

C.O. INGRID MARIANA GUERRERO CHANDOMI

COMPARACIÓN DE RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE TRES TÉCNICAS DE
REACONDICIONADO DE BRACKETS METÁLICOS DE AUTOLIGADO

2023



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina

“COMPARACIÓN DE RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE TRES
TÉCNICAS DE REACONDICIONADO DE BRACKETS METÁLICOS DE
AUTOLIGADO”

Tesis

Que como parte de los requisitos
para obtener el Diploma de la

ESPECIALIDAD EN ORTODONCIA

Presenta:

C.O. Ingrid Mariana Guerrero Chandomi

Dirigido por:

C.D.E.O. Julio César Rodríguez Guevara

Querétaro, Qro. a agosto 2023



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales
de Información



Comparación de resistencia al cizallamiento de tres
técnicas de reacondicionado de brackets metálicos de
autoligado

por

Ingrid Mariana Guerrero Chandomi

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0
Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Clave RI: MEESC-309403



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Medicina
Especialidad de Ortodoncia

“Comparación de resistencia al cizallamiento de tres técnicas de reacondicionado de brackets metálicos de autoligado”

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la
Especialidad en Ortodoncia

Presenta:

C.O. Ingrid Mariana Guerrero Chandomi

Dirigido por:

C.D.E.O. Julio César Rodríguez Guevara

C.D.E.O. Julio César Rodríguez Guevara

Presidente

C.D.E.O. Ma. De Lourdes Arvizu Valencia

Secretario

Dr. Rubén Abraham Domínguez Pérez

Vocal

C.D.E.O. Verónica Reyes Reséndiz

Suplente

D. en C. Aidé Terán Alcocer

Suplente

Centro Universitario,
Querétaro, Qro. Agosto 2023
México

Resumen

Introducción: Entre los métodos de reacondicionamiento de brackets en el consultorio se encuentran los métodos mecánicos, térmicos y de arenado, los cuales tienen como objetivo eliminar los restos de adhesivo de la base del bracket, permitiendo así reutilizar los brackets sin dañar la malla de retención y conservando sus características retentivas, sin embargo el reacondicionamiento puede dar lugar a una reducción del diámetro de la malla base con la consiguiente reducción de las resistencias de unión a la tracción y al cizallamiento. **Objetivo:** Determinar que método de reacondicionado de brackets metálicos de autoligado presenta mayor resistencia al cizallamiento, el método de arenado, el método flameado o el método mecánico. **Material y métodos:** Se realizó un estudio experimental *in vitro*, en el cual se compararon cuatro grupos conformados por diez dientes premolares extraídos, a los cuales se les bondearon individualmente y de acuerdo a su grupo, brackets metálicos de autoligado sometidos a método de reacondicionado de arenado, método flameado, método mecánico y grupo control, se sometieron a fuerzas de cizalla mediante la máquina universal de pruebas marca CMS Metrology a una velocidad de crucero de 1 milímetro/minuto hasta ocasionar el desprendimiento del bracket y se compararon mediante análisis estadístico de ANOVA. **Resultados:** El grupo control y el grupo de arenado, y el grupo de arenado y el grupo de flameado, no presentó diferencia estadísticamente significativa de resistencia al cizallamiento, no así entre la comparativa entre los demás grupos, siendo el grupo flameado y el grupo mecánico la comparación que obtuvo mayor diferencia estadísticamente significativa. **Conclusiones:** El método de reacondicionado realizado en brackets metálicos de autoligado que presentó mayor resistencia al cizallamiento fue el método mecánico, seguido del método de arenado y el método que presentó menor resistencia fue el método de flameado.

Palabras clave: brackets, resistencia al cizallamiento, reacondicionamiento, arenado, flameado, mecánico.

Summary

Introduction: Among the methods of reconditioning brackets in the office are mechanical, thermal and sandblasting methods, which aim to remove adhesive residue from the bracket base, thus allowing brackets to be reused without damaging the retention mesh. and preserving its retentive characteristics, however reconditioning can lead to a reduction in the diameter of the base mesh with the consequent reduction in the tensile and shear bond strengths. **Objective:** To determine which method of reconditioning of self-ligating metal brackets presents greater resistance to shearing, the sandblasting method, the flamed method or the mechanical method. **Material and methods:** An in vitro experimental study was carried out, in which four groups made up of ten extracted premolar teeth were compared, to which self-ligating metal brackets were bonded individually and according to their group, subjected to the reconditioning method of sandblasting, flamed method, mechanical method and control group, were subjected to shear forces by means of the CMS Metrology brand universal testing machine at a cruising speed of 1 millimeter/minute until the support detached and were compared by ANOVA statistical analysis. **Results:** The control group and the sandblasting group, and the sandblasting group and the flamed group, did not present a statistically significant difference in shear strength, not the case between the comparison between the other groups, being the flamed group and the mechanical group. the comparison that obtained the greatest statistically significant difference. **Conclusions:** The reconditioning method performed on self-ligating metal brackets that presented the highest resistance to shearing was the mechanical method, followed by the sandblasting method, and the method that presented the least resistance was the flaming method.

Keywords: brackets, shear strength, reconditioning, sandblasting, flamed, mechanical.

Dedicatorias

A Dios

Por escuchar mis oraciones e iluminar mi formación como persona.

A mi padre

A su memoria inolvidable que ha sido mi inspiración cada día de mi vida.

A mi madre

Por brindarme su amor y apoyo, aún en la distancia.

A mi prometido

De manera muy especial con toda mi admiración y amor, quien ha sido mi motivación y creyó en mí cuando yo no podía hacerlo, por su paciencia y apoyo incondicional.

Agradecimientos

Espaciado anterior y posterior automático. Interlineado sencillo. No sangría. Justificado.

Al Dr. Julio César Rodríguez Guevara

Quien es para mí un ejemplo como Ortodoncista y me brindó su apoyo para realizar este proyecto.

Al Dr. Rubén Abraham Domínguez Pérez

Quien desinteresadamente me brindó su apoyo y orientación en la realización de este estudio.

A mis compañeros

En quienes encontré una amistad e hicieron el proceso más fácil.

A CONACYT

Por los recursos otorgados para realizar este proyecto de investigación.

Índice

Contenido	Página
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Índice	v
Índice de cuadros	vii
Abreviaturas y siglas	viii
I. Introducción	1
II. Antecedentes/estado del arte	3
III. Fundamentación teórica	7
IV. Hipótesis o supuestos	12
V. Objetivos	13
V.1 General	13
V.2 Específicos	13
VI. Material y métodos	14
VI.1 Tipo de investigación	14
VI.2 Población o unidad de análisis	14
VI.3 Muestra y tipo de muestra	14
VI. Procedimientos	17
VII. Resultados	25
VIII. Discusión	26
IX. Conclusiones	28
X. Propuestas	29
XI. Bibliografía	30

Índice de cuadros

Cuadro		Página
VII.1	Comparación de resistencia al cizallamiento (MPA) del grupo control, método de arenado, método de flameado y método mecánico de reacondicionado de brackets metálicos de autoligado.	24
VII.2	Comparación de la Resistencia de cizallamiento <i>Post Hoc</i> entre grupos.	24

Abreviaturas y siglas

MPa: Megapascales

μm : Micrómetro

I. Introducción

Durante el tratamiento de ortodoncia, el clínico puede decidir descementar un bracket y volver a adherirlo al diente en una mejor posición. Por lo tanto, volver a adherir un bracket es un procedimiento común en el tratamiento de ortodoncia (Chung et al., 2000).

Este procedimiento es muy útil cuando se utilizan brackets convencionales y se vuelve más deseable cuando se utilizan brackets de autoligado. Estos brackets tienen un dispositivo mecánico integrado en el bracket para cerrar el slot, lo que conlleva a un costo muy superior al asociado con los brackets convencionales. Por lo tanto, podría ser útil si el ortodoncista pudiera manejar los procesos de reacondicionamiento en el consultorio sin afectar la resistencia al cizallamiento de estos brackets (Sfondrini et al., 2012).

Para volver a adherir un bracket, el ortodoncista puede enfrentarse a 3 opciones: (1) cementar el mismo bracket descementado (en caso de que la base no se encuentre distorsionada), (2) cementar un nuevo bracket, (3) usar un bracket sujeto a una banda si se ha producido una falla repetida en la adhesión. El reciclaje de brackets puede reducir el costo, aunque la fuerza de adhesión puede ser menor que la de los brackets nuevos si la base del bracket no se trata adecuadamente (Chung et al., 2000).

El objetivo de todo sistema de reciclaje de brackets de Ortodoncia es remover completamente, con una etapa corta de pulido, el adhesivo de la base del bracket sin causar daños estructurales, con el fin de eliminar todas las impurezas relacionadas con el tratamiento de Ortodoncia, para que el bracket pueda volver a adherirse al esmalte (Martina et al., 1997).

Los brackets se pueden reciclar indirectamente enviándolos a servicios de reacondicionamiento especializados externos o directamente en la clínica de ortodoncia (Montero et al., 2015).

Entre los métodos de reacondicionamiento de brackets en el consultorio se encuentran los métodos mecánicos (piezas de mano con fresas rotativas o arenado), térmicos, métodos térmicos (llamas directas o calentamiento en un horno), y una combinación de ambos métodos (llama directa para quemar el compuesto seguido de chorro de arena y electropulido) (Basudan & Al-Emran, 2001).

El reacondicionamiento puede dar lugar a una reducción del diámetro de la malla base con la consiguiente reducción de las resistencias de unión a la tracción y al cizallamiento, también pueden incluir una alteración en la tolerancia del slot (Postlethwaite, 1992).

Se define cizallamiento a aquella situación en que el material o materiales son sometidos a la tracción de dos fuerzas opuestas que se aproximan entre sí sobre diferentes rectas paralelas (Vega, 2005).

El uso de brackets de Ortodoncia reacondicionados por motivos económicos sigue siendo una práctica clínica polémica. Requiere que el clínico esté convencido de que no existe riesgo de infección entre los componentes y que el proceso de reacondicionamiento no afecta negativamente el rendimiento del bracket (Jones et al., 2002).

El mayor beneficio del reciclaje es la cuestión económica, que puede llegar al 90%, debido a que un mismo bracket puede reutilizarse hasta cinco veces (Matasa, 1989).

Las principales ventajas de la reutilización de brackets son económicas, tanto por el costo de los materiales utilizados durante el tratamiento como por el ahorro ecológico (Matasa, 1989).

El Grupo de Profesores Universitarios de la Sociedad Británica de Ortodoncia discutió estos temas en la Conferencia Británica de Ortodoncia en Scarborough 1996, concluyó que, si las propiedades de un componente no se veían afectadas por el proceso de reciclaje, no había ninguna razón científica por la cual los componentes no deberían ser reciclados (Smith & Rock, 1997).

II. Antecedentes

Buchman (1980) examinó los métodos de tres empresas de reciclaje y el método de flameado empleado por él y no encontró diferencias estadísticamente significativas entre las cuatro técnicas de reciclaje, en términos de cambios en la base con el ángulo de torque y slot.

Jassem et al. (1981) evaluaron el efecto de una resina de sellado de baja viscosidad y ciclos de temperatura en la resistencia a la tracción frente al cizallamiento y la unión de brackets adheridos y readheridos; determinando que no hubo diferencias significativas entre los brackets adheridos y readheridos.

Hixson et al. (1982) evaluó las alteraciones en el slot de brackets de acero inoxidable reacondicionados por compañías, se determinó que los tres métodos de reciclado no mostraron cambios significativos en la tolerancia del bracket a los movimientos de torque después de dos reciclados sucesivos.

Wheeler & Ackerman (1983) estudiaron la fuerza de unión de los brackets metálicos reciclados y acondicionados térmicamente; encontraron que la reducción en el diámetro del hilo de la malla durante el proceso de reacondicionamiento no afectó significativamente la fuerza de unión entre la unión inicial y la reciclada.

Wright et al. (1985) comparó la resistencia de unión a la tracción de brackets sometidos a métodos de reacondicionamiento químicos y térmicos, en los cuales no encontró diferencias significativas entre uno y otro.

Buchwald (1989) evaluó los efectos de brackets durante tres ciclos de reacondicionamiento consecutivos de año y medio y determinó que a medida que aumenta el número de instancias de reutilización, disminuía el porcentaje de brackets que podrían reutilizarse, ya que se produce un debilitamiento de la estructura del bracket, pero la base permanece íntegra, la frecuencia de fallas en la unión fue la misma que para los brackets nuevos.

Regan et al. (1993) investigaron sobre la resistencia a la tracción/desprendimiento cuando los brackets nuevos y usados acondicionados con una piedra verde o mediante calentamiento con una llama bunsen que se volvieron a unir a una superficie de esmalte previamente adherida. Volver a adherir los brackets usados anteriormente resultó en una caída significativa en la resistencia a la adhesión y no encontraron diferencias entre los dos métodos de reacondicionado de brackets.

Newman et al. (1995) estudiaron los efectos de los potenciadores de adhesión en brackets acondicionados con chorro de arena y encontraron que la fuerza de adhesión fue menor que la de los brackets nuevos sin el uso de un refuerzo de adherencia; mientras que la fuerza de unión de nuevos brackets pulidos con chorro de arena recubiertos con Megabond fue más alto que los nuevos brackets pulidos con chorro de arena sin el potenciador de adhesión.

Egan et al. (1996) evaluó la eficacia de Enhance (Reliance Orthodontic Products, Inc., Itasca, Ill) como potenciador de adhesión en el rebondeado y determinó que no logró mejorar la fuerza de unión en brackets recementados.

Sonis (1996) comparó las resistencias de enlace al cizallamiento entre brackets metálicos con bondeado fallido sometidos a abrasión por aire y brackets metálicos sin tratar. El examen de microscopía electrónica de barrido de los brackets tratados con abrasión por aire mostraron una fuerza de unión comparable a la de los brackets nuevos.

Grabouski et al. (1998) estudiaron brackets nuevos, nuevos grabados y descementados grabados y reacondicionados, se adhirieron a dientes extraídos y evaluaron la resistencia de la unión al cizallamiento, encontrando que los brackets descementados limpiados de resina mediante micrograbado tenían resistencias adhesivas al cizallamiento comparables a las de los brackets nuevos cuando se adhiere a dientes previamente cementados.

Chung et al. (2000) examinaron los efectos de dos potenciadores de la adhesión, Enhance LC (Reliance, Itasca, Ill) y All-Bond 2 (Bisco, Schaumburg, Ill), sobre la resistencia de la unión al cizallamiento de brackets nuevos y reacondicionados con chorro de arena; descubrieron que los brackets reacondicionados con chorro de

arena con All-Bond 2 producen una fuerza adhesiva comparable a los nuevos brackets.

Huang et al. (2001) compararon la liberación de iones metálicos de brackets nuevos y reciclados en saliva artificial y reguladores con diferentes valores de pH durante un período de inmersión de 12 semanas y descubrieron que los brackets reacondicionados liberaron más iones que los brackets nuevos, pero la liberación total de iones promediada durante el período no excedía la ingesta diaria recomendada.

Basudan & Al-Emran (2001) compararon los cambios en el ancho del slot, las dimensiones de espacio entre las alas, la base del bracket y la resistencia al corte y desprendimiento, posterior al reacondicionamiento de cinco métodos en el consultorio en brackets metálicos, los resultados mostraron que ninguno de los métodos parecía tener efectos adversos; el pulido con piedra verde resultó ser el método menos eficiente, mientras que el arenado y flameado directo son los métodos más viables y convenientes para el consultorio.

Jones et al. (2002) investigaron los efectos del reacondicionamiento en las dimensiones de la ranura y la resistencia a la fricción estática de los brackets de acero inoxidable a 0, 5 y 10 grados de angulación del bracket/arco y encontraron que, aunque los brackets fueron alterados físicamente por el proceso de reacondicionamiento, su rendimiento durante la mecánica de deslizamiento simulado no se vio afectado negativamente.

Cacciafesta et al. (2004) compararon el desempeño clínico durante 12 meses de brackets de acero inoxidable nuevos y reciclados en pacientes con diseño de boca dividida y no encontraron diferencias significativas entre los brackets nuevos y los reciclados.

Quick et al. (2005) realizaron una investigación comparando la técnica de flameado, chorro de arena y pulido con piedra verde. Los resultados indicaron que el chorreado con arena fue el método más eficaz para eliminar el composite sin un cambio significativo en la fuerza de unión, los brackets que solo habían sido flameados

tenían la fuerza de unión más baja, seguidos por aquellos que habían sido pulidos con una piedra verde.

Sfondrini et al. (2008) estudiaron la liberación de cromo en brackets de acero inoxidable nuevos, reciclados y libres de níquel y encontraron que la menor liberación de níquel se presentó en brackets libres de níquel y la diferencia entre brackets reciclados y libres de níquel no fue estadísticamente significativa.

Faltermeier & Behr (2009) compararon el efecto de un sistema de revestimiento de silicona, la influencia del arenado y el efecto de un agente de adherencia de silano después del arenado en la resistencia de unión al corte de los soportes de malla de lámina de acero inoxidable y no encontraron ningún beneficio de mayor resistencia in vitro al tratamiento combinado de chorro de arena y acoplamiento de silano.

Sfondrini et al. (2012) compararon brackets metálicos de autoligado nuevos y reacondicionados. Encontraron que tanto los brackets nuevos como los reacondicionados mostraron valores de la resistencia de unión al cizallamiento adecuados para las necesidades clínicas de ortodoncia.

Montero et al. (2015) evaluaron in vitro la resistencia adhesiva al cizallamiento de brackets reciclados por arenado con partículas de óxido de aluminio de diferentes tamaños y reacondicionados industrialmente tras sucesivos recementados y encontraron que el reciclaje industrial obtuvo mejores resultados que el arenado tras tres descementados sucesivos. La resistencia de la unión al cizallamiento de los brackets disminuyó a medida que aumentaba el tamaño de las partículas de óxido de aluminio utilizadas para el pulido con arena y se repetía el reciclaje.

III. Fundamentación teórica

El proceso de reacondicionamiento consiste básicamente en eliminar los restos de adhesivo de la base del bracket, para así permitir reutilizar los brackets sin dañar la malla de retención y conservando sus características de retención (Sfondrini et al., 2012).

Los dos principales procesos comerciales para reciclar brackets de ortodoncia utilizan un método térmico o químico para remover el adhesivo. El primer método, basado en la aplicación de calor, es el proceso de reciclaje utilizado por Esmadent Company (Highland Park, Illinois, EE. UU.). Con este sistema, los brackets se calientan a 454°C durante 45 minutos. A continuación, los brackets calientes se sumergen en un solvente frío y ultrasónicamente limpiado por 10-15 minutos. Luego, los brackets se lavan, se secan y se electropulen durante 30 a 45 segundos y se colocan en una solución de bicarbonato de sodio para neutralizar el electrolito, seguido de un enjuague con agua caliente. En contraste el segundo método utilizado por Orthocycle Company (Hollywood, Florida, EE. UU.) emplea solventes químicos. Se lleva a cabo un proceso de extracción con disolvente junto con vibración de alta frecuencia a temperaturas inferiores a 100°C para eliminar el compuesto. A esto le sigue el calentamiento a 250°C para la esterilización y una etapa de electropulido muy corta (45 segundos) (Cacciafesta et al., 2004).

Entre los métodos utilizados en el reciclaje industrial, los más utilizados aplican calor para quemar el aglutinante seguido de pulido electrolítico para eliminar el óxido restante, o utilizan agentes químicos para disolver el aglutinante en combinación con vibración de alta frecuencia y pulido electroquímico (Montero et al., 2015).

Recientemente los fabricantes de dispositivos de micrograbado han sugerido el uso de una técnica de aire abrasivo (chorro de arena) para mejorar la fuerza de unión de los brackets metálicos. Esta técnica, introducida en la década de 1950, utiliza una corriente de partículas de óxido de aluminio de alta velocidad impulsadas por aire comprimido (Sonis, 1996).

El pulido con chorro de arena puede generar una topografía microrretentiva y aumentar el área superficial (Faltermeier & Behr, 2009).

Quick et al. (2005) compararon diferentes métodos de reacondicionamiento y demostraron que el pulido con chorro de arena durante un período de 15 segundos utilizando gránulos de óxido de aluminio de 50 μm a una presión de aproximadamente 4,5 bar fue suficiente para eliminar el compuesto residual sin comprometer la fuerza de unión.

Los brackets también han sido flameados en una llama Bunsen (aproximadamente 1200 °C) durante 3 a 5 segundos, rociados con agua, pulidos con chorro de arena durante 5 a 10 segundos para eliminar los restos restantes, luego electropulidos durante 20 segundos (Buchman, 1980).

Más recientemente, se han introducido dos potenciadores de adhesivo, Enhance LC (Reliance, Itasca, Ill) y All Bond 2 (Bisco, Schaumburg, Ill) a la ortodoncia y la odontología restauradora. De acuerdo a los fabricantes, los productos pueden aumentar la adhesión al esmalte, dentina, composite, metal o superficies de porcelana. Muchos investigadores han estudiado el efecto de los potenciadores de adherencia a la resistencia de la adhesión de los brackets de ortodoncia, pero los resultados no son concluyentes (Chung et al., 2000).

Dentro de las desventajas del reciclaje se encuentran la reducción en la calidad de los brackets, la pérdida de las marcas de nomenclatura, la ausencia de esterilidad y el aumento de riesgo de infección cruzada. Además, los brackets reciclados comercialmente tienen mayor predisposición a la corrosión, en especial los brackets elaborados de acero inoxidable tipo 304 (Quick et al., 2005).

Sin embargo, cualquier contaminación debida al uso previo de un bracket reciclado no es posible, ya que los tratamientos de reacondicionamiento a los que son sometidos limpiarán y descontaminarán efectivamente los brackets (Buchman, 1980; Matasa, 1989).

La mayoría de los brackets de ortodoncia están hechos de acero inoxidable austenítico. Si este acero se calienta entre 400°C y 900°C, se forma un precipitado de carburo de cromo y, como resultado, se produce una desintegración parcial de la aleación, lo que conduce a un debilitamiento general de la estructura (Huang et al., 2001).

El uso de brackets reciclados acelera el proceso de corrosión, y la corrosión puede ocasionar falla de adhesión de aparatos de ortodoncia, tanto fijos como removibles (Huang et al., 2001).

El calor o la inclusión de una fase de electropulido puede resultar en un aumento en la susceptibilidad a la corrosión, agrandamiento de slots y aplanamiento de la base (Matasa, 1989).

El acero inoxidable se puede calentar de 400 a 500° C antes de que empiece a perder dureza y resistencia. Mas allá de los 650° C, se pierde el temple y la aleación no se puede electropulir para recuperar su brillo original (Wheeler & Ackerman, 1983).

El tratamiento térmico de un bracket metálico puede alterar la protección superficial de la aleación. Si el acero se calienta a altas temperaturas, un precipitado de carburo de cromo es formado y, como resultado, se vuelve susceptible a la corrosión intergranular, lo que lleva a un debilitamiento general de la estructura (Sfondrini et al., 2008).

Los umbrales de temperatura son muy importantes. La exposición al calor puede provocar el alivio de la tensión o el ablandamiento del metal trabajado en frío junto con la disminución de su resistencia a la corrosión. Al mismo tiempo, esto puede producir una capa de óxido metálico, o escamas, en la superficie metálica que habría que eliminar mediante electropulido, dando lugar así a un posible ensanchamiento del slot del bracket (Buchman, 1980).

El mayor beneficio del reciclaje es el ahorro económico, que puede llegar al 90%, debido a que un mismo bracket puede reutilizarse hasta cinco veces (Matasa, 1989).

Los efectos adversos que presenta la reutilización de brackets incluyen la resistencia al cizallamiento, la corrosión, y la propensión a la liberación de iones metálicos que pueden manchar los dientes o inducir una reacción hipersensible en el tejido oral (Huang et al., 2001).

Aunque la adhesión puede fallar en cualquier diente, en cualquier momento, se han hecho ciertas generalizaciones. La mayoría de las fallas ocurren en la cita de bondeado o en algún momento después de la visita postbondeado. Las tasas de fallo son relacionadas a los dientes individuales y con la posición en el arco. Los incisivos y caninos presentan menos fallas que los premolares, los caninos maxilares tienen más éxito de bondeado que los caninos mandibulares (Egan et al., 1996).

Cuando un médico reutiliza un producto a pesar de la advertencia específica del fabricante de no hacerlo, el médico puede ser legalmente responsable de cualquier evento adverso que resulte de esto (Smith & Rock, 1997).

Warren, (1999) comentó que al implementar la Directiva de UE 93/42/EEC (Directiva de Dispositivos Médicos), el Departamento de la Salud (1995) declaró que los dispositivos médicos etiquetados como de un solo uso no deben reprocesarse ni reutilizarse a menos que el reprocesador: pueda observar todos los requisitos técnicos estrictos necesarios para garantizar la seguridad de cada artículo reprocesado; pueda producir evidencia de estudios de validación exitosos del método de reprocesamiento para confirmar que el método produce un producto seguro y efectivo, apto para el propósito previsto; tiene un sistema para conservar registros completos del reprocesamiento, en caso de que surjan problemas más adelante.

IV. Hipótesis

Hipótesis de trabajo

La técnica de arenado proporciona mayor resistencia al cizallamiento en brackets reacondicionados metálicos de autoligado comparada con la técnica de flameado directo y con la técnica mecánica.

Hipótesis nula

La técnica de flameado directo proporciona mayor resistencia al cizallamiento en brackets reacondicionados metálicos de autoligado comparada con la técnica de arenado y con la técnica mecánica.

La técnica mecánica proporciona mayor resistencia al cizallamiento en brackets reacondicionados metálicos de autoligado comparada con la técnica de arenado y la técnica de flameado directo.

V. Objetivos

V.1 Objetivo general

Determinar que técnica de reacondicionado de brackets metálicos de autoligado proporciona mayor resistencia al cizallamiento, la técnica de arenado, la técnica de flameado directo o la técnica mecánica.

V.2 Objetivos específicos

- Medir la resistencia al cizallamiento en brackets metálicos de autoligado posterior al reacondicionado con el método de arenado.
- Medir la resistencia al cizallamiento en brackets metálicos de autoligado posterior al reacondicionado con el método de flameado.

- Medir la resistencia al cizallamiento en brackets metálicos de autoligado posterior al reacondicionado con el método mecánico.
- Comparar la resistencia al cizallamiento en brackets metálicos de autoligado, posterior al reacondicionado con el método de arenado, método flameado y método mecánico.

VI. Material y métodos

VI.1 Tipo de investigación

Experimental *in vitro*.

VI.2 Población o unidad de análisis

El universo estuvo constituido por dientes premolares humanos extraídos en la Clínica de exodoncia de la UAQ, mismos que fueron donados por voluntad del paciente para la elaboración de la presente investigación.

VI.3 Muestra y tipo de muestra

Se utilizaron 40 dientes de premolares extraídos, el tamaño de la muestra se definió por conveniencia y en base a estudios realizados anteriormente obtenidos en la búsqueda bibliográfica, en los cuáles se trabajaron con grupos de entre 40 y 50 premolares (Cua et al., 1995; Bishara et al., 2002).

VI.3.1 Criterios de selección

Dientes extraídos que presentaron estructura corono-radicular completa, extraídos por indicación ortodóntica.

VI.3.2 Variables estudiadas

Variable dependiente

Resistencia al cizallamiento: Carga necesaria para producir una fractura en la interfase de unión entre dos materiales cuando se aplican fuerzas paralelas de

sentido contrario. Se mide con la utilización de una máquina universal de pruebas CMS Metrology, para la realización de este proyecto se utilizó a una velocidad de crucero de 1 milímetro/minuto. Es de tipo cuantitativa continua y su unidad de medida son los MPa.

Variables independientes

Método de arenado: Método de eliminación de los restos de adhesivo del bracket que permite la reutilización del mismo sin dañar la malla de retención, conservando sus características retentivas, mediante el rociado de óxido de aluminio. Se realiza introduciendo el bracket en un arenador (bracket cleaner) y rociando óxido de aluminio de 50 μm sobre la malla de retención durante 30 a 60 segundos. Es de tipo cualitativa y su escala de medición es nominal.

Método de flameado: Método de eliminación de los restos de adhesivo del bracket que permite la reutilización del mismo sin dañar la malla de retención, conservando sus características retentivas, mediante la exposición de la malla con una flama. Se lleva a cabo exponiendo la malla del bracket a la flama de un soplete microtorch a una distancia de 10 mm, con una temperatura de 1300° C durante 30 a 60 segundos. Es de tipo cualitativa y su escala de medición es nominal.

Método mecánico: Método de eliminación de los restos de adhesivo del bracket que permite la reutilización del mismo sin dañar la malla de retención, conservando sus características retentivas, mediante el contacto con una fresa de tungsteno con pieza de mano de baja velocidad. Se realiza con el contacto directo de una fresa de tungsteno No. 3, superficialmente sobre la malla del bracket durante 30 a 60 segundos hasta eliminar los restos de adhesivo. Es de tipo cualitativa y su escala de medición es nominal.

VI.4 Procedimientos

- Se incluyeron los dientes premolares que fueron recientemente extraídos en la clínica de Odontología de la UAQ, por indicación ortodóntica, en cubos de acrílico autocurable con medidas de 15 x 15 x 15 mm que se realizaron en moldes de silicona, cubriendo la porción radicular y dejando expuesta la corona clínica del diente.
- Se almacenaron 40 dientes premolares en saliva artificial (viarden) y almacenados en incubadora a 37° C, durante un periodo de 30 días.
- Se dividieron los dientes en cuatro grupos, compuestos por 10 dientes cada uno de forma aleatoria y de diferentes colores para su diferenciación (Fig.1).



Figura 1. Imagen de los cuatro grupos estudiados.

- Grupo 1: Control (color azul)
- Grupo 2: Método de arenado (color verde)
- Grupo 3: Método de flameado (color rojo)
- Grupo 4: Método mecánico (color naranja)

• Los brackets de autoligado Mini BP Standard .022 (TD) de los grupos 2, 3 y 4, se cementaron individualmente en un diente premolar, el cual no se incluyó en el estudio y al cuál no se le realizó ningún protocolo de adhesión con el fin de que la resina colocada quedara adherida a la base del bracket y no al diente. Se sostuvieron los brackets mediante una pinza portabacket y se les agregó individualmente resina Transbond XT 3M Unitek a la base (Fig. 2) para posteriormente adherirlo a la cara vestibular del diente, se comprimió al diente a través de la pinza, se retiraron los excesos

alrededor del bracket con un instrumento explorador y se fotopolimerizó con una lámpara fotopolimerizadora LED I Plus de Woodpecker con un potencial de luz de 3000 mW/cm², se fotocuró por 30 segundos y direccionando la luz hacia los bordes superior e inferior del bracket, posteriormente se desprendieron con una pinza removedora de brackets (Fig. 3).



Figura 2. Colocación de resina Transbond XT 3M Unitek a la base del bracket.



Figura 3. Desprendimiento del bracket.

- Una vez obtenidos los brackets con resina adherida a su base, se procedió a reacondicionarlos individualmente de acuerdo al método establecido según su grupo correspondiente.
- Al grupo 1 no se le realizó ninguna técnica de reacondicionado de brackets.
- El grupo 2 se sometió a la técnica de arenado, se introdujeron los brackets individualmente en el émbolo del arenador (Fig. 4) Introlight bracket cleaner (Fig. 5), el cual estuvo conectado a una unidad dental OSSTEM Hiossen K3.

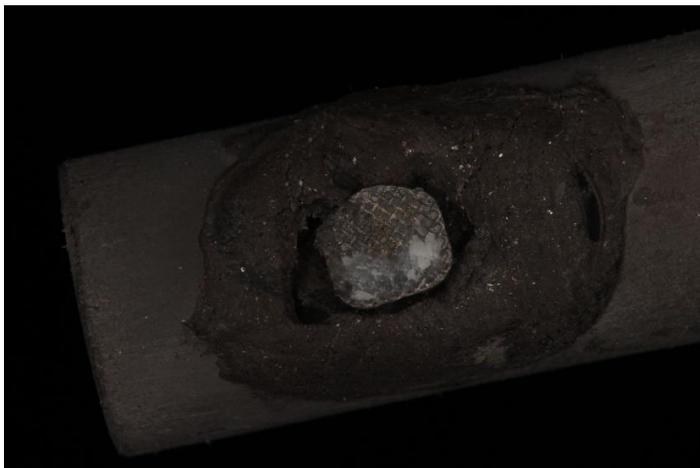


Figura 4. Colocación del bracket en el émbolo del arenador.



Figura 5. Arenador Introlight bracket cleaner.

- La cara vestibular del bracket estuvo cubierta con el silicón adhesivo del émbolo para controlar la posición; se introdujeron en el compartimento y se activó la presión pisando el pedal de la unidad, simultáneamente con el botón del arenador para rociar el óxido de aluminio de 50 μm durante 30 a 60 segundos, hasta observar que se haya eliminado toda la resina contenida en la base del bracket.
- El grupo 3 se sometió a la técnica de flameado directo, se sostuvieron los brackets con una pinza portabackets y se posicionó a una distancia de 10 mm (Fig. 6) entre la pinza y el soplete microtorch borgatta (Fig. 7), se activó el soplete presionado el gatillo exponiendo así la base del bracket a la flama que alcanza una temperatura de 1300° C, este proceso se realizó individualmente durante 30 a 60 segundos hasta que se eliminó toda la resina contenida en la base del bracket.



Figura 6. Colocación del bracket para realizar la técnica de flameado directo.



Figura 7. Soplete microtorch (Borgatta).

- El grupo 4 se sometió a la técnica mecánica, se sostuvieron individualmente los brackets con una pinza portabackets y se contactó con una fresa de tungsteno de carburo en forma de bola No. 3 (Fig. 8) sostenida a un contrángulo conectado a un micromotor strong 210/108 con velocidad máxima de 3500 rpm, sobre la base el bracket realizando movimientos suaves durante 30 a 60 segundos hasta que se eliminó toda la resina contenida en la base del bracket (Fig. 9).



Figura 8. Fresa de tungsteno de carburo en forma de bola No. 3.



Figura 9. Técnica mecánica en la que se realiza un fresado sobre la base del bracket.

- Una vez realizadas las técnicas de reacondicionado de los brackets, se acondicionaron los dientes, realizando profilaxis con cepillo soportado en contrángulo, se realizó pulido con pasta profiláctica sin flúor Viarden durante 10 segundos, se procedió a enjuagar con agua mediante jeringa triple durante 15 segundos (Fig.10), se secó la zona con aire de jeringa triple.

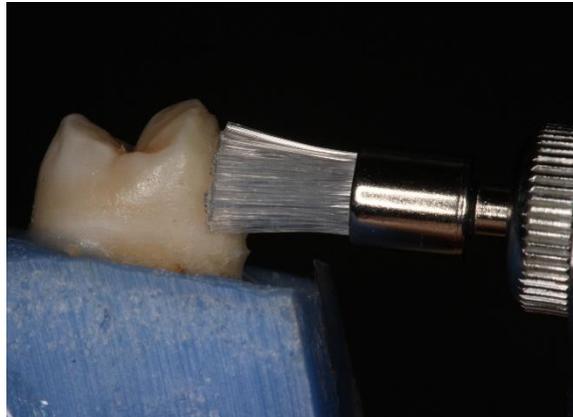


Figura 10. Cepillado profiláctico.

- Se grabó el esmalte con ácido ortofosfórico al 32% durante 15 segundos (Fig. 11), se realizó lavado con agua durante 15 segundos (Fig. 12) y se procedió a secar la zona con aire.

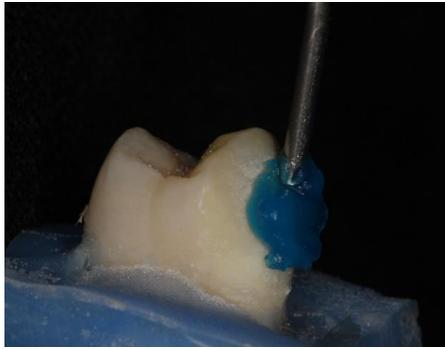


Figura 11. Grabado de esmalte con ácido ortofosfórico al 32% durante 15 segundos.

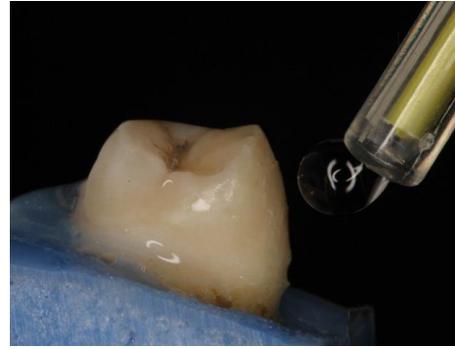


Figura 12. Lavado de la superficie dental con agua durante 15 segundos y secado.

- Posteriormente se procedió a colocar una ligera capa uniforme de adhesivo Transbond XT 3M Unitek usando un microbrush (Fig. 13).

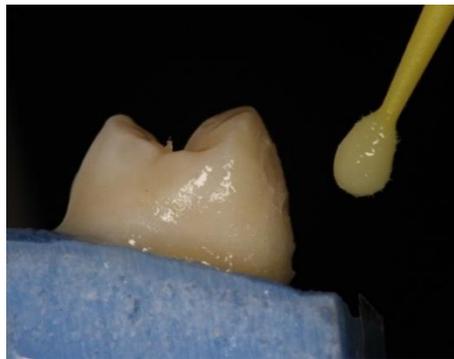


Figura 13. Colocación de adhesivo Transbond XT 3M Unitek con un microbrush..

- Se colocó una ligera capa uniforme de resina Transbond XT 3M Unitek a la base del bracket para proceder a colocarlo sobre el centro de la cara vestibular del diente (Fig. 14), se realizó una ligera presión con una pinza portabacket sobre el bracket de autoligado Mini BP Standard .022 (TD), ya posicionado para poder retirar los excedentes de resina con un explorador (Fig. 15).



Figura 14. Bondeado del bracket sobre el centro de la cara vestibular del diente.

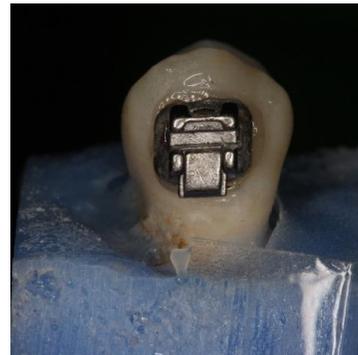


Figura 15. Imágen del bracket posicionado sobre el diente.

- Se fotopolimerizó con una lámpara de fotopolimerización LED I Plus de Woodpecker con un potencial de luz de 3000 mW/cm² (Fig. 16), se fotocuró durante 30 segundos y se direccionó la luz hacia los bordes superior e inferior del bracket (Fig. 17).



Figura 16. Lámpara de fotopolimerización LED I Plus Woodpecker.



Figura 17. Fotocurado de la resina durante 30 segundos.

- Ya que los brackets se encontraban recementados sobre los especímenes, se procedió a realizar la prueba de cizallamiento sobre la máquina universal de pruebas marca CMS Metrology (Fig. 18) a una velocidad de crucero de 1 milímetro/minuto. Se colocaron los especímenes sujetos sobre una base diseñada para mantenerlos inmóviles sobre la base de la máquina de pruebas y se sometieron a fuerzas de cizalla mediante una punta colocada entre el bracket y el diente hasta ocasionar el desprendimiento del bracket (Fig. 19).



Figura 18. Máquina universal de pruebas marca CMS Metrology.

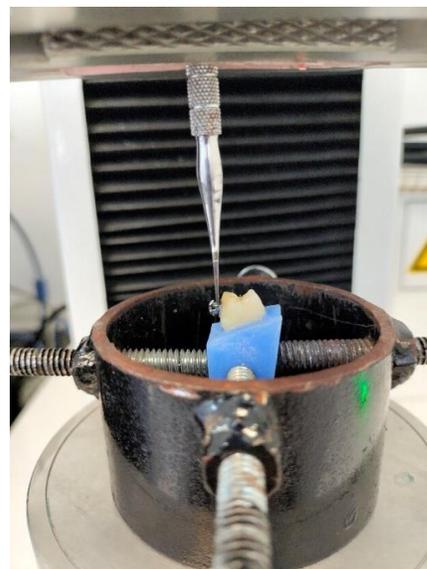


Figura 19. Especimen sujetado sobre una base para someterlo a fuerzas de cizalla.

- Se realizó una recopilación de datos mediante el programa Excel y se convirtieron los datos recopilados en Newtons a MPa para su estudio.
- Se midió y se comparó la resistencia al cizallamiento de los brackets metálicos de autoligado posterior a haber sido sometidos a las técnicas de reacondicionado correspondientes y se realizaron los análisis estadísticos para su análisis mediante el programa GraphPad prism.

VI.4.1 Análisis estadístico

Una vez realizadas las pruebas de cizallamiento en el laboratorio, se elaboró una base de recopilación de datos en el programa Excel, en el cual se obtuvieron datos estadísticos para posteriormente vaciarlos en el programa Graph Pad y someterlos a la prueba estadística de ANOVA para muestras no pareadas de distribución normal. Se consideró $P < 0.05$ como estadísticamente significativo.

VI.4.2 Consideraciones éticas

El presente trabajo de investigación fue presentado para su revisión al Comité de Bioética de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro, el cual fue evaluado y aprobado para su realización.

Una vez culminado el estudio experimental se procedió a desechar los órganos dentales de acuerdo a las normas de bioseguridad y disposición de desechos biológicos de la NOM-087-ECOL-SSA1-2002.

VII. Resultados

En el cuadro 1 se presentan los valores de resistencia al cizallamiento del grupo control, método de arenado, método de flameado y método mecánico de reacondicionado de brackets metálicos de autoligado, en la cual se puede analizar que hay una diferencia estadísticamente significativa de acuerdo al valor de p.

Cuadro 1. Comparación de resistencia al cizallamiento (MPa) del grupo control, método de arenado, método de flameado y método mecánico de reacondicionado de brackets metálicos de autoligado.

Grupo	Control (n=9)	Arenado (n=8)	Flameado (n=9)	Mecánico (n=10)	Valor de p
	X ± DE (Rango)				
Resistencia al cizallamiento	6.01 ± 0.82 (4.34 - 7.05)	5.09 ± 1.43 (2.52 - 6.68)	2.83 ± 1.15 (1.28 - 4.45)	9.36 ± 3.61 (4.64 - 13.85)	<0.0001*

MPa: Megapascales; X: Promedio; DE: Desviación estándar.
*: Prueba de ANOVA

En el cuadro 2 se muestra el análisis estadístico realizado *post hoc* en donde se determina que entre el grupo control y el grupo de arenado, y el grupo de arenado y el grupo de flameado, no presentó diferencia estadísticamente significativa de resistencia al cizallamiento, no así entre la comparativa entre los demás grupos, siendo el grupo flameado y el grupo mecánico la comparación que obtuvo mayor diferencia estadísticamente significativa.

Cuadro 2. Comparación de la Resistencia de cizallamiento *Post Hoc* entre grupos.

Grupo 1	Grupo 2	Valor de p
Control	Arenado	>0.05
Arenado	Flameado	>0.05
Control	Flameado	<0.05
Control	Mecánico	<0.01
Arenado	Mecánico	<0.01
Flameado	Mecánico	<0.0001

Prueba de Tukey.

VIII. Discusión

Este estudio fue realizado en brackets de autoligado, los cuales han sido poco estudiados en cuestión de reacondicionamiento y actualmente son ampliamente utilizados.

Se utilizaron dientes premolares extraídos, mismos que fueron almacenados 30 días en saliva artificial para simular el ambiente oral, esta fue una de las limitantes en nuestro estudio, ya que es muy complicado simular las condiciones de la cavidad oral y, por lo tanto, los resultados difícilmente pueden llegar a ser equiparables a las condiciones clínicas, ya que la mayoría de las fallas ocurren en la cita de bondeado o postbondeado. En cuestión a la elección de las muestras, los premolares presentan mayor incidencia de fallas comparado con los incisivos y caninos, mencionó Egan et al. (1996).

El uso de brackets de Ortodoncia reacondicionados por motivos económicos sigue siendo una práctica clínica polémica. Requiere que el clínico esté convencido de que no existe riesgo de infección entre los componentes y que el proceso de reacondicionamiento no afecte negativamente el rendimiento del bracket (Jones et al., 2002).

El Grupo de Profesores Universitarios de la Sociedad Británica de Ortodoncia discutió estos temas en su AGM en la Conferencia Británica de Ortodoncia en Scarborough 1996, concluyó que, si las propiedades de un componente no se veían afectadas por el proceso de reciclaje, no había ninguna razón científica por la cual los componentes no deberían ser reciclados (Smith & Rock, 1997), es por ello la importancia de realizar un adecuado método de reacondicionamiento que brinde al bracket la resistencia al cizallamiento adecuado para las necesidades clínicas ortodónticas.

La fuerza adhesiva clínicamente adecuada para un bracket de acero inoxidable al esmalte debe ser de 6 a 8 MPa (Faltermeier y Behr, 2009). En nuestros resultados el único grupo que se posicionó dentro del rango fue el grupo control, que constaba de brackets nuevos a los cuales no se les realizó método de reacondicionamiento;

un dato sorprendente fue que el grupo de brackets a los cuales se le realizó método de reacondicionamiento mecánico, excedió estos valores. Este hallazgo coincide con Demas et al., (1995) quienes encontraron que la fuerza de adhesión fue mayor en los brackets reacondicionados que en los brackets nuevos, sin embargo, los brackets se adhirieron a un material base en lugar de dientes. Faltermeier y Behr (2009) también concluyeron que los brackets reacondicionados con técnica de arenado presentaron mayor resistencia al cizallamiento en comparación con los brackets nuevos no tratados, sin embargo, al grupo de brackets reacondicionados se les agregó un sistema triboquímico. No obstante, se reconocen las limitaciones de nuestra investigación; en la realización del método mecánico no existe la certeza de que con la técnica se elimine completamente los restos de adhesivo sobre la malla del bracket, sin afectar la misma, y aunque en nuestro estudio todas las técnicas fueron realizadas por el mismo operador, se pueden presentar variaciones.

Dentro de los resultados obtenidos en la comparativa del grupo control y entre los grupos con métodos de reacondicionamiento, se encontraron diferencias estadísticamente significativas a excepción del grupo de método de arenado, esto difiere con los estudios realizados por (Cacciafesta et al., 2004; Jassem et al., 1981; Sfondrini et al., 2012; Wheeler & Ackerman, 1983), quienes determinaron que no hubo diferencias significativas entre los brackets nuevos y los reacondicionados. Esta diferencia puede deberse a la variación en el diseño de la base del bracket, así como a la diversidad de líquidos en los cuales se almacenaron las muestras.

Chung et al., (2000); Grabouski et al., (1998); Sonis, (1996), coinciden con los resultados de que los brackets sometidos a método de arenado presentaban resistencia al cizallamiento comparable a los brackets no tratados. Todos los brackets reacondicionados en estos estudios, fueron expuestos a óxido de aluminio de 50 μm . Sería interesante estudiar si a medida que aumenta el número de reciclaje de un mismo bracket, disminuye la fuerza de unión. Sin embargo, esta técnica es la más aceptada por los estudios, la desventaja es que requiere del uso de un dispositivo de mayor costo y mayor tiempo de exposición para eliminar los residuos de la base del

bracket, en comparación con otras técnicas, así como de la presión ejercida del óxido de aluminio a la base del bracket.

Regan et al., (1993) compararon la resistencia al desprendimiento del método mecánico y método térmico y no encontraron diferencias entre los dos métodos de reacondicionado de brackets, en nuestro estudio la mayor diferencia significativa que se presentó en la comparación de resistencia al cizallamiento post hoc entre grupos, se encontró entre estos dos métodos de reacondicionado. La discrepancia se puede justificar por la variación en la realización de los métodos de reacondicionamiento. Regan et al., (1993) por su parte realizó un electropulido a las bases de los brackets reacondicionados seguido del método térmico con mechero bunsen. No obstante, estas dos técnicas presentan limitaciones en nuestro estudio, ya que es difícil estandarizar los métodos, existen muchas variaciones y combinaciones dependiendo el autor y es complicado determinar visualmente si se eliminaron por completo los remanentes de adhesivo sin que la malla del bracket presente alteraciones.

Basudan & Al-Emran, (2001) compararon la resistencia al cizallamiento de cinco métodos de reacondicionado de brackets metálicos en el consultorio y concluyeron que el método mecánico resultó ser el menos eficiente, mientras que el método de arenado y flameado fueron los métodos más viables de uso en el consultorio, nuestros resultados difieren ya que de acuerdo a los resultados obtenidos, determinamos que los métodos más convenientes de uso en brackets metálicos de autoligado son el método de arenado y el método mecánico, mientras que el método menos eficaz resultó ser el método flameado, sin embargo, existen diferencias en la metodología; Basudan & Al-Emran, (2001) realizaron su estudio en incisivos inferiores humanos extraídos, por lo contrario, nuestro estudio fue realizado en premolares humanos extraídos, esta desigualdad puede ser una variable a estudiar, si es que la morfología del diente influye la resistencia al cizallamiento. Otra diferencia implica los instrumentos utilizados; ellos por su parte, utilizaron una fresa verde para realizar el método mecánico, a diferencia de nuestro método, el cuál fue realizado con una fresa bola de tungsteno de carburo.

Quick et al., (2005), al comparar el método térmico, el método de arenado y el método mecánico determinó que el método de arenado era el más eficaz sin afectar la fuerza

de unión, y los que presentaron la fuerza de unión más baja fueron el método térmico, seguido del método mecánico. Sin embargo, Quick et al., (2005) combinó el método mecánico y el método de arenado a los brackets sometidos al método flameado y determinó que los brackets a los cuales únicamente se les realizó método de flameado directo con piedra verde presentaron la fuerza de adhesión más baja, sin embargo nuestro grupo de especímenes a los cuales se les realizó técnica de flameado directo presentó menor resistencia al cizallamiento en comparación con el grupo anteriormente mencionado, a pesar de que no existe gran diferencia en el número de muestras; ésta puede ser la razón por la cual los brackets que presentaron menor resistencia al cizallamiento en nuestro estudio fueron los brackets sometidos a método flameado, se podrían tener mejores resultados en combinación con otros métodos de reacondicionamiento, sin embargo esta técnica no es muy bien aceptada debido al cambio de coloración que ocasiona la flama directa sobre el bracket.

Dentro de la investigación de Quick et al., (2005) experimentaron agregando silano a los brackets que habían sido expuestos a flama directa, concluyendo que hubo un aumento en la fuerza de unión, pero ésta no era equiparable a la fuerza de unión de los brackets nuevos que no habían sido sometidos a métodos de reacondicionamiento.

Debido a los resultados obtenidos en el presente estudio no se dispone de evidencia suficiente para poder rechazar hipótesis nula.

IX. Conclusiones

El método de reacondicionado realizado en brackets metálicos de autoligado que presentó mayor resistencia al cizallamiento, en nuestro estudio, es el método mecánico, seguido del método de arenado y el método que presentó menor resistencia fue el método de flameado.

La resistencia al cizallamiento en brackets metálicos de autoligado fue mayor en los brackets que fueron sometidos a método de reacondicionado mecánico y de arenado, comparado con los brackets metálicos de autoligado a los cuales no se le realizó reacondicionamiento.

IX. Propuestas

Para futuras investigaciones, la propuesta que ofrece este trabajo es aumentar el número de muestras y evaluar los métodos de reacondicionamiento y realizar el proceso experimental *in vivo* para evaluar la resistencia a las fuerzas masticatorias en el ambiente oral.

X. Bibliografía

Basudan, A. M., & Al-Emran, S. E. (2001). The effects of in-office reconditioning on the morphology of slots and bases of stainless steel brackets and on the shear/peel bond strength. *Journal of Orthodontics*, 121(4), 231–236. <https://doi.org/10.1093/ortho/28.3.231>

Buchman, D. (1980). Effects of recycling on metallic direct-bond orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 77(6), 654–668. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0002-9416\(80\)90157-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0002-9416(80)90157-8)

Buchwald, A. (1989). A three-cycle in vivo evaluation of reconditioned direct-bonding brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 95(4), 352–354. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0889-5406\(89\)90170-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0889-5406(89)90170-4)

Cacciafesta, V., Sfondrini, M. F., Melsen, B., & Scribante, A. (2004). A 12 month clinical study of bond failures of recycled versus new stainless steel orthodontic brackets. *European Journal of Orthodontics*, 26(4), 449–454. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/ejo/26.4.449>

Chung, C. H., Fadem, B. W., Levitt, H. L., & Mante, F. K. (2000). Effects of two adhesion boosters on the shear bond strength of new and rebonded orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 118(3), 295–299. <https://doi.org/10.1067/mod.2000.104810>

Cua, G., Marshall, R., Kudlick, E., & Eichmiller, F. (1995). A comparison of bond strength of new and used brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 112(3), 354–356. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(97\)70129-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0889-5406(97)70129-X)

Egan, F. R., Alexander, S. A., & Cartwright, G. E. (1996). Bond strength of rebonded orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 109(1), 64–70. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(96\)70164-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0889-5406(96)70164-6)

Faltermeier, A., & Behr, M. (2009). Effect of bracket base conditioning. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 135(1), 12.e1-12.e5. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.03.034>

Grabouski, J. K., Staley, R. N., & Jakobsen, J. R. (1998). The effect of microetching on the bond strength of metal brackets when bonded to previously bonded teeth: An in vitro study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 114(4), 452–460. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(98\)70192-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0889-5406(98)70192-1)

Hixson, M. E., Brantley, W. A., Pincsak, J., & Conover, J. (1982). Changes in bracket slot tolerance following recycling of direct-bond metallic orthodontic appliances. *American 28 Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 81(6), 447–454. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0002-9416\(82\)90422-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0002-9416(82)90422-5)

Huang, T. H., Yen, C. C., & Kao, C. T. (2001). Comparison of ion release from new and recycled orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 120(1), 68–75. <https://doi.org/10.1067/mod.2001.113794>

Jassem, H. A., Retief, D. H., & Jamison, H. C. (1981). Tensile and shear strengths of bonded and rebonded orthodontic attachments. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 79(6), 661–668. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0002-9416\(81\)90358-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0002-9416(81)90358-4)

Jones, S. P., Tan, C. H., & Davies, E. H. (2002). The effects of reconditioning on the slot dimensions and static frictional resistance of stainless steel brackets. *European Journal of Orthodontics*, 24(3), 183–190. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/ejo/24.2.183>

Martina, R., Laino, A., Cacciafesta, V., & Cantiello, P. (1997). Recycling effects on ceramic brackets: a dimensional, weight and shear bond strength analysis. *European Journal of Orthodontics*, 19(3), 629–636. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/ejo/19.6.629>

Matasa, C. G. (1989). Pros and cons of the reuse of direct-bonded appliances. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 96(1), 72–76. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0889-5406\(89\)90232-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0889-5406(89)90232-1)

Montero, M. M., Vicente, A., Alfonso-Hernández, N., Jiménez-López, M., & Bravo-González, L. A. (2015). Comparison of shear bond strength of brackets recycled using micro sandblasting and industrial methods. *Angle Orthodontist*, 85(3), 461–467. <https://doi.org/10.2319/032414-221.1>

Newman, G. v, Newman, R. A., Sun, B. I., Jack Ha, J., & Ozsoylu, S. A. (1995). Adhesion promoters, their effect on the bond strength of metal brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 108(3), 237–241. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(95\)70015-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0889-5406(95)70015-3)

Postlethwaite, K. M. (1992). Recycling bands and brackets. *British Journal of Orthodontics*, 19(2), 157–163. <https://doi.org/10.1179/bjo.19.2.157>

Quick, A. N., Harris, A. M. P., & Joseph, V. P. (2005). Office reconditioning of stainless steel orthodontic attachments. *European Journal of Orthodontics*, 27(3), 231–236. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjh100>

Regan, D., Lemasney, B., & van Noort, R. (1993). The tensile bond strength of new and rebonded stainless steel orthodontic brackets. *European Journal of Orthodontics*, 15(1), 125–135. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/ejo/15.2.125>

Sfondrini, M. F., Cacciafesta, V., Maffia, E., Massironi, S., Scribante, A., Alberti, G., Biesuz, R., & Klersy, C. (2008). Chromium release from new stainless steel, recycled and nickel-free 29 orthodontic brackets. *Angle Orthodontist*, 79(2), 361–367. <https://doi.org/10.2319/042108-223.1>

Sfondrini, M. F., Xheka, E., Scribante, A., Gandini, P., & Sfondrini, G. (2012). Reconditioning of self-ligating brackets a shear bond strength study. *Angle Orthodontist*, 82(1), 158–164. <https://doi.org/10.2319/033011-227.1>

Smith, C., & Rock, W. P. (1997). Bracket Recycling—Who Does What? *British Orthodontics Society*, 24(2), 172–174. <https://doi.org/10.1093/ortho/24.2.172>

Sonis, A. L. (1996). Air abrasion of failed bonded metal brackets: A study of shear bond strength and surface characteristics as determined by scanning electron microscopy. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 110(1), 96–98. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(96\)70094-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0889-5406(96)70094-X)

Warren, J. (1999). A Medico-legal Review of Some Current UK Guidelines in Orthodontics: A Personal View. *British Journal of Orthodontics*, 26(4), 307–324. <https://doi.org/10.1093/ortho/26.4.307>

Wheeler, J. J., & Ackerman, R. J. (1983). Bond strength of thermally recycled metal brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 83(3), 181–186. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0002-9416\(83\)90081-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0002-9416(83)90081-7)

Wright, W. L., & Powers, J. M. (1985). In vitro tensile bond strength of reconditioned brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedic*, 87(3), 243–252. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0002-9416\(85\)90046-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0002-9416(85)90046-6)