

Monografía para optar al título de Especialista en Ortodoncia

Tema:

ADHESIÓN Y RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE RESINAS DE USO ORTODÓNTICO
EN BRACKETS METÁLICOS

Línea de Investigación: Biomateriales

Sub-línea de investigación: Evaluación de tratamientos ortodónticos con técnicas y
tratamientos en ortodoncia nuevos o modernos

Autor: Lic. Gladys Angélica García Ordóñez.

23-0221283-00008

Tutor: Esp. Reneé Cristina Álvarez Jirón

León, febrero de 2026



Resumen

La unión efectiva de brackets al esmalte dental es fundamental para el éxito del tratamiento de ortodoncia. La elección del profesional en el sistema adhesivo y la resina utilizada pueden influir en la resistencia de unión, la durabilidad del cementado y la integridad del esmalte dental. Objetivo: Analizar la adhesión y fuerza de cizallamiento de resinas de fotocurado de uso ortodóntico. Metodología: estudio: experimental in vitro, los resultados fueron analizados en el programa JAMOV. Resultados: La resina C conserva con mayor frecuencia el adhesivo en el esmalte, seguido de B y A. Existe asociación estadísticamente significativa ($X^2 = 23.399$, $gl = 6$; $p = 0.000673$). entre el tipo de resina y la distribución de puntuaciones ARI. Los promedios de resistencia al cizallamiento fueron resina C (8.72 ± 1.45 Mpa), seguido de resina B (7.03 ± 1.61) y resina A (4.04 ± 0.49). Cuando se comparan las medias en la prueba t se interpreta que tanto para la Resina A ($p < 0.017$) y B ($p < 0.023$) respecto a la resina C, que existe diferencia significativa entre los dos grupos comparados. El análisis ANOVA de un factor mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos, $F(2, 87) = 58.63$ ($p < .001$). Conclusiones: La resistencia al cizallamiento y el índice ARI fue superior en la resina C. Se encontró asociación estadísticamente significativa entre el tipo de resina y la distribución de puntuaciones ARI. Así también se encontraron diferencias significativas en la resistencia al cizallamiento obtenidos entre las resinas en estudio.

Palabras clave: Resistencia, cizallamiento, adhesión, resinas.



Abstract

Effective bonding of brackets to dental enamel is essential for the success of orthodontic treatment. The clinician's choice of adhesive system and resin can influence bond strength, cementation durability, and enamel integrity. Aim: To analyze the adhesion and shear bond strength of light-cured resins used in orthodontics. Methodology: An in vitro experimental study; results were analyzed using the JAMOV software. Results: Resin C retained adhesive on enamel more frequently, followed by Resins B and A. There was a statistically significant association between resin type and ARI score distribution ($\chi^2 = 23.399$, $df = 6$, $p = 0.000673$). Mean shear bond strengths were Resin C (8.72 ± 1.45 MPa), Resin B (7.03 ± 1.61 MPa), and Resin A (4.04 ± 0.49 MPa). Independent t-tests indicated significant differences between Resin C and both Resin A ($p < .017$) and Resin B ($p < .023$). One-way ANOVA revealed statistically significant differences among the three groups, $F(2, 87) = 58.63$, $p < .001$. Conclusions: Resin C demonstrated the highest shear bond strength and ARI values. A statistically significant association was found between resin type and ARI score distribution, and significant differences in shear bond strength were observed among the resins evaluated.

Keywords: Strength, shear, adhesion, resins



Carta de Autorización del tutor

El suscrito docente de Posgrado de la Especialidad de Ortodoncia y tutor del trabajo monográfico titulado:

“ADHESIÓN Y RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE RESINAS DE USO ORTODÓNTICO EN BRACKETS METÁLICOS”. Realizado por la Lic. GLADYS ANGÉLICA GARCÍA ORDOÑEZ.

Considera que este documento ha cumplido con los requisitos necesarios para ser sometido a consideración de un tribunal examinador dispuesto por las autoridades del área de conocimiento de Odontología, para ser defendido por el sustentante, como requisito para obtener el título de Especialista en Ortodoncia.

Atentamente:

Dra. Reneé Cristina Alvarez Jirón
Especialista en Ortodoncia
Área de conocimiento, Odontología UNAN –León

León 18 de Febrero 2026



Agradecimientos a:

Dios; por brindarme fortaleza, salud y sabiduría durante todo este proceso. Familia; gracias por su apoyo incondicional y por creer en mí incluso cuando las circunstancias parecían complicadas. Cada palabra de aliento y cada gesto de cariño fueron una motivación invaluable para seguir adelante.

Maestros; quienes con paciencia, dedicación y compromiso me acompañaron en este camino de aprendizaje. Sus enseñanzas no solo enriquecieron mis conocimientos, sino que también me inspiraron a esforzarme y dar siempre lo mejor de mí.

Dedicatoria a:

Dios, por ser mi guía constante, por darme fuerza en los momentos de dificultad y por iluminar mi camino con sabiduría y esperanza. Familia; por su amor incondicional, por sostenerme en cada paso y por enseñarme que los grandes logros se construyen con esfuerzo y perseverancia.

Amigos y compañeros de estudios, que enseñan a fortalecer más el valor de la amistad, solidaridad y respeto.

INDICE

I- Introducción	1
II- Objetivos	4
Objetivo General	4
Objetivos Específicos	4
III- Marco Referencial	5
1- Adhesión	5
2- Tipos de adhesión	6
4- Adhesión en ortodoncia	11
5- Técnica de Adhesión en ortodoncia	11
6- Resinas (concepto, tipos, propiedades)	14
6.1 Matriz Orgánica:	14
6.2 Carga Inorgánica (relleno)	14
7- Brackets	16
8- Resistencia al descementado de los brackets	19
9- Índice ARI	20
10- Relación entre la adhesión y el cizallamiento	21
IV- Diseño Metodológico	24
A. Tipo de estudio:	24
B. Área de estudio:	24
C. Población a estudiar:	24
D. Muestra:	24
E. Tipo de muestreo:	24
F. Objeto de estudio:	24
G. Unidad de análisis:	24
H. Criterios de inclusión y exclusión	24
I. Recolección de datos	24
J. Aspectos éticos	26
K. Procesamiento de datos	26
V- Resultados	28
VI- Discusión de resultados	32
VII- Conclusiones	35

VIII- Recomendaciones.....	36
IX. Referencia bibliográfica	37
IX- Anexos.....	41
Instrumento de recolección de información.....	41
Operacionalización de variables.....	42
Figura 9 Prueba piloto en programa JAMOVİ	43
Figura 10 Índice ARI en tres sistemas adhesivos de fotocurado en ortodoncia.....	43
Figura 11 Preparación de unidades de analisis insertados en bloques de yeso por grupo de estudio	44
Figura 12 Medición de fuerza al desprendimiento de brackets cementados con dinamómetro.....	44
Figura 13 Recolección de datos en microscopio óptico observando un conjunto de Brackets incluidos en el estudio	45
Figura 14 Observación de superficie dental y categorización del índice ARI en aumento 10X.....	45
Cronograma de actividades.....	46

I- Introducción

El tratamiento de ortodoncia fijo depende de la resistencia del sistema adhesivo del aparato para soportar las tensiones de la masticación, tracción de los arcos, fuerzas de oclusión y ortodónticas. Así también se pretende que este sistema, permita el desprendimiento del bracket de manera sencilla y sin efectos secundarios, cuando sea necesario su remplazo o retiro definitivo (Brusola, 2000).

La unión efectiva de brackets al esmalte dental es fundamental para el éxito del tratamiento de ortodoncia. La elección del profesional en el sistema adhesivo y la resina utilizada pueden influir en la resistencia de unión, la durabilidad del cementado y la integridad del esmalte dental (Bishara et al., 2002).

En los inicios de la ortodoncia, durante el siglo XVIII, se utilizaba el sistema multibandas como método de fijación de brackets y tubos, para solucionar apiñamientos dentales en ortodoncia (Weinberger, 1922). Sin embargo, fueron remplazadas a través del tiempo, por sistemas de grabado y adhesión que incluyen el cementado directo de los brackets con lo que además se facilita la higiene oral en el paciente (Bishara et al., 2001, 2002).

El sistema de tres pasos, conformado por: ácido fosfórico al 37%, adhesivo y resina (Carstensen, 1992) que se ha convertido en una rutina en la práctica de ortodoncia para la cementación de brackets. La composición y propiedades de las resinas utilizadas en ortodoncia, también son protagonistas para asegurar una adhesión efectiva. Las resinas varían en su formulación química, viscosidad, tiempo de fraguado y resistencia. Y estas características afectan su capacidad para adherirse al esmalte dental y soportar las fuerzas aplicadas durante el tratamiento ortodóncico (Bishara et al., 2001).

La adhesión se refiere a la capacidad de las resinas para formar un enlace fuerte y duradero con la superficie del esmalte dental. La falla en la adhesión puede ocasionar la pérdida de brackets, incremento en el tiempo e interrupciones en el tratamiento. Se reconocen algunos factores que impactan en la calidad de adhesión, tal como la preparación del esmalte, la aplicación de agentes acondicionadores y las técnicas de fotopolimerización (Bishara et al., 2001).

El cizallamiento es la fuerza aplicada paralelamente a la superficie de unión entre el bracket y el esmalte, que puede causar desprendimiento de los brackets si la adhesión no es suficientemente fuerte. Las fuerzas de cizallamiento ocurren durante actividades normales como masticar y cepillarse los dientes (Bazo Mendoza, 2024; Roque, 2023).

Algunos estudios han determinado que, en cuanto a desempeño clínico, la mayoría de los adhesivos y técnicas presentan tasas de fracaso similares, sin embargo, existe polémica entre las casas comercializadoras respecto a sus ventajas clínicas.

A pesar de los avances en los materiales adhesivos disponibles, la experiencia práctica del profesional de ortodoncia se debe fortalecer de las evidencias científicas, para comprender mejor la relación entre la adhesión y el comportamiento frente a fuerzas de cizallamiento. Así como profundizar en el conocimiento de las diferentes formulaciones y propiedades de las resinas que influyen en su rendimiento adhesivo y así determinar cuáles proporcionan los mejores resultados en términos de estabilidad y durabilidad para el tratamiento de ortodoncia.

Este estudio propone comparar la resistencia al cizallamiento y adhesión de tres tipos de resina, simulando las condiciones orales en un experimento in vitro; para identificar las combinaciones que ofrecen la mayor durabilidad y dar salida a la siguiente interrogante ¿Cómo varía la adhesión y la resistencia al cizallamiento de diferentes resinas de uso ortodóntico en brackets metálicos?

Para esta investigación se seleccionaron premolares debido a su morfología, caracterizada por su uniformidad, volumen, adecuada distancia mesiodistal y gingivoclusal en la cara vestibular y menor cantidad de irregularidades del esmalte. Por esta razón, la utilización de este diente permite estandarizar el proceso de cementación de los brackets (Dudás et al., 2023).

En Nicaragua, el fortalecimiento de la educación superior y la investigación científica se articula con los Ejes de la Estrategia Nacional de Educación “Bendiciones y Victorias”, promoviendo la formación integral en el área de la salud. El presente estudio se vincula con el desarrollo de competencias investigativas y la aplicación de metodologías científicas en Odontología, contribuyendo al fortalecimiento de la investigación e innovación (eje 11); asimismo, favorece la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje y el uso de herramientas académicas que elevan la calidad educativa (eje 13); y se integra en el fortalecimiento de la gestión académica y el desarrollo institucional orientado a la producción de conocimiento científico (eje 15). (MINED,

INATEC & CNU, 2024).

Esta investigación brinda un aporte científico útil a la comunidad de profesionales de la ortodoncia, para actualizar información sobre sistemas de adhesión y resistencia al desprendimiento de los brackets, a través de un estudio con rigor metodológico propios de un experimento in vitro.

Al identificar el tipo de cemento resinoso con las mejores propiedades adhesivas, el profesional podrá elegir con mayor confianza el cemento a utilizar. Con el fin último de mejorar las prácticas y garantizar maximizar la retención de los brackets durante el tratamiento y minimizar efectos indeseados sobre la superficie dental una vez finalizado.

II- Objetivos

Objetivo General

✓ Analizar la adhesión y fuerza de cizallamiento de resinas de fotocurado de uso ortodóntico.

Objetivos Específicos

✓ Determinar la resistencia adhesiva de resinas de fotocurado mediante el índice ARI.

✓ Determinar la resistencia al cizallamiento en la adhesión de brackets metálicos.

✓ Comparar la resistencia al cizallamiento entre los tipos de resinas en estudio.

III- Marco Referencial

1- Adhesión

La Odontología adhesiva surgió en 1955 cuando el Dr. Michael G. Buonocore introdujo la técnica de grabado ácido a nuestra profesión. Por este gran avance, el Dr. Buonocore y sus colegas en Eastman Dental, Universidad de Rochester (Nueva York, EUA), son reconocidos como los padres de la Odontología adhesiva. Sin embargo, en 1949 el químico suizo Oskar Hagger desarrolló en una prestigiada compañía de amalgamas dentales en Londres, el primer adhesivo monomérico llamado ácido glicero-fosfórico dimetacrilato (GPA) para adherir resinas acrílicas a la dentina (Brenna et al., 2009; Brusola, 2000).

A partir de este momento comenzaron a emplearse una serie de conceptos para estas técnicas aplicadas en el ámbito dental. Es decir, se denomina “fuerzas de adhesión” a las que tienden a unir moléculas de sustancias diferentes; mientras a las fuerzas que tienden a unir moléculas de la misma sustancia se les denomina “fuerzas de cohesión”.

La adhesión implica la existencia de interacciones atómicas o moleculares, de carácter químico, que pueden ser de distintos tipos. Los enlaces interatómicos son de carácter fuerte y se basan en el intercambio de los electrones de las últimas capas de los átomos (Ferreto et al., 2016).

En Odontología se utiliza con frecuencia el término adhesión para referirnos a uniones de tipo mecánico, donde éstas se pueden lograr por medio de microretenciones, con o sin interacción química entre los sustratos. Esta es, por ejemplo, la unión que se configura entre el esmalte grabado y la resina fluida que contiene el sistema de adhesivos dentinarios (Ferreto et al., 2016).

Los requisitos más importantes (Fernández González et al., 2020) que debe tener un biomaterial adhesivo son:

- Capacidad reactiva al calcio y al colágeno para producir una adhesión química a los tejidos duros del diente.
- Tensión superficial adecuada para humedecer la superficie y producir el fenómeno de apilaridad en las microretenciones.
- Baja viscosidad para que fluya en el interior de las microretenciones.
- Capacidad de polimerización con mínimos cambios dimensionales y en un corto periodo de tiempo.

- Resistencia adecuada para que no se produzca fractura cohesiva del material.
- Resistencia adhesiva elevada, debiéndose adquirir esta resistencia en el mínimo periodo de tiempo posible.
- Elasticidad y flexibilidad para que no se deforme permanentemente.
- Insoluble a los fluidos orales y ácido-resistente.
- Bactericida y bacteriostático, para eliminar los posibles gérmenes que hayan quedado inmersos en la preparación.
- Cariostáticos, mediante la liberación de flúor.
- Biocompatible.
- Fácil manipulación.

Desafortunadamente, en la actualidad no existe ningún adhesivo que cumpla con todos estos requisitos. Dentro de los componentes de un sistema adhesivo destacan el agente grabador, el sellador o imprimador y el adhesivo (el cual puede contener monómeros hidrofílicos e hidrofóbicos). El imprimador y el adhesivo suelen incorporar en su composición otros productos para mejorar su comportamiento y sus propiedades.

Algunos sistemas combinan el imprimador y el adhesivo en un solo componente. La adhesión puede ser afectada por las características de los sustratos que se van a unir. Dentro de las propiedades físicas determinantes en los procedimientos de adhesión encontramos las siguientes: Tensión y energía superficial: todos los átomos constituyentes de un cuerpo se encuentran atraídos y atraen a su vez a los átomos circundantes por medio de fuerzas electrostáticas. La compensación de unas fuerzas con otras hace que el interior de la masa esté en equilibrio. Los átomos en la superficie, al estar rodeados por otros átomos solamente en un lado, quedan con fuerzas sin compensar; por lo tanto, mantienen una energía no contrarrestada en la superficie. En los líquidos, esta energía se denomina “tensión superficial”, y en los sólidos, “energía superficial” (Fernández González et al., 2020).

2- Tipos de adhesión

La adhesión puede ser química, mecánica o una combinación de ambas (Anusavice, 2004). Adhesión química o específica: se produce por la reacción química entre dos superficies y puede darse por: enlaces primarios, por unión de átomos por los electrones libres de sus últimas capas; enlaces secundarios, por un desequilibrio entre átomos de una molécula (fuerzas de Van der Waals).

Adhesión mecánica o física: se logra por una traba entre dos superficies, es decir, las partes se mantienen en contacto por la penetración de una de ellas en las irregularidades que presenta la superficie de la otra (Anusavice, 2004). Puede diferenciarse en: adhesión macromecánica, que se produce por modificación de la estructura dental con instrumental odontológico; y adhesión micromecánica, que se da a causa de la modificación del tejido dentario que permite la posterior penetración de un agente químico imprimador que se endurece en los poros creados logrando la microtraba (Mooney & Barrancos, 2006).

Sea cual fuere el mecanismo de adhesión utilizado, es imprescindible lograr previamente una correcta adaptación entre las partes a unir. Adaptación muy importante en la adhesión mecánica, para que penetre una parte en otra, y, más importante aún en la adhesión química, ya que es necesario un íntimo contacto para que se produzcan las reacciones interatómicas o intermoleculares que permiten la formación de uniones químicas (Anusavice, 2004). La odontología adhesiva tiene sus orígenes en el año 1955 cuando Buonocore, dentista y científico, relató que la resina autopolimerizable metacrilato de metilo podía ser unida de manera duradera al esmalte dentario acondicionado químicamente con anterioridad (Mooney & Barrancos, 2006).

Adhesión micromecánica a esmalte

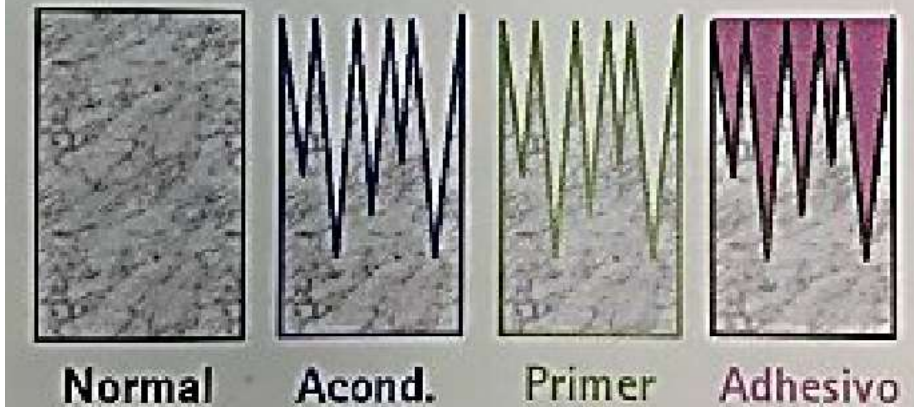


Figura 1. Traba

micromecánica de adhesivo al esmalte. (Steenbecker, 2009)

Generalmente, las superficies a adherir en el medio bucal no son satisfactorias, por ello, es común prepararlas mecánica o químicamente para que se eleve su energía superficial y/o para que se produzcan en ellas irregularidades que posibiliten la adhesión mecánica. Hay que tener en cuenta, que una adecuada superficie debe complementarse con el uso de un adhesivo sobre ella, por lo tanto, son importantes también, las condiciones que debe reunir el material a utilizar para la adhesión (Anusavice, 2004).

Si en la superficie es importante la energía superficial, en el material es importante que la tensión superficial sea baja para que pueda ser atraído con facilidad hacia la superficie, y debe complementarse con una baja viscosidad, que le permita fluir libremente sobre ella para lograr la necesaria adaptación. Dicha adaptación, debe conservarse durante y después de la transformación del adhesivo del estado líquido al sólido y, para que esto suceda, el adhesivo debe endurecer con escasa o nula contracción, meta prácticamente imposible de alcanzar. Es importante para mantener la adhesión lograda, que el sistema no experimente elevados cambios dimensionales térmicos, ya que si una de las partes se contrae mucho al disminuir la temperatura puede generar tensiones en la interface con el adhesivo o entre éste y la superficie (Anusavice, 2004).

3- Factores que intervienen en la adhesión

En ortodoncia existen diferentes tipos de falla, a continuación, se describen las cinco posibles opciones en las

cuales se podía clasificar la falla. RB: resina-bracket (adhesiva), RR: resina-resina (cohesiva), AE: adhesivo-esmalte (adhesiva), EE: esmalte-esmalte (cohesiva) y ED: esmalte-dentina (adhesiva) (Vega, 2016).

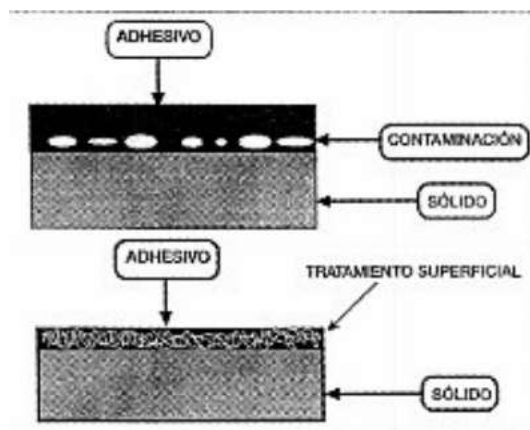


Figura 2. Casos tipificados de fallo de cohesión débil en uniones adhesivas. Tomado de (Martín Martínez, 2012)

FALLO COHESIVO EN RESINA COMPUESTA

Las causas más frecuentes para este tipo de fallos van a ser: contaminación con saliva y sangre entre las distintas capas de composite, la técnica incorrecta sobre todo por polimerizar capas demasiado gruesas, implicará el fallo cohesivo, por último, los traumatismos también podrían ser causa de un fallo cohesivo (ver figura 2) (Aristizábal et al., 2017; Martín Martínez, 2012).

Fallos adhesivos entre esmalte y material adhesivo El esmalte por su estructura y su composición sigue siendo el sustrato ideal para la adhesión. Desde que Buonocore en 1955 sentara las bases de la adhesión a esmalte, previo grabado con ácido ortofosfórico (ver figura 3 y 4), los intentos por mejorarlo han resultado nulos. Se ha intentado tratar el esmalte con los distintos tipos de láser como el Erbium Yag o el láser Nd-YLF con resultados poco satisfactorios (Aristizábal et al., 2017).



Figura 3
Presentaciones de ácido fosfórico en esmalte forma de gel en concentraciones 35 al 37%, para su uso en Odontología Tomado (Nocchi, 2008)

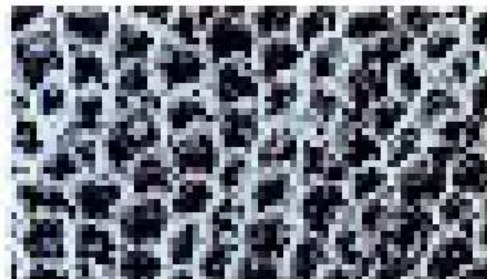


Figura 4.
Microfotografía de superficie de grabada con ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos. Tomado de de (Nocchi, 2008)

Para que no se produzcan fallos a este nivel es necesario que el esmalte tenga una energía superficial alta y el ácido y la resina adhesiva una humectabilidad también alta. En circunstancias normales el esmalte tiene una energía superficial baja esto le preserva su integridad estructural y además impide la adherencia bacteriana. La falta de aislamiento correcto nos va a producir contaminación con saliva y con sangre y esto aumentará la energía superficial. También la contaminación con aceite y agua por las conducciones de aire comprimido de los equipos van a alterar la energía superficial. Y por supuesto un esmalte sucio (Aristizábal et al., 2017)

Fallo cohesivo en esmalte y dentina Las causas suelen ser por desmineralización excesiva causada fundamentalmente por exceso de tiempo de grabado ácido o por utilizar ácidos muy fuertes o de concentración elevada. Esta desmineralización también puede ser debida al propio proceso cariogénico.

Otra causa de fallo cohesivo se debe a la tracción excesiva del composite cuando polimeriza, si encuentra un esmalte debilitado y desmineralizado es factible que lo rompa y por último otra causa de fallo cohesivo son los traumatismos (Aristizábal et al., 2017).

4- Adhesión en ortodoncia

La adhesión en ortodoncia tiene como objetivo asegurar la óptima retención de los aditamentos ortodóncicos durante el tiempo que dure el tratamiento (figura 5), y debe ser un proceso reversible que no deje huellas una vez finalizado (Brusola, 2000).



Figura 5 Proceso de adhesión de brackets metálicos en ortodoncia. Fuente propia

La fuerza de adhesión mínima clínicamente aceptable entre el bracket y la pieza dentaria no es conocida, sin embargo, Reynolds y Keizer sugieren que la adhesión clínica exitosa puede ser lograda con una fuerza de adhesión de 6 Mpa a 10 Mpa (Dudás et al., 2023; Reynolds, 1975). La fuerza de adhesión del bracket debe ser la suficiente para tolerar las fuerzas biomecánicas y funcionales que recibe, pero en un nivel que permita despegar el bracket sin dañar el esmalte dentario, este daño puede ocurrir cuando la fuerza de adhesión supera los 14 Mpa (Pickett et al., 2001). La realización de una correcta técnica adhesiva puede lograr una fuerza de adhesión aceptable para la eficacia y eficiencia del tratamiento ortodóncico.

5- Técnica de Adhesión en ortodoncia

Esta técnica consta de 3 pasos:

Grabado ácido del Esmalte Dentario

El esmalte dentario debe ser acondicionado para poder lograr adhesión a una resina, este acondicionamiento se consigue gracias a la técnica de grabado ácido. El grabado ácido del esmalte es una de las formas más efectivas para mejorar la adhesión micromecánica y evitar los defectos de sellado entre las fases a unir. Este procedimiento ha permitido extender el uso de los materiales restauradores de resina a otros campos, entre ellos, al de la ortodoncia logrando una firme unión entre la pieza dentaria y los aditamentos necesarios para transmitirle fuerzas a la misma (Rodríguez & White, 2008).

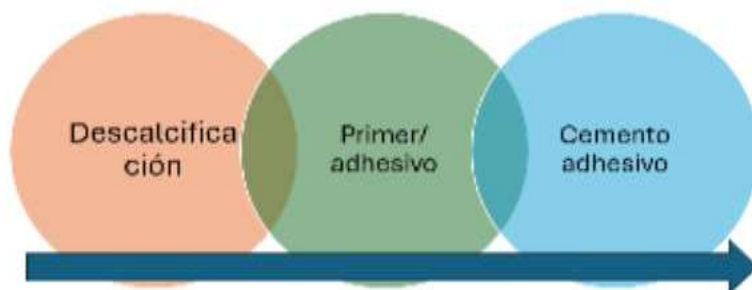


Figura 6 Técnica de tres pasos para la adhesión de aparatos fijos en ortodoncia. Fuente propia

El ácido elegido para tratar el esmalte dentario no tratado mecánicamente es el Ácido Fosfórico. Este ácido es relativamente activo y, al actuar sobre la hidroxiapatita del esmalte, extrae calcio que pasa a formar parte de la solución. Cuando se acumula cierta cantidad de calcio en la solución, se crean fosfatos insolubles que precipitan sobre la superficie adamantina limitando la acción del ácido. Es decir, el ácido fosfórico tiene “efecto autolimitante” de su acción sobre el tejido dentario (Aristizábal et al., 2017). La concentración más adecuada del ácido fosfórico en el agua para lograr una correcta acción en el esmalte es de entre el 32 y el 40 %. Las concentraciones mayores o menores forman sales de calcio con mayor rapidez, por lo que su efecto sobre el esmalte puede ser menos satisfactorio. Comercialmente la solución de ácido fosfórico puede presentarse en forma de líquido, jalea o gel. Cuanta más viscosidad posea, mejor control se podrá lograr del sitio de aplicación. El ácido fosfórico permite lograr el resultado buscado en segundos (15 a 30 segundos es el lapso considerado clínicamente apropiado) (Aristizábal et al., 2017).

Una vez que la solución ácida actuó durante el tiempo indicado sobre el esmalte, debe lavarse con agua a presión para eliminar de la superficie los fosfatos insolubles allí depositados evitando que interfieran en la correcta adhesión de la resina al esmalte. El tiempo mínimo de lavado de la superficie se estima en 20 segundos. El secado de la superficie por completo también es importante, ya que la humedad impedirá el contacto buscado. Deberá realizarse con aire absolutamente libre de humedad, aceite, etc (Aristizábal et al., 2017).

La superficie de esmalte obtenida luego del grabado ácido no solo estará limpia, sino que tendrá formadas irregularidades que permitirán la adhesión micromecánica de la resina al tejido. Dichas irregularidades se producen porque en la superficie adamantina quedan expuestos a la acción ácida las bases o los extremos de los cristales de hidroxiapatita, así como también, en algunas zonas, sus caras laterales. La

acción del ácido se hace, en igual lapso de tiempo, con mayor profundidad en la base que en las caras laterales de los cristales y, por ello, la acción de limpieza y remoción no es pareja.

Esto hace que aumente el área de contacto del esmalte y, por ende, su energía superficial (Aristizábal et al., 2017). Entonces, durante el grabado ácido se pueden obtener tres patrones básicos de descalcificación del esmalte (Brusola, 2000):

Patrón de grabado Tipo I o central: se descalcifica el centro del prisma.

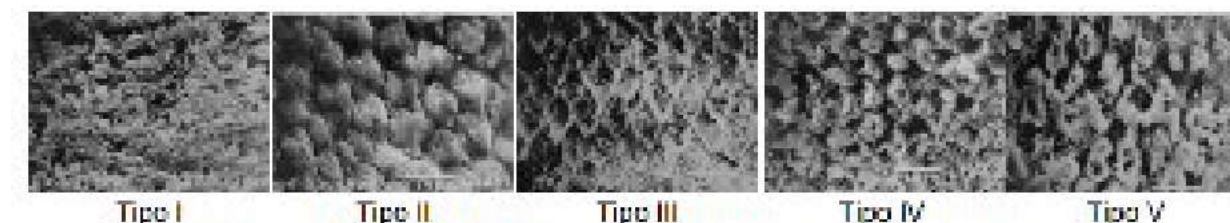
Patrón de grabado Tipo II o periférico: Descalcifica a la sustancia interprismática ubicada alrededor del prisma del esmalte.

Patrón de grabado Tipo III o nulo Clínicamente, se puede comprobar el efecto del ácido, observando la pérdida de la superficie del esmalte de su característico brillo, viéndose con un aspecto blanco mate

Aunque además de estas, se puede considerar la clasificación de (Meléndez Ruiz et al., 2002) que tiene 5 clasificaciones y pueden observar en la figura 7.

Figura 7 Microscopia electrónica de la descalcificación de esmalte con ácido ortofosforico al 37%. Tomado de (Meléndez Ruiz et al., 2002)

Se describe por cada tipo (ver figura 7):



TIPO 0: Superficie adamantina sin alteración en su estructura.

TIPO 1: Superficie irregular con erosiones de profundidad variable.

TIPO 2: Estructuras geométricas repetidas, sin erosión en el centro de los prismas.

TIPO 3: Estructuras geométricas repetidas con erosión moderada en el centro de los prismas.

TIPO 4: Estructuras geométricas repetidas con erosión completa en el centro de los prismas.

TIPO 5: Pérdida total de definición de las estructuras geométricas y presencia de grandes erosiones.

Existen condiciones imprescindibles para realizar correctamente esta técnica de acuerdo a lo referido por (Aristizábal et al., 2017), tales como:

Correcto aislamiento del campo operatorio para mantener la superficie libre de contaminación: con algodón, gasas, abrebocas y eyector, es para lograr una completa aislación relativa. Correcta forma y tiempo de aplicación del ácido y correcto lavado del ácido.

Aplicación del Primer/Adhesivo El primer o adhesivo es una resina combinada sin relleno que, en el caso del grabado en esmalte, no requiere ningún componente extra a los componentes del líquido de la resina que se utilizará posteriormente como cemento. El esmalte grabado tiene una mayor energía superficial que el esmalte no tratado, que asegura que la resina moje rápidamente toda la superficie y penetre en las microporosidades creadas por el agente ácido en el tejido adamantino. Una vez que la resina penetró en las porosidades del esmalte, se polimeriza para crear prolongaciones rígidas dentro del mismo que aseguren la traba micromecánica que permite la unión duradera entre esmalte y resina. Prolongaciones rígidas de resina dentro del esmalte (Rodríguez & White, 2008).

Aplicación del cemento adhesivo Se trata también de una resina combinada (que se coloca sobre la base del bracket y se contacta con el primer/adhesivo y se une a él a través de uniones químicas generadas con la superficie no polimerizada del mismo, por la inhibición producida por el oxígeno del aire (capa inhibida).

6- Resinas (concepto, tipos, propiedades)

Existen diferentes materiales que pueden emplearse para adherir aditamentos ortodóncicos al esmalte dentario, me detendré en la descripción del grupo más utilizado de ellos: las resinas compuestas. Resinas Compuestas (composites): son el material más utilizado para la adhesión en ortodoncia y está formado por cuatro elementos principales:

6.1 Matriz Orgánica:

Es un dimetacrilato aromático del tipo bis-fenol-A- diglicidil dimetacrilato (bis-GMA) al cual se le agrega monómeros, necesarios para controlar la fluidez y viscosidad de la resina, como el dimetacrilato de trietilenglicol (TEGDMA) (Pickett et al., 2001; Rodríguez & White, 2008; Vega, 2016).

6.2 Carga Inorgánica (relleno)

Partículas de vidrio, cuarzo y sílice que se utilizan como material de relleno.

Tipos de partículas cerámicas

Las partículas de refuerzo cerámico de los composites pueden obtenerse por diferentes procedimientos físicos o químicos que las originaran de diferentes tamaños y composiciones. Según (Aristizábal et al., 2017) estos tamaños pueden clasificarse los composites en: Macroparticulados: partículas grandes de 0,1 a 100 micrones de tamaño.

Actualmente están casi en desuso por las dificultades de pulido y estabilidad cromática a largo plazo que presentan; se clasifican en Miniparticulados: con partículas de 0,04 micrones de tamaño aproximado. Son composites altamente estéticos, pero con propiedades mecánicas reducidas respecto a los Macroparticulados. Híbridos: formados por una combinación de macro y micropartículas. Poseen las mejores propiedades estéticas del composite miniparticulados y la mayor resistencia a la fatiga, a la compresión y a la tracción de los composites macroparticulados. que otorga resistencia y dureza a la resina (Aristizábal et al., 2017; Baratieri et al., 2004; Rodriguez & White, 2008).

Agente de Enlace: permite que moléculas con características tan diferentes de la matriz orgánica y la carga inorgánica puedan unirse permitiendo transferencia de tensiones de una a otra logrando un comportamiento mecánico resultante de valor intermedio entre las de cada fase en estado puro (Baratieri et al., 2004). El agente de enlace debe ser una molécula bifuncional capaz de reaccionar con dos sustancias diferentes.

El más utilizado es un Silano, el Vinilsilano, que es una sustancia que tiene en su molécula grupos silanos, que mediante tratamientos industriales logran unirse químicamente a las partículas cerámicas y grupos vinílicos que poseen dobles ligaduras que se unen a la fase orgánica cuando sus moléculas polimerizan por adición (Aristizábal et al., 2017).

Sistemas de Polimerización: Las resinas pueden polimerizar de manera química, al unir una pasta aceleradora (amina terciaria) y un iniciador (peróxido de benzoilo); o por luz visible, donde el iniciador es activado por una luz con longitud de onda determinada (Baratieri et al., 2004).

Polimerización En los materiales combinados, la reacción de polimerización inicia por una sustancia química (iniciador) que puede ser activada por un medio (activador) químico o físico (Aristizábal et al., 2017). Si el medio activador es químico, hablamos de resinas de autopolimerización. Si el medio activador es físico, se trata de resinas de fotopolimerización.

Resinas de autopolimerización: Se trata de resinas de activación química compuesta por dos pastas; un polvo y un líquido; una pasta y un líquido o encapsulada (Brenna et al., 2009). (35) En uno de los

componentes del sistema se encuentra un iniciador: el peróxido de benzoilo (1%) y en el otro un acelerador: una amina terciaria (0,5%). Al mezclarse se produce la polimerización dando como resultado un polímero compuesto (Bucur et al., 2020).

Ventajas: Polimerización uniforme y no requiere fuente de luz especial (Brenna et al., 2009) y las desventajas son: Tiempo de trabajo limitado por la cinética de la reacción química que se inicia al comenzar la mezcla de las pastas, polimerización incompleta si no se logra una correcta mezcla con distribución adecuada del iniciador y el activador.

Propiedades mecánicas y ópticas alteradas por la incorporación de aire al material durante la mezcla de las partes. Cambio de color con el paso del tiempo, por la modificación de los subproductos obtenidos de la reacción oxidoreducción que se produce para polimerizar. Pueden agregarse estabilizadores de color para disminuir este proceso, pero no logran inhibirlo completamente. Tiempo de almacenamiento reducido.

Resinas de fotopolimerización Se presentan comercialmente en una sola pasta compuesta por monómeros, el relleno y un iniciador (Canforquinona o Benzoilmetil éter según la fuente de luz que se emplee para activarla) que al reaccionar con la luz forma radicales libres, produciendo la polimerización (Brenna et al., 2009). Ventajas: prolongado tiempo de trabajo: la pasta puede ser trabajada mientras no actúe luz sobre ella, esto es durante un lapso teóricamente indefinido, en la práctica se ve algo más limitado porque no se trabaja en la oscuridad y la luz que se utiliza para iluminar el campo operatorio puede producir cambios en el material. Mejores propiedades mecánicas. Menor tiempo de manipulación. Corto tiempo de endurecimiento. Estabilidad mayor durante el almacenamiento. Desventajas: Necesita una luz especial. Polimerización en incrementos. Mayor costo (Brenna et al., 2009).

Unidades de fotopolimerización. El uso de resinas compuestas de fotopolimerización en odontología requiere la disponibilidad de un equipo que provea la radiación con la calidad y cantidad apropiada para asegurar la correcta polimerización del material que permita alcanzar sus mejores propiedades finales. Los materiales que endurecen por proceso de polimerización requieren energía para activar la etapa de iniciación, en el caso de los materiales fotopolimerizables esa energía proviene de la absorción de radiación por parte del material que producirá el desdoblamiento de las dobles ligaduras de sus moléculas. La absorción de la radiación por parte del material, se produce en función de la longitud de onda de la radiación incidente y de las características de la estructura sobre la que incide (Aristizábal et al., 2017).

7- Brackets

La colocación correcta de los brackets es crucial en el tratamiento de ortodoncia, la imprecisión en la ubicación de los brackets puede conducir a un movimiento dentario no deseado: torque,

rotación e intrusión no planificados. Existen dos técnicas principales de colocación de brackets. El primero, es el más popular, el cementado directo: los brackets se ajustan directamente sobre los dientes de los pacientes. La segunda técnica se llama unión indirecta. La técnica de unión indirecta en ortodoncia es una alternativa al método intraoral convencional de colocación de brackets, la posición del aparato se planifica y se fija en un modelo de yeso y luego se transfiere a la cavidad bucal (Reynolds, 1975).

El uso del borde incisal o la punta de la cúspide como referencia anatómica para medir la altura del bracket ha sido común entre los ortodoncistas, así como el uso del centro clínico de la corona como una posición vertical predefinida del bracket. Aunque el ojo humano puede ser bastante preciso para localizar el centro de un objeto claramente visible, condiciones clínicas tales como dientes parcialmente erupcionados, gingivitis, desviaciones de la morfología de la corona y desplazamiento de los dientes hacia lingual o hacia el paladar pueden afectar la visualización precisa del centro clínico de la corona.

El uso del centro clínico de las coronas para la colocación de brackets parece ser un procedimiento clínico más ágil, que puede reducir el tiempo de consulta. El cementado directo en el centro de la corona clínica sin usar un medidor de altura de brackets es el procedimiento clínico más simple para cementar brackets y probablemente el más utilizado en la práctica diaria (Keizer et al., 1976).

Por lo tanto, el uso del centro de la corona clínica para el posicionamiento vertical de los brackets debe reservarse para condiciones más ideales, donde ya se logró la madurez del paciente (adultos jóvenes), la corona clínica está completamente expuesta, el nivel y el contorno gingival no están comprometidos por inflamación o dientes extremos. malposición y la forma de la corona no es anómala. Cuando las condiciones clínicas no son ideales para la visualización clínica del centro de la corona y el profesional tiene menos experiencia, se puede ser uso de un medidor de altura de brackets para obtener una nivelación posterior más precisa (Keizer et al., 1976).

En los tratamientos ortodónticos con aparatología fija es necesario adherir los brackets a la estructura dentaria. Para lo cual es determinante el uso de un agente cementante, con el correr de los tiempos el crecimiento tecnológico en adhesivos para ortodoncia comenzó a desarrollarse a pasos agigantados. Una de las ventajas para el paciente es que además de conseguir la armonía y el equilibrio dentario es que su tratamiento dure el menor tiempo posible. Además, que no tendrá que realizar pagos extras por reposición de brackets que es un inconveniente del tipo económico para el mismo (Pickett et al., 2001).

Los brackets de ortodoncia son pequeños accesorios metálicos o cerámicos que se emplean para sujetar un arco de alambre. Estos aditamentos se sueldan a una banda de ortodoncia o se pueden cementar directamente sobre los dientes. Los brackets se pueden quitar sin esfuerzo: la interfaz entre la resina y la base

de metal sigue siendo puramente mecánica, incluso si está reforzada por una malla, y la ductilidad del aditamento de metal permite la distorsión de la base (Rodriguez & White, 2008).

Por lo tanto, serán suficientes fuerzas comparativamente bajas para inducir la falla entre el soporte y la resina. Por el contrario, los attaches cerámicos difieren claramente en estos dos aspectos: hechos de óxido de aluminio cristalino, los brackets cerámicos son frágiles e inertes. Por lo tanto, incluso bajo una fuerza comparable, los brackets cerámicos tienen más probabilidades de fracturarse que los brackets metálicos y, en ocasiones, la fuerza aplicada puede hacer que el bracket cerámico se desmorone y no se despegue.

El esmalte se ve directamente afectado por los procedimientos de cementado y descementado, y por la misma presencia de attaches intraorales. Incluso con grandes precauciones aplicadas y medidas preventivas empleadas, a pesar de todos los efectos negativos e irreversibles sobre el esmalte, los beneficios potenciales de una terapia con aparatos fijos superarán los daños en la gran mayoría de los casos (Baratieri et al., 2004).

El soporte de ortodoncia es un elemento esencial del aparato fijo, su propósito es transferir fuerzas del arco de alambre activado a la dentición para permitir el movimiento tridimensional de los dientes. Actualmente, los brackets de acero inoxidable son los más utilizados en el consultorio de ortodoncia debido a su bajo costo, alta resistencia a la corrosión en la boca, mayor módulo de elasticidad y excelentes propiedades biomecánicas. Dado que el acero inoxidable no se puede unir químicamente con los adhesivos de ortodoncia, estos brackets tienen diferentes tipos de bases de malla de calibre para aumentar el área de contacto con el adhesivo (Baratieri et al., 2004).

Durante el posicionamiento del bracket, los ojales de malla se rellenan con adhesivo de ortodoncia y la polimerización posterior crea una unión micromecánica entre el bracket y el adhesivo. Además de numerosas ventajas, los brackets de acero inoxidable también tienen algunos inconvenientes, que son la mala estética y la baja biocompatibilidad. La fuerza de adhesión de los brackets de ortodoncia es un factor importante que puede influir en el tratamiento con el uso de aparatos fijos. Las fallas de los brackets pueden aumentar potencialmente el tiempo total de tratamiento y los costos financieros de la terapia. La fuerza de unión óptima entre el bracket y la superficie del esmalte debe ser suficiente para permitir una posición duradera del bracket durante el tratamiento y para evitar daños iatrogénicos en el esmalte durante el procedimiento de descementado (Baratieri et al., 2004).

Las fallas de unión pueden ser causadas por numerosos factores, incluidas las fuerzas masticatorias, las fuerzas producidas por los aparatos de ortodoncia, el envejecimiento de los adhesivos de ortodoncia, los errores durante cualquier paso del protocolo de unión o algunas terapias de odontología

conservadora realizadas antes de la unión, como las aplicaciones tópicas de barniz de fluoruro o blanqueamiento (Brenna et al., 2009).

Un fallo adhesivo es aquel que ocurre en la interfase de dos superficies de estructuras distintas, la adhesión es muy importante por los siguientes motivos: para saber la resistencia adhesiva a uno u otro nivel y por su importancia biológica pues el fallo adhesivo tendrá repercusiones clínicas. Un fallo cohesivo es aquel que ocurre en el interior de la estructura del material. También ocurre fallos durante la correcta colocación del adhesivo, este se debe colocar con suavidad en el esmalte pues los prismas están descalcificados y podrían desprenderse (Brenna et al., 2009).

Con algunos adhesivos es necesario colocar varias capas del mismo. Además, es interesante que el adhesivo tenga espesor de capa para amortiguar tensiones, pues los fabricantes han sacado al mercado adhesivos con microrelleno o nanorelleno que nos van a proporcionar dicho espesor, pero son más viscosos y esto podría impedir el paso del adhesivo al interior de la capa híbrida y al interior del túbulo dentinario. Los fabricantes mencionan que no es así, porque están hechos con nanopartículas que permiten la perfecta difusión. Lo cierto es que reducen la contracción de polimerización (Bucur et al., 2020, 2021).

8- Resistencia al descementado de los brackets

La resistencia a las fuerzas de cizallamiento es definida generalmente como la propiedad de un área de resistir el desplazamiento entre las partículas que la forman, al ser expuesta o sometida a una fuerza exterior (Bishara et al., 2001, 2002; Vega, 2016).

A continuación, se presenta en la figura 8, los distintos tipos de remociones entre agentes rígidos, que pue

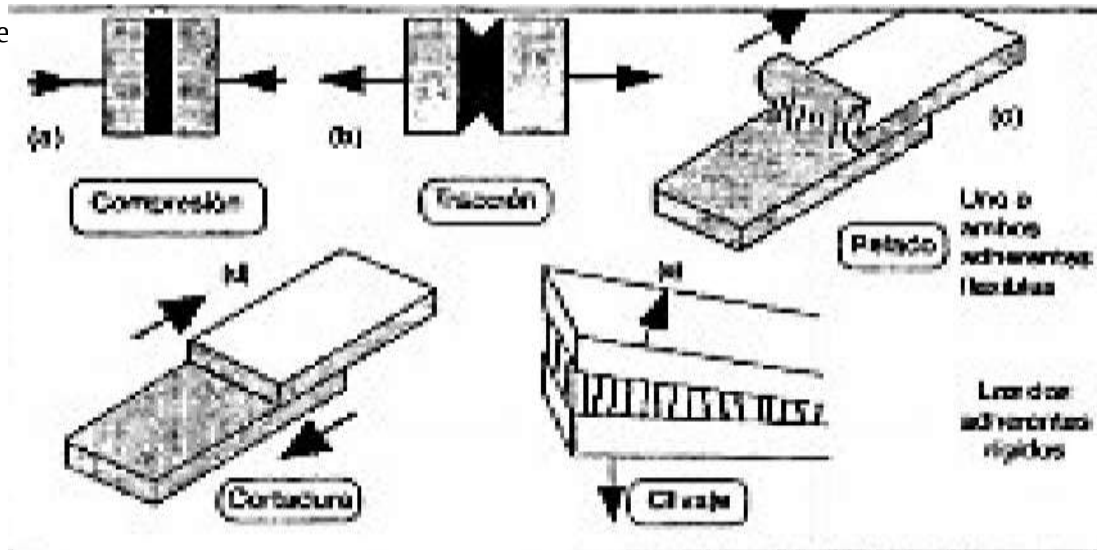


Figura 8 Dirección de fuerzas en a) esfuerzos de compresión, b) esfuerzos de cizalla, c) esfuerzos de tracción, d) esfuerzos de pelado, e) clivaje. Tomado de (Martín Martínez, 2012)

La evaluación de la adhesión en agentes cementantes empleados en ortodoncia se basa en la medición de la fuerza adhesiva. Existen dos maneras para medirla, una prueba para resistencia de cizallamiento y otra para resistencia de microtracción de una muestra de adhesivo ortodóncico hasta que esta se fracture.

9- Índice ARI

Una vez descementados los anclajes ortodóncicos, la cantidad de adhesivo residual puede ser analizada y cuantificada. El parámetro más utilizado para dicho fin es el índice de adhesivo remanente (por sus siglas en inglés ARI, Adhesive Remnant Index), originalmente descrito por Artun J. y Bergland S., en 1984, el cual utiliza una escala de marcadores del 0 al 3 (Ramírez Mejía, 2017).

A pesar de que el índice de adhesivo remanente, como originalmente se describió en 1984, ha sido usado con amplitud como evaluación rutinaria en los estudios de resistencia al descementado y, además, ha recibido algunas modificaciones, también ha sido cuestionado debido a sus aplicaciones clínicas y puntos de vista controversiales entre diversos ortodoncistas. Como el ARI o índice de adhesivo remanente ha sido estudiado por aproximadamente 33 años, la unificación de criterios ha sido muy difícil de lograr entre ortodoncistas e investigadores.

Esta idea ha sido justificada por algunos casos en los cuales los marcadores ARI tipo 0 han dejado daños clínicamente observables sobre la superficie del diente y se considera que siempre a nivel microscópico existirá daño en la superficie. Quizá esta idea sea aceptada en los procedimientos adhesivos que utilizan un sistema convencional con ácido fosfórico, el cual incrementa de modo drástico la resistencia al descementado y exige mayor cuidado al momento de retirar la aparatología (Ramírez Mejía, 2017).

Por otro lado, existe una idea más innovadora: los marcadores ARI 0 o ARI 1 son preferibles para ejercer una menor intervención en el diente durante el procedimiento de limpieza de la superficie dental. Este efecto es deseable cuando se utiliza un sistema de adhesión autograbante, con el cual, momento de retirar la aparatología ortodóncica fija, la superficie presenta menor cantidad de adhesivo residual, y facilita la eliminación con cualquier procedimiento que promueva o preserve la integridad del esmalte. Al hacer una reflexión al respecto, ambas corrientes poseen razones bien fundamentadas, dependiendo del sistema adhesivo empleado y de las condiciones clínicas de cada paciente (Ramírez Mejía, 2017).

10- Relación entre la adhesión y el cizallamiento

En ortodoncia, la adhesión de los brackets a la superficie dental es un factor clave para garantizar el éxito del tratamiento. La fuerza de adhesión debe ser suficiente para resistir las fuerzas oclusales y funcionales, pero al mismo tiempo, debe permitir un desprendimiento seguro y controlado al final del tratamiento sin causar daño al esmalte dental. Una de las fuerzas mecánicas más relevantes en este contexto es el cizallamiento, ya que las fuerzas aplicadas durante el tratamiento suelen generar tensiones tangenciales que pueden comprometer la integridad de la unión resina-esmalte (Ramírez Mejía, 2017).

La resistencia al cizallamiento (SBS, por sus siglas en inglés) es una medida estándar utilizada para evaluar la eficacia de los adhesivos en ortodoncia. Factores como la composición química de la resina, el protocolo de grabado del esmalte, y la técnica de aplicación pueden influir significativamente en esta propiedad mecánica. Por ejemplo, investigaciones han mostrado que resinas con mayor contenido de relleno presentan mayor resistencia al cizallamiento, pero pueden ser más propensas a fallas cohesivas dentro del adhesivo mismo (Bishara et al., 2002)

Por otro lado, la preparación de la superficie dental es crítica para maximizar la adhesión. El grabado ácido crea una superficie microrretentiva en el esmalte que facilita la penetración de la resina, aumentando la fuerza de adhesión. Sin embargo, un grabado excesivo puede debilitar la estructura del esmalte, afectando la resistencia al cizallamiento (Carstensen, 1992)

Finalmente, el diseño y material del bracket también desempeñan un papel en la relación entre adhesión y cizallamiento. Los brackets metálicos suelen mostrar mayores resistencias al cizallamiento en comparación con los brackets cerámicos debido a las diferencias en la interacción mecánica y química con la resina adhesiva (Sfondrini et al., 2013). Sin embargo, estas diferencias también pueden influir en la facilidad de remoción del bracket y el riesgo de fractura del esmalte.

Estudios similares Ferreto y cols en 2016, compararon la fuerza de adhesión de brackets a esmalte dental con un sistema exclusivo para ortodoncia y un sistema restaurativo; evidenciando que Single Bond 2 tuvo una fuerza de adhesión a esmalte de 8.91 MPa, mientras que el Transbond Plus, obtuvo 10.7 MPa. No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los materiales estudiados. Concluyendo que los sistemas adhesivos para dentina pueden ser usados en tratamientos ortodónticos con la misma confianza con la que se usan los sistemas adhesivos exclusivos para estos tratamientos (Ferreto et al., 2016).

Huaita, 2018, en su estudio Comparación de la fuerza de adhesión de tres cementos para ortodoncia en esmalte humano, se usaron 45 dientes premolares humanos, divididos en 3 grupos (n=15). se midió la fuerza adhesiva con fuerza y velocidad constante de (0.75 ± 0.30) mm/min en (Mpa). La fuerza de tracción

promedio fue mayor en la marca Transbond XT (3M) (6.88 ± 2.24) MPa, seguido por el Heliosit-Orthodontic (Ivoclar) (6.25 ± 1.62) Mpa, y Orthocem (5.07 ± 1.49) Mpa. Al comparar estos promedios, se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Siendo la diferencia encontrada específicamente entre el Orthocem (FGM) y el Transbond XT (3M) (Huaita Vilca, 2018).

Krishnaswamy et al (2019) Sus objetivos fueron comparar la tasa de falla de los brackets de dos materiales adhesivos fotopolimerizables diferentes utilizados para unir brackets de ortodoncia a los dientes y evaluar la eficiencia de cada uno. Los dos adhesivos compuestos fueron Transbond XT de 3M Oral Care y Bracepaste de American Orthodontics. La unión se produjo en 560 dientes: 280 dientes con Transbond XT y 280 dientes con Bracepaste. Las fallas de unión totalizaron 44 (7,9%), Transbond XT exhibió 25 (4,5%) y Bracepaste exhibió 19 (3,4%). Y concluyen que no se observó ninguna diferencia estadísticamente significativa entre los fracasos de los brackets con Transbond y Bracepaste (valor de $p = 0,346$) (Krishnaswamy & Wener, 2019).

Ufuk Ok et al (2020) Su estudio tuvo como objetivo investigar el desempeño clínico in vitro de adhesivos de ortodoncia de un solo componente debajo de brackets metálicos. Se estudiaron 60 premolares, Los adhesivos de ortodoncia que se utilizaron fueron monocomponente Biofix y GC Ortho Connect (GC) que no requirieron primers y Transbond XT, al que se aplicó un primer. Los valores medios de SBS in vitro de los grupos Biofix, GC y Transbond XT fueron 8,21, 8,07 y 7,37 MPa, respectivamente. No hubo diferencias estadísticas en el fracaso clínico ($p = 0,160$) y los valores de SBS ($p = 0,158$). Concluyeron que los adhesivos de un solo componente tuvieron valores SBS y efectos de esmalte aceptables y clínicamente, el fracaso de la unión no se demostró estadísticamente inferior a la unión con imprimación (Ok et al., 2021).

Sorana María Bucur et al (2021) Su estudio tuvo como objetivo comparar la fuerza de unión realizada por tres adhesivos de ortodoncia diferentes, son tres: Fuji Ortho LC, Ketac Cem convencional y Transbond Plus Color Change Adhesivo. El estudio se realizó in vitro, en un grupo formado por 30 premolares maxilares y mandibulares extraídos. La fuerza de unión del grupo Fuji Ortho LC fue mayor que la creada mediante el uso de los otros dos sistemas adhesivos, pero se encontraron fuerzas de unión clínicamente aceptables incluso para los otros dos grupos de estudio (Bucur et al., 2021). Navid Kerayechian et al (2022) Su estudio tuvo como objetivo comparar la SEP con la técnica AE convencional para la cementación de brackets en ortodoncia fija. en el metanálisis. No hubo diferencias significativas en el fracaso del bracket a los 6 meses [ratio de riesgo (RR) = 1,50, $P = 0,26$, 12 SM] y ($RR = 0,68$, $P = 0,34$, 2 PG), 12 meses ($RR = 1,6$, 8 SM) y ($RR = 1,17$, $P = 0,54$, 2 PG) y ≥ 18 meses ($RR = 0,84$, $P = 0,31$, 3 SM) y ($RR = 1,20$, $P = 0,3$, 3 PG) entre los grupos SEP y AE. Además, la puntuación ARI fue similar entre los

diferentes sistemas de vinculación [diferencia de medias (DM) = $-0,44$, $P = 0,06$, 4 SM]. Concluyeron que el fracaso de la cementación de brackets y la puntuación ARI no fueron significativamente diferentes entre los sistemas de cementación de autograbado y los convencionales AE. (Kerayechian et al., 2022)

Roque en 2023, compararon los valores de resistencia al cizallamiento (MPA) de brackets adheridos con dos resinas disponibles en la clínica de ortodoncia de la UAQ (Transbond XT 3M o la Enlight ORMCO) y no se obtuvieron resultados estadísticamente significativos, en cambio al compararlos con la resina control, si se obtuvieron resultados estadísticamente significativos (Roque, 2023).

Csaba Dudás et al (2023) Su estudio tuvo como objetivo comparar las fallas de adhesión de diferentes materiales de ortodoncia según los resultados de los estudios clínicos disponibles. Se incluyeron 34 publicaciones que involucraron a 1221 pacientes.

No reveló diferencias significativas en el riesgo de fracaso de los brackets entre SEP y CM-AEP. Después de 6, 12 y 18 meses de vinculación; concluyendo que los resultados no revelaron diferencias significativas entre SEP y CM-AEP hasta 18 meses después de la aplicación. RM-GIC tuvo tasas de fracaso mucho peores que los métodos de grabado ácido (Dudás et al., 2023).

El estudio de Cervantes-Ganoza et al. (2024) evaluó tres tipos de bases de brackets metálicos (base estructurada con láser, base de malla y base con ranuras de retención) analizando su relación con el índice de remanente adhesivo (ARI) y la resistencia al cizallamiento en dientes humanos envejecidos artificialmente. Los autores encontraron que, aunque las bases láser mostraron la mayor resistencia al desprendimiento y las de malla la menor, no hubo diferencias estadísticamente significativas en los valores de ARI entre los grupos (Kruskal-Wallis, $p = .163$). Esto sugiere que el diseño de la base del bracket influye más en la fuerza adhesiva que en la cantidad de adhesivo residual en el esmalte tras el despegado.

IV- Diseño Metodológico

A. Tipo de estudio:

Experimental in vitro, comparativo.

B. Área de estudio:

Recinto Universitario UNAN León, que se ubica del Cementerio Guadalupe 400 metros sur.

C. Población a estudiar:

150 premolares extraídas por motivo ortodóntico de clínicas privadas de la ciudad de León.

D. Muestra:

90 premolares

E. Tipo de muestreo:

No probabilístico por conveniencia

F. Objeto de estudio:

Superficie vestibular del diente

G. Unidad de análisis:

Resinas

H. Criterios de inclusión y exclusión

Fueron criterios de inclusión

- Premolares superiores e inferiores.
- Premolares con estructura coronaria intacta y dimensión de la corona apropiada para la cementación del brackets.
- Kit de resinas completo de tres marcas de uso en el país
- Kit de resinas con caducidad mayor a 6 meses al momento del experimento.

Fueron criterios de exclusión:

- Incisivos, caninos y molares
- Premolares sometidos a tratamiento de ortodoncia.

I. Recolección de datos

El protocolo de esta investigación fue sometido para su dictamen al Departamento de posgrado obteniendo dictamen favorable en fecha 24 de marzo de 2025

El instrumento de recolección de datos fue una hoja elaborada en Microsoft Excel, donde se registraba manualmente los datos de identificación del grupo de trabajo, la medida de fuerza al desprendimiento y el índice ARI. Cabe señalar que se utilizó una hoja por cada grupo de resinas, por lo que se utilizaron 3 hojas en total.

Se realizó prueba piloto con 10 muestras, que no fueron parte de la muestra final, sino solo con interés en identificar debilidades en el procedimiento y procesamiento de los datos. Todas las etapas del procedimiento fueron realizadas por esta investigadora.

Estas muestras fueron procesadas por el programa JAMOVİ (figura 3 en anexos). No se realizó modificaciones a la ficha de recolección de datos, posterior a la prueba piloto.

Se seleccionaron 90 piezas premolares de humanos, de un banco de piezas dentales que fueron extraídas por motivos ortodónticas y donadas por clínicas privadas para esta investigación. El acondicionamiento de los dientes seleccionados pasó por varias etapas: en primer lugar, fueron lavadas con abundante agua potable, sumergidos en un envase con hipoclorito de sodio al 0.5%, y posteriormente en un recipiente de solución salina por 1 semana.

Las 90 piezas dentales se distribuyeron en 3 grupos: Grupo I: 30 piezas dentales – premolares con la Resina A (numerados del 1 al 30). Grupo II: 30 piezas dentales - premolares con la Resina B (del 31 al 60). Grupo III: 30 piezas dentales -premolares con la Resina C (del 61 al 90).

Para realizar los soportes de las 90 muestras, se realizaron cubos de yeso piedra (tipo III) donde fueron introducidas las piezas dentales de manera perpendicular dejando expuesto la corona dental y siendo enumeradas, para la selección de los brackets se determinó utilizar la marca Orthoclassic de la serie estándar Edgewise sólo los brackets de premolares, al ser estándar puede utilizarse tanto en premolares superiores como inferiores.

La planificación del protocolo de adhesión incluyó la utilización de ácido fosfórico grabador en gel al 37%, adhesivo de la marca seleccionada en el kit y los 3 tipos de resina, que fueron categorizados con letras descritos a continuación Resina A: High-Q- Bond Bracket, Resina B: Bracepaste, Resina C: Transbond xt. Se inició el proceso de adhesión de la siguiente manera: La limpieza de las piezas dentales se realizó a en la cara vestibular de cada diente, con ayuda de un vaso dappen se mezcló polvo de piedra pómez con un poco de agua para formar una pasta y con ayuda de un cepillo profiláctico y un micromotor se realizó profilaxis de cada premolar por un rango de 5 segundos posteriormente se lavó el diente para retirar los residuos de la piedra pómez. El acondicionamiento del esmalte se realizó con la zona de trabajo libre de humedad, se le aplicó el ácido fosfórico grabador en gel al 37% por un lapso de tiempo de 30 segundos (Figura 7). Luego se

procedió a realizar enjuague por inmersión de chorro con abundante agua, nuevamente se retira humedad por completo con una fuente de aire de la jeringa triple por 10 segundos, hasta observar que la superficie se tome un aspecto blanco opaco.

Seguidamente, se colocó el adhesivo, se fotocuró por 30 segundos y posteriormente la resina en la malla de los brackets Orthoclassic, correspondiente al número de grupo de estudio que indica la marca de resina, los brackets se posicionaron en la cara vestibular buscando el centro de la corona clínica y teniendo también como referencia la cúspide de cada premolar. Se verificó la posición del bracket y colocación de la resina, se realizó colocación y ajuste, se retiró del exceso del adhesivo alrededor del bracket empleando un explorador. Luego se ubicó la luz de fotocurado por 30 segundos por la cara mesial y distal del bracket. Una vez terminado la colocación de los brackets en todas las 90 muestra.

Las pruebas de cizallamiento se realizaron aplicando manualmente tensión contra el bracket desde la superficie oclusal ejerciendo una fuerza continua hasta lograr el desprendimiento de este; utilizando un dinamómetro de tensión y medidor de empuje marca Soonkoda, que tiene capacidad para cuantificar numéricamente en pantalla la medida de fuerza desde 500N hasta 110.2 lbs.

Los resultados obtenidos fueron registrados en el instrumento de recolección de datos para su registro y se repitió la misma acción con las 90 muestras. Finalmente, se guardaron los dientes en un contenedor por tipo de resina estudiada, se aplicaron a una lámina de acetato para su ubicación y se observaron al microscopio binocular OMAX -40X-2000X y registrando la cantidad de resina adherida en la superficie dental, para medir el índice ARI, tal como lo describe el índice.

Fuente de información:

Para esta investigación se utilizó fuente primaria.

J. Aspectos éticos

Se recolectó piezas dentarias, que fueron extraídas con fines ortodónticos y donados por clínicas privadas. El presente estudio estipula un código alfabético para cada conjunto de datos y el principio ético en la investigación

K. Procesamiento de datos

Se empleó el software estadístico de acceso libre JAMOV versión 2.3.28, los datos fueron registrados en el programa, las variables se presentaron a través de estadística descriptiva, pruebas: Chi-cuadrado y comparación de medias entre grupos e intergrupos, comparando los valores de la resistencia al cizallamiento en todos los tipos de resina.

Se tomó el valor ($p \leq 0.05$) como punto de corte para reconocer cuando exista significancia estadística. con estos resultados se contrastan las siguientes hipótesis de estudio:

- Hipótesis Nula

No existen diferencias estadísticamente significativas entre las variables en estudio.

- Hipótesis alternativa

Al menos 1 de las resinas tiene diferencias estadísticamente significativas en cuanto al cizallamiento de brackets cementados al diente.

V- Resultados

A continuación, se presentan los resultados considerando los objetivos planteados donde se evaluaron las pruebas de cizallamiento y el índice ARI, para la evaluación porcentual del adhesivo permanece en la superficie del diente después de retirar un bracket; en 30 muestras por cada tipo de resina en estudio

Tabla 1

Resistencia adhesiva de tres resinas de fotocurado mediante el índice ARI

Índice ARI	Resina A	Resina B	Resina C
Sin adhesivo remante en esmalte	0	5	0
Menos del 50% adhesivo remante en esmalte	10	5	1
Mas de 50% adhesivo remante en esmalte	12	17	18
Adhesivo remante en esmalte en 100%	8	3	11
Total	30	30	30

Tabla de elaboración propia

La Resina A presentó una mayor frecuencia en puntuaciones 2 y 3 (20 de 30 casos). La mayoría de las muestras el adhesivo se mantuvo en el esmalte. En el caso de la resina B, principalmente reúne los resultados en la categoría 2 (más del 50% del adhesivo), con 17 de 30 casos, pero también presenta algunos casos de 0 y para la resina C, se observa predominio de puntajes 2 (18 casos); no presenta casos de falla en esmalte (ARI = 0) y Tiene la mayor cantidad de casos con adhesivo remanente total (ARI =3).

Tabla 2

Prueba de bondad de ajuste de la varianza de la resistencia adhesiva de tres resinas de Fotocurado mediante el índice ARI

	Chi cuadrado	gl
Test de igualdad de varianza	34.9863	2

La prueba Chi ($X^2 = 34.9863$, $gl = 2$; $p = 0.0000000253026$) muestra que existe una asociación estadísticamente significativa entre el tipo de resina y la distribución de puntuaciones ARI ($p < .001$) y estas diferencias no pueden atribuirse al azar. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula, que establece que las variables son independientes. Esta prueba verifica la bondad de ajuste de la varianza observada contra la esperada, rechazando la hipótesis nula cuando el estadístico chi-cuadrado es demasiado grande o pequeño comparado con valores críticos.

Tabla 3

Resistencia al cizallamiento de tres resinas de fotocurado en la adhesión de Brackets metálicos medido en Mpa.

	Resina A	Resina B	Resina C
Promedio	4.04	7.03	8.72
DE	0.49	1.61	1.452
Min	3.34	3.97	5.63
Max	5.39	11.31	15.6

Tabla de elaboración propia

Nota: unidad de medida en Mpa

Esta tabla descriptiva muestra medidas de tendencia central de los resultados de resistencia al cizallamiento de resinas A, B y C utilizadas en este experimento; mostrando que el promedio de resistencia fue mayor en la resina C, sin embargo, presentó la mayor desviación estándar que aunque representa una variabilidad moderada-alta, es menor que la observada en la resina B.

La resina B mostró el segundo mejor promedio de resistencia, superior al de la resina A pero con una desviación estándar de 1.61, la más alta de los tres grupos. Este resultado evidencia una alta dispersión de los valores, confirmando variabilidad en su comportamiento. En cuanto a la resina A, se obtuvo el menor promedio entre los tres grupos. Sin embargo, la desviación estándar fue la menor, lo que indica un comportamiento homogéneo pues sus valores se concentraron de manera uniforme alrededor del promedio, mostrando la menor variabilidad de todas las resinas.

Tabla 4

Comparación de resistencia al cizallamiento entre los tipos de resinas en estudio.

Prueba T de muestras independientes		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias					
		F	Sig.	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencias de medias	Error típ. De la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia inferior
Resina A	Se han asumido varianzas iguales	8.773	.006	2.84	28	.008	.55783	.19627	.15580
	No se han asumido varianzas iguales			2.63	17.31	.017	.55783	.21175	.11169
Resina B	Se han asumido varianzas iguales	1.504	.230	2.40	28	.023	1.61991	.67380	.23970
	No se han asumido varianzas iguales			2.32	22.34	.029	1.61991	.69583	.17814

Esta tabla muestra la comparación de las medias de las pruebas de cizalla de las resinas A y B respecto a la media de la resina C, que mostró la mayor resistencia al desprendimiento. Los resultados de la prueba de Levene para comprobar igualdad de varianzas, se interpreta que la Resina A no asume varianzas iguales respecto a la Resina C a un nivel estadísticamente significativo ($p = 0.006$) y en cuanto a la Resina B, considerando que el valor $p > .05$, por tanto, sí se asumen varianzas iguales, por lo que se interpretan las líneas marcadas en gris para cada grupo (ver tabla 3). Cuando se comparan las medias en la prueba t se interpreta que tanto para la Resina A, respecto a la resina C que existe una diferencia significativa entre los dos grupos comparados en cuanto a los valores medidos para Resina A, el grupo presenta en promedio 0.56 unidades más que el otro. Así como en la resina B, respecto a la media de la resina C, se encuentra diferencia estadísticamente significativa entre los grupos, presentando en promedio 1.62 unidades más que el otro por tanto se confirma la hipótesis alternativa en este estudio.

Tabla 3.2

Análisis de varianza ANOVA de un factor entre los tres grupos de Resinas comparados

Tabla ANOVA					
Fuente de valoración	Suma de cuadrados	g.l	cuadrado de la media	Estadísticas F	valor-p ¹
Entre grupos	336.44	2	168.22	58.6314	0.0000000000000000751365
Dentro de los grupos	249.613	87	2.86911	249.613	
Total	586.052	89			

	Chi cuadrado	g.l	valor-p ¹
Test de igualdad de varianza	39.1644	2	0.00000000317271

Grupo	IC al 95% de la media muestral individual			IC al 95% asumiendo varianzas iguales	
	Media	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
1	4.0447	3.82284	4.26656	3.41221	4.67719
2	7.0367	6.29969	7.77371	6.40421	7.66919
3	8.72	7.94043	9.49957	8.08751	9.35249

Nota: 1valor-p (de dos colas)

Esta tabla muestra la comparación de las varianzas entre las tres resinas, se utiliza un análisis distinto al anterior para validar los resultados obtenidos en la tabla 3.1, pues en esa tabla se compara cada resina A y B respecto al promedio de la Resina C, utilizándolo como valor de referencia por ser el mayor valor de resistencia al desprendimiento obtenido.

El análisis ANOVA de un factor mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.00000000317271$) entre los tres grupos, $F(2, 87) = 58.63$, $p < .001$. Las medias del Grupo 1 ($M = 4.04$), Grupo 2 ($M = 7.04$) y Grupo 3 ($M = 8.72$) fueron significativamente diferentes entre sí. Los resultados de la prueba de igualdad de varianzas (línea gris) muestra un valor p es menor que .05, que significa que las varianzas de los tres grupos no son iguales. En cuanto a los intervalos de confianza al 95% se puede notar que no se traslapan los valores, lo que confirma que los grupos evaluados son distintos.

VI- Discusión de resultados

Los resultados obtenidos en el presente estudio mostraron diferencias significativas en la distribución del índice ARI entre las tres resinas evaluadas. La Resina C presentó mayor proporción de puntuaciones altas de ARI (ARI 2 y ARI 3), sugiriendo que una parte significativa del adhesivo permanece en el esmalte al cizallamiento del bracket, esto se considera clínicamente favorable al reducir el riesgo de daño al esmalte. En contraste, la Resina B tuvo algunos casos con ARI 0, lo que indica fallas adhesivas más peligrosas para el esmalte, mientras que la Resina A mostró un comportamiento intermedio.

Al comparar estos resultados con Mahmoud y colaboradores, quienes compararon varios sistemas adhesivos de ortodoncia y reportaron diferencias significativas tanto en la resistencia al cizallamiento como en el ARI al reutilizar brackets. En su estudio, algunos adhesivos presentaron puntuaciones ARI bajas (“0–1”), lo que coincide con los casos de Resina B en nuestro análisis (Mahmoud et al., 2017).

Otro estudio reciente examinó diferentes bases de brackets metálicos envejecidos artificialmente y su relación con el ARI (grupo con base láser, malla, ranuras de retención). Aunque ese estudio no encontró diferencias estadísticamente significativas en el ARI entre los tipos de base (Kruskal-Wallis, $p = .163$), sugiere que el diseño del bracket puede tener menos impacto sobre el residuo adhesivo de lo que se podría pensar (Cervantes-Ganoza et al., 2024). A diferencia del presente estudio, en que la diferencia entre resinas parece más relevante que la estructura del bracket, lo que sugiere que la formulación de la resina podría ser un factor clave en la estabilidad del adhesivo post-desprendimiento.

Algunos estudios sobre resinas avanzadas o modificadas reportan una alta frecuencia de ARI 2, lo que indica un compromiso entre una adhesión adecuada y la preservación del esmalte. Por ejemplo, en compuestos con nanopartículas de TiO_2 , se ha observado que más del 50 % del adhesivo permanece en la superficie del diente (ARI ~2) sin comprometer la resistencia al cizallamiento (Harsha et al., 2024). Este tipo de formulaciones innovadoras podrían explicar tendencias similares a las observadas en nuestra Resina C.

En el presente estudio, las medidas descriptivas de valores de fuerza de adhesión mostraron diferencias entre los tres materiales evaluados, que pueden sugerir que, si bien la Resina C tiende a mostrar mejores resultados medios, la Resina A proporciona resultados más consistentes, y la Resina B exhibe comportamiento heterogéneo que podría comprometer su previsibilidad clínica.

En cuanto a los promedios de resistencia al cizallamiento, los resultados del presente estudio en cuanto resina C (8.72 ± 1.45 Mpa), fueron similares a resultados presentados por (Ferreto et al., 2016),

quienes reportan que la resina Single Bond 2 tuvo (8.91 MPa), sin encontrar evidencia estadísticamente significativa entre los materiales estudiados.

Por lo que al igual que (Ferreto et al., 2016), sugiero que los sistemas adhesivos para dentina pueden ser usados en tratamientos ortodónticos con la misma confianza con la que se usan los sistemas adhesivos exclusivos para este tratamiento.

También Huaita, reporta resultados similares tanto en los promedios encontrados en este presente estudio, pues oscilan entre 5.07 a 6.88 con rangos de variabilidad entre 1.49 a 2.24, que es consistente con las resinas A, B y C; como en diferencias estadísticamente significativas entre dos de los cementos evaluados, considerándose como el de mayor resistencia también el Transbond XT (3M) (Huaita Vilca, 2018).

Por otro lado, los resultados de resistencia de la Resina C y B, difieren de lo encontrado en el estudio de Werner (2019), que evaluaron la eficiencia de dos materiales adhesivos fotopolimerizables (mismos comparados en resina C y B), y no encontraron diferencia estadísticamente significativa entre los fracasos de los brackets con Transbond y Bracepaste (valor de $p = 0,346$) (Werner, 2019). Concordando también con lo reportado por Roque, quien no reporta diferencias significativas entre las resinas en estudio, pero sí con el grupo control. Una de ellas concuerda con la marca utilizada en resina C, sin embargo, obtuvo valores de mayor resistencia (11.07 ± 2.37) Mpa, respecto a los reportados en el presente estudio.

La heterogeneidad observada en la Resina B se corresponde con hallazgos experimentales que señalan que la composición del adhesivo, la presencia de aditivos (p. ej., nanopartículas, agentes antimicrobianos) y el método de curado pueden producir resultados inconsistentes entre muestras, incrementando la variabilidad intra-grupo. En trabajos abiertos recientes, por ejemplo, se ha descrito que adhesivos con formulaciones modificadas pueden mantener una resistencia adecuada pero mostrar variaciones en la distribución del ARI, lo que concuerda con la observada dispersión en Resina B (Al-Salem et al., 2024; Nabawy et al., 2021)

Por otra parte, la Resina C, que mostró el promedio más alto y un número considerable de valores en el extremo superior (máx. 15.60), refleja el patrón que han reportado estudios sobre adhesivos con perfiles de alta adhesividad o con componentes bioactivos/nanocompuestos: mayores medias de desempeño, acompañadas de rangos más amplios cuando la prueba incluye condiciones de laboratorio que varían (por ejemplo, envejecimiento, humedad, tiempos de curado). Estas publicaciones destacan que la presencia de remanente adhesivo ($ARI \geq 2$) puede ser clínicamente preferible para la protección del esmalte, aunque obliga a protocolos de remoción cuidadosos y a una valoración del tiempo clínico adicional requerido (Behnaz et al., 2018; Nabawy et al., 2021).

Los resultados inferenciales del presente estudio, tanto la prueba t como el ANOVA de un factor confirmaron que estas diferencias son significativas, mientras que la prueba de Levene reveló que las varianzas entre los grupos no son homogéneas, lo que coincide con la variabilidad observada en las desviaciones estándar.

Esto concuerda con estudios que han reportado comportamientos diferenciados entre resinas y adhesivos según su composición química, la interacción con el esmalte, la liberación de monómeros y la capacidad de humectación. Tales como (Borujeni et al., 2021) quienes evidencian diferencias significativas entre múltiples protocolos de adhesión, mostrando que algunas formulaciones producen valores de resistencia más altos y consistentes, similar al comportamiento observado en la Resina C. Asimismo, sus resultados muestran que grupos con mayores valores medios suelen presentar modos de falla compatibles con adhesión más estable, lo que coincide con la tendencia observada en este estudio.

Así mismo, los hallazgos reportados por (Behnaz et al., 2018), quienes identificaron variabilidad significativa en la resistencia al cizallamiento cuando se compararon adhesivos con distintas modificaciones en su composición. Ese estudio, mostró que algunas resinas con mayor capacidad adhesiva obtienen valores promedios superiores, mientras que otras, aun funcionando adecuadamente, presentan mayor dispersión, fenómeno semejante al observado en la Resina B, cuyo comportamiento fue estadísticamente significativo, pero con varianza heterogénea.

Los valores más altos de resistencia, como los registrados por la Resina C, suelen asociarse con una mayor estabilidad adhesiva, aunque no necesariamente con un aumento del riesgo de daño al esmalte, especialmente cuando el remanente de adhesivo (ARI) se distribuye de manera compatible con un despegado seguro (Nawrocka et al., 2023). En este sentido, los resultados del presente estudio sugieren que la Resina C no solo ofrece mayor resistencia, sino que además podría resultar clínicamente adecuada si su patrón de remanente adhesivo evita microfracturas en el esmalte durante el despegado.

VII- Conclusiones

1. La resistencia adhesiva de las resinas en estudio estuvo principalmente en la categoría “mas de 50% adhesivo remante en esmalte” de acuerdo al índice ARI. Se encontró asociación estadísticamente significativa entre el tipo de resina y la distribución de puntuaciones ARI.
2. La resistencia al cizallamiento de las resinas en estudio fue distinta en cada grupo oscilando entre 4.04 ± 0.49 y 8.72 ± 1.4 mpa.
3. La resistencia al cizallamiento entre las resinas estudiadas no es comparable, pues existió diferencias estadísticamente significativas entre los grupos

VIII- Recomendaciones

Para los estudiantes y profesionales de Ortodoncia

Realizar una selección de materiales, considerando las mejores propiedades adhesivas, dentro de los productos comerciales disponibles.

Considerar equipos y materiales de remoción de brackets con el menor impacto al tejido dental, que permitan los mejores resultados a largo plazo.

Utilizar la técnica de adhesión recomendada por el fabricante, tomando en cuenta elementos como humedad, presión y tiempo de fotocurado.

Evaluación crítica del desempeño clínico de los materiales utilizados.

Establecer prioridades en la actualización dentro del campo de trabajo de Ortodoncia.

Para Autoridades del Posgrado de Ortodoncia:

Actualización y estandarización de los protocolos clínicos

Implementación de talleres prácticos en laboratorio para elevar las capacidades técnicas de los estudiantes en formación respecto a aislamiento, control de humedad, adhesión, desprendimiento y remoción de residuos.

Establecer registro clínico en los expedientes, que permitan crear un banco de datos desde la experiencia que se acumula en el posgrado

Fortalecimiento de las líneas de investigación con mayor cobertura de pruebas in vitro para lograr aportes desde la academia.

IX. Referencia bibliográfica

- Al-Salem, M. R., Albelasy, N. F., Al-Wakeel, E. E., & Abdelnaby, Y. L. (2024). Shear bond strength and adhesive remnant index evaluation of three different orthodontic adhesive systems using three different light curing times. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 133, 103762.
- Anusavice, K. J. (2004). *PHILLIPS. CIENCIA DE LOS MATERIALES DENTALES*. Elsevier España.
- Aristizábal, J. F., Barrero, L. M., & Duque, C. I. (2017). COMPARACION DE LA RESISTENCIA AL DESPEGUE DE BRACKETS DE ACERO INOXIDABLE Vs. BRACKETS DE TITANIO POLIMERIZADOS CON LUZ HALOGENA Y TECNOLOGÍA LED. 8(8), 40.
- Baratieri, L. N., Monteiro Junior, S., Caldeira, M., Cardoso Vieira, L., Cardoso, A., & Ritter, A. (2004). Estética. Restauraciones adhesivas directas en dientes anteriores fracturados, 2.
- Bazo Mendoza, C. P. (2024). Comparación de la Resistencia Adhesiva frente a fuerzas de Cizallamiento de dos Adhesivos para Ortodoncia en dientes Premolares: Invitro. Universidad Nacional Federico Villarreal. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/9234>
- Behnaz, M., Dalaie, K., Mirmohammadsadeghi, H., Salehi, H., Rakhshan, V., & Aslani, F. (2018). Shear bond strength and adhesive remnant index of orthodontic Brackets bonded to enamel using adhesive systems mixed with TiO₂ nanoparticles. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 23(04), 43-e1.
- Bishara, S. E., Laffoon, J. F., VonWald, L., & Warren, J. J. (2002). The effect of repeated bonding on the shear bond strength of different orthodontic adhesives. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 121(5), 521-525. <https://doi.org/10.1067/mod.2002.123042>
- Bishara, S. E., VonWald, L., Laffoon, J. F., & Warren, J. J. (2001). Effect of a self-etch primer/adhesive on the shear bond strength of orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 119(6), 621-624. <https://doi.org/10.1067/mod.2001.113269>
- Borujeni, E. S., Chalipa, J., Etemadi, A., Nasiri, M., Kharrazifard, M. J., & Akhoundi, M. S. A. (2021). Comparison of Shear Bond Strength, Adhesive Remnant Index and Enamel Cracks in Bonding and Rebonding of Stainless Steel Brackets to Enamel Surface Conditioned with Er: YAG Laser Versus Conventional Acid Etching. *Frontiers in Dentistry*, 14.
- Brenna, F., Breschi, L., Cavalli, G., Devoto, W., Dondi dall'Orologio, G., Ferrari, P., Fiorini, A., Gagliani, M., Giani, S., & Manfrini, F. (2009). Odontología resturadora: Procedimientos terapéuticos y perspectivas de futuro. En *Odontología resturadora: Procedimientos terapéuticos y perspectivas de futuro* (pp. 767-767).
- Brusola, J. A. C. (2000). *Ortodoncia clínica y terapéutica*. Elsevier España.

- Bucur, S. M., Bud, A., Gligor, A., Vlasa, A., Cocos, D. I., & Bud, E. S. (2021). Observational Study Regarding Two Bonding Systems and the Challenges of Their Use in Orthodontics: An In Vitro Evaluation. *Applied Sciences*, 11(15), 7091. <https://doi.org/10.3390/app11157091>
- Bucur, S. M., Cocos, D., & Saghin, A. (2020). BOND STRENGTH OF THREE ADHESIVE SYSTEMS USED FOR BONDING ORTHODONTIC BRACKETS. 1.
- Carstensen, W. (1992). The effects of different phosphoric acid concentrations on surface enamel. <https://angle-orthodontist.kglmeridian.com/view/journals/angl/62/1/article-p51.xml>
- Cervantes-Ganoza, L., Castro-Ramirez, L., Aroste-Andía, R., Huamani-Echaccaya, J., Ladera-Castañeda, M., & Cayo-Rojas, C. (2024). Comparison of the Adhesive Remnant Index and Shear Bond Strength of Different Metal Bracket Bases on Artificially Aged Human Teeth: An In Vitro Study. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 14(5), 396-404.
- Dudás, C., Czumbel, L. M., Kiss, S., Gede, N., Hegyi, P., Mártha, K., & Varga, G. (2023). Clinical bracket failure rates between different bonding techniques: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Orthodontics*, 45(2), 175-185. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjac050>
- Fernández González, M. G., Martínez López, J. M., & Paiz Ortiz, L. C. (2020). Factores que afectan la adhesión en ortodoncia y su relación con el éxito del tratamiento [Thesis, Universidad Evangélica de El Salvador]. <http://localhost:80/handle/123456789/366>
- Ferreto, I., Caceres, hugo, & Chan, R. (2016). Comparación de la fuerza de adhesión de brackets a esmalte dental con un sistema exclusivo para ortodoncia y un sistema restaurativo. 2.
- Harsha, L., Subramanian, A. K., & Pugalmani, S. (2024). Evaluation of antimicrobial efficiency, shear bond strength, and adhesive remnant index of TiO₂ infiltrated orthodontic adhesive—an in vitro study. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 14(4), 316-324.
- Huaita Vilca, J. E. S. (2018). Comparación de la fuerza de adhesión de tres cementos para ortodoncia en esmalte humano.
- Keizer, S., Ten Cate, J., & Arends, J. (1976). Direct bonding of orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics*, 69(3), 318-327.
- Kerayechian, N., Bardideh, E., & Bayani, S. (2022). Comparison of self-etch primers with conventional acid-etch technique for bonding brackets in orthodontics: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Orthodontics*, 44(4), 385-395. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjab076>

- Krishnaswamy, J., & Wener, L. (2019). Comparing Two Orthodontic Adhesives | Orthodontic Products. Orthodonticproductsonline.Com. <https://orthodonticproductsonline.com/clinical-tips/bonding-tips/comparing-two-orthodontic-adhesives/>
- Mahmoud, E., Pacurar, M., Bechir, E. S., Maris, M., Olteanu, C., Dascalu, I. T., & Moldovan, M. (2017). Comparison of shear bond strength and adhesive remnant index of brackets bonded with two types of orthodontic adhesives. *Mater Plast*, 54(1), 141-144.
- Martín Martínez, J. M. (2012). Conceptos básicos de adhesión y de uniones adhesivas. Publicacions Universitat Alacant. <https://elibro.net/es/ereader/unanleon/116035>
- Meléndez Ruiz, J. L., Varela Ochoa, R., Cueto Arvizu, G., Mondragón Espinoza, J. D., Carrillo Palacios, L., Coronado Alcalá, E., García López, E., Rojo Hurtado, C. M., & Orozco Varela, K. A. (2002). Evaluación del grabado del esmalte en piezas con ápice inmaduro y maduro utilizando ácido ortofosfórico al 37% por medio de microscopia electrónica de barrido. *Acta Odontológica Venezolana*, 40(1), 26-30.
- Mooney, J. B., & Barrancos, P. J. (2006). *Operatoria Dental*. Ed. Médica Panamericana.
- Nabawy, Y. A., Yousry, T. N., & El-Harouni, N. M. (2021). Shear bond strength of metallic brackets bonded to enamel pretreated with Er, Cr: YSGG LASER and CPP-ACP. *BMC Oral Health*, 21(1), 306.
- Nawrocka, A., Piwonski, I., Nowak, J., Sauro, S., García-Esparza, M. A., Hardan, L., & Lukomska-Szymanska, M. (2023). The Influence of Indirect Bonding Technique on Adhesion of Orthodontic Brackets and Post-Debonding Enamel Integrity—An In Vitro Study. *Materials*, 16(22), 7202.
- Nocchi. (2008). *Odontología Restauradora +CDe*. Ed. Médica Panamericana.
- Ok, U., Aksakalli, S., Eren, E., & Kechagia, N. (2021). Single-component orthodontic adhesives: Comparison of the clinical and in vitro performance. *Clinical Oral Investigations*, 25(6), 3987-3999. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03729-z>
- Pickett, K. L., Sadowsky, P. L., Jacobson, A., & Lacefield, W. (2001). Orthodontic in vivo bond strength: Comparison with in vitro results. *The Angle Orthodontist*, 71(2), 141-148.
- Ramírez Mejía, M. J. (2017). Resistencia al cizallamiento e índice adhesivo remanente (ARI) de dos cementos ortodónticos fotopolimerizables antes y después del termociclado. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). <https://doi.org/10.19083/tesis/621715>
- Reynolds, I. (1975). A review of direct orthodontic bonding. *British journal of orthodontics*, 2(3), 171-178.

- Rodriguez, E., & White, L. (2008). Ortodoncia contemporánea diagnóstico y tratamiento. Ediciones Amolca, 89-90.
- Roque, R. B. (2023). Comparación de la resistencia al cizallamiento de Brackets adheridos con dos resinas disponibles en la clínica de ortodoncia de la UAQ. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/9529>
- Sfondrini, M. F., Fraticelli, D., Di Corato, S., Scribante, A., & Gandini, P. (2013). Effect of water contamination on the shear bond strength of self-ligating brackets. Oral Science International, 10(2), 49-52.
- Steenbecker, P. (2009). Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental y estética adhesiva.
- Vega, A. (2016). Resistencia a la tracción de resinas compuestas expuestas a fotopolimerización con luz LED a diferentes tiempos. Estudio comparativo in vitro.
- Weinberger, B. (1922). The history of Orthodontia. 1922, 8(8), 494-509. [http://dx.doi.org/10.1016/s0099-6963\(22\)80088-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0099-6963(22)80088-0)
- Werner, A. (2019, octubre 4). Comparing Two Orthodontic Adhesives. Orthodontic Products. <https://orthodonticproductsonline.com/clinical-tips/bonding-tips/comparing-two-orthodontic-adhesives/>

IX- Anexos



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, LEÓN

AREA DE CONOCIMIENTO ODONTOLOGIA

ESPECIALIDAD DE ORTODONCIA

Instrumento de recolección de información

Tesis: Adhesión y resistencia al cizallamiento de resinas de uso ortodóntico en brackets metálicos

Fecha: _____

Numero	Resina	Resistencia	ARI
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Completado por: _____

Operacionalización de variables

Variable	Concepto	Dimensiones	Indicadores	Escala
Cizallamiento	Es la fuerza aplicada paralelamente a la superficie de unión entre el bracket y el esmalte, que puede causar desprendimiento de los brackets	Fuerza	Mpa	Continua
Adhesión	Mecanismo que sostiene dos o más sustratos juntos o unidos, la unión de superficies diferentes es producto de la interacción de moléculas y átomos.	Índice ARI	Valor 0: no presenta adhesivo remanente en el esmalte. Valor 1: menos del 50% de adhesivo remanente en el esmalte. Valor 2: más del 50% de adhesivo remanente en el esmalte Valor 3: 100% de adhesivo remanente en el esmalte.	Ordinal

Figura 9

Prueba piloto en programa JAMOVI

	 Resina	 Resistencia	 ARI
1	HQB 1		1
2	HQB 2		1
3	HQB 3		1
4	HQB 4		1
5	HQB 5		3
6	HQB 6		1
7	HQB 7		1
8	HQB 8		1
9	HQB 9		1
10	HQB 10		

Nota: se realizó únicamente con el índice ARI por no contar con la prueba de resistencia a la fecha.

Figura 10

Índice ARI en tres sistemas adhesivos de fotocurado en ortodoncia.

Figura 11

Preparación de unidades de analisis insertados en bloques de yeso por grupo de estudio



Figura 12

Medición de fuerza al desprendimiento de brackets cementados con dinamómetro.



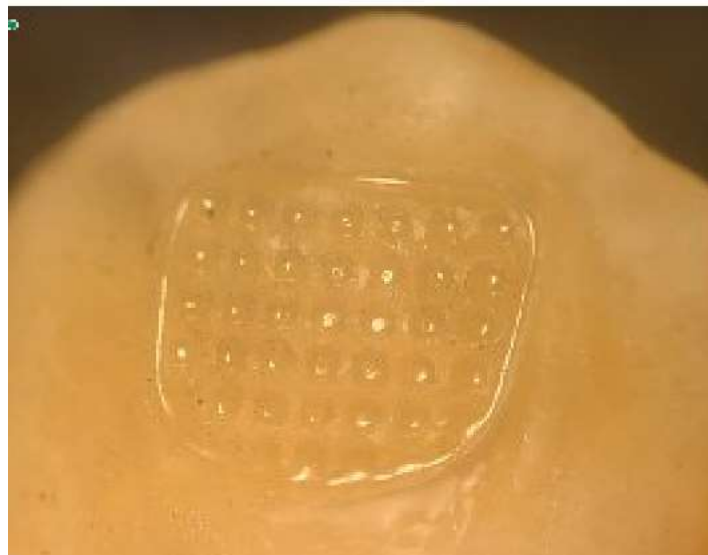
Figura 13

Recolección de datos en microscopio óptico observando un conjunto de Brackets incluidos en el estudio



Figura 14

Observación de superficie dental y categorización del índice ARI en aumento 10X.



	Actividades	Fecha de inicio	Fecha de finalizacion
1	Recolección de datos	Noviembre 2025	Noviembre 2025
2	Organizar los datos	Diciembre 2025	Diciembre 2025
3	Crear base de datos	Diciembre 2025	Diciembre 2025
4	Organización de los resultados	Diciembre 2025	Diciembre 2025
5	Discusión	Enero 2026	Enero 2026
6	Conclusión	Enero 2026	Enero 2026
7	Recomendación	Enero 2026	Febrero 2026
8	Tesis finalizada	Febrero 2026	Febrero 2026
	Preparación del articulo científico	Febrero 2026	Febrero 2026
9	Programación de defensa	Marzo 2026	Marzo 2026