ ALAYO

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CLÍNICA ESTOMATOLÓGICA.

ORCID: 0009-0003-2158-1684

CO-ASESOR

MG. FRANCISCO JOSE OREJUELA RAMIREZ

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE ODONTOLOGÍA SOCIAL.

ORCID: 0000-0002-9790-9071

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedicamos con profundo cariño: a nuestras familias por su apoyo incondicional, y a nuestros pacientes cuya confianza y motivación nos impulsan a superarnos cada día más.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a nuestros docentes, y de manera especial a nuestros asesores, quienes, con su guía, paciencia y compromiso, han sido pilares fundamentales para la culminación de este proyecto.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

El presente estudio fue autofinanciado por los estudiantes autores de esta investigación.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	TRUJILLO CARDENAS MARIA GABRIELA
2.	ARIAS SOTELO JOSE RENATO

Pertenecientes al programa de **SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN REHABILITACIÓN ORAL** autores del trabajo titulado: **EVALUACIÓN IN VITRO DE LA RESISTENCIA DE UNIÓN EN CERÁMICAS DE DISILICATO DE LITIO SOMETIDAS A DIFERENTES TEMPERATURAS, Y PRESENTACIONES DEL SILANO** el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el **TÍTULO DE ESPECIALISTA EN REHABILITACIÓN ORAL** bajo la modalidad de **TESIS**.

En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	CHAVEZ ALAYO PABLO ARMANDO	ESTOMATOLOGÍA	ASESOR
2.	OREJUELA RAMIREZ FRANCISCO JOSE	ESTOMATOLOGÍA	CO-ASESOR

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **25 %**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **trn:oid:::1:3330167569**; fecha de entrega: **05-092025**).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 12 de septiembre de 2025.**

Firma del asesor
N° DNI: 41664570
ORCID: 0009-0003-2158-1684

Firma del Co-asesor
N° DNI: 42035779
ORCID: 0000-0002-9790-9071



TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
Resumen	
Abstract	
I. Introducción	1
II. Objetivos	5
III. Hipótesis	7
IV. Materiales y Métodos	8
V. Resultados	16
VI. Discusión	18
VII. Conclusiones	23
VIII. Limitaciones del estudio	24
IX. Referencias Bibliográficas	25
Anexos	

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la resistencia de unión del disilicato de litio empleando silano en diferentes presentaciones según su hidrólisis y distintas temperaturas posterior a su aplicación. **Tipo de estudio:** Transversal, experimental, comparativo in vitro. **Materiales y métodos:** Se confeccionaron 20 discos de disilicato de litio, que fueron grabados con ácido fluorhídrico al 10% por 20 segundos y sometidos a lavado con agua destilada en baño ultrasónico por 5 minutos. Los discos fueron divididos en 4 grupos según la presentación y temperatura del silano. G1: Silano en presentación pre-hidrolizado sin tratamiento térmico, G2: Silano en presentación pre-hidrolizado con tratamiento térmico, G3: Silano en presentación no hidrolizado sin tratamiento térmico y G4: Silano en presentación no hidrolizado con tratamiento térmico. Luego de aplicar silano se colocó adhesivo y se fotopolimerizó por 10 segundos. Se confeccionaron de 6 a 8 cilindros de resina por disco. Las muestras fueron almacenadas en solución salina a 37°C por 24 horas y sometidas a microcizallamiento en máquina de ensayo semiuniversal. **Resultados:** El G1 mostró una resistencia de unión (G1: 0.077 ± 0.028 Mpa) superior al resto de grupos, con diferencia significativa entre este grupo y el G3 ($p=0.048$), el cual mostró los valores más bajos (G3: 0.060 ± 0.017 Mpa). **Conclusiones:** No se encontró diferencia significativa en la resistencia de unión al utilizar aire caliente posterior a la aplicación de silano. El uso de éste en presentación pre-hidrolizado mostró resistencia de unión superior en comparación con el de presentación no hidrolizado a temperatura ambiente.

PALABRAS CLAVE

Cerámica, Resinas, Silanos, Tratamiento térmico.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the bond strength in lithium disilicate using silane in different presentations according to its hydrolysis and at different temperatures after its application. **Type of study:** Cross-sectional, experimental, comparative in vitro. **Materials and methods:** 20 lithium disilicate discs were made, which were etched with 10% hydrofluoric acid for 20 seconds and washed with distilled water in an ultrasonic bath for 5 minutes. The discs were divided into 4 groups according to the presentation of the silane and application of temperature. G1: Silane in pre-hydrolyzed presentation without heat treatment, G2: Silane in pre-hydrolyzed presentation with heat treatment, G3: Silane in non-hydrolyzed presentation without heat treatment and G4: Silane in non-hydrolyzed presentation with heat treatment. After applying silane, adhesive was placed and photopolymerized for 10 seconds, making 6 to 8 resin cylinders per disc. The samples were stored in saline solution at 37°C for 24 hours and subjected to microshearing in a semi-universal testing machine. **Results:** G1 showed a bond strength (G1: 0.077 ± 0.028 Mpa) being higher compared to the other groups, with a significant difference between it and G3 ($p=0.048$), which showed a lower value compared to the others (G3: 0.060 ± 0.017 Mpa). **Conclusions:** No significant difference was found in the bond strength using a hot air dryer after applying silane. The use of pre-hydrolyzed presentation showed superior bond strength compared to the use of non-hydrolyzed presentation silane at room temperature.

KEYWORDS

Ceramics, Resins, Silanes, Heat treatment.

I. INTRODUCCIÓN

El disilicato de litio es una cerámica de matriz vítrea del grupo de las cerámicas sintéticas. El 70% de esta cerámica, que corresponde a la fase cristalina, proporciona un refuerzo estructural superior produciendo una mayor resistencia a la flexión. Esta fase está embebida en la matriz vítrea la cual provee a la cerámica las características estéticas (1, 2, 3).

El primer paso previo a la cementación de las restauraciones indirectas de disilicato de litio es el grabado con ácido fluorhídrico (HF) en concentraciones del 5% al 10% dejándolo actuar por un tiempo de 20 a 90 segundos, de acuerdo a las recomendaciones de los autores (2, 4, 5). Esto produce la disolución de la fase vítrea, creando una microestructura apropiada que favorece el aumento de la superficie de adhesión (2, 6, 7, 8). En un estudio realizado por Panah *et al.* en el 2008 demostraron que la fuerza de unión en el disilicato de litio mejoraba significativamente al realizar el grabado con HF con la posterior aplicación de silano (2, 6). Nagai *et al.* en el año 2005 concluyeron que el silano aumenta la fuerza de unión con los agentes cementantes independientemente del tratamiento de superficie, para este tipo de cerámicas (9).

El silano de uso dental ha demostrado ser un material determinante para el éxito de la adhesión en las cerámicas, el cual está compuesto de 3-metacriloxipropiltrimetoxisilano (MAPTMS) (10, 11, 2), que consta de un grupo orgánico reactivo y un grupo hidrolizable monovalente. (12) Estos grupos forman

enlaces de siloxano entre la fase inorgánica de la cerámica y la fase orgánica del cemento de resina. (13, 12, 14, 7, 15). Este agente de unión consta de varias propiedades, entre ellas aumentar la energía superficial de la cerámica, humectar el cemento, optimizando la interacción entre la resina y la cerámica (12, 10, 11, 16, 7, 17, 15), y fortalecer químicamente la unión entre ambos materiales. (16).

El silano debe hidrolizarse antes de actuar como agente de unión, este proceso se da al unirse con ácido acético (11). La mezcla de estos dos elementos da como resultado la formación de grupos hidroxilos (-OH). Estos grupos del silano, reaccionan con grupos hidroxilos opuestos, presentes en la cerámica, a través de puentes de hidrógeno, y luego, a través de la reacción de polimerización por condensación (es decir, pérdida de agua), formándose enlaces covalentes entre el silano y la cerámica. (10, 18).

La combinación de estos dos procedimientos (ácido fluorhídrico + silano) refuerza la interfaz entre la cerámica y el agente cementante a través de dos mecanismos de unión: primero por una retención micromecánica (19, 14, 7, 15) creada por la disolución de la fase sílice-vidrio, donde los tags de resina se logran infiltrar en las porosidades de la cerámica; y segundo por adhesión química debido a la interacción del grupo silanol del silano activado, con los grupos hidroxilo del sílice de la cerámica grabada, los cuales son estabilizados aún más a través de la condensación intermolecular de silanol. (14, 7)

Existen ciertos factores que podrían tener efecto en la acción del silano. Uno de ellos es el tipo de presentación según su hidrólisis, que puede ser en un solo frasco o en dos frascos (11, 14). El silano de un solo frasco es pre- hidrolizado por el fabricante, el cual se debe mantener en refrigeración y su tiempo de vida es aproximadamente de un año. (10) El de dos frascos, no es hidrolizado por el fabricante, motivo por el cual debe ser mezclado por el operador para hidrolizarse, consta de una botella que contiene silano con etanol y de otra que contiene ácido acético con agua; esta separación de componentes es lo que le brinda a este tipo de silano un mayor tiempo de vida (10, 20). Además, una de las desventajas del silano de un solo frasco es que una vez hidrolizado, las moléculas de silano reaccionan unas con otras creando oligómeros de alto peso molecular, que pueden actuar como lubricante y potencialmente disminuir la fuerza de unión a la cerámica (10)

Otro factor que puede influir en la acción del silano, es el tratamiento térmico. Existen diferentes técnicas para poder aumentar la temperatura del silano, entre las más conocidas están: el pre- tratamiento térmico del silano, y el tratamiento de calor de la cerámica silanizada, ya sea mediante el uso de un horno, baño con agua caliente, o secado con aire de alta temperatura. Estas técnicas ayudan a eliminar agua, alcohol y otros subproductos que engrosan la capa del silano; (13, 12, 11, 7) de esta forma se completa la reacción de condensación del mismo, y se crean enlaces covalentes entre el silano y la cerámica, estableciéndose una unión duradera (11, 7, 21, 15).

El propósito de este estudio es evaluar la resistencia de unión en cerámicas de disilicato de litio empleando silano en diferentes presentaciones según su hidrólisis (presentación pre- hidrolizada y no hidrolizada) y distintas temperaturas (con y sin tratamiento térmico).

La importancia de este estudio radica en que el silano es un material muy utilizado en la odontología, especialmente en el área de Rehabilitación Oral. Conocer sus propiedades, las diferencias entre sus distintas presentaciones, la temperatura más conveniente para trabajar con este material, y las técnicas para llevar a cabo su calentamiento, nos ayudará no solo a nosotros como investigadores, sino a todos los clínicos de esta área, a obtener mejores resultados en todos nuestros trabajos relacionados con adhesión.

II. OBJETIVOS:

GENERAL:

Evaluar la resistencia de unión en cerámicas sintéticas con matriz vítrea de disilicato de litio empleando silano en diferentes presentaciones según su hidrólisis y distintas temperaturas.

ESPECÍFICOS:

1. Determinar la resistencia de unión al microcizallamiento en cerámicas de disilicato de litio después de realizar el protocolo de adhesión con aplicación de silano en presentación pre-hidrolizado (un frasco) y secado con aire a temperatura ambiente.
2. Determinar la resistencia de unión al microcizallamiento en cerámicas de disilicato de litio después de realizar el protocolo de adhesión con aplicación de silano en presentación pre-hidrolizado (un frasco) utilizando secador electrónico de aire caliente.
3. Determinar la resistencia de unión al microcizallamiento en cerámicas de disilicato de litio después de realizar el protocolo de adhesión con aplicación de silano en presentación no hidrolizado (dos frascos) y secado con aire a temperatura ambiente.

4. Determinar la resistencia de unión al microcizallamiento en cerámicas de disilicato de litio después de realizar el protocolo de adhesión con aplicación de silano en presentación no hidrolizado (dos frascos) utilizando secador eléctrico de aire caliente.

III. HIPÓTESIS

Existe una diferencia significativa en la resistencia de unión en cerámicas de disilicato de litio al utilizar diferentes presentaciones y distintas temperaturas del silano.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Diseño del estudio:

- Transversal, Experimental, Comparativo, In vitro.

2. Muestra:

Para determinar el tamaño muestral se empleó la fórmula descrita en el Anexo 1, utilizando los datos de los estudios de *Abduljabbar et al (1)*, *Aguiar et al (22)* y *Giraldo et al (23)*; este resultado fue calculado con la ayuda de un software online, con un poder de 95%.

Se obtuvo un tamaño muestral de 32 para cada uno de los grupos. Teniendo presente que se colocaron de 6 a 8 cilindros de resina por cada disco de cerámica (IPS emax Press, Ivoclar- Vivadent- Schaan Liechtenstein), lo cual indicó que se utilizarían 5 discos por cada grupo, necesitando un total de 20 discos para llevar a cabo este estudio.

Criterios de Selección:

- Discos de disilicato de litio de pastilla de baja translucidez color A2.
- Discos de disilicato de litio sin fractura ni líneas de fractura.
- Discos de disilicato de litio sin residuos de acrílico.

- Discos de disilicato de litio sin burbujas.

3. Operacionalización de las variables:

Ver cuadro de operacionalización de variables (anexo 2).

4. Procedimiento y Técnica:

Capacitación

Se llevó a cabo una prueba piloto de todos los procedimientos del estudio. Dicha prueba sirvió para que todos los investigadores del proyecto sean capacitados en cada uno de los procedimientos requeridos: aplicación de ácido fluorhídrico, remoción del mismo, aplicación de silano en las diversas formas descritas en los grupos mencionados, aplicación de adhesivo, elaboración del cilindro de resina y evaluación de la resistencia al microcizallamiento por parte del asesor Mg. Esp. Pablo Chávez Alayo.

Elaboración de los discos de cerámica

Se confeccionaron 20 discos de cerámica sintética con matriz de vidrio de disilicato de litio (IPS emax Press, Ivoclar - Vivadent; Schaan, Liechtenstein), pastilla de baja translucidez (LT), color A2, de 12 milímetros (mm) de diámetro y 2 mm de altura, los cuales fueron confeccionados mediante el método de inyección. Los discos fueron sometidos a cocción en un horno calibrado (Programat EP 3010 Ivoclar Vivadent, Dental Ceramic Furnace), y pulidos con puntas de diamante

troncocónicas (838L – Jota, Switzerland) en ambas caras. Estas muestras se realizaron en el laboratorio Trujillo Lab Dental Esthetic.

Los discos de cerámica fueron incrustados en un tubo de cloruro de polivinilo (PVC) (Matusita, Tigre S.A.; Lima, Perú) de 20 mm de alto y 19 mm de diámetro; cada disco fue fijado a su respectivo tubo con la ayuda de una cinta de doble contacto (TopEx; Lima, Perú) para que el disco pueda coincidir en el centro del tubo. Posteriormente, esta fijación fue reforzada con acrílico transparente (Vitacryl; A. Tarrillo Barba S.A., Lima, Perú). Una vez polimerizado el acrílico, se pulió la superficie del disco con papel lija de 10 x 10 cm (centímetros) de los siguientes micrajes: 400, 600, 800 (Asalite, P400A-5305, Perú). Cada muestra se pulió veinte veces de extremo a extremo con cada uno de los micrajes, utilizando chorro de agua.

Limpieza de los discos previa al tratamiento de superficie

Luego del pulido de los discos, estos fueron sometidos a lavado ultrasónico con agua destilada por 8 minutos y secados por 15 segundos.

Grabado de la cerámica y remoción

Los discos de cerámica fueron grabados con ácido fluorhídrico al 10 % (Condac Porcelana; FGM; Brazil) por 20 segundos, enjuagados por 30 segundos y luego

sometidos a lavado ultrasónico (Woson COLLI 20, Ningbo, China) con agua destilada por 5 minutos y secados con spray de aire por 15 segundos.

Aplicación de silano

Para este paso, los discos fueron divididos en 4 grupos al azar:

Grupo 1: Se aplicó una capa de silano de un frasco (en presentación pre-hidrolizado) (Bisco Porcelain Primer; Schaumburg IL, USA) con un microbrush, dejando reposar por 30 segundos a temperatura ambiente (20°C).

Grupo 2: Se aplicó una capa de silano de un frasco (en presentación pre-hidrolizado) (Bisco Porcelain Primer; Schaumburg IL, USA) con un microbrush, dejando reposar por 30 segundos a temperatura ambiente (20°C). Luego de esto, la cerámica silanizada fue sometida a un tratamiento térmico con secador electrónico de aire caliente a 15 cm de distancia durante 20 segundos.

Grupo 3: Se mezcló el silano de dos frascos para hidrolizarlo (Bis-Silane, Bisco; Schaumburg IL, USA), de la siguiente manera: Se colocó en un dispensador de mezcla una gota de Silano Primer y una de Silano Activador, y se mezcló con un microbrush durante 10 a 15 segundos. Se aplicó con un microbrush una capa de la mezcla Silano Primer/ Activador sobre la superficie de la cerámica, dejando reposar por 30 segundos a temperatura ambiente (20°C).

Grupo 4: Se mezcló el silano de dos frascos para hidrolizarlo (Bis-Silane, Bisco; Schaumburg IL, USA) de la siguiente manera: Se colocó una gota de Silano Primer y una de Silano Activador en un vaso dappen, y se mezcló con un microbrush durante 10 a 15 segundos. Se aplicó con un microbrush una capa de la mezcla Silano Primer/ Activador sobre la superficie de la cerámica, dejando reposar por 30 segundos a temperatura ambiente (20°C). Luego de esto, la cerámica silanizada fue sometida a un tratamiento térmico con secador de aire caliente a 15 cm de distancia durante 20 segundos.

Aplicación del sistema adhesivo

Posterior a la aplicación del silano se procedió a la colocación de adhesivo (Adper Single Bond 2, 3M™ Espe™; St. Paul, NM, USA), se aplicó aire libre de aceite por 5 segundos sobre dichas capas y se fotopolimerizó por 10 segundos con una lámpara LED de 1470 mW/cm² (3M™ Elipar™ DeepCure – L; St. Paul, NM, USA) a una distancia de 2 mm, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Confección de los cilindros de resina

Se realizaron cilindros de resina fluida color A2 (Filtek Flow Z350, 3M™ Espe™; St. Paul, NM, USA) por medio del uso de un tygon (Aigocath BD: Cundinamarca, Colombia) de 2 mm de altura y 0.8 mm de diámetro, los cuales

fueron rellenos de resina fluida y se posicionaron sobre los discos, ejerciendo presión para que se puedan fijar con ayuda de una pinza y se fotopolimerizaron individualmente por 20 segundos, a una distancia de 2 mm con una lámpara LED de 1470 mW/cm^2 (*3MTM EliparTM DeepCure – L; St. Paul, NM, USA*), luego se procedió a cortar el recubrimiento de silicona de cada tygon con una hoja de bisturí N° 11, obteniendo los cilindros de resina fluida sobre la cerámica de disilicato de litio. Los cilindros ya fotopolimerizados, fueron cubiertos con papel aluminio para que no se sobreexpongan a la luz de la lámpara.

Se colocaron entre 6 y 8 cilindros de resina fluida (*Filtek Flow Z350, 3MTM EspeTM; St. Paul, NM, USA*) por cada disco con una distancia entre los cilindros de 2 mm, llegándose a obtener un total de 128 cilindros.

Evaluación de la resistencia al microcizallamiento

Luego de la cementación de los cilindros de resina sobre los discos de cerámica, se almacenaron las muestras en suero fisiológico durante 24 horas a 37°C , y después de ese tiempo se sometieron a la prueba de resistencia al microcizallamiento. Las pruebas se realizaron en una máquina de ensayo semi universal (0M 100 – Odeme Dental Research; Brasil) con la ayuda de un alambre de ortodoncia N°7 doblado en forma de “8” (Morelli Ortodontia; Brasil), con una célula de carga de 50 N, a una velocidad de 0.75 mm/min, hasta el momento de la falla. Se utilizaron 128 juegos de alambres doblados, es decir que se utilizó un alambre por cada cilindro de resina.

Las pruebas fueron realizadas en el laboratorio de materiales dentales de la Universidad Peruana Cayetano Heredia – Sede San Martín.

5. Consideraciones éticas:

El presente estudio se realizó luego de haber obtenido la aprobación de la unidad de investigación de la Facultad de Estomatología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia UPCH (UIGICT) y de la Dirección Universitaria de Investigación Ciencia y Tecnología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (DUICT-UPCH).

6. Plan de análisis

Los registros que cumplieron con los criterios de inclusión fueron procesados en el software Excel 2010, y luego fueron exportados al software STATA versión 16 para los análisis estadísticos.

Para el análisis exploratorio de datos, se elaboraron tablas de distribución de frecuencias absolutas y relativas; así como se analizaron medidas de tendencia central y de dispersión (promedio y desviación estándar).

Para el análisis inferencial, se procedió a la comprobación del supuesto de normalidad. Con los datos que cumplieron con el supuesto, se procedió a usar pruebas estadísticas paramétricas como POST HOC y la prueba de ANOVA.

En el presente estudio se consideró un nivel de significancia de 95%

V. RESULTADOS

Se comparó la resistencia de unión en cerámicas de disilicato de litio empleando silano en diferentes presentaciones según su hidrólisis y distintas temperaturas posterior a su aplicación.

En la tabla No1, se observó que existen diferencias estadísticamente significativas por lo menos en un par de grupos ($p=0.0462$); así mismo, luego de evaluar los resultados del grupo 1, que comprende el empleo de silano en presentación pre-hidrolizado y sin tratamiento térmico, se observó el siguiente valor de resistencia de unión al microcizallamiento en megapascales (Mpa) (G1: 0.077 ± 0.028 Mpa), el cuál mostró los valores más altos en comparación con los demás grupos, con una diferencia significativa entre este grupo y el grupo 3 ($p=0.048$), que comprende el empleo de silano en presentación no hidrolizado y sin tratamiento térmico posterior a su aplicación.

El valor de resistencia de unión al microcizallamiento en el grupo 2, el cual comprende el empleo de silano en presentación pre-hidrolizado con tratamiento térmico, fue (G2: 0.069 ± 0.019 Mpa), y en relación al grupo 4, que comprende el empleo de silano en presentación no hidrolizado con tratamiento térmico posterior a la aplicación de silano, se observó el siguiente valor (G4: 0.070 ± 0.029 Mpa), sin encontrarse diferencia significativa entre ambos grupos, ni de los mismos con los grupos anteriormente mencionados ($p>0.05$).

En la tabla No 2, se observan los resultados del grupo 1. El valor de resistencia de unión al microcizallamiento en megapascales (Mpa) fue (G1: 0.077 ± 0.028 Mpa). Este grupo mostró los valores más altos en en comparación con los demás grupos.

En la tabla No 3, se observan los resultados del grupo 2. El valor de resistencia de unión al microcizallamiento en megapascales (Mpa) fue (G2: 0.069 ± 0.0196 Mpa).

En la tabla No 4, se observan los resultados del grupo 3 . El valor de resistencia de unión al microcizallamiento en megapascales (Mpa) fue (G3: 0.060 ± 0.017 Mpa). Este grupo mostró los valores más bajos en comparación con los demás grupos.

En la tabla No 5, se observan los resultados del grupo 4. El valor de resistencia de unión al microcizallamiento en megapascales (Mpa) fue (G4: 0.070 ± 0.029 Mpa).

VI. DISCUSIÓN

El silano es un agente de unión bifuncional, con un grupo silanol que interactúa químicamente con la sílice presente en la fase vítrea de la cerámica dental; y por otro lado, tiene un grupo metacrilato que se va a unir a la resina mediante uniones de siloxano. (24, 25). Cuando la cerámica silanizada es sometida a un tratamiento de calor, los productos como el alcohol y el agua son eliminados de la superficie; este procedimiento ayuda a completar la condensación entre el silicato y el silano, creando la formación de enlaces covalentes entre la interfase silano-cerámica, la cual se vuelve más efectiva y estable (26). Así mismo, este tratamiento de calor podría incrementar la fuerza de unión con los cementos resinosos al remover la capa de silano más externa, mejorando la adhesión química. Sin embargo, no todos los estudios han demostrado que exista diferencia significativa al utilizar este tipo de tratamiento (25).

Carvalho *et al.* evaluaron la fuerza de unión entre el cemento resinoso y la cerámica feldespática sometida a tratamiento de calor después de la aplicación de silano. Las muestras fueron divididas en cuatro grupos: G1: HF + Silano + Panavia; G2: HF + Silano + Tratamiento térmico + Panavia; G3: Silano + Tratamiento térmico + Panavia; G4: Silano + Panavia. No se encontró diferencia significativa entre los grupos a los que se aplicó 100 °C de temperatura por dos minutos y a los que no (26). Los resultados de este estudio fueron similares a los del presente proyecto, ya que en ninguno se encontró diferencia significativa al utilizar tratamiento térmico posterior a la aplicación de silano.

En el estudio de Aguiar *et al.* evaluaron cómo se afectaba la fuerza de unión entre el cemento resinoso y la cerámica de disilicato de litio, sometida a tratamiento térmico luego de la aplicación de silano. Utilizaron cinco marcas de silano: cuatro en presentación pre- hidrolizado y una en presentación no hidrolizado. Este procedimiento consistió en calentar la mitad de las muestras silanizadas en un horno a 100 °C por 1 minuto. El estudio no presentó diferencia significativa entre los grupos sometidos al tratamiento de calor y los que no fueron sometidos a dicho tratamiento. Los autores de este estudio especularon que esto se debe a que el aire estático del horno es menos eficiente que la aplicación de un secador de aire caliente, ya que el flujo de aire elimina el agua y solventes orgánicos de una mejor forma que el aire estático (22). Estos resultados son similares a los del presente estudio, a pesar que en nuestro estudio se utilizó aire en movimiento (secador de aire caliente). Es necesario precisar que ambos estudios comparten el mismo material cerámico (disilicato de litio).

Por otro lado, Tariq *et al.* evaluaron cómo influye el calentamiento del silano en la fuerza de unión del disilicato de litio a la resina compuesta. Se formaron tres grupos: G1: sin silano; G2: con silano; y G3: con silano y tratamiento térmico. Se demostró que el silano calentado a 100 °C por cinco minutos presentó una mayor fuerza de unión (1). Es necesario precisar que, a pesar de que se utilizó disilicato de litio al igual que en el presente estudio, se obtuvieron resultados diferentes, esto se podría deber al tiempo de exposición al calor, ya que los autores de este estudio emplearon un tiempo de 5 minutos, en contraste con el presente estudio, en el cual se empleó un tiempo de 20 segundos.

Así mismo, Carvalho *et al* en el año 2020, evaluaron la influencia del tratamiento térmico del silano en la fuerza de unión entre la cerámica feldespática y el cemento resinoso. Se compararon distintos tipos de cemento (Panavia F y Relyx ARC), distintos tratamientos de superficie (con o sin tratamiento térmico del silano) y la aplicación del termociclado (con o sin termociclado). La conclusión fue que el tratamiento térmico del silano a 100 °C por 2 minutos mostró mayores valores de fuerza de unión luego de ser sometido al proceso de termociclado (12). Estos resultados fueron distintos a los del presente proyecto, lo cual podría deberse al tipo de cerámica utilizada en los estudios, considerando que la cerámica feldespática tiene mayor fase vítrea, (sobre la cual actúa el silano), y por ende esta cerámica es más sensible al silano y a sus tratamientos térmicos que el disilicato de litio, el cual fue utilizado en el presente proyecto de investigación.

En el estudio de Corazza *et al.* evaluaron el efecto del tratamiento térmico posterior a la aplicación de silano en la fuerza de unión entre la cerámica feldespática y el cemento resinoso. Las muestras de cerámica se dividieron en 5 grupos según el tratamiento de superficie: Grupo 1: grabado con ácido fluorhídrico + enjuague con agua a temperatura ambiente + silanización a 20°C; Grupo 2: silanización a temperatura ambiente; Grupo 3: silanización + secado en el horno a 77 °C; Grupo 4: silanización + enjuague con agua caliente; Grupo 5: silanización + secado en horno a 77 °C + enjuague con agua caliente. Las muestras de cerámica que fueron sometidas en un horno a 77 °C presentaron una mayor fuerza de unión de manera significativa, sin embargo, la técnica de enjuagar la cerámica silanizada con agua

caliente redujo dicha fuerza, por lo que los autores no recomiendan este tipo de técnica (13). Estos resultados difieren con los del presente proyecto, lo cual podría deberse al tipo de cerámica utilizada, tal como se explicó anteriormente.

En el estudio de Soleimani *et al.* evaluaron el efecto del tratamiento térmico en la fuerza de unión entre el cemento resinoso y el disilicato de litio. Se utilizaron diferentes tipos de silano. Se formaron los siguientes grupos: G1: Clearfil Ceramic Primer Plus; G2: Clearfil Porcelain Bond Activator + 4 META; G3: Clearfil Porcelain Bond Activator + Clearfil SE Bond; G4: Bis Silane. Por cada grupo se crearon dos subgrupos, uno sin tratamiento térmico y otro con dicho tratamiento, creándose un total de 8 grupos. El tratamiento térmico consistió en secar las muestras silanizadas en horno a 100 °C por 5 minutos. Para el "Bis Silane", el tratamiento térmico redujo la fuerza de unión, sin embargo, en los demás grupos no se encontró diferencia significativa en relación al tratamiento térmico aplicado en ellos (11). Esto coincide con el presente estudio, debido a que la aplicación de tratamiento térmico no aumentó significativamente la fuerza de unión en ninguno de los silanos aplicados. Con respecto al tipo de silano, el silano que mostró los valores más altos de fuerza de unión a temperatura ambiente fue el "Bis Silane", en contraste con el estudio presente el cual mostró los valores de fuerza de unión más bajos al utilizar este tipo de silano a la temperatura del ambiente.

En el estudio de Perez de Rosatto *et al.*, evaluaron la fuerza de unión entre el cemento resinoso y el poste de fibra de vidrio utilizando silano en diferentes presentaciones y distintas temperaturas. No se observaron diferencias significativas

entre los distintos tipos de silano al exponerse a calentamiento de 60 °C. Sin embargo, cuando se utilizó el silano a temperatura ambiente, los valores más bajos los mostró el silano de dos frascos. Según los autores de este estudio, esto podría deberse a la reacción de los componentes durante la manipulación de estos a la temperatura del ambiente (27). Estos resultados coinciden con los del presente proyecto, ya que únicamente se encontró diferencia significativa entre las diferentes presentaciones de los silanos a temperatura ambiente, obteniendo los valores más altos al utilizar silano en presentación pre-hidrolizado.

Existen varios factores que se deben tomar en cuenta en el momento de comparar los estudios descritos con el presente proyecto, los cuales pudieron haber influido en sus resultados; factores tales como el método que cada estudio utilizó para aumentar la temperatura del silano (horno, aire caliente y agua caliente), el tipo de cerámica (cerámica de disilicato de litio y feldespática), el tipo de cemento o resina utilizada (cementos de fotocurado, de curado dual, resina fluida, resina compuesta), el tipo de prueba de resistencia (al microcizallamiento y a la microtracción), y la aplicación o no del proceso de termociclado. Se recomienda una mayor cantidad de estudios que puedan estandarizar las variables a fin de obtener estudios con evaluaciones in vitro más homogéneas.

VII. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de este estudio podemos concluir que:

No se encontró diferencia significativa en la resistencia de unión en la cerámica de disilicato de litio al utilizar secador de aire caliente posterior a la aplicación de silano.

Al utilizar silano en presentación pre- hidrolizado los valores de resistencia de unión fueron más altos en comparación con el uso de silano en presentación no hidrolizado a temperatura ambiente.

La hipótesis fue rechazada parcialmente.

VIII. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Una limitación de este estudio fue que solo se probó una cerámica inyectada de disilicato de litio. Para posteriores investigaciones se recomienda incluir la porcelana CAD CAM y cerámicas feldespáticas.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abduljabbar T, AlQahtani MA, Jeaidi ZA, Vohra F. Influence of silane and heated silane on the bond strength of lithium disilicate ceramics - An in vitro study. *Pak J Med Sci.* 2016; 32 (3): 550–554.
2. Kalavacharla VK, Lawson NC, Ramp LC, Burgess JO. Influence of Etching Protocol and Silane Treatment with a Universal Adhesive on Lithium Disilicate Bond Strength. *Oper Dent.* 2015; 40 (4): 372-8.
3. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NR, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont.* 2015; 28 (3): 227-35.
4. Puppini-Rontani J, Sundfeld D, Costa AR, Correr AB, Puppini-Rontani RM, Borges GA, Sinhoreti M, Correr-Sobrinho L. Effect of Hydrofluoric Acid Concentration and Etching Time on Bond Strength to Lithium Disilicate Glass Ceramic. *Operative Dentistry.* 2017; 42 (6): 606- 615.
5. Veríssimo AH, Moura DMD, Tribst JPM, Araújo AMM, Leite FPP, Souza ROAE. Effect of hydrofluoric acid concentration and etching time on resin-bond strength to different glass ceramics. *Braz. Oral Res.* 2019; 33 (41): 1-11.

6. Panah FG, Rezai SM, Ahmadian L. The influence of ceramic surface treatments on the micro-shear bond strength of composite resin to IPS Empress 2. *J Prosthodont.* 2008; 17 (5): 409-14.
7. Ergun-Kunt G, Sasany R, Koca MF, Özcan M. Comparison of Silane Heat Treatment by Laser and Various Surface Treatments on Microtensile Bond Strength of Composite Resin/Lithium Disilicate. *Materials (Basel).* 2021 Dec 16; 14 (24): 7808.
8. Colares RC, Neri JR, Souza AM, Pontes KM, Mendonça JS, Santiago SL. Effect of surface pretreatments on the microtensile bond strength of lithium-disilicate ceramic repaired with composite resin. *Braz Dent J.* 2013; 24 (4): 349-52.
9. Nagai T, Kawamoto Y, Kakehashi Y, Matsumura H. Adhesive bonding of a lithium disilicate ceramic material with resin-based luting agents. *Journal of oral rehabilitation* 2005; (32): 598–605.
10. Alex G. Preparing porcelain surfaces for optimal bonding. *Compend Contin Educ Dent.* 2008; 9 (6): 324-35.
11. Soleimani L, Alaghemand H, Fatemi SM, Esmaeili B. Effect of heat treatment and addition of 4-META to silane on microtensile bond strength of IPS e.max CAD ceramic to resin cement. *Dent Res J (Isfahan).* 2019; 16 (5): 318–326.

12. Carvalho RLA, Miranda JS, Carvalho RF, Duarte MR, Kimpara ET, Ozcan M, et al. Can the silane heat treatment influence the bond durability between resin cements and a dental ceramic? *RGO, Rev Gaúch Odontol.* 2020; Vol. 68.
13. Corazza PH, Cavalcanti SC, Queiroz JR, Bottino MA, Valandro LF. Effect of post-silanization heat treatments of silanized feldspathic ceramic on adhesion to resin cement. *J Adhes Dent.* 2013; 15 (5): 473-9.
14. Dimitriadi M, Zafiropoulou M, Zinelis S, Silikas N, Eliades G. Silane reactivity and resin bond strength to lithium disilicate ceramic surfaces. *Dental Materials.* 2019; 35 (8): 1082-1094.
15. Bruzi G, Oliveira Carvalho A, Giannini M, PiresfMaia H, Magne P. Post etching cleaning influences the resin shear bond strength to CAD- CAM lithium disilicate ceramics. *Appl Adhes Sci.* 2017; (5)17: 1-9.
16. Valian A, Salehi EM, Mahmoudzadeh M, Dabagh NK. Effect of different surface treatment on the repair bond strength of feldspathic porcelain. *Dent Med Probl.* 2021 Jan-Mar; 58 (1): 107-113.
17. Sarahneh O, Günal-Abduljalil B. The effect of silane and universal adhesives on the micro-shear bond strength of current resin-matrix ceramics. *J Adv Prosthodont.* 2021 Oct; 13 (5): 292-303.

18. Kaykhine P, Tichy A, Abdou A, Hosaka K, Foxton RM, Sumi Y, Nakajima M, Tagami J. Long-term evaluation of warm-air treatment effect on adaptation of silane-containing universal adhesives to lithium disilicate ceramic. *Dent Mater J*. 2021 Mar 31; 40 (2): 379-384.
19. Dos Santos DM, Bitencourt SB, Da Silva EV, Matos AO, Benez GC, Rangel EC, Pesqueira AA, Barão VA, Goiato MC. Bond strength of lithium disilicate after cleaning methods of the remaining hydrofluoric acid. *J Clin Exp Dent*. 2020; 12 (2): 103-107.
20. Lee Y, Chae M, Kim K, Kwon T. Effect of dental silane primer activation time on resin–ceramic bonding. *Journal of Adhesion Science and Technology*. 2015; (29) 11: 1155-1167.
21. Bourgi R, Hardan L, Cuevas-Suárez CE, Scavello F, Mancino D, Kharouf N, Haikel Y. The Use of Warm Air for Solvent Evaporation in Adhesive Dentistry: A Meta-Analysis of In Vitro Studies. *Journal of Functional Biomaterials*. 2023; 14 (5): 285.
22. Aguiar TR, Barbosa WF, Di Franciscantonio M, et al. Effects of ceramic primers and post-silanization heat treatment on bond strength of resin cement to lithium disilicate-based ceramic. *Appl Adhes Sci*. 2016; 4 (20): 1-7.
23. Giraldo T, Villada V, Castillo M, Gomes O, Bittencourt B, Dominguez

- J. Active and Passive Application of the phosphoric acid on the Bond strength of lithium disilicate. *Brazilian Dental Journal* 2016; 27 (1): 90-94.
24. Gré C, De Ré Silveira R, Shibata S, Lago C, Vieira L. Effect of Silanization on Microtensile Bond Strength of Different Resin Cements to a Lithium Disilicate Glass Ceramic. *J Contemp Dent Pract*. 2016 Feb 1;17 (2): 149-53.
25. Baratto SS, Spina DR, Gonzaga CC, Cunha LF, Furuse AY, Baratto Filho F, Correr GM. Silanated Surface Treatment: Effects on the Bond Strength to Lithium Disilicate Glass-Ceramic. *Braz Dent J*. 2015 Oct; 26 (5): 474-7.
26. De Carvalho RF, Martins ME, de Queiroz JR, Leite FP, Ozcan M. Influence of silane heat treatment on bond strength of resin cement to a feldspathic ceramic. *Dent Mater J*. 2011; 30 (3): 392-7.
27. De Rosatto CM, Roscoe MG, Novais VR, Menezes Mde S, Soares CJ. Effect of silane type and air-drying temperature on bonding fiber post to composite core and resin cement. *Braz Dent J*. 2014; 25 (3): 217-24.

ANEXOS

ANEXO 1:

FÓRMULA UTILIZADA PARA HALLAR LA MUESTRA

za	1.96
zb	1.282
s1	6.9
s2	3.9
x1	43.6
x2	48.4

Numerador	660.27363
Denominador	23.04
Muestra Mínima	28.658
Redondeado	29.000
Tamaño final (incremento 10%)	32 (muestras por grupo)

ANEXO 2:

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo	Escala	Valores
Presentación del silano	Forma comercial y/o farmacéutica de un producto.	Forma comercial del silano según su hidrólisis. Puede ser presentado en un solo frasco (pre-hidrolizado) o en dos frascos (no hidrolizado).	Cualitativa Dicotómica	Nominal	Presentación de un frasco (1) Presentación de dos frascos (2)
Tratamiento térmico posterior a la aplicación de silano	Proceso que comprende el calentamiento de un material.	Proceso que comprende el calentamiento de una cerámica luego de la aplicación del silano.	Cualitativa Dicotómica	Nominal	Con tratamiento térmico (1) Sin tratamiento térmico(0)
	Fuerza que mantiene	Valor de la fuerza necesaria para producir una falla en	Cuantitativa		MPa

Resistencia de unión	unidos a dos elementos de distinta composición.	la adhesión de la restauración.	Continua	De Razón	
---------------------------------	--	------------------------------------	----------	-------------	--

ANEXO 4:

TABLAS DE LOS RESULTADOS

Tabla No1: Se observó que existen diferencias significativas por lo menos en un par de grupos ($p=0.0462$).

El grupo 1 mostró los valores más altos en comparación a los demás grupos con una diferencia significativa entre este grupo y el grupo 3 ($p=0.048$).

		Diferencia	
Grupos		Medias	Valor p
	Grupo 2	0.0073	0.682
Grupo 1	Grupo 3	0.0169	0.048
	Grupo 4	0.0070	0.702
Grupo 2	Grupo 3	0.0096	0.472
	Grupo 4	-0.0003	0.999
Grupo 3	Grupo 4	-0.0098	0.439

Prueba ANOVA

$p=0.0462$

Tabla No 2: Resistencia de unión al microcizallamiento en cerámicas de disilicato de litio después de realizar el protocolo de adhesión con aplicación de silano en presentación pre-hidrolizado (un frasco) y secado con aire a temperatura ambiente.

Grupo	Min	Max	Prom	D.E	Normalidad
Grupo 1	0.032	0.139	0.077	0.028	0.51

Prueba Shapiro Wilk

Min: Valor Mínimo

Max: Valor Máximo

Prom: Media aritmética

D.E.: Desviación

estándar

Tabla No 3: Resistencia de unión al microcizallamiento en cerámicas de disilicato de litio después de realizar el protocolo de adhesión con aplicación de silano en presentación pre-hidrolizado (un frasco) utilizando secador electrónico de aire caliente.

Grupo	Min	Max	Prom	D.E	Normalidad
Grupo 2	0.0246	0.0985	0.0697	0.0196	0.101

Prueba Shapiro Wilk

Min: Valor Mínimo

Max: Valor Máximo

Prom: Media aritmética

D.E.: Desviación

estándar

Tabla No 4: Resistencia de unión al microcizallamiento en cerámicas de disilicato de litio después de realizar el protocolo de adhesión con aplicación de silano en presentación no hidrolizado (dos frascos) y secado con aire a temperatura ambiente.

Grupo	Min	Max	Prom	D.E	Normalidad
Grupo 3	0.028	0.107	0.060	0.017	0.381

Prueba Shapiro Wilk

Min: Valor Mínimo

Max: Valor Máximo

Prom: Media aritmética

D.E.: Desviación

estándar

Tabla No 5: Resistencia de unión al microcizallamiento en cerámicas de disilicato de litio después de realizar el protocolo de adhesión con aplicación de silano en presentación no hidrolizado (dos frascos) utilizando secador electrónico de aire caliente.

Grupo	Min	Max	Prom	D.E	Normalidad
Grupo 4	0.0124	0.1409	0.0700	0.0291	0.3536

Prueba Shapiro Wilk

Min: Valor Mínimo

Max: Valor Máximo

Prom: Media aritmética

D.E.: Desviación

estándar