



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA
ESCUELA DE POSTGRADO

**EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA
RESISTENCIA DE UNIÓN DE UN
ADHESIVO UNIVERSAL APLICADO
EN DIFERENTES PROTOCOLOS DE
ADHESIÓN ENTRE CERÁMICA
FELDESPÁTICA Y UNA RESINA
COMPUESTA.**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE
MAESTRO EN ESTOMATOLOGÍA**

LISBETH LOURDES CHOQUE ESCALANTE

**LIMA – PERÚ
2016**

ASESORA

Dra. Mg. Lidia Yileng Tay Chu Jon

DEDICATORIA

Deseo dedicar este trabajo de investigación a mi hermana Gleny quien me enseñó con su ejemplo a luchar por mis sueños, fue mi apoyo incondicional en todos mis proyectos y sé que desde donde está siempre me acompaña, a ella mi amor infinito.

AGRADECIMIENTO

A Dios quien con su infinito y misericordioso amor, me hace sentir su hija predilecta todos los días de mi vida.

u

A mi madre Celia por todo el amor, apoyo y ánimo que siempre me brindo en todas las etapas de mi formación.

A mi Padre Alipio que me enseñó que la inteligencia siempre debe ir acompañada de trabajo, perseverancia y paciencia.

A mis docentes, en especial a mi asesora quien con paciencia y empatía me ayudo y guió en todo el proceso de investigación, convirtiéndose en mi modelo a seguir.

RESUMEN

Objetivo: El objetivo de este estudio fue evaluar la resistencia de unión de un adhesivo universal aplicado en diferentes protocolos de adhesión entre cerámica feldespática y una resina compuesta *in vitro*. **Materiales y Métodos:** Se emplearon discos de cerámica feldespática de 10 mm de diámetro x 1.5 mm de grosor, a los cuales fueron adheridos bloques de resina de 0.9 mm de diámetro x 1 mm de alto, de acuerdo a los siguientes protocolos: **I)**Ácido fluorhídrico 10% por 2min +silano +adhesivo universal **II)**Ácido fluorhídrico 10% por 2min+silano+adhesivo convencional **III)**Fluorfosfato acidulado 1.23% por 2min + silano + adhesivo universal **IV)**Fluorfosfato acidulado 1.23% por 2min + silano + adhesivo convencional **V)**Fluorfosfato acidulado 1.23% por 6min+ silano+ adhesivo universal **VI)**Fluorfosfato acidulado 1.23% por 6min+silano+adhesivo convencional **VII)**Adhesivo Universal. Las muestras fueron almacenadas durante 24h a 37°C para luego ser llevadas a la prueba de microcizallamiento. El patrón de falla de las muestras fue observada mediante estereomicroscopio, los datos fueron analizados con las pruebas estadísticas ANOVA y Tukey post-hoc ($P < 0.05$). **Resultados:** Los resultados mostraron que los grupos IV, V, VI y VII obtuvieron los valores más altos de resistencia de unión sin diferencias significativas entre ellos, siendo que el protocolo flúorfosfato acidulado 1.23% 6min + silano + adhesivo convencional dio el mayor valor de resistencia de unión (22.67MPa); en cuanto al patrón de falla, la mayor incidencia fue la falla cohesiva de adhesivo (25.71%), no obstante no se encontró diferencia significativa entre los grupos. **Conclusión:** La reparación de cerámica feldespática con resina compuesta puede ser realizada usando solo el adhesivo universal como protocolo de adhesión.

PALABRAS CLAVE: *Feldespática, resistencia de unión, adhesivo universal.*

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to evaluate microshear bond strength of an universal adhesive applied to different protocols of adhesion between feldspathic ceramic and composite resin *in vitro*. **Materials and Methods:** Feldspathic ceramic disks (10mm diameter x 1.5 mm thick) were used, composite blocks (0.9 x 1 mm²) were adhered according to the following protocols: **I)** Hydrofluoric acid 10% for 2min + silane + universal adhesive **II)** Hydrofluoric acid 10% for 2min + silane + conventional adhesive (Single bond 2, 3M) **III)** 1.23% acidulated fluorophosphate for 2min + silane + universal adhesive (Scotchbond Universal, 3M) **IV)** 1.23% acidulated fluorophosphate for 2min + silane + conventional adhesive **V)** 1.23% acidulated fluorophosphate for 6min + silane + universal adhesive **VI)** 1.23% acidulated fluorophosphate for 6min + silane + conventional adhesive **VII)** universal adhesive. The samples were stored for 24 hours at 37C before microshear bond strength test. The samples failure were observed by stereomicroscope, the data were analyzed with statistical tests ANOVA and Tukey post-hoc (p<0.05). **Results:** The results showed that groups IV, V, VI and VII had the highest bond strength values without significant differences between them being that the protocol 1.23% acidulated fluorophosphate for 6min + silane + conventional adhesive offer the greatest value bond strength (22.67MPa). The highest incidence was observed in the cohesive adhesive failure (25.71%) but no significant differences were found between groups. **Conclusion:** The repair of the feldspathic ceramic with composite can be performed using only universal adhesive, as protocol of adhesion.

KEYWORDS: *feldspathic, microshear bond strength, universal adhesive.*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	3
	II.1. Planteamiento del problema	3
	II.2. Justificación	4
III.	MARCO TEÓRICO	5
IV.	OBJETIVOS	37
	IV.1. Objetivo general	37
	IV.2. Objetivos específicos	37
V.	HIPÓTESIS	38
VI.	MATERIAL Y MÉTODOS	39
	VI.1. Diseño del estudio	39
	VI.2. Muestra	39
	VI.3. Variables	40
	VI.4. Técnicas y/o procedimientos	41
	VI.5. Plan de análisis	48
	VI.6. Consideraciones éticas	48
VII.	RESULTADOS	49
VIII.	DISCUSIÓN	55
IX.	CONCLUSIONES	61
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
	ANEXO	

IÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Protocolos de adhesión entre cerámica feldespática y una resina compuesta según la resistencia de unión <i>in vitro</i> .	51
Tabla 2. Comparación de la resistencia de unión de los protocolos de adhesión según agentes de unión <i>in vitro</i> .	52
Tabla 3. Comparación de los protocolos de adhesión según el patrón de falla.	53
Tabla 4. Comparación del patrón de falla de los protocolos de adhesión según agente de unión <i>in vitro</i> .	54

LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS:

AF: Ácido fluorhídrico

cm: Centímetros

CIE: Comité Institucional de Ética

CO₂: Dióxido de carbono

Er:YAG : laser de erbio, itrio, aluminio

FFA: Flúor fosfato acidulado

F: Fuerza

Kg: Kilogramos

MC: Metacrilato

min: Minutos

mm: Milímetros

mW: Mili watts

Mpa: Megapascales

MDP: Monómero metacriloxidecilfosfato dihidrogenado

Nd:YAG: laser de neodimio, itrio, aluminio

PVC: Policloruro de vinilo

p: Valor de confiabilidad

SEM: Microscopio electrónico de Barrido

SIL: Silorano

s: Segundos

%: Porcentaje

X: Aumento

I. INTRODUCCIÓN

La incorporación de cerámicas a la odontología contemporánea, surge con el propósito de realizar tratamientos restauradores con especial énfasis en la estética,¹ su biocompatibilidad y capacidad de mimetizarse con los dientes naturales lo convierten en un material ideal.^{2,11,17,30,45,47.}

A pesar de las múltiples ventajas que poseen estas cerámicas, presentan como desventaja la susceptibilidad a las fracturas, la prevalencia de fracturas de las cerámicas se reportan en un rango del 5-10% después de 10 años ^{4,44} y esto puede ocurrir en relación a ciertos factores como impacto, fatiga, fuerzas oclusales, incompatibilidad en los coeficientes de expansión térmica de la subestructura y la porcelana, diseño inadecuado, micro defectos en el interior de los materiales y trauma.^{8,23,34,38,46,48}

La cerámica feldespática es un tipo de cerámica muy estética debido a su composición vidriosa que imita las propiedades ópticas del esmalte y la dentina, y por lo tanto se utilizan en la fabricación de restauraciones indirectas como carillas, incrustaciones, y recubrimiento de cofias de metal y cerámica reforzada; sin embargo esta misma característica le confieren una mayor fragilidad ya que su resistencia mecánica es más bajo que la de otras cerámicas.^{11,14,16,33,34}

Al producirse una fractura en la cerámica, el proceso más efectuado es la remoción total de la prótesis y la confección de una nueva en su lugar; sin embargo la pérdida de parte de la cerámica no siempre determina su reemplazo, esta podría continuar en

boca sobre todo si ésta sigue cumpliendo con los principios de preservar la salud dental y periodontal,^{36,38} y en este caso una reparación intraoral se tornaría en una opción viable .

Los sistemas de reparación intraoral, son técnicas directas basadas en los principios de unión química y retención micromecánica que se aplican mediante protocolos que comprenden un tratamiento de superficie, un agente de enlace, un agente de unión y un material restaurador, entre sus ventajas podemos mencionar la manipulación sencilla de los materiales, reducción del tiempo y las molestias a los pacientes evitando el trauma de las piezas dentales y la subestructura además del bajo costo.^{33,34,38,39,44,45}

Dentro de los nuevos sistemas de adhesión encontramos al scotchbondTM universal de 3M, este adhesivo universal de un solo frasco (all in one) puede ser utilizado con técnicas de aplicación de grabado total, grabado selectivo o como autograbador, dentro de su composición química posee un monómero ácido fosforilado Metacriloxidecilfosfato dihidrogenado (MDP) además de una molécula bifuncional denominada silano, estos compuestos le proveen las propiedades de autograbado y enlace químico que promueven una mejor adhesión sobre las superficies de cerámica de vidrio.^{3,19,21,24,26,27,28,30}

Esta investigación tiene el propósito de proponer la implementación del uso de un adhesivo universal, con el fin de mejorar la resistencia de unión de los diversos protocolos usados en la reparación intraoral creando una unión más estable y duradera entre la cerámica feldespática y la resina compuesta.

II. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

II.1. Planteamiento del problema

La búsqueda del material ideal dentro del campo odontológico; ha llevado al profesional a investigar sobre sus propiedades y como mejorarlas, la cerámica dental es una material que viene usándose por más de 40 años con excelentes resultados por su alta compatibilidad y sus múltiples ventajas estéticas,^{1,2} no obstante la susceptibilidad a la fractura debido a diversos factores, es una de las causas más frecuentes que han motivado estudios acerca del tema, los últimos informes de estudios clínicos, manifiestan el interés de catalogar estos eventos de acuerdo a la extensión, la ubicación , las complicaciones técnicas y biológicas, con el propósito de clasificarlas como complicaciones y no necesariamente como fracasos.⁵ Las técnicas de reparación intraoral consisten en el uso de protocolos compuestos por el uso de diversos materiales y sus combinaciones cuyo objetivo es lograr una reparación optima, duradera y estética,^{33,34,36} la presente investigación se centra en el estudio sobre las propiedades y la efectividad del uso del adhesivo universal como agente de unión, el objetivo de la investigación es innovar los protocolos ya propuestos con el uso de nuevos materiales cuya composición podría hacernos augurar mejores resultados de los ya obtenidos en estudios previos, se trata de un enfoque prometedor para resolver un evento considerado como una complicación frecuente, entonces nos planteamos la pregunta ¿ Puede el adhesivo universal ser utilizado como alternativa de protocolo de adhesión en la reparación de cerámica feldespática con resina compuesta.

II.2. Justificación

La técnica de reparación intraoral de restauraciones de cerámica, es un procedimiento clínicamente aceptable, utilizado para resolver las complicaciones inherentes a las fracturas de estos materiales, así que podemos decir que mientras no se cree una cerámica indestructible estos procedimientos seguirán siendo utilizados.

Esta técnica es considerada una alternativa viable debido a su utilidad clínica, ya que ofrece ventajas como restaurar y devolver la función a estas estructuras en boca, además de reducir las molestias, el tiempo y costo al paciente,^{34,38} por ende existen diversos estudios sobre protocolos utilizados para este fin, ofreciendo diversas alternativas sobre el tratamiento de superficie para garantizar la unión de la resina sobre la cerámica.^{9,10,12,17} Dentro de estos protocolos la importancia del uso de un buen agente de unión está bien identificada, debido a que contribuirá mediante un proceso químico adicional a mejorar la resistencia de unión de la interfaz cerámica-resina.^{20,21,24,26}

El estudio de la resistencia de unión del adhesivo universal aplicado en diversos protocolos, aportaría conocimientos científico al área de materiales dentales, debido a la necesidad de los profesionales de perfeccionar constantemente los procedimientos adhesivos, ya que en odontología este conocimiento podría asegurar el éxito de nuestros tratamientos, de encontrarse resultados positivos en cuanto a la resistencia de unión que ofrecería este adhesivo universal se podrían formular nuevos protocolos basados en evidencia científica, innovando las técnicas de reparación intraoral , simplificando la labor clínica y aportando una solución efectiva, duradera y de bajo costo que beneficiará tanto al paciente como al odontólogo.

III. MARCO TEÓRICO

La rehabilitación oral es un área de la odontología que usa diversos materiales dentro de sus procesos restauradores, las cerámicas vienen siendo sujeto de múltiples estudios debido a su amplio uso en este campo, una de las cerámicas más estudiadas por las diversas ventajas estéticas que ofrece es la cerámica feldespática esta suele ser más usada como recubrimiento final de las cofias de cerámica y de metal tanto en el sector anterior como el posterior;³³ para esta investigación es importante conocer todos los factores que podrían influir en el desempeño de este material.

Ozcan (2003)⁴ realizó un estudio donde establece que existen evidencias consistentes que indican que el fallo mecánico de una prótesis dental se produce después de un número de años de uso, la prevalencia de fracturas de las cerámicas se reportó como un 5% después de 10 años de uso; por lo tanto, las estructuras protésicas normalmente no fallan como una consecuencia de un solo episodio de la aplicación de una fuerza tensional, sino más bien como el resultado de un efecto acumulativo de un gran número de cargas pequeñas. Debido a la naturaleza del procesamiento de la cerámica, es imposible añadir más cerámica a una restauración ya existente, por lo que en su elaboración se debe tomar en cuenta una buena aplicación de las indicaciones del fabricante se requiere un alto nivel de habilidad para este trabajo. Las complejidades del entorno oral y la variada topografía de la superficie de las restauraciones dentales hacen difícil definir con precisión la magnitud y el modo de tensiones precipitando la fractura clínica, en el laboratorio no se puede reproducir las variables intraorales y las complejidades del medio ambiente oral, es por eso que cuando las coronas son cementados en boca son distintos los factores que entran en

juego y que son inherentes a la resistencia mecánica de los materiales. En virtud de la aplicación continua de las cargas mecánicas en el medio oral, la degradación progresiva puede conducir a la iniciación de grietas y su crecimiento que finalmente conducen al fracaso de la restauración.

Otro estudio acerca de la resistencia de unión sobre cerámica la realizaron Della Bona *et al.* (2006)⁵ el objetivo de la investigación fue probar la hipótesis que consistió en que la zona de adhesión entre resina y cerámica está afectada por la microestructura de la cerámica, para este estudio se utilizaron 50 especímenes de las cerámicas disilicato de litio y leucita reforzada, el tratamiento de superficie fue aplicado con ácido fluorhídrico 9.5%, seguido de silano como agente de enlace y la aplicación de el adhesivo Scotchbond Multipropósito de 3M, terminando con la aplicación de resina compuesta, los especímenes fueron llevados a las pruebas de microtensión (identación) y a la fractografía, la prueba de microtensión se aplicó para asegurar la reducción de stress en la zona de unión adhesiva y los resultados fueran más fidedignos, se aplicaron pruebas estadísticas Anova y Weibull a los datos, los investigadores concluyeron que los sistemas evaluados fueron afectados tanto por la microestructura de la cerámica como por el tratamiento de la superficie.

Identificar el origen de las fracturas fue estudiado por Quinn *et al.* (2012)⁶ su objetivo fue identificar el origen de las fracturas en la cerámica de grano fino, este estudio utilizó 26 probetas donde se aplicaron fuerzas limitantes en 4 puntos de resistencia a la flexión, cada fractura hallada en los especímenes fue observada al microscopio electrónico de barrido, con estos datos se elaboraron gráficos de distribución de la fuerza de Weibull, en este estudio los investigadores concluyeron

que las fracturas se originaron en los lugares donde la compleja microestructura de la cerámica se compone de elementos como poros, burbujas, vidrio residual, fases cristalinas que son inherentes a la composición de la misma, en cuanto al estudio de fractografía se reveló cinco tipos de defectos como líneas de fases cristalinas, poros o burbujas, daños de la pared lateral y daños mecanizados de la esquina, cada tipo de falla es importante y probablemente tiene una gravedad y distribución de tamaño diferente.

Una investigación importante sobre la fatiga dental de las cerámicas la realizaron Zhang *et al.* (2013)⁷ el objetivo de esta investigación fue examinar los mecanismos subyacentes de la fatiga en las cerámicas dentales actuales y futuras, haciendo uso de los datos de diversos modos de fatiga con consecuente fractura de la capa de cerámica tomados de la literatura dental y biomecánica, luego de la revisión los investigadores concluyeron que los modos de fallo pueden cambiar durante toda la vida, dependiendo de la geometría de la restauración, de las condiciones de carga y las propiedades del material. Se establece que la continua carga sobre la prótesis repercute en la pérdida de la capacidad de la cerámica químicamente asistida, el lento crecimiento de la grieta en presencia del agua, demuestra la existencia de mecanismos de fatiga más nocivos, que son más mecánicos que químicos. El descuido para dar cuenta de la fatiga mecánica puede conducir a una sobreestimación de las tasas de supervivencia predichas.

Así también Agustín-Panadero *et al.*(2014)⁸ realizaron una revisión de literatura basada en evidencia científica sobre la eficacia de las prótesis dentales fijas a base de óxido de circonio, los estudios clínicos han puesto de manifiesto una alta tasa de

fractura de restauraciones a base de óxido de circonio que varía entre el 6% y el 15% en un período de 3 a 5 años después de su uso, mientras que para las restauraciones ceramo-metálicos la tasa de fractura oscila entre el 4 y el 10% después de 10 años de uso; estos resultados provocan incertidumbre en cuanto al pronóstico a largo plazo para este material en el medio oral. La causa de las fracturas del recubrimiento cerámico es desconocida, pero hipotéticamente podrían estar asociadas al fallo de la unión entre el material cerámico y la sub-estructura de óxido de circonio o metal.

Los protocolos de adhesión utilizados para la reparación intraoral comprenden varios pasos que deben ser aplicados en orden, el primero de ellos es el tratamiento de superficie, el propósito de este paso es aumentar la energía superficial generando áreas de traba micromecánica y así mejorar la resistencia de unión entre el sustrato y el material adherido, muchos estudios se han desarrollado para encontrar el material, técnica y tiempo de aplicación ideal para este paso, siempre tomando en consideración el tipo de cerámica con el que se trabaja, es así que Addison *et al.* (2006)⁹ realizaron un estudio con el objetivo de examinar el impacto de la concentración y el tiempo del ácido fluorhídrico sobre la cerámica feldespática para esta investigación se utilizaron 30 discos de cerámica de (15 x 0.9 mm) y se dividieron en 6 grupos: que consistieron en la combinación de tres concentraciones 5, 10 y 20 % a los tiempos 45, 90 y 180 segundos, se realizó un análisis de superficie de cada espécimen para luego aplicarles la prueba de microtensión, el análisis estadístico se realizó con las pruebas post-hoc tukey , los investigadores concluyeron que el tratamiento de superficie es un proceso dinámico y este depende de la constitución del sustrato, su topografía, concentración y tiempo de aplicación, el

grupo que dio mejores valores fue el que utilizó el ácido fluorhídrico al 10% por 45 seg.

También se encontró que a mayor tiempo de aplicación se disminuye la resistencia de unión del sustrato. Fabianelli *et al.* (2010)¹⁰ su investigación tuvo por objetivo evaluar la resistencia de unión entre la cerámica feldespática reforzada con leucita y la resina compuesta mediante el método de microtensión, para esto se elaboraron bloques de cerámica (n=24) los cuales fueron repartidos en 4 grupos, donde recibieron los siguientes tratamientos: G1: ácido fluorhídrico (HF) y silano; G2: silano; G3: ácido fluorhídrico(HF) y silano secado con aire caliente (100°C); G4: silano secado con aire caliente (100°C) para luego aplicar la resina compuesta en la superficies; las muestras se seccionaron en barras de 0.8mm², y fueron llevadas a la máquina de microtensión. El patrón de falla se clasificó por microscopía electrónica de barrido (SEM) y estereoscópica; los resultados encontrados demostraron que los grupos que incluyen el paso de aire caliente (G3 y G4) lograron una adhesión significativamente mayor a la de los grupos G1 y G2. El pre-tratamiento de la superficie con ácido fluorhídrico en G1 generó mayor resistencia de unión en comparación al G2, las fallas fueron en su mayoría cohesivas en G1, G3 y G4 y principalmente adhesivas en G2. Por lo tanto Los investigadores concluyen que la aplicación de silano a la superficie cerámica mejora significativamente la unión; y se observa potenciada al aplicársele una corriente de aire caliente 100 ° C, esto posiblemente podría eliminar la necesidad de la etapa de grabado con ácido fluorhídrico.

Ortiz *et al.* (2011)¹¹ realizaron una investigación con el objetivo de comparar el aspecto superficial y la fuerza adhesiva de la cerámica feldespática acondicionada con diferentes concentraciones y tiempos de ácido fluorhídrico; para lo cual se fabricaron 60 especímenes que fueron divididos en tres grupos de 20 cada uno, los protocolos consistieron en: Grupo A microarenado y ácido fluorhídrico 5% por 2 min, Grupo B microarenado y ácido fluorhídrico 9% por 1min, Grupo C microarenado y ácido fluorhídrico 10% por 2 min más neutralizador 3 min, los especímenes fueron sembrados en acrílico autopolimerizable, las superficies fueron lavadas y secadas para ser llevadas a observación bajo microsocopia electrónica de barrido a 500X y 1500X, luego fueron medidas en un Rugosímetro realizándole tres líneas como referencia de la punta analizadora y llevar un control, previo y posterior a esto se realizó el arenado con partículas de Al₂O₃ de 50 U a una distancia de 10mm a 4.1 de presión, se aplicó el ácido fluorhídrico en sus distintas concentraciones y tiempos, estos fueron llevados nuevamente al microscopio y al rugosímetro luego fueron nuevamente colocados en aros de acero para la prueba de adhesión, se aplicó silano y una matriz rellena de cemento a base de resina para llevarla a la maquina universal de ensayos a una velocidad de 0.5mm/min, los datos encontrados fueron estadísticamente analizados con la prueba Anova, los investigadores encontraron diferencias estadísticas entre los grupos en cuanto al grabado con ácido fluorhídrico, el grupo que dio el valor más alto fue el que utilizo microarenado y el ácido al 9% por 1min.

Otro estudio importante sobre los tratamientos de superficie lo realizaron Kukiattakoon *et al.* (2012)¹² su objetivo fue evaluar la resistencia de unión de la resina compuesta sobre la cerámica feldespática luego del tratamiento de superficie

con flúor fosfato acidulado a 1.23% en diferentes tiempos desde 1 hasta 10 min, para esto se prepararon 156 especímenes de cerámica feldespática que se dividieron en 12 grupos G1 control, G2 al G11 aplicación de fluorfosfato acidulado al 1.23% desde 1 hasta 10 y G12 ácido fluorhídrico al 9.6% por 2 min luego las superficies fueron lavadas por 20” y secadas por otros 30”, luego de esto se les aplico una capa de silano y el agente de unión Adper Scotchbond Multi propósito, con la ayuda de un tubo de silicona de 3x2 mm se realizaron bloques de resina compuesta sobre las superficies, estos especímenes fueron llevados a la maquina universal de ensayos con una velocidad de 0.2 mm/min, los datos fueron analizados estadísticamente con la prueba de una vía de Anova, los resultados nos demostraron que el grupo que utilizo ácido fluorhídrico al 9.6% por 2 min ofreció la mayor resistencia de unión, pero este no mostró diferencia significativa con los grupos que utilizaron flúor fosfato acidulado 1.23% desde 6 a 10 min por lo que se demostró que su uso es una alternativa segura.

Asimismo, Alizadeh *et al.* (2013)¹³ efectuaron una investigación con el objetivo de comparar tratamientos de superficie sobre cerámica con los laser Er;Cr:YSSG, Nd:YAG, y CO₂, para este estudio se fabricaron 68 cilindros de resina compuesta con base de silorano los que fueron divididos en 4 grupos: G1 sin tratamiento (control), G2 al G4 con los tres laser respectivamente, los valores de resistencia de unión fueron analizados estadísticamente por la prueba de una vía ANOVA y tukey, se encontraron diferencias significativas entre el grupo que uso Nd:YAG y los otros grupos, concluyeron que la resistencia de unión de la reparación con resina silorano es aceptable si se usa laser Er;Cr:YSSG como tratamiento de superficie.

Los ácidos son ampliamente usados como tratamiento de superficie por lo que son objeto importante de estudio es así que Castro *et al.* (2013)¹⁴ realizaron una investigación que busco determinar la rugosidad producida luego del tratamiento de superficie de la cerámica feldespática con dos tipo de ácido, para esto se fabricaron 30 discos de cerámica de 10x2mm de diámetro que se dividieron en 2 grupos G1: ácido fluorhídrico 9% por 60 seg. G2: ácido ortofosfórico 37% por 120 seg. Posterior a esto las muestras fueron llevadas al perfilómetro para evaluar la superficie cuantitativamente, los datos observados demostraron que la rugosidad fue mayor en el grupo que uso el ácido fluorhídrico por lo que se concluye que este es más indicado sobre cerámica.

La influencia del tratamiento de superficie así como su limpieza han sido estudiadas con el objeto de saber cómo influyen estas en la resistencia de unión de los sistemas de adhesión, la investigación realizada por Steinhauser *et al.*(2013)¹⁵ nos aportan conocimiento acerca de este tema y esta investigación consistió en evaluar la resistencia de unión ofrecida luego de diversos tipos de limpieza de superficies, 40 discos de cerámica fueron fabricadas y tratadas con ácido fluorhídrico 10% por 2 min luego fueron divididos en 5 grupos:G1 sin tratamiento, G2 jeringa triple por 1 min, G3 baño de ultrasonido por 5 min, G4 ácido fosfórico 37% y lavado de 1 min, G5 ácido fosfórico al 37% y baño de ultrasonido, se confeccionaron 5 bloques de resina compuesta de 0.8 x 4 mm de diámetro se colocó silano sobre las superficies, el adhesivo Adper Scotchbond 3M y se adhirieron los bloques y fotocurados por 40 seg. Estas muestras fueron almacenadas en una incubadora a 37°C por 24 horas antes ser llevadas a la prueba de microcizallamiento con 20 KgF a una velocidad de 0.5mm/min antes de la falla, los datos obtenidos fueron analizados con pruebas

estadísticas de una vía ANOVA estos resultados demostraron que no se encontró diferencias significativas entre los grupos en cuanto a la resistencia de unión, sin embargo, los grupos que utilizaron el baño de ultrasonido mostraron menos residuos al microscopio electrónico.

Diferentes combinaciones de tratamientos de superficies fueron probados, Valian *et al.* (2014)¹⁶ realizaron una investigación con el objetivo de analizar topográficamente la superficie luego de diferentes tratamientos, para ese estudio se fabricaron 72 discos de cerámica feldespática divididos en 12 grupos: G1 al G9 arenado con 2,3 y 4 de presión por 4,10 y 15 seg. G10 ácido fluorhídrico 9.5% por 120 seg. G11 arenado y luego ácido fluorhídrico G12 ácido fluorhídrico y arenado, todas las muestras fueron llevadas al microscopio electrónico de barrido electrónico, las imágenes tratadas con ácido fluorhídrico mostraron poros más profundos y de diferentes tamaños en comparación al arenado que mostro poros más homogéneos y pequeños, incrementado la presión del arenado se obtiene más rugosidad en la superficie, por lo tanto los investigadores concluyeron que todos los tratamientos incrementan la porosidad en el área, sin embargo, los grupos que utilizaron ácido fluorhídrico tuvieron porosidades más profundas que el arenado.

Los estudios acerca de tratamientos según el tipo de cerámica también nos proponen nuevas alternativas es así que Neis *et al.* (2015)¹⁷ realizaron una investigación para evaluar la eficacia de diferentes tratamientos sobre 3 tipos de cerámica, para este estudio se utilizaron 12 especímenes divididos en 4 grupos los tratamientos utilizados fueron : fresado, ácido fluorhídrico, triboquímico en tres tipos de cerámica: disilicato de litio, leucita reforzado, feldespática, seguido de esto se hizo la

colocación de silano, adhesivo y resina compuesta, después de la reparación estos especímenes fueron llevados al termociclado a 10,000 ciclos entre 5°C y 55°C por 30 seg. Luego de esto las muestras fueron llevadas a la prueba de microtensión con 0.5 mm/min de velocidad; los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente por la prueba de ANOVA y prueba de Tukey, los datos demostraron que cada cerámica requiere de un tratamiento diferente, se concluye que para las cerámicas feldespática y disilicato de litio el uso de ácido fluorhídrico 10% por 90 seg. es el más adecuado, mientras que para la leucita reforzada el fresado con punta diamante resultó ser el método más adecuado.

Diversos son los tratamientos que se han innovado para crear microretenciones sobre cerámica Su *et al.* (2015)¹⁸ realizaron una investigación para evaluar la resistencia de adhesión inmediata entre una resina compuesta y la cerámica de circonio después de varios procesos de arenado; se prepararon 300 barras de óxido de circonio divididos aleatoriamente en 25 grupos según el tipo de chorro de arena con presiones de 0.1, 0.2, 0.4 y 0.6 MPa, en tiempos de 7, 14 y 21 segundos de chorro de arena, con tamaños de polvo de alúmina de 50 y 110 micras, el grupo control no recibió chorro de arena. La pérdida de volumen y altura sobre la superficie de óxido de circonio tras finalizar el proceso y la resistencia al cizallamiento (SBS) fue observado después de 24h, se aplicó el análisis de la varianza (ANOVA) y menor significativa diferencia (LSD) prueba ($\alpha = .05$). Los modos de fallo se observaron mediante microscopía electrónica de barrido; los resultados demostraron que la pérdida de volumen y altura se incrementaron con mayor presión de chorro de arena y a mayor tiempo. Los investigadores concluyen con base en los hallazgos de este estudio, que el arenado con partículas de alúmina debe ser a 0.2 MPa, por 21 segundos con un tamaño del

polvo de 110 micras es el más recomendado para mejorar la unión entre el núcleo de circonio y la resina.

En los protocolos de adhesión, la retención micromecánica es importante pero también la unión química, ambas hacen una simbiosis con buenos resultados sobre la cerámica, el silano es un material de acoplamiento muy importante sirve de enlace entre la cerámica y el sistema adhesivo, para conocer más acerca de esta unión diversos estudios fueron efectuados, Zaghoul *et al.*(2014)¹⁹ investigaron reparaciones de discos fabricados con CAD/CAM con resina compuesta usando un agente adhesivo que contiene silano en diferentes protocolos, para esta investigación se utilizó 24 discos que fueron divididos en 6 grupos G1 fresado G2 fresado y silano G3 ácido fluorhídrico G4 ácido fluorhídrico y silano G5 arenado con sílice G6 arenado con sílice y silano, para la adhesión se utilizó un adhesivo universal como agente de unión, bloques de resina Z350 3M fueron fabricadas con 0.5x0.8 mm de diámetro y fueron adheridas a los discos, los especímenes fueron llevadas a la prueba de microcizallamiento en la maquina universal de ensayos, los tipos de fallas fueron observados por un microscopio electrónico, los datos obtenidos fueron analizados con las pruebas de tres vías de ANOVA, los investigadores concluyeron que la silanización de la cerámica es un paso que no puede ser omitido al usar ácido fluorhídrico y arenado, sin embargo podría ser omitido si se elige usar el protocolo de fresado, los protocolos que utilizaron silanización dieron los valores más altos de resistencia de unión.

Otro estudio importante acerca del silano fue desarrollado por Lee *et al.* (2015)²⁰ donde evaluaron la resistencia de la unión de cemento de resina autoadhesivo (SA)

sobre cerámica reforzada con leucita utilizando silano y adhesivo universal para lo cual se confeccionaron 48 bloques de cerámica que fueron grabados con ácido fluorhídrico 9,5% para luego dividirse en 3 grupos (n=16) donde: G1 Sin tratamiento control negativo; G2 Adhesivo universal y G3 Cerámica RelyX control positivo. Las muestras fueron evaluadas con y sin termociclado al microcizallamiento, las superficies fracturadas se examinaron utilizando microscopía estereoscópica y microscopía electrónica de barrido (SEM). Los resultados muestran que el termociclado redujo significativamente la resistencia de unión del adhesivo universal pero no el de los controles, el valor más alto lo obtuvo el grupo control seguido del adhesivo universal y el control negativo, predominó el tipo de falla cohesiva se concluye por lo tanto que el adhesivo universal mejora la resistencia de unión a la cerámica pero es menor a la del grupo control y disminuye si es sometida a termociclado.

Las temperaturas son variables que también se evaluaron así tenemos a Furtado de Carvallo *et al.* (2015)²¹, en esta investigación el objetivo fue evaluar el efecto de diferentes formas de tratamiento térmico de un silano pre-hidrolizado en la adhesión de un cemento que contiene MDP sobre cerámica feldespática, para esto se hicieron 48 bloques de cerámica y de resina que fueron divididos en 6 grupos: G1 ácido fluorhídrico 9.6%, silano y cemento panavia (MDP) G2 : G1 y tratamiento con horno G3: silano con tratamiento de horno con panavia G4: G1 y tratamiento con aire caliente G5 silano con tratamiento con aire caliente y panavia G6: silano y panavia. Los especímenes fueron llevados a la prueba de microtensión en la máquina universal de ensayos a una velocidad de 1mm/min, los tipos de fallas fueron evaluados por el microscopio electrónico, los datos obtenidos fueron evaluados estadísticamente por

la prueba de dos vías ANOVA y tukey, los resultados demostraron que los grupos que utilizaron el ácido fluorhídrico G2 y G4 con tratamiento de horno y aire caliente en el silano conteniendo MDP demostraron los valores más altos de resistencia de unión en comparación al grupo control G1, no se encontró diferencia significativa entre los grupos que utilizaron silano y panavia con tratamiento de horno y aire caliente; las fallas fueron en su mayoría adhesivas, los investigadores concluyen con estos datos analizados que los tratamientos de silano prehidrolizado conteniendo MDP (horno 100°C por 2 min , aire caliente a 50±5 °C por 1 min) incrementan significativamente la resistencia de unión entre la cerámica y el cemento que contiene MDP.

Así también tenemos a Yavuz *et al.* (2016)²² que evaluaron la resistencia de unión de protocolos donde se utilizaron las cerámicas disilicato de litio, feldespática reforzada con leucita y óxido de circonio infiltrado y cada tipo de cerámica fue dividida en 4 grupos de acuerdo a los tratamientos de superficie: G1 (ácido fluorhídrico + silano), G2(Silano solo, sin tratamiento térmico), G3 (silano solo, secado a 60 ° C de calor-tratamiento), y G4 (silano secado a 100 ° C de calor-tratamiento). Luego se aplicaron 2 sistemas de cementación para cada grupo, la resistencia se calculó en MPa (N/mm²), los tipos de falla fueron evaluados por SEM. Los resultados muestran que el grupo G1 que utilizó el ácido fluorhídrico y silano fue el grupo que obtuvo el mayor valor de resistencia en la cerámica en las tres cerámicas, así también el grupo G4 que realizó el secado a 100 grados funcionó bien en el óxido de circonio, el análisis se hizo con la prueba ANOVA y reveló que los valores de la resistencia se vieron afectados significativamente por el tipo de cemento de resina (P <0,001). Hubieron más fallas por lo tanto los autores concluyen

indicando que el tratamiento térmico no fue suficiente para lograr valores más altos comparados con el grabado de ácido fluorhídrico.

Investigar acerca de los sistemas adhesivos resulta vital en el campo de la odontología restauradora, el conocimiento obtenido nos sirve de guía para poder utilizarlos de manera correcta y adecuada según es sustrato en el que trabajemos, los sistemas adhesivos de séptima generación son adhesivos autograbadores de un solo paso all in one, su composición consiste en una solución con monómeros acídicos hidrofílicos, solventes orgánicos y agua, estos realizan un proceso de adhesión y desmineralización sobre la superficie;³ un estudio comparativo entre adhesivos fue realizado por Meshramkar *et al.* (2010)²³ para esto hicieron uso de 63 discos de porcelana divididos en 9 grupos se propusieron protocolos combinando e tipos de tratamiento de superficie: arenado, ácido fosfórico, ácido fluorhídrico y dos adhesivos: Scotchbond adhesive, clearfil liner bond, bloques de resina compuesta fueron adheridas sobre la superficie, que luego fueron llevadas a una incubadora a 37°C por 24 horas, antes de la prueba de microcizallamiento los datos obtenidos fueron analizados con la prueba de ANOVA, estos resultados demostraron que el protocolo que obtuvo los valores más altos de resistencia de unión fue el que utilizó ácido fluorhídrico y clearfil liner bond, este adhesivo contiene silano dentro de sus componentes se concluyó que este componente incremento la resistencia de unión de este grupo de estudio.

Los sistemas universales también fueron objeto de estudio por parte de Hattan *et al.* (2013)²⁴ estos investigadores evaluaron la resistencia de unión de un adhesivo universal sobre coronas de metal, 80 coronas metálicas fueron divididas en cuatro

grupos: G1 sin adhesivo G2 Spectrum prime and bond G3 Adapter single bond plus G4 adhesivo universal. Los especímenes fueron evaluados por la prueba de microcizallamiento y luego los tipos de falla se observaron, los datos fueron analizados estadísticamente, los resultados demostraron que el grupo que demostró los valores más altos de resistencia de unión fue el grupo que utilizó el adhesivo universal de un solo paso, y mostró diferencia estadísticamente significativa con los grupos tradicionales de adhesivos de 2 pasos.

Dentro de los nuevos sistemas adhesivos la incorporación del MDP viene siendo estudiada Pallás (2013)²⁵ indica que los sistemas adhesivos autograbantes poseen una facilidad de uso, debido a que elimina la fase del enjuagado con lo cual se reduce el tiempo de aplicación y reduce el riesgo de cometer errores durante su manipulación, existen a su vez 2 tipos: fuertes con un pH menor a 1 y los moderados con un pH cercano a 2 ambos actúan químicamente con la hidroxiapatita (fluorapatita) residual y pueden ser de 2 y 1 frasco, los de 1 frasco llamados all in one, poseen un pH bajo parecido al de los ácidos en gel, el agua es un componente esencial cuya función es la ionización de la fracción ácida, esta condición lo hace propenso a fallas de adhesión a largo plazo ya que la inadecuada penetración al sustrato podría producir una acelerada degradación de la interfaz creada, para controlar esto se ha instaurado la aplicación activa que consiste en frotar la solución por 20 a 30 seg.

Turp *et al.*(2013)²⁶ realizaron un estudio para evaluar la adhesión de 10-MDP como componente dentro del primer y del adhesivo de un cemento resinoso sobre dentina con y sin grabado, para este estudio se hicieron uso de 180 terceras molares divididos

en 6 grupos, se utilizaron adhesivos: convencional Panavia F2.0 y el auto adhesivo Clearfill SA, colocados posterior a 3 pasos de grabado y secado (35% H₃PO₄ y ED primer) o de 2 pasos (autograbado y secado) Clearfil SE Bond, las muestras fueron llevados a la prueba de resistencia de unión a la maquina universal de ensayos a una velocidad de 0.5mm/min, las fallas fueron observadas en el esteromicroscopio, los datos fueron analizados por la prueba de ANOVA y tukey, los resultados mostraron que el cemento resinoso panavia mostro el valor más alto de resistencia, en la práctica clínica la dentina siempre debe ser grabada, los adhesivos convencional y universal con 10-MDP dieron buenos valores de resistencia de unión y la técnica de grabado y secado de dos pasos demostró mejor calidad a la adhesión .

El rol del 10-metacriloxidecilo fosfato dihidrogenado en los sistemas adhesivos es sujeto de múltiples investigaciones, saber todo acerca de su interacción con las estructuras ayudara a seguir trabajando en la síntesis de más y mejores monómeros, Moncada *et al.*(2014)²⁷ afirman que la aplicación de adhesivos dentarios autograbantes que contienen 10- MDP permiten el cambio de la filosofía adhesiva llevándola del grabado total a la integración adhesiva en substratos como la dentina, esmalte y superficies como la cerámica y metal, todo esto debido a que este componente puede superar la resistencia a la biodegradación de la interfaz adhesiva, su mecanismo de acción se basa en la formación de múltiples nanocapas de calcio unidas a 2 moléculas 10-metacriloxidecilo fosfato dihidrogenado; estas múltiples capas de 3,5 nm (en dentina) son las que protegerían las fibras colágenas del fenómeno de hidrólisis. Las nanocapas explicarían su alta estabilidad en el tiempo y la fortaleza de la unión, probadas tanto en estudios clínicos como de laboratorio, la interacción con la hidroxiapatita y la fluorapatita sucede con ácidos de pH bajos, pero mayores que

los tradicionales, por lo que surge la necesidad de recomendar el grabado selectivo previo del esmalte.

Respecto al monómero 10-MDP Cardoso (2015)²⁸ indica que dentro de sus principales funciones están: el ataque químico, la prevención de la separación de fases, las mejora de la difusión y penetración de otros monómeros e incluso la acción antimicrobiano. La adhesión al esmalte se da por la infiltración del adhesivo en las microporosidades creadas por el ataque químico previo, mientras que la adhesión a la dentina se basa en la penetración de los espacios intra e intertubulares, las proyecciones de resina y la capa híbrida, generan una retención micromecánica. Este monómero tiene un grupo polimerizable que interactúa con otros monómeros de resina mediante copolimerización, y un grupo funcional ácido que proporciona la capacidad de interactuar con los tejidos duros del diente, el grupo fosfato del 10-MDP tiene la capacidad de unirse a la hidroxiapatita de manera intensa y estable, más concretamente los iones de calcio, esta conexión electrostática entre el 10-MDP y la hidroxiapatita se produce de acuerdo con un concepto de "adhesion-descalcificación" este mecanismo consiste en que todos los ácidos tienen la capacidad de unirse químicamente a la hidroxiapatita de calcio, la verificación de la liberación de iones fosfato e hidróxido y su relación dependerá de la estabilidad de la sal de calcio formado MDP-Ca, estas sales tienen una alta estabilidad, resistencia a la hidrólisis y longevidad, debido al pH moderado que poseen la adición del monómero de 10-MDP es más ventajosa ya que sólo disuelve parcialmente la capa de barrillo, dejando los cristales de hidroxiapatita adherirse a las fibras de colágeno expuestas, como un efecto de protección natural del colágeno mediante enlaces electrostáticos entre 10-MDP y los cristales de hidroxiapatita.

Jeti *et al.* (2015)²⁹ utilizaron cerámica feldespática fabricada por CAD/CAM con dos adhesivos: Prime & Bond NT y Xeno III y los tratamientos de superficie con ácido fluorhídrico al 5% y el mismo ácido adicionado silano, 40 discos de 6x5mm de diámetro fueron realizados por Cerec Blocs CAD/CAM technology, estos discos fueron pegados a los dientes recién extraídos usando los dos adhesivos el autograbado y el convencional, los especímenes fueron divididos en 4 grupos G1 ácido fluorhídrico 5% , Prime & Bond NT , Variolink II, G2 igual a G1 mas silano, G3 ácido fluorhídrico, Xeno III y Variolink II, G4 igual que G. más silano. Se llevaron los especímenes a la prueba de microcizallamiento en la maquina universal de ensayo 3385 Instron a 10kgF, los datos obtenidos fueron evaluados con las pruebas T student y Lavene y encontraron diferencia significativa entre G1 y G2 & G3 y G4, la investigación concluye que la utilización de silano posterior al grabado con ácido fluorhídrico de la cerámica incrementa significativamente la resistencia de unión de la misma con los adhesivos.

Ahn y *et al.* (2015)³⁰ evaluaron la resistencia de unión de la zirconia y un cemento autoadhesivo con MDP, para estos se utilizaron 60 discos de cerámica que se pulieron con papel abrasivo a 600-grit SiC, G1 sin tratamiento, G2 Metal/Zirconia Primer, G3 Z-PRIME Plus, G4 aire abrasivo G5 Metal/Zirconia Primer y aire abrasivo G6 Z-PRIME Plus y aire abrasivo, luego de esto se aplicó cemento resinoso con Clearfil SA sobre las superficies, los especímenes fueron llevados al termociclado, para ser llevados a la prueba de microcizallamiento, los datos fueron analizados con las pruebas t-student Newman-Keuls de comparación múltiple, los resultados demostraron que el G5 mostró el valor más alto de resistencia de unión,

por lo que se concluyó que la aplicación del adhesivo con MDP incrementa la resistencia de unión entre la zirconia y el cemento resinoso con MDP.

El monómero MDP también actúa sobre metales por lo que, Choo *et al.* (2015)³¹ evaluaron el efecto de los cebadores de metal en la unión de aleaciones dentales y resina compuesta, para esto se elaboraron especímenes en forma de disco de metal (8 x 1,5 mm) y se hicieron a partir 3 tipos de aleaciones Co-Cr, Ti y Au-Ag-Pd cada tipo se dividió en 4 grupos (n=12), la mitad de las muestras fue sumergida en una solución de polivinil pirrolidona durante 24 horas. En las aleaciones de Co-Cr y Ti-aleación, se colocó Primer de aleación (MDP + VBATDT) y MAC-Bond II (MAC-10), mientras que en la aleación de Au-Ag-Pd se aplicó V-Primer (VBATDT), después del tratamiento superficial se hizo el blindaje con la resina compuesta, las muestras fueron sometidas a la prueba de cizallamiento, los resultados evidenciaron que el Primer de aleación que contiene MDP mostró una mayor resistencia al cizallamiento en comparación con los otros grupos (P <0,05). Sin embargo, no se encontró diferencia significativa con la aleación de Ti que usó MAC-Bond II, se concluyó que el uso combinado de MDP y VBATDT fueron efectivos en la unión de la resina con las aleaciones de Co-Cr y Au-Ag-Pd.

Los adhesivos universales con MDP también fueron estudiados sobre cerámica de leucita reforzada es así que Kim *et al.* (2015)³² realizaron un estudio para comparar la resistencia de unión entre ellos, para esto se fabricaron discos de cerámica que fueron grabadas con ácido fluorhídrico 9.6% por 1 min, y divididos en 4 grupos de 16 unidades, G1 sin tratamiento, G2 Scotchbond adhesivo universal, G3 ALL-BOND universal Bisco, G4 RelyX Ceramic Primer and Adper Scotchbond Multipropósito

3M, sobre estas superficies tratadas se colocó bloques de Ultimaded cemento resinoso 3M, los especímenes fueron sumergidos en agua y termociclado a 10,000 revoluciones antes de la prueba de microcizallamiento, las fracturas fueron observadas por microscopio electrónico (SEM), los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente, y demostraron que la técnica convencional de aplicar por separado el silano y el adhesivo es preferible para cementar cerámica reforzada de leucita a colocarla en un solo paso, independientemente al tratamiento de superficie el termociclado redujo los valores pero no cambiaron los resultados.

La reparación intraoral es una técnica que consiste en la restauración de una fractura mediante un proceso de unión micromecánico y químico, esta técnica cuenta con 3 elementos a considerar, el tratamiento de superficie del sustrato a restaurar, el agente de enlace con el sustrato que vendría a ser el silano, el agente de unión compuesto por el sistema adhesivo y por último el material restaurador que vendría a ser una resina compuesta; diversos protocolos con esta técnica han sido propuestos y entre estos tenemos estudios como el que De Melo *et al.* (2007)³³ donde evaluaron la resistencia de unión a la microtensión, para esto una cerámica feldespática reforzada con leucita (Omega 900, VITA). Se fabricaron 10 bloques de cerámica (6x6x6 mm) asignados aleatoriamente a 2 grupos (n = 5), G1: ácido fluorhídrico 10% x 2 min seguido de silano x 30 s; G2: abrasión de partículas de óxido de sílice (CoJet-arena/30 micras) x 20 seg. seguido de silano X 5 min a continuación se aplicó adhesivo single Bond (fotocurado x 40 s). Se colocó resina compuesta Z-250 por incrementos en la superficie cerámica tratada para construir un bloque de 6x6x6 mm. Barras de los especímenes fueron seccionadas con una superficie adhesiva de aproximadamente $1 \pm 0,1 \text{ mm}^2$ (6 por bloque y 30 por grupo) para la prueba de

microtensión. En los resultados no se observó diferencia significativa entre ellos G1 ($10,19 \pm 3,1$ MPa) y G2 ($10,17 \pm 3,1$ MPa) ($p = 0,982$) (prueba de la t de Student; $\alpha = 0,05$). Se concluye por lo tanto que ambos métodos son efectivos para la reparación con resina, se sugiere llevar a cabo estudios con métodos que usan envejecimiento a largo plazo.

Un reporte clínico sobre reparación intraoral de cerámica fue realizado por Raposo *et al.* (2009)³⁴ en este trabajo, se presentan dos casos, en los que las fracturas se produjeron en prótesis extensas y su sustitución representaba un problema por el alto costo y las molestias al paciente, es así que la reparación de cerámica fue elegida con secuencias para casos con y sin presencia de la cerámica. Caso 1 se reparó puente cerámico con pérdida parcial en ángulo de cerámica para lo cual se hizo uso de ácido fluorhídrico 10% x 2 min, lavado, secado, aplicación de silano, aplicación de adhesivo scotchbond multipropósito y la aplicación de resina microhíbrida de manera incremental, para finalizar se hizo el pulido con gomas. Caso 2 se reparó un puente cerámico con un fragmento cerámico, ambas estructuras fueron grabadas con ácido fluorhídrico 10% x 2min una en boca haciendo un aislamiento relativo y el otro fragmento en mesa, aplicación de silano para ambas estructuras, aplicación de resina microhíbrida y recolocación del fragmento fracturado fotocurado y pulido.

La reparación de cerámica no está exenta de cumplir con exigencias estéticas de color, es por eso que An *et al.* (2011)³⁵ realizaron un estudio con el objetivo de comparar la resistencia de unión entre una resina con color gingival y una de color de diente sobre la superficie de cerámica, metal y óxido de zirconia, para esto se fabricaron 60 probetas cilíndricas divididas en 6 grupos: G1-W: resina gingival unida

a cerámica, G1-P: resina color de diente unida a cerámica, G2-W: resina gingival unida al metal base, G2-P: resina color de diente unida al metal base, G3-W: resina gingival unida al óxido de circonio, el grupo 3-P: resina color de diente unida al óxido de circonio. La resistencia al cizallamiento se midió en una máquina universal de ensayo después del termociclado también se observó el modo de fallo; todos los datos fueron analizados utilizando la prueba post-hoc de Bonferroni ($>0,05$). Los resultados mostraron que no se encontraron diferencias significativas entre la resina de color gingival y la de color de diente, el grupo G1-W de resina color gingival unida a cerámica dio el valor más alto de unión 12.39 Mpa ($p < 0,05$). Se concluye que la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta del color encía no fue menor al del color del diente, por lo tanto, la reparación o la fabricación de restauraciones cerámicas utilizando el compuesto de resina de color encía puede ser considerado como un método práctico, especialmente cuando se aplica sobre superficies de porcelana.

Blum *et al.* (2012)³⁶ evaluaron la resistencia de la unión a la tracción (TBS) de 4 sistemas de reparación sobre cerámica de vidrio reforzada con leucita, se fabricaron 200 especímenes (extra-large Cerana) que fueron almacenadas en saliva artificial durante 3 semanas y posteriormente, asignada aleatoriamente a 5 grupos ($n=40$) G1:reparación cerámica (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein); G2:Cimara1 (Voco, Alemania); G3:Clearfil Reparación1 (Kuraray, Japón); G4:CoJet system1 (3M ESPE, Alemania); y el G5:sin acondicionamiento de superficie ni sistema adhesivo. Posterior a esto se aplicó la resina compuesta sobre los especímenes, para luego ser llevadas a la prueba de tracción, las muestras representativas de los grupos de ensayo se sometieron a escaneo de microscopía electrónica (SEM) para determinar el modo

de fallo; los datos fueron analizados estadísticamente con análisis de varianza y Kruskal-Wallis con intervalo de confianza al 95%. Los resultados mostraron que el G4 del sistema CoJet1 resultó significativamente mayor en los valores de unión de resistencia (5,2 MPa) comparado con los otros sistemas aplicados ($p = 0,03$). Al examen SEM de las superficies las fallas adhesivas fueron predominantes, por lo tanto se concluyó que el sistema CoJet1 fue mejor que los otros sistemas que solo se podrían indicar como medidas provisionales de reparación.

Se han efectuado varios estudios sobre el tipo de material restaurador así tenemos a Joulaei *et al.*(2012)³⁷ para esta investigación se fabricaron 27 bloques de 15x10x1 mm de diámetro de la resina silica-filled (TPH Spectrum) y resina Zirconia filled, los cuales fueron realizados con ayuda de un molde de aluminio, estos bloques fueron sumergidos en agua destilada a 37°C por 24 horas y llevadas al termociclado entre 5+-55°C a 5000 ciclos, luego estas superficies fueron grabadas por ácido fosfórico 35% x20 seg. lavadas y secadas, estos bloques fueron divididos en 3 grupos y se realizaron 3 tipos de tratamientos: G1:Alloy Primer, G2:Porcelain Silane, G3:desgate con piedra, y para la aplicación del sistema adhesivo se dividieron los 9 bloques en 3 grupos más: G1 Margin Bond, G2 Clearfil SE Bond, G3 Single Bond adhesive, sobre estas superficies se adhirieron cilindros pequeños de resina con un diámetro de 1x0.5 mm, con una distancia de 2mm entre ellos, estos especímenes fueron llevados al termociclado por 1000 ciclos y luego puestos a la maquina universal de ensayos para la prueba de microcizallamiento, los datos obtenidos fueron evaluados con la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov y luego Anova de dos vías para comparar los grupos, no se encontró diferencias significativas entre las reparaciones

con las dos resinas utilizadas, pero si se encontró diferencias en cuanto al tratamiento de superficie y el adhesivo aplicado para las reparaciones.

Cruz González *et al.* (2013)³⁸ realizaron un reporte clínico de una reparación intraoral de una prótesis parcial fija metal cerámica de seis unidades con resina compuesta, el objetivo de este reporte fue presentar a la resina compuesta como una alternativa con ventajas como la fácil manipulación y su bajo costo, el tratamiento realizado utilizó fresado de superficie de porcelana, aislamiento absoluto, grabado con fluoruro de fosfato acidulado, microarenado con óxido de aluminio, silanización, aplicación del adhesivo convencional y tres tipos de resinas compuestas, resina opaca, microhíbrida y resina de nanorelleno, el tratamiento fue evaluado a los 8 meses con un explorador para ver la adaptación, a la inspección visual no se observó signos de percolación y basado en estos resultados se podría concluir que la combinación de resinas compuestas pueden ser una alternativa útil para la reparación de porcelana fracturada.

Evaluar las reparaciones en los distintos tipos de cerámica es muy importante a la hora de decidir protocolos, Colares *et al.* (2013)³⁹ realizaron una investigación con el objetivo de evaluar la resistencia de la unión a la microtensión (μ TBS) entre la cerámica disilicato de litio y la resina compuesta sometida a distintos tratamientos de superficie con secado de silano a temperatura, para este propósito se confeccionaron 20 bloques (7x7x5 mm) de cerámica divididos en 4 grupos aleatoriamente G1: ácido fluorhídrico 9,5% x 20 seg. y el secado de silano a temperatura ambiente; G2: ácido fluorhídrico 9,5% x 20 seg. y silano secado con aire tibio 45 ± 5 ° C; G3: abrasión partículas de óxido de 50 micras de aluminio y silano secado con 45 ± 5 ° C aire

caliente; G4: abrasión partículas de óxido de 50 micras de aluminio y secado de silano a temperatura ambiente. Después de los tratamientos, se aplicó el sistema adhesivo (Single Bond 2), para restaurar directamente con resina compuesta (Filtek Z250) las muestras fueron almacenadas en agua destilada a 37°C durante 24 h, para luego ser seccionados con una área de 1 mm², el análisis se realizó con la prueba ANOVA ,Student, Newman-Keuls ($\alpha = 0,05$). Los resultados en MPa fueron:

G1= 32.14 (7.98), G2= 35.00 (7.77) y G3=18.36 (6.17), todas las muestras de G4 fallaron durante el corte, los valores de los grupos G1 y G2 fueron significativamente mayores pero no hubo diferencia entre ellos ($p > 0,05$). Por lo tanto se concluye que el reparo de la cerámica de disilicato de litio con ácido fluorhídrico y aplicación de silano se puede utilizar como una alternativa sin la necesidad de secar el silano a una temperatura elevada.

Los sistemas creados para efectuar las reparaciones intraorales, merecen una especial atención Jain *et al.* (2013)⁴⁰ realizaron un estudio comparativo entre 3 sistemas nuevos de reparación de cerámica feldespática, se fabricaron 120 discos metal-cerámicos con exposición de cerámica G1 y de metal G2, los protocolos consistieron en dos tratamientos de superficie. Fresado con piedra de diamante y arenado con oxido de aluminio, luego de esto se aplicaron 3 sistemas de reparación: ceramic repair system ivoclar vivadent, clearfil repair system kurakay, porcelain repair system 3M ESPE, todos los especímenes fueron almacenados en una incubadora a 37°C por 24 horas, para luego ser llevados al termociclado a 6-60° y nuevamente almacenados a 37° por 7 días más, posterior a esto las muestras fueron llevadas a la maquina universal de ensayos en una maquina universal de ensayos, los resultados obtenidos mostraron que el valor más alto que para el sustrato de cerámica lo dio el

sistema Porcelain repair system, el valor más alto para el sustrato de metal lo mostro Clearfil repair system, también se encontró que el tratamiento con arenado incremento los valores de resistencia de unión sobre la cerámica.

La comparación de sistemas de reparación para los distintos tipos de cerámicas también son objeto de estudio para Han *et al.* (2013)⁴¹ quienes evaluaron tres sistemas de reparación con resina sobre zirconia, para esto se fabricaron 30 discos de zirconia que fueron divididos en 3 grupos: G1 Cojet repair system 3M(arenado con sílice, silanización, adhesivo), G2 Ceramic Repair system Ivoclar (ácido fosfórico 37%, zirconia primer, adhesive), G3 Signum zirconia Bond Heraus (Signum zirconia Bond, Signum Zirconia Bond II), bloques de resina fueron adheridas sobre las superficies tratadas, los especímenes fueron llevados a la maquina universal de ensayos para la prueba de resistencia de unión, los datos fueron estadísticamente analizados con la prueba de una vía ANOVA, estos mostraron que el grabado con ácido fosfórico del grupo 2 mostraron los valores más bajos de resistencia de unión ,en cuanto al G1 y G3 no se encontraron diferencias significativas, por lo tanto se concluyó en este estudio que el protocolo que incluyo arenado de sílice más silano y el sistema Signum Zirconia Bond eran más efectivos para incrementar la resistencia de unión entre la zirconia y la resina compuesta.

Conocer acerca del mecanismo de acción del monómero MDP dentro de los materiales de reparación intraoral también fue investigado por Zhao *et al.* (2013)⁴² quien evaluó la resistencia de unión entre el cemento resinoso (MDP) sobre cerámica feldespática y zirconia, para esto utilizaron como tratamientos de superficie, ácido fluorhídrico 5% y silano sobre cerámica feldespática y arenado y zirconia primer

sobre zirconia, los discos pre tratados fueron adheridos con 3 cementos resinosos: Multilink, Panavia F, RelyX Unicem, los especímenes serán llevados a la prueba de microcizallamiento a una velocidad de 0.5mm/min, los datos fueron analizados estadísticamente con la prueba de una vía de ANOVA y tukey; se encontraron diferencias significativas entre los grupos siendo el que utilizo Panavia F el que ofreció el valor más alto de resistencia de unión, y esto se debió a su composición con MDP.

Los resinas compuestas utilizadas en los protocolos de reparación también fueron estudiadas por Erdemir *et al.* (2014)⁴³ en esta investigación el objetivo fue evaluar y comparar la resistencia de unión de una resina fluida sobre la cerámica de disilicato de litio CAD/CAM mediante el método de cizallamiento, se elaboraron 130 placas de cerámica (6 x 4 y 3 mm) que fueron asignada en 5 grupos (n = 26) G1: control no tratado, G2:recubrimiento con 30 micras partículas de óxido de sílice (arena), G3:CojetTM con grabado ácido fluorhídrico 9,6% , G4: irradiación de Er: YAG , y G5: fresado de diamante fino de alta velocidad. Una resina compuesta fluida libre adhesión (Flow Vertise) fue aplicada sobre las placas de cerámica pre-tratadas utilizando el sistema de moldes de teflón al cizallamiento Ultradent. La rugosidad de la superficie se midió mediante microscopía de fuerza atómica y la prueba de resistencia al cizallamiento se llevaron a cabo utilizando una máquina universal de ensayos a una velocidad 1mm/min, los datos de la rugosidad fueron analizados por ANOVA y Tukey HSD y los valores de las pruebas de resistencia adhesiva de cizallamiento fueron analizados por Kruskal-Wallis y Mann-Whitney($\alpha = 0.5$). Los resultados mostraron al ácido fluorhídrico y al fresado como los que produjeron mayor rugosidad superficial, en cuanto a la resistencia de unión se observaron

valores muy bajos en todos los grupos del experimento, los grupos con grabado ácido fluorhídrico y revestimiento de sílice obtuvieron los valores más altos ($p < 0,001$).

Por lo tanto se concluyó que la resina fluida exhibió valores muy bajos de resistencia de unión independientemente del tratamiento previo aplicado.

Otro estudio importante de reparación de cerámicas con resina fue el realizado por Bravo-Cavichchioli *et al.* (2014)⁴⁴ el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de distintos tratamientos de superficies en los valores de resistencia traccional en la unión entre porcelana feldespática y resinas compuestas, para esto se confeccionaron 32 especímenes con forma de T cerámica, distribuidos aleatoriamente en 4 grupos experimentales, el extremo de cada espécimen fue sometido a un tratamiento de superficie, previo al acondicionamiento adhesivo y unión con resina, el G1 fresado, G2 fresado y arenado, G3 Fresado, arenado, grabado de ácido ortofosfórico y el G4 fresado, arenado, grabado ácido ortofosfórico y silanización, se confecciono una segunda T de resina compuesta adherida a la anterior, que fue introducida en cilindros acrílicos para ser sometida a pruebas de tracción en una maquina universal de ensayos Instron, se registró la fuerza de falla y se analizó la interfaz obtenida bajo microscopia óptica 40X, los resultados demostraron diferencias estadísticas entre el G1 y los grupos G2, G3,G4; por lo tanto se concluyó que a mayor cantidad de tratamientos de superficie se incrementa la resistencia traccional de las superficies adheridas.

Los protocolos de reparación hacen uso de distintas técnicas de tratamiento de superficie con el fin de mejorar la retención de las restauraciones, Sadegui *et al.*

(2015)⁴⁵ evaluaron la influencia de Er: YAG en la resistencia de la unión (SBS) de una resina compuesta sobre cerámica feldespática, con este propósito se confeccionaron 72 bloques de cerámica (N=12): G1: sin tratamiento (grupo de control); G2: ácido fluorhídrico 9% x 90 seg.; G3 al G6 fueron irradiados por separado con Er: YAG laser utilizando cuatro parámetros de energía: 2W,100 mJ (G3); 3W, 150mj (G4); 4W, 200 mJ (G5) y 5W, 250mj (G6), respectivamente; la frecuencia fue de 20 Hz en modo de pulso largo, posterior a este tratamiento se aplicó silano, y se confeccionó varillas de resina compuesta que fueron adheridas a los bloques de cerámica, las muestras fueron termocicladas y llevadas a la prueba de microcizallamiento. Los datos se analizaron con las pruebas de ANOVA, Tamhane y Chi-cuadrado. Los valores más altos los obtuvo el grupo G2 que utilizo el ácido fluorhídrico ($12,29 \pm 3,04$ MPa) ,el más bajo se observó en G4($2,23 \pm 0,60$ MPa), seguido de G3 ($1,96 \pm 0,76$ MPa), el grupo G6 (5W, 250mj)tuvo un valor significativamente mayor al de los otros lasers, por lo tanto se concluye que a pesar de que el láser Er: YAG a 5W, 250mJ / 20 Hz fue más eficaz que el grupo control, no puede ser utilizado como un método seguro teniendo la alternativa del uso del ácido fluorhídrico, los parámetros de láser evaluados en esta investigación no resultaron eficaces en la unión de la resina compuesta y la cerámica.

Los materiales de restauración como las resinas basadas en metacrilato y silorano también fueron evaluadas, Mohammadi *et al.* (2015)⁴⁶ compararon la resistencia de unión de estos dos tipos de resina adheridas a cerámica con tres tipos sistemas adhesivos, para esto se utilizaron 156 discos de cerámica feldespática que fueron divididos en 6 grupos: los grupos G1,G2,G3 fueron tratados con aire abrasivo y silano, se utilizó resina compuesta Z250 y para los grupos G4,G5,G6 se utilizó resina

silorane, para la reparación de las cerámicas se utilizó 3 tipos de adhesivos: Adper single Bond, Clearfil SE Bond, Silorane adhesive, los especímenes fueron llevadas a la prueba de resistencia de unión, los datos observados se analizaron estadísticamente con la prueba de dos vías ANOVA y post hoc tukey, se encontró diferencias significativas entre los adhesivos utilizados, los valores de resistencia de unión más altos fueron mostrados por los grupos que utilizaron el adhesivo silorano y el adper single bond.

La evaluación de protocolos de adhesión según el tipo de cerámica también fueron investigadas por Neis *et al.*(2015)⁴⁷ su objetivo fue evaluar la resistencia traccional entre resina compuesta y cerámica con diferentes métodos de acondicionamiento, para esto utilizaron las cerámicas: disilicato de litio, leucita reforzada, feldespática, 12 discos fueron fabricados y divididos en 3 grupos, estos fueron almacenados en una incubadora por 3 meses en agua destilada a 37°C, luego estas superficies fueron pulidas con papel de silicio de 600-grit, los tratamientos de superficie usados fueron: desgaste con fresa diamante, ácido fluorhídrico 10%, arenado triboquímico de sílice, posterior a esto hizo la limpieza de superficies usando ácido fosfórico a 37%, silano y adhesivo, se continuo con la reparación de resina compuesta, luego los especímenes fueron llevados al termociclado por 10.000 ciclos entre 5 y 55°C por 30 seg. luego se hicieron los cortes seccionales de 1.0mm² y fueron llevados a la prueba de resistencia traccional a una velocidad de 0.5mm/min, los datos obtenidos fueron analizados por la prueba de dos vías ANOVA y tukey, los resultados demostraron que el tratamiento con fresado fue mejor para la cerámica feldespática y la leucita reforzada, mientras que el ácido fluorhídrico resulto mejor para el disilicato de litio y el arenado triboquímico resulto mejor para la leucita reforzada por lo tanto

se concluyó que los tratamientos de superficie a utilizar dependen del tipo de cerámica a reparar.

Las reparaciones de cerámica deben ser vistas como un conjunto de procedimientos donde la combinación de los materiales y pasos nos aseguren el éxito de nuestra restauración, Yoo *et al.*(2015)⁴⁸ evaluaron la resistencia de unión de la resina compuesta sobre una superficie fracturada de metal-cerámica, dependiendo del sistema de reparación y de tratamiento de superficie aplicada; para este estudio un total de 30 discos fueron fabricados se dividieron en 2 grupos con superficie cerámica y con superficie metálica, cada uno de estos grupos fueron divididos en 3 grupos de acuerdo al método de reparación G1 desgaste con fresa de diamante y repair system(intraoral repair kit), G2 abrasión con partículas y repair system (intraoral repair kit), G3 repair system II (Cojet system), todos los especímenes fueron llevados al termociclado, para luego ser aplicada la prueba de resistencia, los datos fueron analizados estadísticamente con las pruebas Kruskal- Wallis y Mann-Whitney, los resultados mostraron que para la superficies de cerámica el grupo que utilizo abrasión con partículas y repair system ofreció los valores más altos de resistencia de unión, mientras que para la superficie metálica el grupo con repair system II (Cojet system) fue el que dio valores más altos de resistencia, por lo tanto se concluyó que el tratamiento con partículas abrasivas da mejores resultados para el tratamiento de superficie, mientras que la aplicación de Repair system (intraoral repair kit) resulto ser más indicado para la restauración de cerámica.

Protocolos de reparación utilizando diversas combinaciones de materiales también fueron objeto importante de evaluación, Hollaert *et al.* (2015)⁴⁹ buscaron determinar

el procedimiento más óptimo para la reparación de una fractura, con este propósito se elaboraron especímenes de (20x10x2mm) de cerámica feldespática, zirconia y metal (n=10), los tratamientos de superficie: arenado, limpieza con hydrol y ácido fluorhídrico fueron aplicados según la superficie, posterior a esto se adhirieron cilindros de resina (GrandioSo, VOCO) los cuales fueron unidos con los sistemas adhesivos: Superbond (SB-Sun Medical, Japan), Cimara (CI-VOCO, Germany), Experimental universal adhesive (EUA-VOCO, Germany), Ceramic repair (CER-Ivoclar-Vivadent, France) y Clearfil repair (CLR-Kuraray, Japan), los especímenes fueron almacenados en agua destilada a 37°C por una semana, posterior a esto fueron llevados a la prueba de microcizallamiento en una maquina universal de ensayos (0.75mm/min), los datos fueron analizados con las pruebas ANOVA y Tukey's (p=0.05). En cuanto a resistencia de unión en metal, el arenado y clearfil repair dieron el valor más alto, en las cerámicas lo dio la limpieza con hydrol y clearfil repair, y en zirconia el arenado y ceramic repair, por lo tanto se concluyó que el arenado dio valores más altos de resistencia que el tratamiento con ácido fluorhídrico y el sistema adhesivo clearfil repair resulto ser más efectivo en comparación con los otros sistemas de adhesión.

IV. OBJETIVOS

IV.1. Objetivo general

Evaluar la resistencia de unión de un adhesivo universal aplicada en diferentes protocolos de adhesión entre cerámica feldespática y una resina compuesta *in vitro*.

IV.2. Objetivos específicos

1. Comparar los protocolos de adhesión entre cerámica feldespática y una resina compuesta según la resistencia de unión.
2. Comparar la resistencia de unión de los protocolos de adhesión según agentes de unión.
3. Comparar los protocolos de adhesión según el patrón de falla.
4. Comparar el patrón de falla de los protocolos de adhesión según agentes de unión.

V. HIPÓTESIS

La unión de resina compuesta sobre cerámica feldespática se puede realizar usando sólo adhesivo universal como protocolo de adhesión.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

VI.1. Diseño del estudio

El diseño es experimental *in vitro*.

VI.2. Muestra

Se emplearon discos de cerámica feldespática IPS d.SIGN (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) de color A2, para el proceso de estandarización de las muestras utilizadas en esta investigación, se tomaron medidas como:

- La cerámica fue trabajada de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
- Fueron realizadas por un mismo profesional técnico en el mismo ambiente de laboratorio y en el mismo horno.
- El tamaño de todos los discos fue de 10 mm de diámetro por 1.5 mm de grosor.
- La superficie de las muestras de cerámica cumplieron con el protocolo de ser planas y libres de porosidad, para garantizar la estandarización de las superficies todas las muestras fueron revisadas con una lupa de magnificación.

El tamaño muestral fue determinado por medio de un estudio piloto, los datos obtenidos fueron colocados en una calculadora para obtener el tamaño muestral de variables continuas de la página <https://www.sealedenvelope.com>, estas calculadoras se basan en aproximaciones a la distribución normal y han sido probadas con resultados de artículos publicados. Para este proceso se colocaron los datos a un nivel

de significancia de 5%, con un poder de 90%, la media del grupo control, la media de grupo experimental y la desviación estándar; la muestra mínima requerida fue de 9 muestras para cada grupo, se aumentó el número de muestras por posibles fallas o pérdidas, se utilizaron un total de 15 muestras por grupo haciendo un total de 105 muestras para el estudio.

VI.3. Variables

A. Variable independiente

Protocolos de adhesión: definido como el conjunto de métodos y procedimientos que emplean diversas sustancias químicas que se aplican para adherir materiales entre sí. Esta variable es de tipo cualitativa, su indicador está dado por grupos de estudio, medida en escala nominal y esta valorizada de acuerdo al protocolo empleado.

B. Variables dependientes

Resistencia de unión: definida como la resistencia que muestra el material antes de la fractura a consecuencia de una fuerza tensional aplicada. Esta variable es de tipo cuantitativa, su indicador es la prueba de microcizallamiento, medida en escala de razón y esta valorizada en Mpa.

Patrón de falla: definida como el defecto en la superficie, a consecuencia de la fractura de la unión adhesiva de dos cuerpos de prueba, tras la ejecución de la prueba de microcizallamiento. Esta variable es de tipo cualitativa su indicador es la observación al estereomicroscopio, medida en escala nominal y esta valorizada de

acuerdo al tipo, falla cohesiva de cerámica, falla cohesiva de adhesivo, falla adhesiva de cerámica, falla adhesiva de adhesivo, falla mixta de cerámica y adhesivo. Operacionalización de variables (Ver anexo 1).

VI.4. Técnicas y/o procedimientos

A. Capacitación

Se efectuó una primera capacitación en las instalaciones del laboratorio de materiales para conocer el funcionamiento de la maquina universal de ensayos y poder así entender el proceso de la prueba experimental y el programa computarizado aplicado, estuvo impartido por el Ing. Especialista en materiales encargado del área.

La segunda capacitación fue efectuada para el manejo del estereomicroscopio y la toma de imágenes, el rotulado y almacenamiento de las mismas en el programa computarizado, dicha capacitación fue dada por el Responsable Técnico a cargo del laboratorio de la sección de Medicina Bucomaxilofacial.

Una tercera capacitación se realizó para conocer, aprender y entender sobre el patrón de falla, los tipos, clasificación e interpretación, y estuvo impartida por una Dra. Especialista con amplia experiencia en el área.

B. Muestras

Para la realización de esta etapa del experimento se utilizaron los discos de cerámica feldespática IPS d.SIGN (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) de color A2 de 10mm de diámetro y 1.5 mm de grosor previamente confeccionados, los cuales fueron colocados embebidos en resina acrílica dentro de un tubo de PVC de 1cm de diámetro cortados a 1 cm de alto dejando la superficie del disco expuesto.

Secuencia de la elaboración de muestras (Ver anexo 2).

Las muestras fueron distribuidas aleatoriamente en 07 grupos, para de esa manera poder evaluar la resistencia de unión del adhesivo universal de acuerdo a los protocolos propuestos.

Grupos experimentales:

- Grupo I: Acondicionamiento con ácido fluorhídrico 2' + silano + Adhesivo Universal.
- Grupo II: Acondicionamiento con ácido fluorhídrico 2'+ silano + Adhesivo Convencional.
- Grupo III: Acondicionamiento con fluorfosfato acidulado gel 2'+ silano + Adhesivo Universal.
- Grupo IV: Acondicionamiento con fluorfosfato acidulado gel 2'+ silano + Adhesivo Convencional.
- Grupo V: Acondicionamiento con fluorfosfato acidulado gel 6'+ silano + Adhesivo Universal.
- Grupo VI: Acondicionamiento con fluorfosfato acidulado gel 6'+ silano + Adhesivo Convencional.

- Grupo VII: Adhesivo Universal

C. Fase de Acondicionamiento de superficie

Para la aplicación del ácido fluorhídrico se utilizó la punta de la jeringa que lo contenía y en el caso del flúorfosfato acidulado en gel se utilizó una microbrocha de tamaño regular de 2.0mm (Microbrush internacional, Grafton WI, USA) para cada muestra:

Grupo I y II : se aplicó sobre la superficies el ácido fluorhídrico al 10% (CONDAC FGM, Joinville SC , Brasil) por 2 minutos, luego del acondicionamiento se lavaron las superficies con agua por 90 seg. y se secaron con aire por 30 segundos más.

Grupo III y IV: se aplicó sobre la superficies el flúor fosfato acidulado en gel al 1.23% (Nova DFL, RJ, BRASIL) por 2 minutos, luego del acondicionamiento se lavaron las superficies con agua por 90 seg. y se secaron con aire por 30 segundos más.

Grupo V y VI: se aplicó sobre la superficies el flúor fosfato acidulado en gel al 1.23% (Nova DFL, RJ, BRASIL) por 6 minutos, luego del acondicionamiento se lavaron las superficies con agua por 90 segundos y se secaron con aire por 30 segundos más.

Grupo VII: no tuvo acondicionamiento de superficie.

Secuencia de tratamiento de superficie (Ver anexo 3).

D. Fase de Adhesión

Agente de enlace: En todos los grupos menos el grupo 7 se procedió a la aplicación de una capa de silano Prosil (FGM, Joinville SC, Brasil) con una microbrocha y se dejó secar al aire a temperatura ambiente por 1 min, se observa la secuencia de aplicación (figura 3).

Secuencia de adhesión con la aplicación del agente de enlace (Ver anexo 4).

Grupos 1, 3, 5 y 7: Con la ayuda de una microbrocha se realizó la aplicación activa del adhesivo Single Bond Universal (3M ESPE, St. Paul, USA) (Anexo 5), frotando por 30 seg. sobre cada superficie cerámica, luego se le aplicó una suave corriente de aire durante unos 5 seg. para evaporar el solvente luego se procedió a la fotopolimerización de la capa por 20 segundos con un lámpara de luz LED modelo VALO a 800 mW (Ultradent, USA).

Grupos 2, 4 y 6: Con la ayuda de una microbrocha se realizó la aplicación activa del adhesivo Adper Single Bond 2(3M ESPE, St. Paul, USA) (Anexo 5), frotando por 30 seg. sobre cada superficie cerámica, luego se le aplicó una suave corriente de aire durante unos 5 seg. para evaporar el solvente y luego se procedió a la fotopolimerización de la capa por 20 segundos con un lámpara de luz LED modelo VALO a 800 mW (Model VALO, Ultradent, USA).

Secuencia de adhesión con la aplicación de agentes de unión (Ver anexo 6).

E. Fase de confección de bloques

Se confeccionaron 5 bloques de resina compuesta Z350 XT (3M ESPE, Dental Products. St. Paul, USA) para cada superficie de cerámica, para esto se hizo uso de una sonda nasogástrica de bebe N°4 con un diámetro interno de 0.9mm (SAFELET, Sorocaba, Brasil), la sonda fue seccionada a 1mm de altura para cada bloque, estos tubos pequeños fueron rellenos de resina compuesta aplicada en pequeños incrementos con una espátula, los bloques fueron llevados cuidadosamente a la superficie de la muestra con la ayuda de una pinza, una vez posicionados fueron fotocurados con una lámpara de luz LED modelo VALO a 800 mW por 20 seg. (Ultradent, USA), para que esta luz sea perpendicular de arriba hacia abajo, se encuentre a la misma distancia y en la misma posición se confeccionó una matriz de silicona, para colocar la lámpara y así asegurar la estandarización las muestras en el proceso de fotopolimerizado, posterior a esto se procedió a el retiro cuidadoso de los moldes, haciendo uso de una hoja de bisturí n° 15.

Las muestras fueron colocadas en frascos herméticos estériles, previamente rotulados del I al VII, las muestras fueron cubiertas en su totalidad con agua destilada y almacenadas por 24 h en una estufa que mantenía la humedad y la temperatura a 37°C, hasta la realización del ensayo mecánico al microcizallamiento.

Secuencia de confección de bloques de resina (Ver anexo 7).

F. Prueba de Resistencia al microcizallamiento

Esta prueba fue realizada en el laboratorio de materiales del Instituto superior tecnológico Tecsup, las muestras se evaluaron en la máquina universal de ensayos modelo S050 (Zwick / Roell SUIZA) y estuvo a cargo del Ingeniero especialista en materiales responsable del área, quien en ningún momento de la investigación supo a qué grupo pertenecía cada muestra.

Para esta prueba se confeccionó un aditamento de acero SAE 1200 cuya función fue la de contener las muestras en un extremo y con el otro extremo realizar la prueba de microcizallamiento mediante un cincel de corte el mismo que tuvo un tratamiento de baño de aceite caliente para procurar un filo duradero, cada extremo fue colocado en las mordazas de la máquina y ajustadas de tal manera que no existiera ningún movimiento indeseado y mantener así el paralelismo con el eje principal de la máquina, en el tablero de control se hizo la calibración para realizar los movimientos y tiempo de parada correspondiente a la prueba de cada muestra, siendo que la prueba inicia cuando el extremo superior de la máquina sube hasta donde está localizada la célula de carga y desciende con la carga a una velocidad determinada acercando el cincel de corte a la muestra exactamente en la unión del adhesivo y la cerámica hasta producirse la fractura .

Las condiciones de la célula de carga fueron de 20kg/F a una velocidad de 0.50 mm/min estos parámetros fueron introducidos en el programa computarizado testXpert V 12.0 Master, la medición de fuerzas resulta de la conversión de los datos de mecánico a electrónico, esto se consigue utilizando la célula de carga previamente establecida, esta señal pasa a un amplificador de fuerzas cuya sensibilidad puede

cambiarse mediante la selección de unidades en este caso se calculó en MegaPascales (Mpa) que equivale a Newton sobre área de la superficie adherida N/mm^2 , la ejecución de cada prueba fue monitoreada y registrada en el programa computarizado y manualmente.

Secuencia de prueba de Microcizallamiento (Ver anexo 8).

G. Evaluación del patrón de falla:

La evaluación del patrón de falla se realizó en el laboratorio de la sección de Medicina Bucomaxilofacial de la Facultad de Estomatología de la UPCH con un Estereomicroscopio Leica modelo S8APO (Leica, EC, Alemania) a un aumento de 800X, las muestras fueron fotografiadas y registradas por el programa computarizado preestablecido, dichas imágenes fueron almacenadas en archivos y luego cada una fue observada, evaluada y clasificada por una experta en esta área de investigación, la cual no tenía conocimiento del grupo al que pertenecía cada grupo de imágenes.

Las imágenes fueron clasificadas como: fallas adhesiva de cerámica, falla adhesiva de adhesivo, falla cohesiva de cerámica, falla cohesiva de adhesivo y mixtas de cerámica y adhesivo, las mismas que fueron registradas en una hoja de excell y también manualmente.

Secuencia de la observación de tipo de falla al estereomicroscopio (Ver anexo 9).

Autorización de laboratorio de la sección de medicina bucomaxilofacial (Ver anexo 10).

VI.5. Plan de análisis

El análisis de los datos se realizó en el paquete estadístico SPSS vs.22; el proceso estadístico se basó en las siguientes mediciones:

- Para los datos obtenidos de las pruebas de microcizallamiento se calcularon las medias y desviación estándar de cada grupo.
- Para los datos obtenidos del patrón de falla se calcularon la frecuencia absoluta (n) y la frecuencia relativa (%).
- Para determinar la distribución de los datos se aplicó la prueba de normalidad Shapiro wilk, que está indicada cuando los datos son menor a un número de 30 por grupo, se determinó que tenían una distribución normal por lo que se utilizaron pruebas paramétricas.
- Las pruebas fueron realizadas a un nivel de significancia de 5% ($p < 0.05$)
- Para comparar los grupos según resistencia de unión se utilizó la prueba Anova de doble vía y el post test de Tukey para comparar los grupos entre sí.
- Los resultados del patrón de falla fueron analizados con la prueba de Chi – cuadrado corregido por Yates.

VI.6. Consideraciones éticas

El proyecto de investigación fue enviado al Comité Institucional de Ética (CIE) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia para obtener su aprobación y acceder a la etapa de ejecución, al considerar su diseño experimental se le otorgo la aceptación

Autorización del CIE (Ver anexo 11).

VII. RESULTADOS

El objetivo de la investigación fue evaluar la resistencia de unión que ofrece el adhesivo universal aplicado en diferentes protocolos de adhesión sobre cerámica feldespática, los resultados encontrados revelaron que el adhesivo universal demostró una resistencia de unión similar a la del grupo control (grupo 6) cuyo protocolo consistió en la utilización de flúorfosfato acidulado 6', silano y adhesivo convencional ($p= 0.514$) (Tabla 1).

Los grupos que alcanzaron los valores más altos de resistencia de unión fueron los grupos 4 (16.96), 5 (19.04), 6 (22.37) y 7 (16.30) al análisis estadístico no se encontró diferencia significativa entre ellos (Tabla 2).

Los grupos que mostraron los valores más bajos de resistencia de unión fueron 1(6.82), 2 (10.05) y 3 (10.56) Mpa, no existe diferencia significativa entre estos grupos (Tabla 2).

Gráfico de la resistencia de unión al microcizallamiento (Ver anexo 12).

En cuanto a la resistencia de unión ofrecida por el sistema adhesivo no se encontró diferencia significativa entre usar el adhesivo universal o el adhesivo convencional (Tabla 3).

Los grupos que utilizaron como acondicionamiento de superficie al flúor fosfato acidulado al 1.23% por 6' mostraron valores de resistencia de unión

significativamente mayores en comparación a los grupos que fueron acondicionados con ácido fluorhídrico a 10% por 2' y flúor fosfato acidulado al 1.23% por 2' (Tabla 1).

El patrón de falla de los especímenes mostro la siguiente distribución falla cohesiva de adhesivo (25.71%), Falla adhesiva de adhesivo (20.95%), Falla Mixta de cerámica y adhesivo (20.93%), Falla adhesiva de cerámica (18.09%) y Falla cohesiva de cerámica (14.28%). Al análisis estadístico no se encontró diferencia significativa entre los grupos en cuanto al tipo de falla (Tabla3).

En cuanto a la comparación del tipo de fallas según el agente de unión aplicado, al análisis estadístico no se encontró diferencia significativa entre ellos (Tabla 4).

Tabla N°1. Protocolos de adhesión entre cerámica feldespática y una resina compuesta según la resistencia de unión *in vitro*.

PROTOCOLO DE ADHESIÓN	RESISTENCIA DE UNIÓN			
	Media	DE	Max- Min	p*
I Ácido fluorhídrico 2' + Adhesivo Universal	6.82	2.28	10.51 - 2.98	
II Ácido fluorhídrico 2'+ Adhesivo Convencional	10.05	4.00	18.29 - 5.54	
III Flúorfosfato acidulado 2'+ Adhesivo Universal	10.56	4.11	19.6 - 5.23	
IV Flúorfosfato acidulado 2'+ Adhesivo Convencional	16.96	5.82	28.78 - 6.26	<0.01
V Flúorfosfato acidulado 6'+ Adhesivo Universal	19.04	6.32	28.82 - 10.05	
VI Flúorfosfato acidulado 6'+ Adhesivo Convencional	22.37	9.01	35.54 - 6.72	
VII Adhesivo Universal	16.30	10.39	32.18 - 5.24	

DE: Desviación estándar.

p: Significancia estadística.

*: Prueba de Anova.

Tabla N°2. Comparación de la resistencia de unión de los protocolos de adhesión según agentes de unión *in vitro*.

PROTOCOLO DE ADHESIÓN	Diferencia significativas (p*)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
I Ácido fluorhídrico 2' + Silano +Adhesivo Universal	-	0.83	0.71	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
II Ácido fluorhídrico 2'+ Silano +Adhesivo Convencional	0.83	-	1.00	0.07	<0.01	<0.01	0.13
III Flúorfosfato acidulado 2'+ Silano + Adhesivo Universal	0.71	1.00	-	0.12	<0.01	<0.01	0.21
IV Flúorfosfato acidulado 2'+ Silano + Adhesivo Convencional	<0.01	0.07	0.12	-	0.98	0.27	1.00
V Flúorfosfato acidulado 6'+ Silano + Adhesivo Universal	<0.01	<0.01	<0.01	0.98	-	0.81	0.91
VI Flúorfosfato acidulado 6'+ Silano + Adhesivo Convencional	<0.01	<0.01	<0.01	0.27	0.81	-	0.16
VII Adhesivo Universal	<0.01	0.13	0.21	1.00	0.91	0.16	-

DE: Desviación estándar.

p: Significancia estadística.

*: Prueba de Tukey.

Tabla N°3. Comparación de los protocolos de adhesión según el patrón de falla.

PROTOCOLO DE ADHESIÓN	TIPO DE FALLA										p*
	Falla cohesiva de cerámica		Falla cohesiva adhesivo		Falla adhesiva de cerámica		Falla adhesiva de adhesivo		Mixta falla de cerámica y adhesivo		
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
I Ácido fluorhídrico 2' + Silano + Adhesivo Universal	0	0.00	5	4.76	6	5.71	3	2.86	1	0.95	
II Ácido fluorhídrico 2'+ Silano + Adhesivo Convencional	0	0.00	8	7.62	0	0.00	5	4.76	2	1.90	
III Flúorfosfato acidulado 2'+ Silano + Adhesivo Universal	1	0.95	5	4.76	0	0.00	7	6.67	2	1.90	
IV Flúorfosfato acidulado 2'+ Silano + Adhesivo Convencional	4	3.81	4	3.81	0	0.00	2	1.90	5	4.76	0.83
V Flúorfosfato acidulado 6'+ Silano + Adhesivo Universal	4	3.81	2	1.90	0	0.00	3	2.86	6	5.71	
VI Flúorfosfato acidulado 6'+ Silano + Adhesivo Convencional	6	5.71	0	0.00	1	0.95	2	1.90	6	5.71	
VII Adhesivo Universal	0	0.00	3	2.86	12	11.43	0	0.00	0	0.00	

n: Frecuencia absoluta.

%: Frecuencia relativa.

p: Significancia estadística.

*: Prueba de Chi-cuadrado corregido por Yates.

Tabla N°4. Comparación del patrón de falla de los protocolos de adhesión según agente de unión *in vitro*.

PROTOCOLO DE ADHESIÓN	Diferencia significativas (p*)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
I Ácido fluorhídrico 2' + Silano + Adhesivo Universal	-	0.86	0.51	1.00	0.51	0.80	0.44
II Ácido fluorhídrico 2'+ Silano + Adhesivo Convencional	0.86	-	0.66	0.90	0.63	0.91	0.42
III Flúorfosfato acidulado 2'+ Silano + Adhesivo Universal	0.51	0.66	-	0.63	0.90	0.82	0.19
IV Flúorfosfato acidulado 2'+ Silano + Adhesivo Convencional	1.00	0.90	0.63	-	0.60	0.84	0.66
V Flúorfosfato acidulado 6'+ Silano + Adhesivo Universal	0.51	0.63	0.90	0.60	-	0.76	0.26
VI Flúorfosfato acidulado 6'+ Silano + Adhesivo Convencional	0.80	0.91	0.82	0.84	0.76	-	0.50
VII Adhesivo Universal	0.44	0.42	0.19	0.66	0.26	0.50	-

DE: Desviación estándar.

p: Significancia estadística.

*: Prueba de Chi-cuadrado corregido por Yates.

VIII. DISCUSIÓN

Durante varios años diversos métodos de reparación para cerámica han sido elaborados y evaluados, uno de los principios básicos de unión fue la utilización de métodos que generen una microretención mecánica en la superficie a adherir, luego de varios resultados se estableció que el camino para mejorar la tecnología adhesiva era la síntesis de nuevos y mejores componentes químicos dentro de los sistemas adhesivos aplicados²⁸, con el propósito de potenciar la unión haciéndola más estable y duradera.^{25,27,28} El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la resistencia de unión ofrecida por el adhesivo universal cuya composición química resulta interesante por poseer tratamiento de superficie, enlace y unión en un solo paso.

Los resultados de la investigación nos demuestran que el protocolo que uso el adhesivo universal solo (G7) no presentó diferencia significativa en cuanto a la resistencia de unión con el grupo control que consistió en la aplicación de Flúorfosfato acidulado 1.23% por 6min, silano y adhesivo convencional (G6) confirmando así nuestra hipótesis de trabajo, los sistemas adhesivos de un solo paso (autograbantes) han concitado una gran atención en la comunidad odontológica ya que representan la evolución y simplificación de las técnicas restauradoras³⁰, esto debido a su composición, el adhesivo universal de 3M se caracteriza por poseer silano y un monómero metacriloxidecilo fosfato dihidrogenado MDP, los mismos que promueven la unión con la restauración, estos resultados son similares a los obtenidos por varios investigadores^{20,23,24,26,31} para entender esto es necesario hablar de los mecanismos de acción de estos componentes, el silano es una molécula

bifuncional que promueve la unión química entre los silicatos de la cerámica (inorgánico) y el metacrilato contenido tanto en el adhesivo como en la resina compuesta (orgánica)^{10,11} aquí podemos afirmar que la resistencia de unión del protocolo con adhesivo universal no fue afectado por la omisión del paso adicional de la silanización ya que se demuestra que el silano de su composición cumple con su función y no se tradujo en una debilidad, Zaghoul y cols. demostraron que la silanización es un paso indispensable cuando se trata de cerámicas situación que coincide con los resultados obtenidos por esta investigación, en cuanto al monómero fosforilado MDP este interactuó directamente con la superficie de la cerámica feldespática IPS dsing cuya composición está constituida en su mayoría por una fluorapatita sintética (fosfato de calcio) este mineral incrementa su durabilidad química y puede ser comparada con la hidroxiapatita de los dientes²⁷, en el caso de este protocolo este monómero funcional presenta un grupo polimerizable y un grupo funcional encargado de desmineralizar a la superficie expuesta, este último grupo es capaz de liberar protones que se asociaron en este caso a los fosfatos y que se unieron químicamente al calcio de la fluorapatita, realizando el proceso de “adhesión y desmineralización”, en este proceso se suscita una disolución conservadora de las sales de calcio lo que se asociamos directamente a la formación de capas de unión; al análisis nanomorfológico de la unión adhesiva entre la cerámica y el monómero del adhesivo universal estudiado, se observa mediante: difracción de rayos X, espectrometría de rayos X y microscopía electrónica de transmisión, la formación de unas nanocapas autoensambladas en la interfaz adhesiva, este ensamblaje donde 2 moléculas de MDP se unen en forma estable al calcio de la fluorapatita de la cerámica forman la sal del compuesto $\text{Ca-MDP}^{26,27,28}$, este compuesto proporciona una mayor resistencia a la biodegradación de la interfaz

adhesiva y explicaría porque esta unión se hace estable y muestra un valor aceptable de resistencia de unión.

Estos adhesivos autograbantes generalmente están compuesto por mezclas acuosas de monómeros ácido funcionales lo que los hace presentar una hidrofilia elevada, es decir el agua es un componente esencial ya que participa en la ionización de la fracción ácida transformando así su pH más bajo por lo tanto en este caso haciéndolo menos agresivo en la degradación de la matriz vítrea de la cerámica, esto podría jugar en contra ya que al contener tanta agua podría generar la formación de una capa adhesiva porosa o membrana semi permeable permitiendo el flujo de agua a través de la misma haciéndola propensa a la degradación hidrolítica con una consecuente pérdida en su fuerza adhesiva, para evitar esta situación se instauró la aplicación activa en la aplicación de este tipo de adhesivos.^{25,27,28} Moncada et al. evidenciaron en su investigación que la unión con el Ca-MDP ocurre clínicamente después de frotar la superficie a adherir entre 20 a 30 s seguida de la aplicación de aire para eliminar las partes volátiles, al igual que en estas investigaciones previas los protocolos de adhesión de esta investigación utilizaron el máximo de tiempo 30s que como se observa contribuyeron a la mejora de la interacción química, lo cual se tradujo en una mayor y mejor resistencia de unión.

Cuando se realizó la comparación de protocolos, no se encontraron diferencias significativas entre los adhesivos usados^{13,46}, interpretamos por ende que usar cualquiera de los dos podría darnos resultados similares, no obstante esto nos demuestra que los componentes como el MDP y el silano que posee el adhesivo universal realmente están cumpliendo con su rol de grabado y enlace^{19,20,22}, lo cual

refuerza la teoría de que el adhesivo universal puede ser usado como protocolo de paso único y seguro.

En cuanto a la comparación de la resistencia de unión entre cerámica y resina compuesta, 7 fueron los protocolos propuestos para esta investigación, el valor más alto fue mostrado por el grupo 6 (control) que consistió en la aplicación de flúorfosfato acidulado 1.23% por 6min, silano y adhesivo convencional, dicho resultado se habría producido debido a que varios autores científicos^{42,28} como Zhao et al. realizaron estudios donde se demostró que la aplicación de sistemas adhesivos en varios pasos tenían mejores resultados que los de un solo paso, situación con la que coincidimos en este trabajo, sin embargo al análisis estadístico no se encontró diferencia significativa entre este grupo control y el grupo donde solo se utilizó el adhesivo universal como protocolo de adhesión.^{13,46.}

Uno de los principios de trabajar sobre cerámicas dentales es asegurarse de haber creado las microretenciones necesarias para poder adherir con éxito el material restaurador^{33,34,37,40}, para esto el uso del ácido fluorhídrico ha sido ampliamente estudiado utilizando diversas concentraciones y tiempos, es así que varias investigaciones coincidieron que es el más efectivo sobre cerámica feldespática^{9,10,12,15,17,21,33}, lo cual difiere de nuestra investigación donde el protocolo con la aplicación de flúorfosfato acidulado a 6 min mostró el valor más alto de resistencia, estos resultados apoyaron el estudio de Kukiatrakoon¹² quien demostró que su uso a partir de 6 min eran una alternativa segura al uso de ácido fluorhídrico por 2min, esto podría tener la explicación en el comportamiento de cada ácido ya que se encontró que poseen diferente patrón de grabado, el ácido fluorhídrico produce

una rugosidad irregular y profunda,^{9,11} el flúorfosfato acidulado produce una rugosidad más uniforme y menos profunda con algunos cortes sesgados¹², y el monómero MDP autograbante posee un pH ácido bajo muy parecido al de los ácidos en gel²⁵ es decir similar al patrón del flúorfosfato acidulado, similitud que explicaría porque estos 2 últimos grupos tuvieron un comportamiento parecido sobre la cerámica en cuanto a resistencia de unión, en este caso este es un dato importante a resaltar puesto que los 2 grupos que utilizaron el ácido fluorhídrico fueron los que dieron los valores más bajos de resistencia situación contraria a la esperada^{5,12} encontrándose en esta investigación que el protocolo que lo utilizó con el adhesivo universal fue el más bajo a razón de que se habría realizado un sobregrabado no intencional repercutiendo en una eliminación excesiva de la matriz vítrea, debido a la acción del monómero MDP²⁷ lo que habría disminuido sustancialmente la resistencia de unión, es por esta razón que en la actualidad se están fabricando concentraciones más bajas de ácido fluorhídrico que puedan ser asociados a sistemas adhesivos universales sin correr el riesgo de un sobregrabado innecesario que como observamos aquí influyen en la unión de la restauración. De todas maneras se sugiere estudios complementarios con estos productos.

El tipo de patrón de falla ha sido usada para medir la performance de los sistemas adhesivos aplicados, las fallas adhesivas son consideradas inaceptables, la mixtas aceptables y las cohesivas ideales²⁴, los resultados de nuestra investigación muestran una mayor cantidad de fallas cohesivas de adhesivo (25.71%), la aparición de fallas cohesivas nos indican que la función de unir materiales si fue bien efectuada por ambos adhesivos, ya que si hubiéramos encontrado que son más las fallas adhesivas esto nos indicaría que su función fue deficiente, sin embargo al análisis estadístico no

se encontró diferencias significativas en cuanto a tipos de fallas entre los grupos situación que coincide con el estudio de Zhao et al. reforzando la teoría de que utilizar el protocolo con un adhesivo universal es una opción viable ya que mantiene un patrón de falla similar a la del grupo control.

IX. CONCLUSIÓN

El adhesivo universal puede ser usado como alternativa de protocolo de adhesión en la reparación de cerámica feldespática con una resina compuesta.

- Los protocolos IV: Acondicionamiento con flúorfosfato acidulado gel 2'+ silano + Adhesivo Convencional, V: Acondicionamiento con flúorfosfato acidulado gel 6'+ silano+ Adhesivo Universal, VI: Acondicionamiento con flúorfosfato acidulado gel 6'+ silano + Adhesivo Convencional y VII: Adhesivo Universal, de este estudio fueron los que obtuvieron los mejores resultados para adherir una resina compuesta a cerámica feldespática.
- No se encontró diferencia significativa entre usar adhesivo universal y adhesivo convencional al comparar protocolos de adhesión iguales.
- No existe diferencias significativas entre los protocolos de adhesión según el patrón de falla.
- No existe diferencias significativas entre agentes de unión según el patrón de falla.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Stephen D. The rapid evolution of restorative dentistry. *Dental economics* 2013;103,3;ProQuest Central.
2. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent.* 2003 Mar; 89(3):268-74.
3. Parra M, Garzón H. Sistemas adhesivos autograbadores, resistencia de unión y nanofiltración: una revisión. *Rev Fac Odontol Univ Antioq* 2012; 24(1): 133-50
4. Ozcan M. Fracture reasons in ceramic-fused-to-metal restoration. *J Oral Rehabilitation* 2003;30: 265-69.
5. Della Bona A, Anusavice KJ, Mecholsky JJ. Apparent Interfacial Fracture Toughness of Resin/Ceramic Systems. *J Den Res.* 2006;85(11):1037-41.
6. Quinn GD, Hoffman K, Quinn JB. Strength and fracture origins of a feldspathic porcelain. *Dent Mater.* 2012 ;28(5):502-11
7. Zhang Y, Sailer I, Lawn BR. Fatigue of dental ceramics. *J Den.* 2013;41(12):1135-47.
8. Agustín-Panadero R, Román-Rodríguez JL, Ferreiroa A, Solá-Ruíz MF, Fons-Font A. Zirconia in fixed prosthesis. A literature review. *J Clin Exp Dent.* 2014 Feb 1;6(1):e66-73.
9. Addison O, Marquis PM, Fleming GJ. The impact of hydrofluoric acid Surface treatments on the performance of a porcelain laminate restorative material. *Dent Mater.* 2007 Apr;23(4):461-8.
10. Fabianelli A, Pollington S, Papacchini F, Goracci C, Cantoro A, Ferrari M, van Noort R. The effect of different surface treatments on bond strength between leucite reinforced feldspathic ceramic and composite resin. *J Dent.* 2010Jan;38(1):39-43.
11. Ortiz, C.F., Méndez, M.R., Cornejo, P.M.A., Oliver, P.R. Efecto de la aplicación de diferentes ácidos fluorhídricos en la resistencia adhesiva sobre una cerámica feldespatíca. *Oral Año* 12. 2011; 38:734-38.
12. Kukiattrakoon B, Thammasitboon K. Optimal acidulated phosphate fluoride gel etching time for surface treatment of feldspathic porcelain: on shear bond strength to resin composite. *Eur J Dent.* 2012 Jan;6(1):63-9.

13. Alizadeh Oskoee P, Mohammadi N, Ebrahimi Chaharom ME, Kimyai S, Pournaghi Azar F, Rikhtegaran S, Shojaeei M. Effect of Surface Treatment with Er;Cr:YSSG,Nd:YAG, and CO2 Lasers on Repair Shear Bond Strength of a Silorane-based Composite Resin. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2013;7(2):61-6.
14. Castro-Hoyle J, Málaga- Rivera J. Rugosidad en la superficie de cerámicas feldespáticas, empleando dos tipos de agente grabador. *Kiru* 2013 Jul-Dic;10(2):102-6.
15. Steinhäuser HC, Turssi CP, Franca FM, Amaral FL, Basting RT. Micro-shear bond strength and surface micromorphology of a feldspathic ceramic treated with different cleaning methods after hydrofluoric acid etching. *J Appl Oral Sci*. 2014 Apr;22(2):85-90.
16. Valian A, Moravej-Salehi E. Surface treatment of feldspathic porcelain: scanning electron microscopy analysis. *J Adv Prosthodont*. 2014 Oct;6(5):387-94.
17. Neis CA, Albuquerque NL, Albuquerque Ide S, Gomes EA, Souza-Filho CB, Feitosa VP, Spazzin AO, Bacchi A. Surface treatments for repair of feldspathic, leucite - and lithium disilicate-reinforced glass ceramics using composite resin. *Braz Dent J*. 2015 Mar-Apr;26(2):152-5.
18. Su N, Yue L, Liao Y, Liu W, Zhang H, Li X, Wang H, Shen J. The effect of various sandblasting conditions on surface changes of dental zirconia and shear strength between zirconia core and indirect composite resin. *J Adv Prosthodont*. 2015 Jun;7(3):214-23.
19. Zaghoul H, Elkassas DW, Haridy MF. Effect of incorporation of silane in the bonding agent on the repair potential of machinable esthetic blocks. *Eur J Dent*. 2014 Jan;8(1):44-52.
20. Lee Y, Kim JH, Woo JS, Yi YA, Hwang JY, Seo DG. Analysis of Self-Adhesive Resin Cement Microshear Bond Strength on Leucite-Reinforced Glass-Ceramic with/without Pure Silane Primer or Universal Adhesive Surface Treatment. *Biomed Res Int*. 2015;2015:361893. 08 Jan;2(1):63-8.
21. De Carvalho RF, Cotes C, Kimpara ET, Leite FP, Özcan M. Heat treatment of pre-hydrolyzed silane increases adhesion of phosphate monomer-based resin cement to glass ceramic. *Braz Dent J*. 2015 Jan-Feb;26(1):44-9.

22. Yavuz T, Eraslan O. The effect of silane applied to glass ceramics on surface structure and bonding strength at different temperatures. *J Adv Prosthodont.* 2016 Apr;8(2):75-84.
23. Meshramkar R, Sajjan S. A comparative evaluation of shear bond strength of porcelain and composite using different bonding agents - An in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc.* 2010 Mar;10(1):36-40.
24. Hattan MA, Pani SC, Alomari M. Composite bonding to stainless steel crowns using a new universal bonding and single-bottle systems. *Int J Dent.* 2013;2013: 607405.
25. Pallás Rodrigo, “La valoración de la fuerzas de adhesión de sistemas adhesivos autograbantes sobre dentina irradiada con láser de Er,Cr:YSGG” tesis Doctoral. Univ Internacional de Catalunya, España 2013.
26. Turp V, Sen D, Tuncelli B, Ozcan M. Adhesion of 10-MDP containing resin cements to dentin with and without the etch-and-rinse technique. *J Adv Prosthodont.* 2013 Aug;5(3):226-33.
27. Moncada Gustavo, García Fonseca Renata, de Oliveira Osmir B, Fernández Eduardo, Martín Javier, Vildósola Patricio. Rol del 10-metacriloxidecilfosfato dihidrogenado en el cambio de paradigma de los sistemas adhesivos integrados en la dentina. *Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil.Oral.* 2014 Dic; 7(3):194-199.
28. Cardoso Ferreira M. Adhesión química: la incorporación del monómero 10-MDP en los adhesivos dentales, tesis M.S Univ. de Porto Facultad de medicina dentaria,Brasil 2015.
29. Jetti RR, Balasubramaniam M, Chidambaranathan AS, Srinivasan S. Evaluation of Shear Bond Strength of Feldspathic CAD/CAM Ceramic with Dentin using 2 Bonding Agents and 2 Surface Treatments- An Invitro Study. *J Clin Diagn Res.* 2015 Nov;9(11):ZC36-9
30. Ahn JS, Yi YA, Lee Y, Seo DG. Shear Bond Strength of MDP-Containing Self-Adhesive Resin Cement and Y-TZP Ceramics: Effect of Phosphate Monomer-Containing Primers. *Biomed Res Int.* 2015;2015: 389234.
31. Choo SS, Huh YH, Cho LR, Park CJ. Effect of metal primers and tarnish treatment on bonding between dental alloys and veneer resin. *J Adv Prosthodont.* 2015 Oct;7(5):392-9.

32. Kim RJ, Woo JS, Lee IB, Yi YA, Hwang JY, Seo DG. Performance of universal adhesives on bonding to leucite-reinforced ceramic. *Biomater Res.* 2015 May 22;19:11.
33. De Melo RM, Valandro LF, Bottino MA. Microtensile bond strength of a repair composite to leucite-reinforced feldspathic ceramic. *Braz Dent J.* 2007;18(4):314-9.
34. Raposo LH, Neiva NA, da Silva GR, Carlo HL, da Mota AS, do Prado CJ, Soares CJ. Ceramic restoration repair: report of two cases. *J Appl Oral Sci.* 2009 Mar-Apr;17(2):140-4.
35. An HS, Park JM, Park EJ. Evaluation of shear bond strengths of gingiva-colored composite resin to porcelain, metal and zirconia substrates. *J Adv Prosthodont.* 2011 Sep;3(3):166-71.
36. Blum IR, Nikolinakos N, Lynch CD, Wilson NH, Millar BJ, Jagger DC. An in vitro comparison of four intra-oral ceramic repair systems. *J Dent.* 2012 Nov;40(11):906-12.
37. Joulaei M, Bahari M, Ahmadi A, Savadi Oskoe S. Effect of different surface treatments on repair micro-shear bond strength of silica- and zirconia-filled composite resins. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2012 Fall;6(4):131-7.
38. Cruz González A, Díaz Caballero A Méndez Silva J. Reparación intraoral de una prótesis parcial fija metal-cerámica de seis unidades con resina compuesta. *Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral Vol.* 2013;6(2):87-89.
39. 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.
40. Sidharth Jain, Hari Parkash, Sharad Gupta, Akshaya Bhargava .To Evaluate the Effect of Various Surface Treatments on the Shear Bond Strength of Three Different Intraoral Ceramic Repair Systems: An In Vitro Study.*J Indian Prosthodont Soc.* 2013September; 13(3): 315–20.
41. Han IH, Kang DW, Chung CH, Choe HC, Son MK. Effect of various intraoral repair systems on the shear bond strength of composite resin to zirconia. *J Adv Prosthodont.* 2013 Aug;5(3):248-55.

42. Zhao J, Wang X, Si W, Shen Z. Effect of resin cement selection on the microtensile bond strength of adhesively veneered 3Y-TZP. *Acta Odontol Scand.* 2013 Sep;71(5):1105-11.
43. Erdemir U, Sancakli HS, Sancakli E, Eren MM, Ozel S, Yucel T, Yildiz E. Shear bond strength of a new self-adhering flowable composite resin for lithium disilicate-reinforced CAD/CAM ceramic material. *J Adv Prosthodont.* 2014 Dec;6(6):434-43.
44. Bravo-Cavicchioli D, Bustamante-Olivares E, Daza-Albornoz V. Influencia del tratamiento de superficie en la resistencia traccional de porcelana feldespática reparada con resina compuesta. *Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral.* 2014 Dic;7(3):123-127.
45. Sadeghi M, Davari A, Abolghasami Mahani A, Hakimi H. Influence of different power outputs of Er:YAG Laser on shear bond strength of a resin composite to feldspathic porcelain. *J Dent (Shiraz).* 2015 Mar;16(1):30-6.
46. Mohammadi N, Shakur Shahabi M, Kimyai S, Pournagi Azar F, Ebrahimi Chaharom ME. Shear Bond Strengths of Methacrylate- and Silorane-based Composite Resins to Feldspathic Porcelain using Different Adhesive Systems. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2015 Summer;9(3):181-7.
47. Neis CA, Albuquerque NL, Albuquerque Ide S, Gomes EA, Souza-Filho CB, Feitosa VP, Spazzin AO, Bacchi A. Surface treatments for repair of feldspathic, leucite - and lithium disilicate-reinforced glass ceramics using composite resin. *Braz Dent J.* 2015 Mar-Apr;26(2):152-5.
48. Yoo JY, Yoon HI, Park JM, Park EJ. Porcelain repair - Influence of different systems and surface treatments on resin bond strength. *J Adv Prosthodont.* 2015 Oct;7(5):343-8.
49. Hollaert T, Hardy C, Peirola R, Dewael M, Leprince J, Leloup G. Evaluation of various procedures for intraoral fixed prosthodontic restoration repair. *Eur Cells & Mat* 2015;30(4) :7.
50. Vega del Barrio JM. *Materiales en Odontología: fundamentos biológicos, clínicos, biofísicos y fisicoquímicos.* Vol 1. Madrid. Ediciones avances Medico-Dentales, S.L. 1996
51. Craig R. *Materiales de odontología restauradora.* Vol 1. Madrid. Edición Harcourt Brace de España S.A. 1998

ANEXO 1. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO	INDICADOR	ESCALA	VALORES
Protocolos de Adhesión	Conjunto de normas y reglas ejecutadas en orden para unir dos superficies.	Conjunto de métodos y procedimientos que emplean diversas sustancias químicas que se aplican para adherir materiales entre sí.	Cualitativo	Grupos de estudio	Nominal	GI: HF 2',silano A.U. GII: HF2',Silano,A.C. GIII: APF 2',silano,A.U. GIV: APF2',silano,A.C. GV: APF6',silano,A.U. GVI: APF 6'silano,A.C. GVII: A.Universal
Resistencia de Unión	Acción o capacidad de tolerar y oponerse a la separación de dos superficies que se hacen uno.	La resistencia que muestra el material antes de la fractura a consecuencia de una fuerza tensional aplicada.	Cuantitativa	Microcizallamiento	Razón	Mpa
Patrón de falla	Diversas situaciones recurrentes que ocurren en base a defectos de un material.	Superficie a consecuencia de la fractura de la unión adhesiva de los cuerpos de prueba tras la ejecución de la prueba de microcizallamiento.	Cualitativo	Microscopio Estereoscópico	Nominal	Falla cohesiva de cerámica Falla cohesiva de adhesivo Falla adhesiva de cerámica Falla adhesiva de adhesivo Mixta falla de cerámica y adhesivo

ANEXO 2. Secuencia de elaboración de muestras



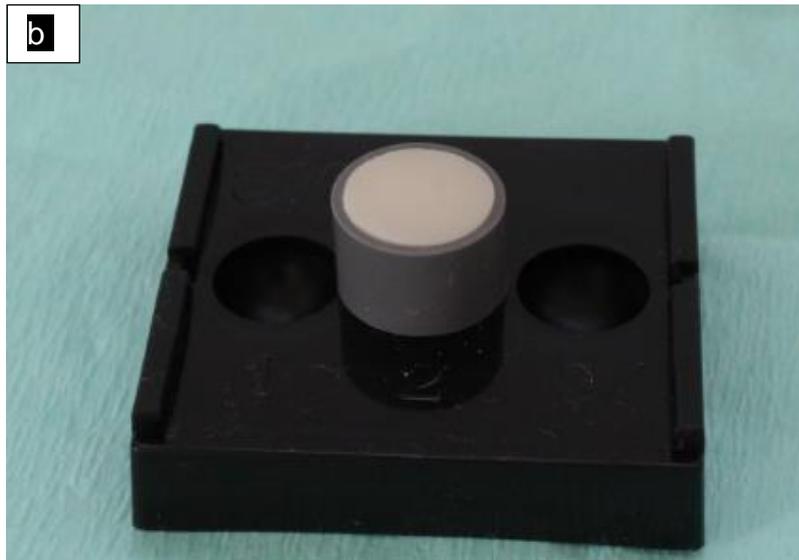
- a) Utilización de Cerámica IPS dSIGN de color A2
- b) Elaboración a mano alzada por un mismo personal técnico de laboratorio
- c) Procesamiento en horno de los discos de cerámica
- d) Discos Elaborados para su revisión
- e) Disco colocado en tubo embebido con acrílico dejando la superficie elegida para trabajar hacia arriba

ANEXO 3. Secuencia del tratamiento de superficie



- a) Protocolos bien identificados y guía de tratamientos
- b) Aplicación de Ácido Fluorhídrico 10% por 2 min.
- c) Aplicación de Fluorfosfato acidulado 1.23% por 2 y 6 min.
- d) Limpieza de superficie con spray de agua por 90 seg.
- e) Secado de superficie con aire de jeringa por 30 seg.

ANEXO 4. Secuencia de adhesión con la aplicación del agente de enlace



- a) Aplicación de una capa de silano en la superficie tratada
- b) Muestra que se deja secar por 1 min.

ANEXO 5. Composición de los adhesivos usados en la investigación

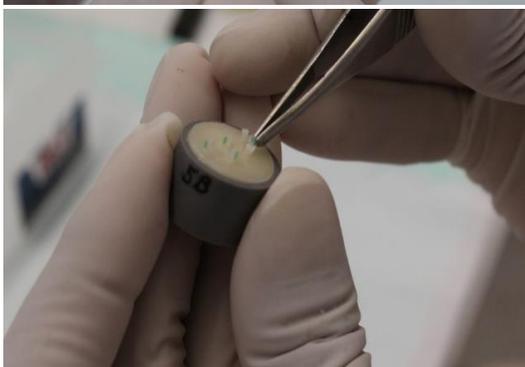
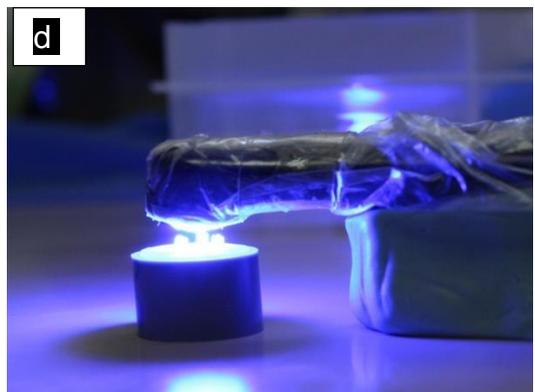
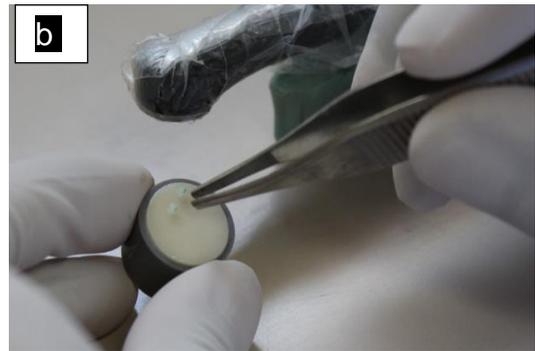
Sistema Adhesivo	Composición
Adper Single Bond 2 3M ESPE	Líquido: Etanol, Agua, Bis-GMA, silano tratado con relleno de sílica, 2-hidroxietilmetacrilato, glicerol 1, 3 dimetacrilato, copolímero de ácido acrílico e ácido itacónico e diuretano dimetacrilato.
Scotchbond Universal Bond 3M ESPE	Líquido: Monómero fosfato MDP, resinas de dimetacrilato, HEMA, copolímero de ácido polialquenoico de metacrilato modificado, relleno, etanol, agua, iniciadores, silano.

ANEXO 6. Secuencia de Adhesión con la aplicación de agentes de unión

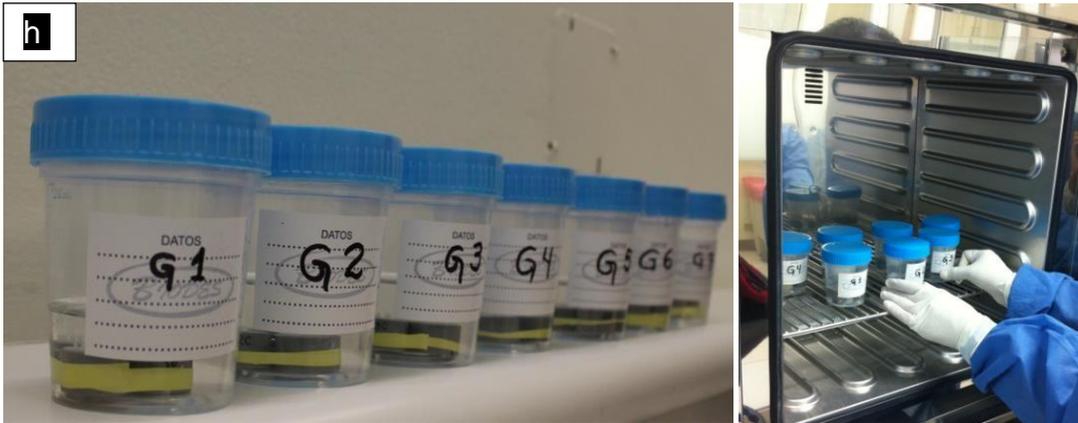


- a) Aplicación activa del adhesivo universal por 30 seg.
- b) Aplicación activa del adhesivo convencional por 30 seg.
- c) Aplicación de corriente suave de aire por 5 seg.
- d) Fotocurado de disco con luz LED a 800 mW por 20 seg.

ANEXO 7. Secuencia de confección de bloques de resina.

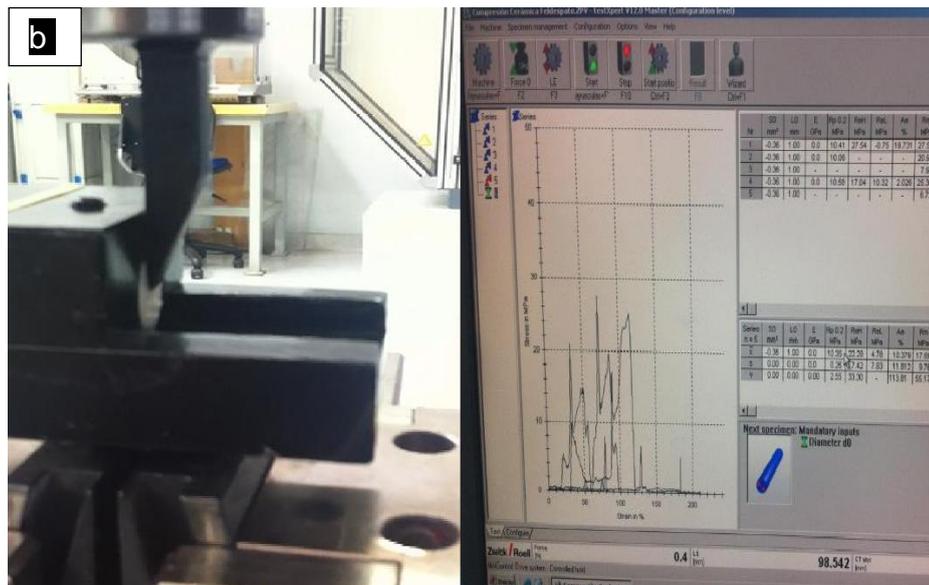


- a) Confección manual de bloque de resina
- b) Colocación de bloques de resina sobre superficie
- c) Distribución de bloques sobre superficie de cada disco (n=05)
- d) Fotocurado de bloques de resina
- e) Retiro de sonda con cortes de bisturí
- f) Retiro con pinza de sonda de cada bloque



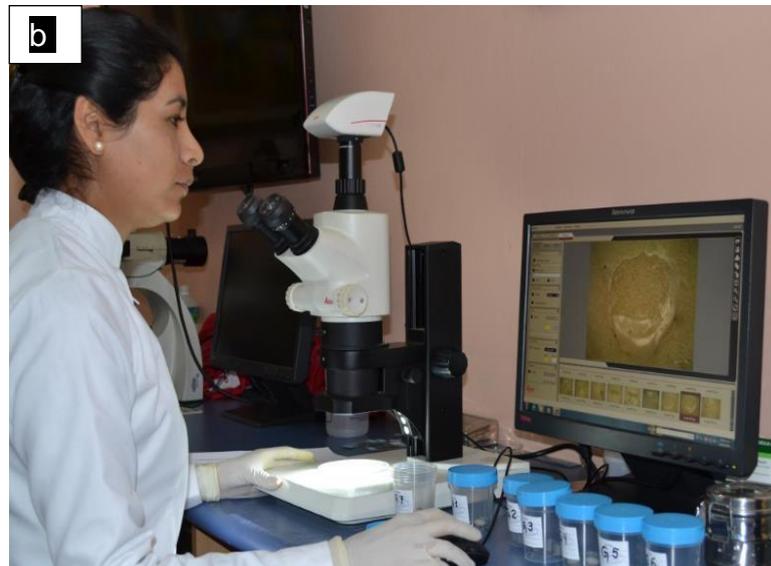
- g) Colocación de muestras sumergidas en agua destilada en frascos estériles y rotulados
- h) Almacenamiento de las muestras en la incubadora a 37°C por 24 horas.

ANEXO 8. Secuencia de prueba de microcizallamiento.



- Muestras llevadas al Laboratorio de materiales para la prueba en la maquina universal de ensayos con el programa computarizado test Expert.
- Muestras ubicadas en dispositivo conectado a máquina de ensayos, realizando la prueba de microcizallamiento, hasta la fractura, los datos se observan en la base de datos del programa computarizado.

ANEXO 9. Secuencia de la observación del tipo de falla al estereomicroscopio.



- a) Microscopio estereoscópico y programa para la revisión de fallas
- b) Observación y clasificación de tipos de falla de las muestras.

ANEXO 10. Autorización de Laboratorio de la sección de Medicina Bucomaxilofacial



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

CAR-DAMCIBUM- FE-570-2014

Lima, 16 de diciembre de 2014

Doctora

Lisbeth Lourdes Choque Escalante

Alumna

Programa de Maestría en Estomatología

Dirección de Postgrado y Especialización en Estomatología

Presente.-

De mi consideración:

En atención a su carta de fecha 12 de diciembre 2014, comunico a usted que está autorizada para realizar su trabajo de investigación titulado: "*Evaluación de la resistencia de unión de un adhesivo universal utilizando diversos protocolos sobre superficie de cerámica feldespática in-vitro*", para ello se le brindará las facilidades para usar el estereomicroscopio.

El costo normal por hora de uso del mencionado equipo es S/.60.00, considerando que usted es alumna de la Maestría, pagará el 50%, el cual será abonado en caja, previa presentación de un documento.

En virtud de ello, agradeceré coordinar con la Dra. Sonia Sacsquispe Contreras, Jefa de la Sección de Medicina Bucomaxilofacial. El encargado de asesorarlo en el uso del equipo será el Téc. Sáenz Hernández y para los trámites administrativos con la Sra. Amanda Arroyo, Asistente Administrativo del Departamento

Atentamente,



Dr. Fredy Gutierrez Ventura

Jefe

Departamento Académico de Medicina y
Cirugía Bucomaxilofacial

c.c.: - Dr. Sonia Sacsquispe, Jefa Sección Medicina B.
- Téc. Sáenz Hernández, Lab. Patología

FGV/aa.

ANEXO 11. Carta de aprobación de Comisión de Ética.



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Vicerrectorado de Investigación
Dirección Universitaria de Investigación
Ciencia y Tecnología - DUCT

CAREG-ORVEI-020-2015

Lima, 06 de mayo 2015

Señorita
LISBETH LOURDES CHOQUE ESCALANTE
Investigadora Principal
Presente-

Estimada Investigadora:

Es grato dirigirme a usted para saludarlo y a la vez informarle que hemos recibido el Proyecto de Investigación Titulado: **“Evaluación de la resistencia de unión de un adhesivo universal aplicado en protocolos de adhesión sobre cerámica feldespática in vitro”** con código **SIDISI 64312**, ha sido revisado y registrado en la Dirección Universitaria de Investigación, Ciencia y Tecnología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. De acuerdo al Manual de Procedimientos de nuestra universidad y por sus características, este proyecto no requiere evaluación por el Comité Institucional de Ética en Humanos o en Animales, pudiendo iniciar su ejecución.

Agradeceremos tenga a bien presentar su informe de cierre al concluir la ejecución de su proyecto.

Atentamente,



Dr. César Cárcamo Cavagnaro
Jefe de la Oficina de Promoción
de la Investigación



Tatiana

Av. Honorio Delgado 430, Lima 31 / Apartado Postal 4314, Lima 100, Telefax: 482-4541
Teléfono: 319-0000 Anexo: 2271 / 2542
e-mail: duict@oficinas-upch.pe <http://www.upch.edu.pe/vrinve/duict/>

ANEXO 12. Resistencia de unión a la prueba de microcizallamiento

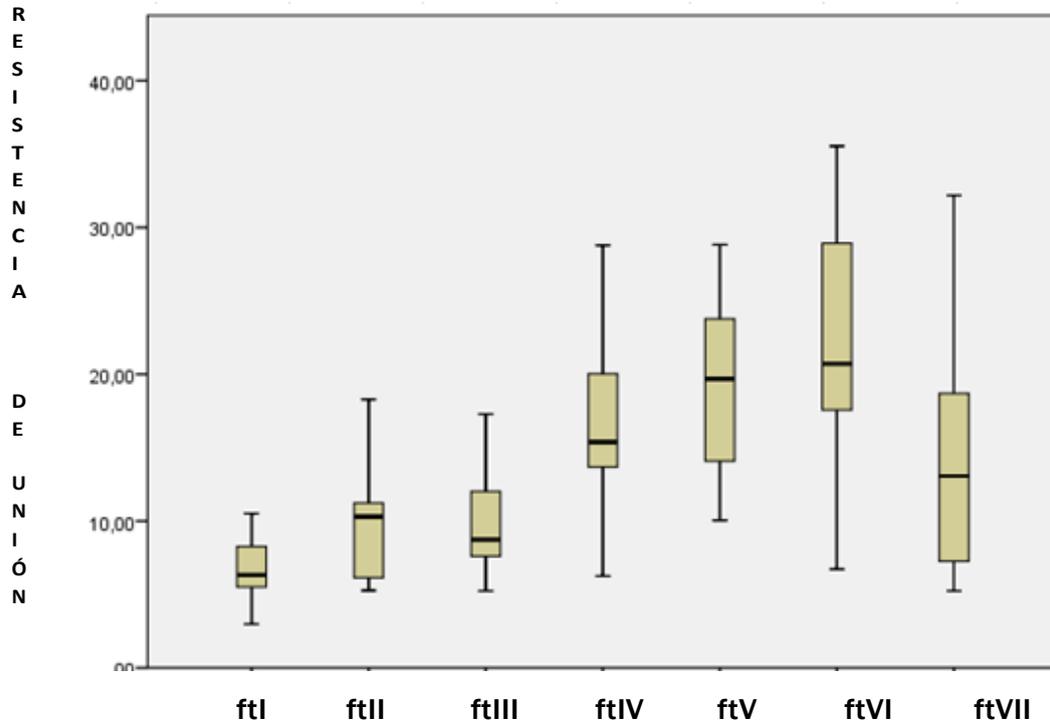


Gráfico 1. Resistencia de unión de los grupos experimentales a la prueba de microcizallamiento, se observa la simetría de la distribución de datos por grupo, la mediana, el rango intercuartílico y los valores extremos máximo y mínimo que son expresados en Mpa.