

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Postgrados

**ESTUDIO COMPARATIVO IN VITRO DEL COMPORTAMIENTO DE
BRACKETS METÁLICOS Y CERÁMICOS EN EL DESCEMENTADO**

Dr. Eugenio José Marruffo Ruiz

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de
Especialista en Odontología, mención Ortodoncia

Quito, octubre de 2011

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Postgrados

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**ESTUDIO COMPARATIVO IN VITRO DEL COMPORTAMIENTO DE
BRACKETS METÁLICOS Y CERÁMICOS EN EL DESCEMENTADO**

Dr. Eugenio José Marruffo Ruiz

Myriam Montalvo, Especialista en Ortodoncia

Director de la Tesis -----

Carlos Meneses, Especialista en Ortodoncia

Miembro del Comité de la Tesis -----

Lucía Mesías, Especialista en Ortodoncia

Miembro del Comité de la Tesis -----

Cristina Oliveira, Especialista en Ortodoncia

Miembro del Comité de la Tesis -----

Gerson Cabezas, Especialista en Ortodoncia

Director del Postgrado de Ortodoncia -----

Mauricio Tinajero, Especialista en Periodoncia

Director de Postgrados de Odontología -----

Fernando Sandoval, M. S. C.

Decano de la Facultad de Odontología -----

Victor Viteri, Ph.D

Decano del Colegio de Postgrados -----

Quito, Octubre de 2011

© **Derechos de Autor**

Dr. Eugenio J. Marruffo Ruiz

2011

DEDICATORIA

Quisiera dedicar el presente estudio a mis padres, Eugenio y Martha, quienes han sido mi mayor fuente de inspiración; quienes con su esfuerzo, amor y cariño me dieron las herramientas para convertirme en el profesional que soy en día. Espero poder ser tan buen padre como ustedes. Los amo.

A mis hermanos Juan Carlos y Manuel Alejandro, por estar conmigo cada uno de los días que estuve lejos de casa haciendo mis estudios de postgrado. Hermanos, espero ser siempre un buen ejemplo para ustedes.

A mi amada esposa, compañera de vida y de estudios Chelymar, por compartir conmigo esta maravillosa experiencia en la que nos convertimos en ortodoncistas, por estar conmigo en todo momento y ser mi punto de apoyo, por no dejarme rendir en los momentos difíciles, por darme el regalo más hermoso que un ser humano puede querer, a nuestro hijo Matías Alejandro. Hijo, cuando comencé a hacer esta tesis no sabía y no tenía idea de que iba a ser padre. Hoy en día tienes 4 meses de vida y tu mamá y yo le damos gracias a Dios por la alegría que nos brindas cada segundo de nuestros días. Esta tesis va especialmente dedicada a ti.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quisiera agradecer a mis padres. No me alcanzará la vida para agradecerles todo el esfuerzo y la dedicación que han puesto en el desarrollo de mi vida como profesional y como persona.

A mis compañeras Ana María, Cassandra, Krisnaya, Jaimar y en especial a mi esposa Chelymar, por ser mi familia, por los momentos que pasamos juntos, por las experiencias y enseñanzas.

A la Dra. Anita Armas que con mucha paciencia y siempre una sonrisa en el rostro, me ayudó a armar las bases de esta tesis. A mi tutora Myriam Montalvo, por darle vida a este proyecto y guiarme en la realización de esta tesis. A mis profesores Diego Carrillo, Carolina Dueñas, Carlos Meneses, Eduardo Acevedo, María Dolores Villacres, Cristina Oliveira, Lucía Mesías, por hacer de éste humilde odontólogo, un ortodoncista. Al Dr. Gerson Cabezas, por ser un guía espiritual, por los buenos consejos, por su gran lado humano, por todo el conocimiento compartido y por recordarme siempre la importancia del conocimiento científico y la humildad en el trabajo y ante la vida.

A todas las personas que forman parte del motor de la Facultad de Odontología de la Universidad San Francisco, es especial a la Dra. Paulina Aliaga y el Dr. Fernando Sandoval, gracias por las enseñanzas y los buenos recuerdos.

Gratitud eterna para ustedes.

RESUMEN

El propósito del presente estudio fue realizar una evaluación y comparación entre el comportamiento tras el descementado de brackets metálicos y brackets cerámicos con retención mecánica. La muestra estuvo comprendida por 30 dientes, divididos en dos grupos de 15 (Grupo 1, brackets metálicos y Grupo 2, brackets cerámicos con retención mecánica). Se realizaron pruebas de fuerza de cizallamiento con una máquina de ensayos universales y los resultados sometidos a análisis estadísticos permitieron observar la existencia de diferencias significativas en cuanto a la cantidad de fuerza necesaria para lograr el descementado de brackets metálicos y brackets cerámicos con retención mecánica (3,81 MPa para brackets metálicos y 5,05 MPa para brackets cerámicos con retención mecánica). La cantidad de adhesivo remanente en el esmalte fue mayor para el descementado de brackets metálicos (239 μm), que para brackets cerámicos (98,5 μm). Los niveles del Índice de Adhesivo Remanente (ARI) mostraron un mayor número de muestras con valores ARI 1 (46,7%) y ARI 2 (40%). Existió una mayor falla cohesiva del adhesivo tanto en el Grupo 1 = 73,3 %, como en el Grupo 2 = 86,7%, encontrando una pérdida total del esmalte de 49,9 μm . Puede concluirse que existen diferencias significativas en cuanto al comportamiento de brackets metálicos y cerámicos con retención mecánica en el descementado. A pesar de esto, los brackets cerámicos con retención mecánica podrían ser una alternativa estética con un desempeño bastante cercano al de los brackets metálicos en el descementado.

Palabras clave: Brackets metálicos, brackets cerámicos con retención mecánica, fuerza de cizallamiento, índice de adhesivo remanente

ABSTRACT

The purpose of this study was to assess and compare the features after debonding of metallic brackets and ceramic brackets with mechanical retention. The sample included 30 teeth, divided into two groups of 15 teeth (Group 1, metallic brackets and Group 2, ceramic brackets with mechanical retention). Shear bond strength was evaluated by using an Universal testing machine. Statistical analysis showed that there are significant differences in terms of the amount of force necessary to achieve the debonding of metal brackets and ceramic brackets with mechanical retention (metal brackets = 3.81 MPa and ceramic brackets with mechanical retention = 5.05 MPa). The amount of adhesive remaining on enamel was greater for debonding of metal brackets (239 μm), than ceramic brackets (98.5 μm). The levels of Adhesive Remnant Index (ARI) showed a higher number ARI 1 values for all samples (46.7%) and ARI 2 (40%). There was a higher cohesive failure of the adhesive for both groups (Group 1 = 73.3% and Group 2 = 86.7%). The total enamel loss was 49.9 μm . It was concluded that there are significant differences between metallic brackets and ceramic brackets with mechanical retention features after debonding, but ceramic brackets with mechanical retention might be an aesthetic alternative with a very close behavior to metallic brackets on the debonding.

Keywords: metal brackets, ceramic brackets with mechanical retention, shear bond strength, adhesive remnant index

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. ESMALTE.....	5
2.1.1. Propiedades físicas.....	7
7 2.2. ADHESIÓN.....	7
2.2.1. Reseña histórica.....	8
2.2.2. Tipos de adhesión.....	9
2.3. ADHESIÓN DE BRACKETS.....	9
2.3.1. Ventajas y limitaciones en la adhesión de brackets...	10
2.3.2. Técnica para la adhesión de brackets.....	11
2.3.2.1. Limpieza.....	11
2.3.2.2. Acondicionamiento del esmalte.....	12
2.3.2.2.1 Control de la humedad.....	12
2.3.2.2.2. Pretratamiento del esmalte.....	13
2.3.2.3. Selladores, imprimadores.....	14
2.3.2.4. Adhesión.....	14
2.3.2.4.1. Transferencia.....	15
2.3.2.4.2. Posicionamiento.....	15
2.3.2.4.3. Ajuste.....	15
2.3.2.4.4. Eliminación del exceso.....	15
2.3.3. Tipos de Adhesivos.....	17
2.3.3.1. Adhesivos sin mezcla.....	18

2.3.3.2. Adhesivos fotopolimerizables.....	19
2.4. BRACKETS.....	20
2.4.1. CLASIFICACIÓN.....	21
2.4.1.1. Según método de adhesión.....	21
2.4.1.2. Según su ancho mesiodistal.....	21
2.4.1.3. Según su composición.....	22
2.4.1.4. Según su diseño.....	22
2.4.1.5. Según su manufactura.....	22
2.4.2. NOMENCLATURA ORTODÓNTICA.....	23
2.4.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS BRACKETS.....	23
2.4.4. BRACKETS DE PLÁSTICO.....	24
2.4.5. BRACKETS DE CERÁMICA.....	25
2.4.6. BRACKETS METÁLICOS.....	27
2.5. DESCEMENTADO.....	28
2.5.1. Procedimiento clínico.....	28
2.5.1.1. Retirada de los brackets metálicos.....	29
2.5.1.2. Retirada de los brackets de cerámica.....	30
2.5.1.3. Eliminación de los restos de adhesivo.....	33
2.5.2. Influencia sobre el esmalte de distintos tipos de instrumentos para descementado.....	35
2.5.3. Cantidad de esmalte que se pierde en el descementado.....	36
2.5.4. Desprendimientos del esmalte.....	38
2.5.5. Grietas del esmalte.....	39

2.5.6. Desgaste de los restos de adhesivo.....	41
2.5.7. Resistencia al cizallamiento o corte.....	42
2.6. INDICE DE ADHESIVO REMANENTE (ARI).....	43
3. JUSTIFICACIÓN.....	45
4. OBJETIVOS.....	47
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	47
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	47
5. HIPÓTESIS.....	49
6. MATERIALES Y METODOS.....	50
6.1. DISEÑO DEL ESTUDIO.....	50
6.2. MUESTRA.....	50
6.2.1. Criterios de inclusión.....	50
6.2.2. Criterios de exclusión.....	51
6.3. METODOLOGÍA.....	51
6.4. RECOLECCIÓN DE DATOS.....	63
7. RESULTADOS.....	68
7.1. PRUEBA DE CIZALLAMIENTO.....	68
7.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	71
7.2.1. Ancho de los dientes antes del cementado.....	71
7.2.2. Cantidad de fuerza de cizallamiento.....	72
7.2.3. Ancho de los dientes luego del descementado y cantidad de adhesivo remanente.....	73
7.2.4. Ancho de los dientes luego de la remoción del adhesivo.....	74
7.2.5. Perdida total de esmalte.....	75

7.2.6. Índice de Adhesivo Remanente (ARI).....	76
7.2.7. Sitio de falla del adhesivo.....	77
8. DISCUSIÓN.....	80
9. CONCLUSIONES.....	86
10. RECOMENDACIONES.....	88
11. BIBLIOGRAFÍA.....	89
12. ANEXOS.....	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Prismas del esmalte.....	5
Figura 2. Bandas de Hunter-Schreger.....	6
Figura 3. Microfotografía de la unión amelodentinaria del esmalte.	6
Figura 4. Eliminación de los restos del adhesivo con una fresa de carburo de tungsteno.....	16
Figura 5. Descementado de brackets metálicos con alicates.....	29
Figura 6. Descementado de brackets estéticos.....	32
Figura 7. Eliminación de los restos del adhesivo con fresas de carburo de tungsteno.....	35
Figura 8. Diferentes modos de descementado de brackets.....	43
Figura 9. Índice de Adhesivo Remanente.....	44
Figura 10. Moldes de caucho y las coronas cortadas por el límite amelocementario.....	52
Figura 11. Envase acrílico de 1 cm donde se sumergieron las coronas de los dientes.....	52
Figura 12. Grupo 1 (brackets metálicos) en azul y Grupo 2 (Brackets cerámicos) en rojo, marcados en la base.....	53
Figura 13. Limpieza de la cara vestibular de los dientes con piedra pómez.....	53
Figura 14. Marca para medir el ancho vestibulolingual y Micrómetro digital.....	54
Figura 15. Punta de jeringa adaptada para el Micrómetro Digital...	54

Figura 16. Medición del ancho vestibulolingual con el Micrómetro..	55
Figura 17. Sistema adhesivo fotocurado MINI Illuminate Adhesive Paste, Ortho Organizers.....	56
Figura 18. Colocación del ácido y lavado con la jeringa triple.....	56
Figura 19. Colocación del adhesivo en el esmalte y en la base del bracket.....	56
Figura 20. Brackets utilizados en el estudio.....	57
Figura 21. Colocación de la resina en la base del bracket y colocación del bracket sobre el diente con la pinza portabacket.....	57
Figura 22. Presión del bracket y eliminación de los restos del adhesivo.....	57
Figura 23. Fotocurado y bracket cementado.....	58
Figura 24. Ligaduras N° 1 y 2 en el sistema de fuerzas.....	59
Figura 25. Máquina de ensayos universales.....	59
Figura 26. Muestras durante la prueba de tracción y luego de descementados los brackets.....	60
Figura 27. Toma de impresión de las muestras que se evaluaron al microscopio electrónico de barrido.....	61
Figura 28. Microscopio electrónico de barrido.....	62
Figura 29. Recubrimiento metálico de las muestras.....	62
Figura 30. Imagen en el microscopio electrónico de barrido de la muestra N° 1	65

Figura 31. Imagen en el microscópio electrónico de barrido de la muestra N° 3	66
Figura 32. Formula de área del trapecio.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Medición del ancho vestibulolingual de los dientes antes del cementado de los brackets con el micrómetro.....	63
Tabla 2. Evaluación de la fuerza de cizallamiento de los brackets metálicos y cerámicos con la Máquina de ensayos universales.....	63
Tabla 3. Medición del ancho vestibulolingual de los dientes luego del descementado de los brackets con el micrómetro.....	64
Tabla 4. Cantidad de adhesivo remanente luego del descementado de los brackets medido con el micrómetro.....	64
Tabla 5. Clasificación de los dientes según el Índice de Adhesivo Remanente.....	65
Tabla 6. Distribución de los Grupos 1 y 2 según el sitio de fractura del adhesivo.....	66
Tabla 7. Cantidad de esmalte perdido luego del descementado y la eliminación de los restos de adhesivo.....	67
Tabla 8. Evaluación de la fuerza de cizallamiento de los brackets metálicos y cerámicos.....	70
Tabla 9. Descriptivos del ancho inicial.....	71
Tabla 10. Descriptivos de la fuerza de cizallamiento.....	72
Tabla 11. Descriptivos del ancho luego del descementado.....	73
Tabla 12. Descriptivos del adhesivo remanente.....	74
Tabla 13. Descriptivos del ancho final luego de la remoción del adhesivo.....	75
Tabla 14. Descriptivos del esmalte perdido.....	76

Tabla 15. Distribución de las muestras según el ARI.....	76
Tabla 16. Distribución del sitio de fractura.....	77

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Densidad del ancho inicial de los dientes.....	71
Gráfico 2. Densidad de la fuerza empleada para el cizallamiento...	72
Gráfico 3. Densidad del ancho luego del descementado.....	73
Gráfico 4. Densidad del adhesivo remanente.....	74
Gráfico 5. Densidad del ancho final luego de la remoción del adhesivo.....	75
Gráfico 6. Densidad del esmalte perdido.....	76
Gráfico 7. Distribución de dientes según ARI y Grupo.....	77
Gráfico 8. Distribución de sitio de fractura y grupo.....	78
Gráfico 9. Asociación entre ARI, sitio de falla del adhesivo y grupo.....	79

1. INTRODUCCIÓN

Desde la introducción de la técnica de grabado ácido del esmalte y su uso para el cementado de brackets ortodónticos, ha habido discusión entre los ortodoncistas referente a la cantidad de esmalte perdido como resultado del cementado y el subsecuente descementado. Las técnicas de grabado ácido y adhesivas aplicadas en ortodoncia difieren de aquellas utilizadas en la odontología operativa y preventiva, debido a que los aparatos ortodónticos son usualmente considerados como temporales antes que permanentes. ^(45,73)

En la década de los 60 se introduce la adhesión directa de brackets al esmalte dental. Muchos estudios desde entonces han tratado de determinar la fuerza de unión entre bracket y esmalte. Estos estudios han incluido una comparación tanto entre sistemas de resinas de alto, bajo y sin relleno como entre diferentes diseños de brackets. Buzzitta concluye que las resinas sin relleno tienen los más altos valores de fuerza adhesiva para brackets plásticos y cerámicos, mientras que las resinas con gran relleno tienen la más alta fuerza adhesiva para brackets metálicos. ^(20,43)

Investigadores han evaluado los efectos de diferentes tiempos de aplicación del ácido, diferentes materiales adhesivos, como también diferentes técnicas de descementado de brackets. El daño al esmalte puede ser atribuido a la limpieza del diente con abrasivos antes del grabado ácido, a la técnica de grabado ácido, a fracturas del esmalte causadas por la remoción con mucha fuerza de brackets o a la remoción mecánica del remanente de resina con instrumental rotatorio. ^(45,73)

La resina remanente puede ser removida de la superficie del esmalte por medio de instrumentos manuales o instrumentos rotarios. Factores como el tiempo necesario para la remoción completa y el potencial de daño deben ser esenciales para el clínico. El efecto de diferentes instrumentos en la superficie del esmalte dental ha sido sujeto de numerosos estudios (por lo que es bien conocido). Zachrisson y Artun concluyeron que la presencia postoperatoria de periquimatis, indica una pérdida de esmalte mínima. Esta conclusión fue refutada por Brown y Way, quienes mostraron que a pesar de encontrar una pérdida de esmalte tan grande como 50 μm , las periquimatis aún pueden ser observadas.^(17,82)

La remoción de brackets ortodónticos es comúnmente alcanzada por medios mecánicos. Varias técnicas para el descementado han sido sugeridas, pero generalmente todas las técnicas tienden a causar una falla cohesiva en la resina o entre el esmalte y la resina. El impacto de la remoción de los brackets en el paciente no ha sido documentado, sin embargo, experiencia empírica sugiere que métodos menos agresivos son necesarios.^(42,45)

Las técnicas más comunes de descementado emplean alicates para descementar, scalers y otros surtidos de piezas rotatorias. Las técnicas de piezas de mano automáticas y el descementado ultrasónico han sido poco estudiados. Muchos investigadores han demostrado la pérdida del esmalte tras el descementado, y la mayoría de las técnicas conllevan a algo de pérdida.^(5,17,18,27,36,42,45,56,59,62)

En la actualidad, un número mayor de adultos se muestran interesados en el tratamiento ortodóntico y demandan aparatos estéticos o invisibles. Los brackets cerámicos fueron introducidos para satisfacer esta necesidad y su

popularidad está creciendo. Los brackets cerámicos que existen actualmente en el mercado están hechos de óxido de aluminio y son químicamente inertes a los fluidos orales. Una desventaja de los brackets inertes es su falla para ser adheridos con adhesivos acrílicos y diacrílicos. Debido a esto, varios métodos de retención han sido desarrollados incluyendo químicos, mecánicos y la combinación de ambos. La retención mecánica puede ser provista de indentaciones o cortes en la base del bracket. Los brackets cerámicos químicamente adheridos son mantenidos con un acoplador de silano que sirve como mediador químico entre la base del bracket y la resina adhesiva. Aunque estos brackets ofrecen una mayor estética, se han reportado fracturas en el esmalte durante su descementado. ^(13,28,37,44,54,70,76,78)

El incremento de la fuerza adhesiva usualmente resulta en una falla del adhesivo en la superficie del esmalte, más que en la interfase bracket-adhesivo. Los fabricantes han cambiado los mecanismos de unión entre brackets y materiales de adhesión de química a mecánica para tratar de disminuir la fuerza adhesiva. Al menos dos de los mayores surtidores de brackets estéticos, GAC International y Unitek Corporation/3M, han cambiado el diseño de sus brackets para hacer el descementado mas sencillo y reducir el daño en el esmalte. Sin embargo aún persisten problemas en el descementado de brackets estéticos. Consecuentemente, es necesario desarrollar un adhesivo que sea fuerte entre los aparatos ortodónticos y el esmalte para cumplir el tratamiento, pero que sea frágil para lograr un descementado sin daño en la superficie del esmalte. ^(12,37,48,57)

El presente estudio pretende evaluar y comparar el comportamiento tras el descementado de brackets metálicos y brackets cerámicos con retención mecánica, y determinar la similitud o diferencias entre los brackets tomando en

cuenta que comparten el mismo método de retención. Para ello se tomó en cuenta los niveles de fuerza necesarios para descementar brackets metálicos y cerámicos con retención mecánica, se determinó la cantidad de adhesivo remanente en el esmalte luego del descementado de los brackets, el sitio de fractura del adhesivo y se cuantificó la cantidad de esmalte perdido luego de la eliminación del adhesivo.

2. MARCO TEORICO

2.1 ESMALTE

Es el tejido biológico que funciona como la sustancia dura protectora que recubre las coronas dentarias. Es el tejido más duro del organismo, por lo tanto, es capaz de resistir a la fractura durante el stress masticatorio. Proporciona forma y contorno a la corona dental y además recubre la parte del diente que está expuesta al medio bucal. ⁽⁵⁾

Está compuesto por prismas entrelazados que son capaces de resistir las fuerzas masticatorias (Fig. 1) . Estos prismas son depositados en forma de ojo de cerradura por los ameloblastos. Los ameloblastos migran en grupos periféricamente desde la unión amelodentinaria a medida que forman los prismas y pueden seguir recorridos variables, produciendo ondulaciones en dichos prismas. Adicionalmente, al viajar en diferentes direcciones, los ameloblastos pueden producir prismas adyacentes. Cada prisma está formado por cuatro ameloblastos, de los cuales, uno forma la cabeza del prisma, dos forman el cuello, y la cola está formada por el último ameloblasto. La cabeza del prisma de esmalte mide unos 5 μm de amplitud, siendo la porción más ancha. La porción más alargada o la cola mide aproximadamente 1 μm de anchura y el prisma en total, incluyendo la cabeza y la cola, mide unos 9 μm de largo. ⁽⁵⁾

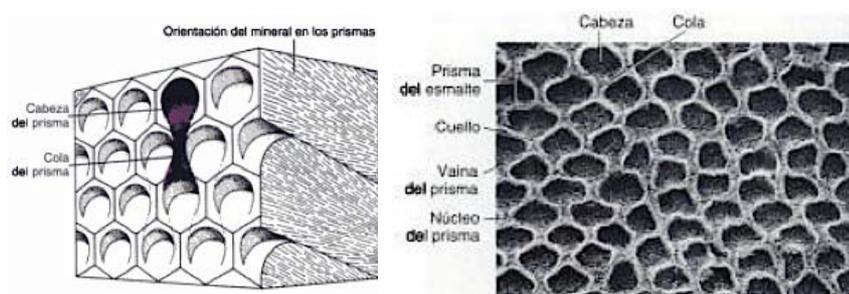


Figura 1. Prismas del esmalte. ⁽⁵⁾

Si se observa un prisma bajo luz incidente se pueden apreciar bandas claras y oscuras de grupos de prismas denominadas bandas de Hunter-Schreger (Fig. 2). Debido a que estos prismas se curvan de forma exagerada y se enroscan en los ápices de las cúspides, se les denomina esmalte nudoso. ⁽⁵⁾



Figura 2. Bandas de Hunter-Schreger. ⁽²⁾

Los prismas se depositan a un ritmo de incremento diario de 4 μm . Estos incrementos son visibles y se muestran como líneas oscuras conocidas como estrías o líneas de Retzius, las cuales se hacen más aparentes en la superficie del esmalte, donde adoptan forma de crestas que se conocen como periquimatas. En la unión amelocementaria pueden apreciarse los husos, que corresponden a la terminación de los túbulos dentinarios en el esmalte y los penachos, que son zonas de hipocalcificación causadas por la incurvación de grupos adyacentes de prismas de esmalte (Fig. 3) ⁽⁵⁾

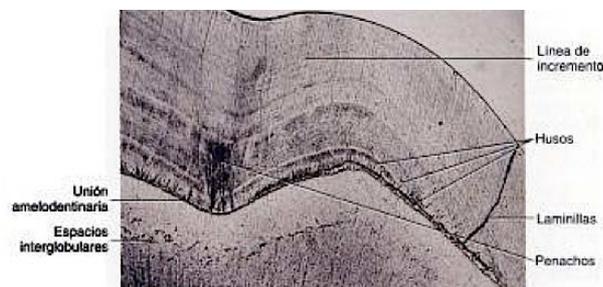


Figura 3. Microfotografía de la unión amelodentínaria del esmalte. ⁽⁵⁾

2.1.1. Propiedades físicas

Debido a que el esmalte es muy duro, también es muy quebradizo y está sujeto a fracturas. Es más probable que ocurra una fractura si la base del esmalte está debilitada como por ejemplo una caries en la dentina subyacente. ⁽⁵⁾

El esmalte está compuesto en un 96% de mineral inorgánico en forma de hidroxiapatita (fosfato cálcico cristalino que también se encuentra en el hueso, dentina y cemento) y un 4% de agua y sustancia orgánica. El componente orgánico es la enamulina, una proteína similar a la queratina que se encuentra en la piel. El esmalte tiene un espesor máximo aproximado de 2.5 mm en la superficie oclusal incisiva, siendo afilado en su borde cervical. ⁽⁵⁾

2.2 ADHESIÓN

La palabra adhesión viene del latín adhaerere, compuesta por "ad" (para) y "haerere" (pegarse). Es la unión de una superficie a otra. Se refiere a las fuerzas o energías que ocurren entre átomos o moléculas en una interfase, la cual mantiene unidas dos superficies. Según la Sociedad Americana de Materiales Dentales (ASTM) es la fuerza capaz de mantener materiales unidos por medio de enlaces entre sus superficies. En ortodoncia, la adhesión se refiere al medio de unión entre el esmalte dental y la base del bracket. Esta se logra por la unión mecánica del adhesivo a las irregularidades del esmalte superficial del diente y las uniones mecánicas formadas en la base del aditamento ortodóntico. ^(55,61,72)

2.2.1. Reseña histórica

- 1955. Buonocuore introduce el concepto de grabado ácido del esmalte. Demostró que la adhesión de la resina al esmalte dental incrementaba al tratar el esmalte con ácido fosfórico al 85%. Sus trabajos tardaron casi 20 años en pasar al manejo clínico. ^(18,61)
- 1962. Bowen introduce la resina Bis-GMA. Esta se convirtió en el primer agente de unión al esmalte.
- 1970. Aparece el primer composite fotocurable (Nuva Fil-Dentsply).
- 1972. Wilson y Kent dan a conocer los primeros ionómeros de vidrio.
- 1980. Fusayama introduce el grabado total de esmalte y dentina (Total etch).
- 1981. Se emplea por primera vez la adhesión como fuerza de retención para un puente Maryland. Previamente, se basa la retención de brackets en el grabado del esmalte.
- 1986. Gaspole y Erickson demuestran que el grabado del esmalte sólo requiere de 15 segundos.
- 1987. El Adhesivo Scotchbond-2 es el primero en recibir la aprobación provisional de la ADA.
- 1992. Nakabayahi describe la capa híbrida, en función de la cual surgen los adhesivos de 4^{ta} generación.
- 1993. Van Meerkeek describe las tres zonas que conforman la capa híbrida. ⁽⁶¹⁾

2.2.2. Tipos de adhesión

- **Mecánica:** Es aquella que involucra factores físicos como poros y rugosidades que logran una traba entre los materiales.
- **Química:** Es aquella en la que intervienen fuerzas primarias como por ejemplo enlaces covalentes, iónicos, metálicos y fuerzas de Van Der Walls.
- **Física:** Es aquella que necesita de la unión entre átomos en la interfase del adhesivo y el adherente.
- **Híbridas:** Es la combinación de una o más de las anteriores. ⁽⁷²⁾

2.3. ADHESIÓN DE BRACKETS

Desde que Buonocore en 1955, desarrolló un sistema que prometería muchísima utilidad en el área de la adhesión, se han desarrollado muchos materiales cuyos fabricantes alegan adhesión directa al esmalte con mucho éxito. La técnica para la colocación de aparatos ortodónticos (bandas, tubos y brackets), ha sido modificada durante los años, pasando desde la técnica multibandas hasta la técnica de adhesión directa e indirecta. Según Silverman, algunas ventajas de la adhesión directa al esmalte sobre la técnica multibandas serían el tiempo de silla ahorrado y la habilidad de tratar casos borderline sin extracciones, debido a que se elimina el uso de doce o catorce bandas de acero inoxidable que ocupen el ancho total del diente. La adhesión de un bracket al esmalte dental es un procedimiento sencillo que a la vez puede crear confusión, debido a que la técnica puede ser aplicada de una manera incorrecta y de ésta manera comprometer los resultados. Los brackets pueden mostrar tres tipos de retención en su base:

mecánica (brackets de metal), química y mixta (brackets plásticos y cerámicos). Las resinas que mejores resultados para los brackets de metal son las diacrílicas con carga de relleno y para los brackets de plástico o cerámica las resinas acrílicas sin carga de relleno. ^(22,32,39,61,64)

Para lograr una buena adhesión se requiere la comprensión y el seguimiento de los principios aceptados por la ortodoncia y la odontología preventiva. La adhesión debe ser considerada como parte de un tratamiento preventivo moderno, el cual incluye un estricto programa de higiene oral, aplicaciones de flúor y el uso de aparatos simples pero eficaces. Es decir, los diseños mecánicos complicados que requieren el uso de resortes en espiral y arcos con múltiples dobleces (loops), se prestan menos a lograr una buena adhesión y comprometen la integridad del esmalte dental y los tejidos blandos. En Ortodoncia se prefiere la adhesión mecánica debido a que no se busca la unión permanente, sino una unión que se pueda romper, de manera sencilla al final del tratamiento. ^(19,32,72,80,81)

2.3.1. Ventajas y limitaciones en la adhesión de brackets

Entre las principales ventajas en la adhesión de brackets tenemos:

1. Estética, sencillez, rapidez y simplicidad.
2. Permite un mejor ajuste incluso en dientes incluidos, con erupción parcial o anómala.
3. Menor molestia al paciente con respecto a la técnica multibandas, la cual requiere separaciones interdetales previas y una considerable presión durante su ajuste.

4. Facilita la higiene dental y gingival, en comparación con la técnica multibandas.
5. Disminuye el riesgo de caries, mejora la detección de éstas y el tratamiento precoz con respecto a la técnica multibandas.
6. Permite tratamientos complementarios como el recontorneado de la corona, desgaste interdental o la operatoria con resinas estéticas, con respecto a la técnica multibandas.
7. Al no requerir una separación interdental previa, no alargan la longitud del arco como ocurre en la técnica multibandas, en la que se crean espacios que se deben cerrar al final del tratamiento. ⁽²²⁾

Debido a la rápida evolución de los materiales de adhesión, todavía es preciso apuntar algunas desventajas:

1. Despegado frecuente de los brackets.
2. Necesidad de grabado superficial del esmalte.
3. Dificultad de eliminar todo el adhesivo remanente y lograr la integridad estructural del esmalte previa al tratamiento. ⁽²²⁾

2.3.2. Técnica para la adhesión de brackets

2.3.2.1. Limpieza

Se debe hacer una correcta limpieza de los dientes con piedra pómez para eliminar la película orgánica y los restos de placa. Este proceso si se hace de manera correcta, disminuye la energía superficial, limpia los residuos de alimentos y contaminantes del esmalte. Esto debe hacerse teniendo la precaución de no

lastimar el margen gingival y causar el sangrado de los dientes que no han erupcionado completamente.^(32,72)

Muchos autores han cuestionado la necesidad del pulido convencional con piedra pómez antes del grabado ácido, aunque éste no parece afectar negativamente la técnica de adhesión. Es recomendable limpiar los dientes para eliminar la placa y los restos que podrían acumularse en la interfase esmalte-resina luego de la adhesión. Reisner y cols., lograron resultados más constantes al desgastar ligeramente las superficies vestibulares de los dientes con una fresa de carburo de tungsteno (#1172) a velocidad baja (25.000 rpm), que cuando pulían con piedra pómez durante 10 segundos antes del grabado ácido.^(32,47,58)

2.3.2.2. Acondicionamiento del esmalte

2.3.2.2.1. Control de la humedad. Se debe controlar la saliva y mantener el campo de trabajo seco. Se pueden utilizar muchos productos disponibles en el mercado como:

- Expansores labiales y retractores de las mejillas.
- Eyectores de saliva.
- Protectores linguales con bloques de mordida.
- Obstructores del conducto salival.
- Dispositivos que combinan varios de los elementos mencionados.
- Rollos de gasa o algodón.
- Antisialogogos.⁽³²⁾

El profesional tiene la libertad de decidir cuál funciona mejor en sus manos. Si se pretende realizar la adhesión simultánea de los dientes de molar a molar en ambas arcadas, una buena técnica es la que incluye el uso de expansores labiales para restringir el flujo salival desde el conducto de la parótida y eyectores de saliva. La falla de la adhesión con resina ha sido atribuida a la contaminación con saliva, fluidos gingivales y agua. ^(32,63)

Los antisialogogos se encuentran en comprimidos y soluciones inyectables de distintas preparaciones (por ejemplo, bromuro de metantelina, bromuro de propantelina y sulfato de atropina). Sin embargo, el Council on Dental Therapeutics of the American Dental Association ha recomendado tomar la presentación vía oral del bromuro de propantelina y no inyectar este fármaco a los pacientes. ^(32,77)

2.3.2.2.2. Pretratamiento del esmalte. El efecto del acondicionamiento ácido es aumentar la energía de superficie y el área en el sustrato mediante la eliminación del material antiguo y aumentando la porosidad de un tejido que ya es poroso. Después de aislar el campo de trabajo, se aplica la solución o gel de acondicionamiento sobre la superficie del esmalte durante 15 a 30 segundos (según el método y la casa comercial). Estudios han demostrado que reducir el tiempo de grabado ácido no disminuye la adhesión del bracket o la resina. Es difícil grabar solo la porción del esmalte que va a recibir el bracket y es posible cubrir toda o gran parte de la superficie. ^(7,23,29,32,67)

Luego de finalizar el proceso de grabado, se elimina la solución aplicando un abundante pulverizado de agua sobre los dientes. El lavado del ácido debe durar un mínimo de 30 a 60 segundos por diente. Es recomendable utilizar un

eyector de alta velocidad para aumentar la eficacia a la hora de eliminar el agua empleada para la remoción del ácido y para reducir la contaminación por humedad de los dientes. No debe haber contaminación salival en las superficies grabadas. (Si ocurre, se debe volver a lavar y grabar durante unos segundos; el paciente no debe enjuagarse la boca).^(32,72)

Seguidamente, se secan los dientes minuciosamente con aire no contaminado con humedad o aceite, para obtener una apariencia mate y blanquecinta del esmalte. Los dientes que no logren esta apariencia deben ser grabados nuevamente.^(32,72)

2.3.2.3. Selladores, imprimadores

Luego de que los dientes están totalmente secos y con un color blanco tiza, se aplica una fina capa de agente adhesivo (sellador, imprimador) sobre la superficie grabada del esmalte. La capa puede adelgazarse aplicándole un poco de aire durante 1 o 2 segundos e inmediatamente se colocan los brackets. Producen una reacción física, debido a que fluye dentro de los poros del esmalte grabado e incrementan la tensión superficial, mejorando la retención.^(32,72)

2.3.2.4. Adhesión

Luego de colocar el sellador o imprimador sobre los dientes que se van a tratar, el profesional debe iniciar la adhesión de los accesorios. La mayoría de los profesionales utilizan la técnica directa de adhesión en vez de la indirecta.^(32,41,55)

Existe una gran variedad de adhesivos para la técnica directa. Sin embargo, la técnica de adhesión básica sólo se modifica ligeramente al variar los materiales de acuerdo a las instrucciones del fabricante.⁽⁷⁾

La técnica de adhesión de brackets recomendada (con cualquier adhesivo) es la siguiente:⁽³²⁾

2.3.2.4.1 Transferencia. Se sujeta el bracket con una pinza portabacket de acción inversa y se aplica el adhesivo sobre la parte posterior de la base. Seguidamente se coloca el bracket sobre el diente cerca de la posición correcta.⁽³²⁾

2.3.2.4.2. Posicionamiento. Se puede utilizar un raspador o un explorador para posicionar los brackets en sentido mesiodistal e inciso-gingival y para darles un ángulo adecuado en relación con el eje mayor del diente. La posición vertical correcta puede garantizarse mediante el uso de distintos aparatos de medición o guías de altura. En cuanto a la posición horizontal es recomendable utilizar un espejo intraoral, sobretodo en premolares rotados.⁽³²⁾

2.3.2.4.3. Ajuste. Se gira el raspador o explorador y teniendo un punto de contacto sobre el bracket se presiona firmemente hacia la superficie del diente. Un buen ajuste es necesario para obtener una adecuada resistencia adhesiva, escaso material a retirar tras el descementado, una penetración óptima del adhesivo en la base del bracket y un menor deslizamiento cuando el exceso de material se extiende por la periferia. Se debe retirar el raspador o explorador una vez que se ha colocado el bracket en la posición correcta. Se debe evitar tocar el bracket luego de que ha sido colocado en la posición correcta, ya que se puede alterar el fraguado del adhesivo y la calidad de la resistencia adhesiva.⁽³²⁾

2.3.2.4.4. Eliminación del exceso. Es necesario que haya un pequeño exceso de adhesivo para minimizar la posibilidad de que haya espacios y para asegurarse

de que el adhesivo se fije a la base del bracket cuando se coloque. Este exceso es útil cuando los dientes tienen una morfología anormal y no se eliminará con el cepillado ni con cualquier otra fuerza mecánica; debe eliminarse (sobre todo en el margen gingival) con el explorador antes del polimerizado o con fresas, luego de éste. (Fig. 4).⁽³²⁾

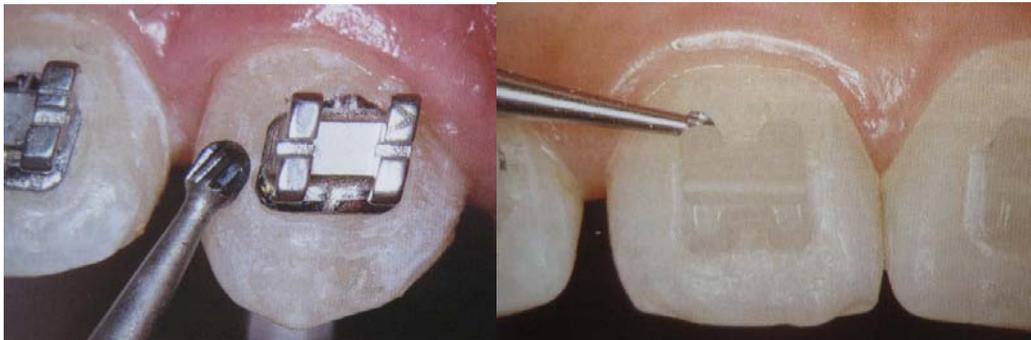


Figura 4. Eliminación de los restos del adhesivo con una fresa de carburo tungsteno.⁽³²⁾

El motivo más importante para eliminar los restos de adhesivo es impedir o reducir al mínimo la irritación de la encía y la formación de placa alrededor de la base del bracket. La eliminación del exceso de adhesivo reduce el daño periodontal, la posibilidad de descalcificación y mejora la estética (no sólo dando un aspecto más limpio y cuidado, sino también eliminando el adhesivo expuesto que puede decolorarse en el medio bucal). Un bracket con exceso de sellador o mucha resina, potenciará una peor condición de la encía que la que pudiera producirse con bandas. Si no existe una estricta higiene oral por parte del paciente, reforzada por métodos preventivos por parte del profesional, se creará un escenario para la aparición de caries.^(32,35,79)

Por último, se debe revisar cuidadosamente la posición de cada bracket y cualquier elemento que no esté bien colocado debe retirarse inmediatamente con alicates y volver a adherirse.⁽⁴⁾ Si utilizamos un sistema adhesivo fotopolimerizable, el último paso sería realizar el fotocurado con una lámpara (sea

halógena, LED, láser de argón, luces con arco de plasma, etc.), siguiendo las instrucciones del fabricante. Por el contrario, si utilizamos un sistema adhesivo autoprimelizable, el último paso sería presionar el bracket contra la superficie del diente y esperar el tiempo necesario según el fabricante para que presente la adecuada adhesión.⁽³²⁾

2.3.3. Tipos de adhesivos

Un buen material adhesivo para ortodoncia debe reunir las siguientes condiciones:

1. Tener suficiente resistencia interna y resistencia a la fractura.
2. Ser fluido para que pueda penetrar en las cavidades del esmalte grabado.
3. Tener estabilidad dimensional para no sufrir contracción excesiva.
4. Ser fácil de manejar.
5. Ser biocompatible, de bajo costo, estable al almacenarlo y estético.⁽²²⁾

Se pueden utilizar dos tipos básicos de resinas dentales para adherir los brackets. Ambos son polímeros y se clasifican en resinas acrílicas o de diacrilato y pueden tener relleno o no. Las resinas acrílicas están conformadas por acrílico autopolimerizable y están compuestas de monómero de metil metacrilato y polvo ultrafino. La mayoría de las resinas diacrilato se basan en la resina epoxi modificada con acrílico, bis-GMA o resina de Bowen. Una diferencia fundamental entre ambos tipos de resina es que las primeras sólo forman polímeros lineales, por el contrario, las segundas pueden polimerizar mediante entrecruzamiento formando una malla tridimensional, lo que contribuye a una mayor resistencia, menor absorción de agua y menor contracción por polimerización.^(32,60)

Según varias investigaciones, las resinas con relleno de diacrilato del tipo bis-GMA tienen las mejores propiedades físicas y son los adhesivos más resistentes para cementar brackets de metal. Las resinas de acrílico o combinadas, tienen un mayor éxito con los brackets de plástico. Algunas resinas compuestas tienen partículas grandes y gruesas de cuarzo o vidrio de sílice de tamaños variables (entre 3 y 20 μm), las cuales le confieren propiedades de resistencia a la abrasión. Otras resinas tienen partículas de relleno muy pequeñas (entre 0,2 y 0,3 μm) que dan lugar a una superficie más lisa que retiene menor cantidad de placa, pero es más propensa a la abrasión. Las tasas de fracaso publicadas para los brackets de metal, cuya base tiene forma de malla, adheridos con técnica directa con resinas de diacrilato rellenas, varían entre el 1 y 4%. Buzzitta y cols., encontraron que las resinas de diacrilato con gran cantidad de relleno alcanzan los mayores valores de resistencia en pruebas in vitro cuando se utilizan con brackets metálicos. ^(20,32)

2.3.3.1 Adhesivos sin mezcla

Los adhesivos sin mezcla fraguan cuando se junta una pasta con una ligera presión a un imprimador fluido sobre el esmalte grabado y la base del bracket o cuando hay que adherir a otra pasta sobre el diente. Por lo tanto, se aplica un componente adhesivo en la base del bracket y otro sobre el diente grabado y seco. Cuando el bracket se ha colocado en la posición deseada, el profesional debe presionarlo firmemente para que se produzca la polimerización en los siguientes 30 a 60 segundos. ⁽³²⁾

Aunque la técnica de adhesión se simplifica con los adhesivos sin mezcla, se dispone de poca información a largo plazo sobre su resistencia adhesiva en

comparación con los sistemas de mezclado pasta-pasta. Igualmente, no se sabe con exactitud cuál es la cantidad de monómero que queda sin polimerizar en el adhesivo fraguado y el nivel real de toxicidad. Pruebas in vitro han demostrado que los activadores líquidos de los sistemas sin mezcla pueden ser tóxicos. Se han reportado casos de pacientes, asistentes dentales y profesionales con reacciones alérgicas causadas por estos adhesivos. ^(31,32)

2.3.3.2. Adhesivos fotopolimerizables

En la actualidad, las resinas fotopolimerizables se han convertido en los adhesivos más populares en la mayoría de las consultas de ortodoncia. Esto se debe al creciente deseo de controlar el fraguado, lo cual es difícil de lograr con los adhesivos tradicionales de pasta-pasta, que deben mezclarse en la consulta. Los adhesivos fotopolimerizables ofrecen la ventaja de aumentar el tiempo de trabajo, lo cual ayuda al posicionamiento correcto de brackets. ^(32,41)

Las resinas fotopolimerizables que se utilizan con brackets de acero suelen ser de fraguado dual, que incorporan fotoiniciadores y un catalizador químico. La profundidad máxima de fraguado depende de la composición de la resina compuesta, de la fuente de luz y del tiempo de exposición. Los adhesivos fotopolimerizables son especialmente útiles cuando se necesita un fraguado rápido, como cuando hay que volver a adherir un bracket suelto o cuando se coloca un aditamento en un canino retenido luego de descubrirlo quirúrgicamente. Contrariamente, también aportan ventajas cuando se necesita contar con más tiempo de trabajo, como al colocar un bracket en un premolar y se debe revisar la posición con un espejo bucal desde varios ángulos. ⁽³²⁾

Existen adhesivos fotopolimerizables que liberan flúor, pero es necesario realizar más estudios a largo plazo para examinar clínicamente la resistencia adhesiva, longevidad y efecto preventivo contra la caries. ^(32,53,69)

También existen brackets metálicos y de cerámica recubiertos previamente con resina compuesta fotopolimerizable y almacenados en contenedores adecuados. Estos fueron introducidos en 1992 en un esfuerzo para mejorar la calidad del sistema adhesivo y ahorrar tiempo de sillón. Estos son prácticos de utilizar y su popularidad entre los profesionales ha crecido. Tienen cualidades de adhesión muy consistentes, no brillan demasiado, no producen residuos, mejoran el control de la infección y tienen una adecuada resistencia adhesiva. ^(32,41,63)

2.4. BRACKETS

Un bracket es un dispositivo metálico o cerámico cuya función es guiar los movimientos ortodónticos producidos a través de fuerzas. Soportan elementos activos como el arco principal, elásticos, resortes, etc. Existen tres tipos de fijaciones disponibles en el mercado para la adhesión de brackets en ortodoncia: brackets con base de plástico, brackets con base cerámica o base metálica (acero inoxidable, bañado en oro o de titanio). El paciente de hoy en día espera una hermosa sonrisa al final del tratamiento, pero también se preocupa por su apariencia durante el tratamiento. En respuesta a esto, los fabricantes en primer lugar hicieron brackets más pequeños. Otros desarrollaron brackets linguales o invisibles. El último intento ha sido la introducción de brackets translúcidos o transparente de cerámica. Una de las mayores diferencias entre la naturaleza de la cerámica y el acero inoxidable, es la forma en la que fracasan; el bracket de metal se dobla, mientras que el bracket cerámico se fractura. La gran

mayoría de los profesionales sigue prefiriendo los brackets metálicos, sobretodo cuando los pacientes son niños.^(30,32,41,61)

2.4.1 CLASIFICACIÓN DE LOS BRACKETS

Según Rodríguez y White, los brackets se pueden clasificar en varios grupos:⁽⁶¹⁾

2.4.1.1. Según método de adhesión

- a) Para soldar a bandas.
- b) Para adhesión directa (retención en la base).⁽⁶¹⁾

2.4.1.2. Según su ancho mesiodistal

- a) Standard:
 - 4,2 mm de ancho en dientes anterosuperiores.
 - 4,0 mm de ancho en caninos.
 - 3,8 mm de ancho en premolares.
- b) Medianos:
 - 3,8 mm de ancho en dientes anterosuperiores.
 - 3,6 mm de ancho en caninos.
 - 3,4 mm de ancho en premolares.
- c) Mini:
 - 3,2 mm de ancho en dientes anterosuperiores.
 - 3,0 mm de ancho en caninos.
 - 2,6 mm de ancho en premolares.⁽⁶¹⁾

2.4.1.3. Según su composición

a) Metálicos: de acero inoxidable de grado médico.

b) Estéticos:

- Cerámicos: de polímeros de silicio o algún cristal mineral.
- Plásticos: de policarbonato o PET.
- Híbridos: con la integración de dos o más materiales. ⁽⁶¹⁾

2.4.1.4. Según su diseño

a) Estándar Edgewise: sin angulación, sin torque, sin rotación y normalmente sin in/out. Requiere el uso de multiloops o dobleces compensatorios.

b) Pretorqueados y preangulados (ligables y de autoligado):

- Torque en la ranura: con inclinación vestibulopalatina.
- Torque en la base: ranura paralela a la base del bracket.
- Angulación en la ranura: inclinación mesiodistal de la ranura del bracket.
- Angulación en cuerpo: diseño romboidal de las caras mesial y distal del cuerpo del bracket.
- Rotación: se expresa en la base del cuerpo del bracket a través de un diferencial de altura en sentido mesiodistal. ⁽⁶¹⁾

2.4.1.5. Según su manufactura

a) Cortados: Se realizan cortes para formar el slot y dividir las aletas. Luego se le suelda la base, la cual ya tiene la malla adherida y la forma del diente al que será pegado.

- b) Fundidos: Inyectados a presión sobre un molde que contiene la forma del bracket; generalmente son fundidos en cuerpo y base. Presenta retenciones de tipo mecánico.
- c) Híbridos: Son fundidos en cuerpo. Esto les permite una gran delicadeza en los detalles; presentan una base soldada. Es el de mayor calidad en su diseño. ⁽⁶¹⁾

2.4.2. NOMENCLATURA ORTODÓNTICA

- Torque: inclinación vestibulopalatina o vestibulolingual del diente.
- Tip: angulación en sentido mesiodistal del diente.
- In/Out: distancia entre el fondo del slot y la base del bracket.
- Rotación: movimiento del diente en 360°. ⁽⁶¹⁾

2.4.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS BRACKETS

1. Los hooks nos permiten colocar con facilidad las cadenas elásticas, close coils, los elásticos intermaxilares, etc. Generalmente se encuentran en el ala distal de los caninos y premolares.
2. El punto de orientación se utiliza para ubicar con facilidad de que cuadrante es el bracket; generalmente se encuentran en el ala distogingival de los brackets gemelos.
3. El calibre de la ranura o slot puede variar en tres medidas: 0,018" x 0,025", 0,018" x 0,030" y 0,022" x 0,028". Para el slot 0,018", el alambre rectangular más grueso que se recomienda utilizar es el 0,017" x 0,025" y para el slot 0,022" es recomendado el 0,019" x 0,025".

4. Es importante que el eje longitudinal esté señalado en el bracket, para una adecuada transmisión de la información del tip al diente. Si esta línea coincide en línea paralela al eje axial del diente, los resultados serán más aceptables al final del tratamiento y no habrá necesidad de hacer dobleces compensatorios.
5. Las aletas deben ser pequeñas y retentivas, para que puedan recibir los módulos, ligaduras, cadenas y todos los aditamentos necesarios para llevar a cabo la mecanoterapia del tratamiento ortodóntico.
6. Con respecto a la base y la malla, de su diseño depende la estabilidad del bracket durante el tratamiento ortodóntico. Esta varía de una casa fabricante a otra (número de rejillas en la malla, torque en base o en el slot, angulación, etc.). Consiste en un tejido de hilos de acero inoxidable que dan retención a los adhesivos y se miden por la cantidad de espacios por cm². Las medidas más comunes son 60, 80, 100, 150, 200. Las mallas pueden ser soldadas a la base del bracket, coladas en una sola pieza, constituida por pequeñas pirámides invertidas cuyo vértice está unido al bracket y la base de estas pirámides estará en contacto con la superficie dental o pueden nacer del cuerpo del bracket como una sola unidad.⁽⁶¹⁾

2.4.4. BRACKETS DE PLÁSTICO

Están hechos de policarbonato y se utilizan principalmente por estética. Carecen de resistencia al desgaste de la ranura por los alambres (lo que provoca pérdida de control sobre el diente), a la absorción de agua, se decoloran y requieren la utilización de resinas de adhesión compatibles. Pueden ser útiles en

situaciones de fuerza mínima y tratamientos de corta duración, sobretodo en adultos. Un nuevo tipo de bracket de plástico reforzado con o sin ranura de acero ha sido desarrollado. Los brackets de plástico con ranura de acero son útiles como alternativa en casos de estética, sin embargo, es necesario que sean más grandes para que las aletas de unión tengan la resistencia adecuada.^(32,60)

2.4.5. BRACKETS DE CERÁMICA

Los brackets de cerámica se han convertido en una importante y a la vez problemática alternativa de la ortodoncia actual. Se obtienen por mecanizado a partir de óxido de aluminio monocristalino o policristalino y son inertes a los fluidos orales. Proveen una alternativa estética con la ventaja de resistir la decoloración, el desgaste y las tinciones al compararlos con los brackets de plástico. El óxido de aluminio o alúmina, se forma cuando el aluminio se une al acero para remover el oxígeno disuelto en el acero. En teoría, combinan las ventajas estéticas de los brackets de plástico y la fiabilidad de los brackets metálicos. Se pueden utilizar ligaduras de acero, siempre con mucho cuidado. Sin embargo, aunque estos brackets ofrecen una mayor estética, muchos profesionales se rehúsan a utilizarlos por sus tendencias a la fractura y a dañar el esmalte durante el descementado.^(10,26,30,32,37,45)

Los brackets cerámicos se fijan al esmalte por medio de dos mecanismos distintos: 1) retención mecánica a través de indentaciones y zonas retentivas en la base y 2) adhesión química con un agente de acoplamiento de silano. La fuerza de unión obtenida con los brackets cerámicos es, en parte, el resultado de la unión química entre la base cerámica y la resina adhesiva. Debido a la composición inerte del óxido de aluminio, la cohesión química entre la base

cerámica y la resina adhesiva es imposible. Por lo que un agente de acoplamiento de silano se utiliza como mediador químico. Recientemente se han desarrollado brackets cerámicos que incorporan agentes de acople de silano en sus diseños para mejorar la adhesión. Con la retención mecánica, la tensión que se ejerce en el descementado generalmente ocurre en la interfase adhesivo-bracket, mientras que con la adhesión química, debido a la resistencia adhesiva excesiva, las tensiones se desplazan a la interfase esmalte-adhesivo. Según O'Brien y cols., el sitio de ruptura y la cantidad de adhesivo remanente en el esmalte, no parece estar gobernado por las fuerzas de adhesión sino por el diseño de la base del bracket y el material adhesivo utilizado. ^(14,32,50)

Los adhesivos foto y quimiopolimerizables son más útiles para los brackets cerámicos. Los brackets precargados con pasta fotopolimerizada pueden aplicarse y presionarse firmemente a los dientes sobre la posición final aproximada. Luego se ajustan, se elimina el resto de adhesivo y se fotopolimerizan. Estos adhesivos incrementan el tiempo de trabajo y permiten que el exceso pueda ser removido antes del curado. ^(32,51,69)

Los brackets de cerámica pura disponibles en el mercado tienen una serie de inconvenientes:

1. La fricción entre el alambre de ortodoncia y los brackets cerámicos es mayor y menos predecible en comparación con los brackets metálicos. Por lo que se hace difícil determinar los niveles óptimos de fuerza y el control de anclaje.
2. No duran tanto como los de acero y son frágiles. Es posible que se rompan durante el tratamiento de ortodoncia.

3. Son más duros que los de acero y desgastan el esmalte de los dientes antagonistas.
4. Son más difíciles de descementar en comparación con los de acero. Las aletas se fracturan fácilmente durante este proceso.
5. La superficie es más áspera y porosa por lo que retienen más placa y causan tinciones en esa zona del esmalte.
6. Dificultan la higiene oral al ser más grandes.⁽³²⁾

2.4.6. BRACKETS METÁLICOS

Los brackets metálicos son los de mayor uso en la práctica de ortodoncia debido a sus ventajas mecánicas y clínicas, pero la falta de estética y su visibilidad pueden resultar inaceptables para algunos pacientes adultos, llevándolos a preferir un bracket que tenga el color de los dientes. Se fijan al esmalte mediante retención mecánica, fundamentalmente gracias a la malla de la base.^(10,32,34,41,52)

Desde la llegada del cementado al esmalte, se han diseñado varias bases para los brackets metálicos: de ellas, las bases con ranuras y de malla son las más populares. Es probable que la base del bracket no sea un factor crucial en lo que se refiere a la resistencia adhesiva. La base se debe diseñar siguiendo el contorno del tejido a lo largo del margen gingival, no debe ser más pequeña que las aletas del bracket para evitar el peligro de sufrir desmineralización en torno a la periferia.^(32,52)

2.5. DESCEMENTADO

El descementado tiene por objetivo retirar los accesorios y toda la resina adhesiva de la superficie de los dientes, y luego restaurar el esmalte para que sea prácticamente igual a como era antes del tratamiento, sin producir iatrogenia. Aunque muchos investigadores no han mostrado pérdida de esmalte durante el descementado, la mayoría de las técnicas han tenido como resultado algo de pérdida de esmalte. Una técnica común de descementado con los primeros sistemas adhesivos, los cuales tenían una fuerza de adhesión limitada, incluía la rotación del bracket con una pinza o alicate o haciendo palanca por los costados con un instrumento afilado. Muchas casas comerciales nos han provisto de una gran cantidad de instrumentos y nos los han recomendado para el descementado de brackets sin ningún tipo de descripción del efecto que éstos producen al esmalte. Mientras los sistemas adhesivos han mejorado y las fuerzas de adhesión han aumentado, se han diseñado instrumentos especiales para remover los brackets.^(9,32,36,45)

Todas las técnicas transmiten fuerza a la superficie del esmalte y tienen el potencial de causar daños permanentes en él. Adicionalmente el paciente puede sentir cierta molestia debido a las relativamente altas fuerzas necesarias para obtener la separación del bracket y si estos no son removidos con el arco aún colocado, pueden ser aspirados o deglutidos.^(9,15)

2.5.1. Procedimiento clínico

El procedimiento para el descementado de brackets puede dividirse en dos fases:

1. Retirada de los brackets.
2. Eliminación de los restos del adhesivo.⁽³²⁾

2.5.1.1. Retirada de los brackets metálicos

Se dispone de varias técnicas para retirar los brackets metálicos con alicates. El método original consiste en colocar las puntas del alicate de doble pico, en frente a los bordes distal y mesial de la base de adhesión, de manera de aislar el bracket entre el diente y la base. Una técnica más suave consiste en apretar las aletas del bracket en sentido mesiodistal con alicates como el Weingart o el Howe y despegarlo ejerciendo una fuerza de separación. Esto es muy útil cuando los dientes son frágiles, se mueven o presentan endodoncia.^(10,32)

Otro método emplea una fuerza de corte aplicada con las hojas afiladas de alicates diseñados para el despegado (Fig. 5).⁽¹⁵⁾



Figura 5. Descementado de brackets metálicos con alicates.⁽³²⁾

Otra técnica recomendada aplica una fuerza de separación que es la más eficaz para romper la unión adhesiva. Esta fuerza pretende distorsionar la base del bracket y crear una línea de fractura entre el mismo y el adhesivo. Cuando los brackets todavía están colocados y ligados, se pueden utilizar unos alicates Orthopli 095 y sujetar los brackets uno a uno, para quitarlos al tirar de ellos en un

ángulo de 45°. Se debe encajar el diente del alicate en la aleta gingival para poder sujetar bien el bracket. La fuerza de desprendimiento, produce la concentración de tensiones periféricas que hacen que los brackets metálicos se rompan empleando valores de fuerza bajos. Es probable que la ruptura se realice en la interfase bracket-adhesivo, quedando restos de adhesivo en el esmalte. ^(32,55)

También pueden utilizarse alicates de diseño especial para ejercer una fuerza de tipo tensil, que separa el bracket del diente, engancho un ala del bracket y afirmando el pico del instrumento contra el diente. Esta técnica deja prácticamente toda la resina sobre la superficie del esmalte, con una distorsión mínima del bracket. ⁽¹⁰⁾

Se ha intentado quitar brackets cortándolos (como ocurre con las bandas), pero puede ser una técnica traumática para el paciente y dañina para el esmalte. ^(32,55)

2.5.1.2. Retirada de los brackets de cerámica

Cuando aparecieron los brackets de cerámica, surgió un nuevo debate sobre la posibilidad de que éstos se fracturaran y se perdiera esmalte al retirarlos. Estos presentan el problema de que no se puede deformar su base y se rompen antes de doblarse, por lo que siempre se recomienda seguir las instrucciones del fabricante. Los diferentes tipos de brackets de cerámica reaccionan de manera distinta cuando son descementados, debido a las diferencias existentes en cuanto los mecanismos de fijación de los mismos. En general, el sitio de fractura depende del tipo de bracket utilizado, el tipo de adhesivo, el tipo de acondicionador de esmalte, factores que en muchas ocasiones están más allá del control del clínico. Los brackets de cerámica con retención mecánica causan

menos problemas a la hora de retirarlos que los brackets con retención química, por lo que es importante conocer la frecuencia, distribución y orientación normal de las grietas del esmalte en dientes jóvenes y viejos. Según Joseph y col., muchos brackets cerámicos muestran una superficie de descementado suave y brillante luego de que son removidos, lo cual podría sugerir que la unión de dichos brackets es química y no mecánica. Si el bracket se rompe durante el descementado, puede ser más seguro pulir los restos con una fresa de diamante. (10,11,32,40,55,57,74)

La remoción de la mayoría de los brackets de cerámica se logra con alicates especialmente diseñados, que aplican una fuerza de tensión o de cizallamiento a la superficie dental (Fig. 6). El método recomendado por los fabricantes del bracket de óxido de aluminio monocristalino, Inspire, es intentar remover el bracket en su totalidad utilizando un alicate plástico desechable. Aunque el alicate plástico permite aplicar una fuerza torsional sin fracturar el bracket, la fuerza necesaria es excesiva. Se deben eliminar los excesos de adhesivos antes del descementado para permitir un adecuado asentamiento del alicate. Los brackets cerámicos no se flexionan al apretarlos con alicates de descementado. Las pinzas trabajan aplicando una deformación del bracket, rompiendo la interfase bracket-adhesivo o causando un stress en el adhesivo, logrando una falla cohesiva en la resina. La técnica mecánica recomendada consiste en despegar los brackets aplicando una fuerza periférica, al igual que con los brackets metálicos. No se debe cortar el bracket ejerciendo una presión gradual con las puntas del alicate de doble pico orientadas mesiodistalmente junto a la interfase bracket-adhesivo, debido a que pueden aparecer fracturas horizontales en el esmalte. (11,26,32,51)



Figura 6. Descementado de brackets estéticos (Inspire Ice,Ormco).⁽²⁶⁾

El método de descementado está directamente relacionado a la molestia por parte del paciente. Según Odegaard, si se realiza un rápido movimiento circular en el plano inclinado, el bracket se despegará y el paciente no se quejará de dolor. Si la fuerza es aplicada lentamente, el paciente se quejará de dolor requiriendo en muchos casos la suspensión del descementado. Swartz, citado por Bishara y cols., recomienda descementar brackets cerámicos con instrumentos de bordes afilados colocados en la interfase esmalte-adhesivo y hacer una fuerza lenta y gradual de "pellizco", hasta que ocurra la separación.^(11,51)

Sinha y Nanda, opinan que esta técnica puede ser un método económico y seguro de descementado para brackets cerámicos comparado con aquellos que requieren de equipo adicional, como laser o calor.⁽⁶⁵⁾

Los brackets cerámicos actuales tienen una base de fijación mecánica y una ranura vertical que lo divide al apretarlo. Se utilizan alicates para aplicar fuerzas en sentido mesiodistal sobre las aletas del bracket, haciendo que éstos se plieguen en la línea vertical. Dicha separación ocurre en la interfase bracket-adhesivo y el riesgo de originar fracturas en el esmalte es bajo. La técnica recomendada para brackets policristalinos con ranura vertical, es comprimirlo mesiodistalmente para que se fracture a dicho nivel. Aunque esta técnica resulta

muchas veces en una separación limpia del bracket al adhesivo, podría causar fractura de las aletas, dejando la base del bracket unida al esmalte. ^(10,26,32)

Cuando se realiza el desbastado a baja velocidad de los brackets de cerámica sin refrigeración con agua, pueden aparecer daños permanentes o necrosis en la pulpa dentaria. Por lo tanto, es necesaria la irrigación con abundante agua en las zonas que se van a desbastar. Se deben proteger los ojos y utilizar una succión de alta potencia para evitar que se dispersen partículas de cerámica por el campo de trabajo. ^(32,75)

El descementado térmico y el uso de ultrasonido y láseres pueden ser menos traumáticos, reduciendo el riesgo de causar daños en el esmalte. ^(10,32)

Poco tiempo después de la aparición de los brackets cerámicos, comenzaron a publicarse informes sobre daños producidos en el esmalte luego del descementado. Se han reportado fracturas en el esmalte como complicación del proceso de descementado de brackets cerámicos. Por lo tanto el daño potencial al diente es la mayor preocupación de los profesionales que utilizan brackets cerámicos. ^(11,55)

2.5.1.3 Eliminación de los restos de adhesivo

La eliminación de los restos del adhesivo de la superficie del esmalte es un factor importante para los profesionales. No es fácil eliminar totalmente los restos de adhesivos debido a la similitud en el color de los adhesivos actuales y del esmalte, motivo por el cual se dejan restos de resina en muchos pacientes y al cabo de cierto tiempo, estos restos de resina suelen decolorarse y resultan antiestéticos. ^(25,32)

El exceso de adhesivo puede eliminarse con instrumentos manuales o rotatorios abrasivos. Respectivamente, 1) raspando con una banda afilada, con alicates para quitar brackets o con un raspador o 2) con una fresa adecuada y un contraángulo con suficiente refrigeración. El primer método es rápido y suele tener éxito en el caso de dientes curvos (premolares, caninos), teniendo resultados pobres en dientes anteriores planos. También se corre el riesgo de provocar rayas y marcas notables.^(32,79)

Una mejor alternativa consiste en utilizar una fresa de carburo de tungsteno cónica con extremo curvo (#1171 o # 1172) y una pieza de mano con contraángulo. La experiencia clínica y los estudios de laboratorio señalan que se requieren de aproximadamente de 30.000 rpm de velocidad óptima para eliminar rápidamente el adhesivo sin dañar el esmalte. Se deben realizar ligeros movimientos de pincelado para que la fresa no raye el esmalte (Fig.7). En el momento de eliminar los últimos restos de adhesivo no se recomienda utilizar la refrigeración con agua, ya que ésta disminuye el contraste con el esmalte. Se pueden utilizar fresas de carburo tungsteno con forma aflautada y fina a velocidades superiores a las 30.000 rpm, para eliminar restos más grandes de adhesivo, aunque no es recomendable utilizarlas muy cerca del esmalte debido al riesgo de alterar el color de la superficie. Las fresas de diamante ultrafinas de turbina también pueden rayar la superficie de manera considerable. Con una velocidad inferior a 10.000 rpm, la técnica no es eficaz y al producirse un aumento en la vibración de la fresa puede haber incomodidad para el paciente.^(21,32,38,82)



Figura 7. Eliminación de los restos del adhesivo con fresas de carburo de tungsteno. ⁽³²⁾

Luego de que se elimina todo el adhesivo, se puede pulir la superficie del diente con piedra pómez o pasta profiláctica. Sin embargo, debido al desgaste normal que sufre el esmalte, este paso puede ser opcional. ^(21,32)

2.5.2. Influencia sobre el esmalte de distintos tipos de instrumentos para descementado

Zachirsson y Artun compararon los distintos instrumentos que se utilizan en las técnicas de descementado y establecieron el grado de desgaste que provocaban en la superficie de los dientes permanentes jóvenes, mediante la propuesta de un índice (con cinco niveles, del 0 al 4) para clasificar la superficie del esmalte según su aspecto, utilizando la microscopia electrónica de barrido sobre réplicas y el pulido paso por paso. ^(32,82)

El estudio demostró que 1) los instrumentos de diamante no deben utilizarse (nivel 4), incluso las fresas de diamante de grano fino producen rayas gruesas que crean una apariencia muy desgastada; 2) las ruedas de goma verde y los discos de lija de grano medio producen algunos arañazos similares (nivel 3),

que no se pueden pulir; 3) los discos de lija de grano fino pueden producir algunas rayas considerables y algunos incluso más profundos, haciendo que el diente tenga una apariencia de adulto (nivel 2); 4) las fresas de carburo de tungsteno aflautadas, en forma de espiral y de corte simple utilizadas a 25.000 rpm fueron los únicos instrumentos que lograron una apariencia satisfactoria (nivel 1); por último, 5) ninguno de los instrumentos evaluados logró un nivel 0 (periquimatas intactas).^(32,82)

Las fresas de carburo de tungsteno producen un patrón de rayas finas, con muy poca pérdida de esmalte y tienen mayor capacidad para llegar a las zonas difíciles: fosas, fisuras y alrededor del margen gingival. Para mejores resultados la fresa debe reemplazarse cada vez que se desgasta.^(32,82)

Las fresas de carburo de tungsteno ovaladas son útiles para eliminar los restos de adhesivo luego de retirar los retenedores y brackets de las caras linguales de los dientes.^(32,82)

2.5.3. Cantidad de esmalte que se pierde en el descementado

Se han sugerido tres métodos para medir de manera cualitativa y cuantitativa, la cantidad de esmalte que se pierde en el descementado: 1) Estudiar directamente el patrón de la periquimatas en la superficie dental; 2) utilizar un marcador metálico insertado en la superficie del esmalte como punto de referencia y 3) tomar impresiones y modelos de la superficie del esmalte antes del cementado y después del descementado de brackets y evaluar la pérdida de esmalte con un microscopio electrónico de escaneo. Existe controversia en cuanto a la cantidad exacta de esmalte que normalmente se pierde al adherir y retirar los brackets, la cual está relacionada con varios factores, que incluyen el

instrumental que se emplea para la profilaxis y el descementado, así como el tipo de resina adhesiva empleada. (27,32,45,56,71,73,82)

Una profilaxis inicial con un cepillo suave entre 10 y 15 segundos por diente, puede erosionar y eliminar hasta 10 μm de esmalte. En cambio, con una copa de goma sólo se pierden 5 μm en una profilaxis. Según Pus y Way y otros autores, un cepillo de profilaxis puede remover esmalte de 2 a 4 veces más que una copa de goma. (32,56,71)

La limpieza de las resinas sin relleno suele causar una pérdida de entre 5 y 8 μm de esmalte. Este procedimiento no se debe realizar con instrumental de mano. Dependiendo del instrumental utilizado para la profilaxis, la pérdida total de esmalte varía entre 2 y 40 μm para las resinas sin relleno. (32,56,71)

Para eliminar las resinas con relleno se debe utilizar instrumental rotatorio. La pérdida de esmalte varía entre 10 y 25 μm . Según Pus y Way, la fresa de alta velocidad y la rueda de goma verde eliminan unos 20 μm aproximadamente y la fresa de carburo de tungsteno a baja velocidad elimina unos 10 μm de esmalte. A partir de mediciones micrométricas in vitro, se ha encontrado que la pérdida total de esmalte para las resinas con relleno se encuentra entre 30 y 60 μm , dependiendo del instrumental empleado para la profilaxis y el descementado. También se han encontrado casos de desprendimientos adicionales en el esmalte con una profundidad de hasta 100 μm y una pérdida localizada de esmalte con un rango de 150 μm y 160 μm . Otros autores, sin embargo, han sugerido que la pérdida total de esmalte es menor a 5 μm , debido a la presencia de crestas de periquimatas en una gran parte de la superficie del esmalte luego del descementado. Estudios previos relacionados a la altura de las crestas de periquimatas han mostrado una medida aproximada de 5 μm , por lo que su

presencia luego del descementado y limpieza del esmalte, llevan a la conclusión de que virtualmente no hubo pérdida de esmalte. Estos reportes sugieren que hay una gran diferencia de opiniones en cuanto a la cantidad de esmalte que se pierde luego del descementado y cuestiona la validez de las técnicas de medición utilizadas. ^(27,32,56,82)

Van Waes y cols. luego de utilizar un escáner tridimensional computarizado por toda la superficie del diente, confirmaron que la pérdida de esmalte es más limitada cuando se utilizan con cuidado fresas de carburo de tungsteno. La pérdida promedio de esmalte era de sólo 7,4 μm y concluyeron que la utilización cuidadosa de la fresa de carburo de tungsteno para la eliminación de la resina compuesta residual, conlleva a un daño mínimo al esmalte. ^(32,73,82)

Fitzpatrick y Way encontraron una pérdida de esmalte durante el descementado de brackets de 55.6 μm . Desde un punto de vista, la pérdida de esmalte no es significativa para el grosor total del esmalte, ya que las superficies a las que se han adherido los brackets tienen un grosor de entre 1500 y 2000 μm . Aun así, puede ser dañino eliminar la capa de 20 μm más externa del esmalte (que es particularmente resistente a las caries y rica en flúor). ^(29,32,45)

2.5.4. Desprendimientos del esmalte

En la adhesión directa de aditamentos ortodónticos al esmalte, las microporosidades creadas por el grabado ácido se llenan de resina, provocando una retención mecánica. Se ha descubierto que al adherir y descementar brackets de metal y cerámica, se producen desprendimientos del esmalte. Cuando la fuerza necesaria para retirar un bracket excede la fuerza cohesiva del esmalte o del mismo bracket, ocurrirá una fractura o del esmalte o del bracket. Estos

desprendimientos pueden estar asociados al tipo de partículas de relleno de la resina adhesiva utilizada para la adhesión y al punto en el que se produce la ruptura de la unión. Existe una diferencia en la apariencia de la superficie de los dientes tras descementar con alicates brackets metálicos fijados con adhesivos de macrorelleno (10 a 30 μm) o de microrelleno (0,2 a 0,3 μm). Estos resultados concuerdan con aquellos encontrados por Gwinnett y Gorelick.^(5,27,29,32,36,57)

Es posible que las pequeñas partículas de relleno penetren más profundamente en el esmalte grabado que los macrorellenos y luego, en el descementado, las pequeñas partículas de relleno refuerzan las prolongaciones adhesivas. En cambio, los macrorrellenos crean un punto de ruptura más natural en la interfase esmalte-adhesivo. Sin embargo, las resinas sin relleno no poseen un punto de ruptura natural.⁽³²⁾

Los brackets de cerámica con retención química causan mayores daños en el esmalte que los de retención mecánica. Esto probablemente se debe a que la adhesión se rompe en la interfase esmalte-adhesivo en vez de en la interfase adhesivo-bracket. El daño en el esmalte puede llevar a una estética pobre, un tratamiento costoso y el compromiso a largo plazo del diente afectado.^(6,9,32,57)

Un adecuado manejo clínico consiste en 1) utilizar brackets con retención mecánica, e instrumentos y técnicas de descementado que dejen toda o la mayoría de la resina compuesta en el diente y 2) evitar el raspado de los restos del adhesivo con instrumental de mano.⁽³²⁾

2.5.5. Grietas del esmalte

La probabilidad de daño a la superficie del diente será mayor si la integridad de la estructura dental ya se encuentra comprometida por la presencia

de defectos del desarrollo, grietas, restauraciones grandes o en caso de dientes no vitales. Las grietas del esmalte son comunes en forma de líneas de fisura, pero con frecuencia los profesionales las pasan por alto durante el examen clínico, ya que si no se utiliza una técnica especial es muy difícil distinguirlas. Estas pueden aparecer en las fotografías intraorales de rutina, haciendo sombras con el dedo utilizando una buena luz o, preferiblemente, con transiluminación mediante fibra óptica para tomar una buena impresión de la grieta. Las grietas se originan por causas muy diversas, entre las cuales resaltan distintas formas de agresión mecánica y térmica que pueden fracturar la capa de esmalte tras la erupción, debido a la diferencia significativa en la rigidez entre el esmalte y la dentina.

(15,32,83)

Por otro lado, el sonido agudo que se escucha algunas veces al retirar con alicates los brackets adheridos puede asociarse con la creación de grietas en el esmalte. Zachrisson y cols., evaluaron la incidencia de grietas en dientes tras el descementado, desbandado y que no se han tratado ortodóncicamente mediante una técnica con luz de fibra óptica. Los investigadores examinaron más de 3.000 dientes en 135 adolescentes y describieron la prevalencia de grietas, su distribución en la superficie del diente y el tipo (pronunciadas frente a leves, horizontales frente a verticales). Concluyeron que 1) las grietas verticales eran comunes (más del 50% de los dientes estudiados tenía ese tipo de grietas), aunque habían variaciones de un caso a otro; 2) las grietas horizontales y oblicuas no eran comunes; 3) no hubo diferencia entre los tres grupos estudiados en relación con la prevalencia y localización de las grietas, y 4) las grietas más notables (fracturas invisibles que se aprecian con la iluminación normal de la clínica) se dan mayormente en los incisivos centrales y caninos superiores. (32,82,83)

Por lo tanto, si un ortodoncista 1) observa varias grietas diferentes en el esmalte de un paciente tras el descementado, sobre todo en dientes que no sean caninos e incisivos centrales superiores o 2) detecta mayores grietas con una dirección horizontal, significa que hay que mejorar la técnica de adhesión o descementado. Al utilizar brackets de cerámica hay más riesgo de producir grietas en el esmalte que con los brackets de metal, debido a la falta de ductibilidad que puede generar tensiones en la interfase esmalte-adhesivo, produciendo grietas en el esmalte durante el descementado. ^(6,32)

Es necesario examinar las grietas antes del tratamiento y notificar al paciente y a los padres, debido a que los pacientes suelen inspeccionar la zona una vez que se retira el aparato y pueden detectar grietas que ya existían antes del tratamiento y de las que no tenían conocimiento, por lo que podrían adjudicarle al ortodoncista las causas de dichas grietas. ⁽³²⁾

2.5.6. Desgaste de los restos de adhesivo

Es muy frecuente encontrar adhesivo en las superficies dentales, incluso después de haber intentado su eliminación con instrumental mecánico, debido a la similitud con el color de los dientes, sobre todo cuando están humedecidos. En otros casos, el adhesivo se ha dejado a propósito, considerando que desaparecerá con el tiempo. Esto depende del tamaño, tipo y cantidad de rellenos de refuerzo que contenga el adhesivo. Según Zachrisson, la eliminación de los restos de adhesivo remanente en la superficie dental con una fresa de carburo de tungsteno, logran una apariencia normal del esmalte. Cuando se han dejado cantidades variables de adhesivo a propósito en los dientes que se consideraban que iban a estar más expuestos a las fuerzas del cepillado (como el canino

superior izquierdo y uno de los dientes adyacentes), se descubrió al cabo de 12 meses la abrasión era casi insignificante en términos clínicos. Sólo pudo observarse una reducción en el tamaño de la película residual del adhesivo. (16,27,32,36,79)

Sin embargo, Gwinnett y Ceen señalan que pequeños restos de sellador sin relleno no predisponen a la acumulación de placa y desaparecen al cabo de un tiempo. Estos hallazgos no pueden aplicarse automáticamente a los distintos tipos de adhesivos con relleno, ya que muchos tienen resistencia al desgaste y acumulan placa más fácilmente. Las capas extremadamente finas de adhesivo no deberían suponer un problema estético o de otro tipo, ya que si llegan a ocurrir cambios de color probablemente sean imperceptibles. En muchos casos, sellar las irregularidades de la superficies, como huecos y surcos, puede ser útil para proteger contra la desmineralización. No obstante, Brobakken y Zachrisson, no creen que el adhesivo residual con relleno desaparecerá rápidamente por sí solo tras el descementado, por lo que es un acto irresponsable dejar grandes acumulaciones de adhesivo. (16,32,35)

2.5.7. Resistencia al cizallamiento o corte

Se utiliza para la evaluación de la unión de dos biomateriales, como por ejemplo, la porcelana sobre un metal o la unión de un composite a esmalte grabado o sin grabar y con agentes adhesivos o no. Existen otras formas de evaluación de la resistencia de los materiales, como lo son la tensión o tracción y la torsión (Fig.8). (66)

La fractura adhesiva se refiere al despegue de un adhesivo o material adhesivo de una superficie que queda limpia de residuos. La fractura cohesiva en

cambio, ocurre en el cuerpo del adhesivo o del material adhesivo, por lo que quedarán residuos en, al menos una de las superficies adherentes. ⁽⁶⁶⁾

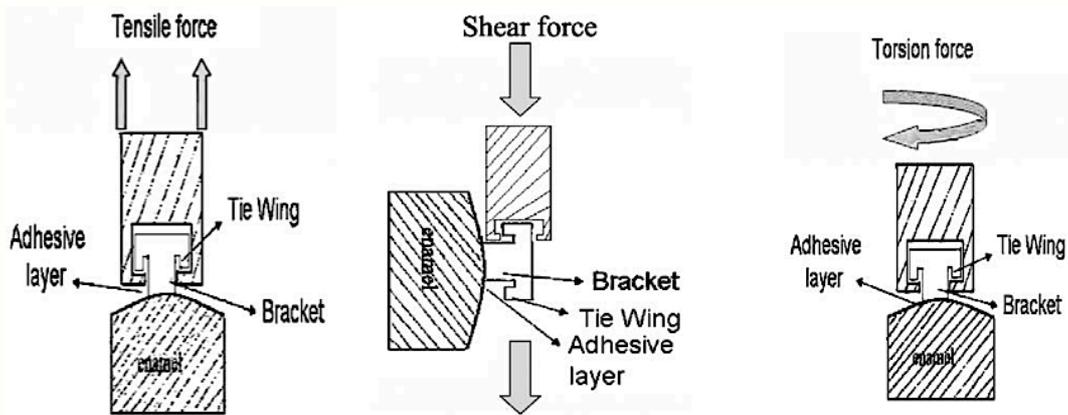


Figura 8. Diferentes modos de descementado de brackets. ⁽²⁴⁾

2.6. INDICE DE ADHESIVO REMANENTE (ARI)

El índice de adhesivo remanente o Adhesive Remnant Index (ARI), es un sistema utilizado para evaluar la cantidad de adhesivo que queda en la superficie del esmalte dental luego de que se descementa un bracket (Fig. 9). Provee un rango de puntuación y no valores numéricos. Es simple y no necesita un equipo especial. Este índice fue desarrollado por Artun y Bergland en base a un estudio piloto de 20 dientes extraídos y los criterios son los siguientes: ^(4,46,49)

- Puntuación 0: No hay adhesivo remanente en el diente.
- Puntuación 1: Menos de la mitad del adhesivo permanece aún en el diente.
- Puntuación 2: Más de la mitad del adhesivo permanece aún en el diente.
- Puntuación 3: Todo el adhesivo permanece en el diente y se observan distintas impresiones de la malla del bracket. ^(4,46)
-

Según Artun y Berglan, el índice de adhesivo remanente puede ser un sistema de evaluación bastante subjetivo, sin embargo, opinan que obtuvieron índices y valores similares a los que han sido utilizados por otros investigadores. A través de los años, el ARI ha sido uno de los aspectos más evaluados en los estudios de adhesivos ortodónticos. ⁽⁴⁾

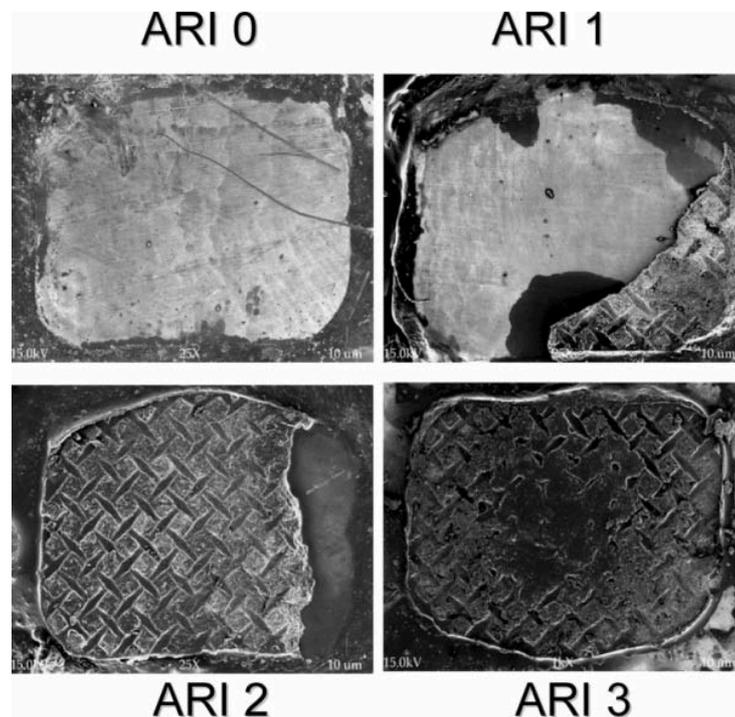


Figura 9. Índice de Adhesivo Remanente. ARI 0: No hay adhesivo remanente en el diente. ARI 1: Menos de la mitad del adhesivo permanece aún en el diente. ARI 2: Más de la mitad del adhesivo permanece aún en el diente. ARI 3: Todo el adhesivo permanece en el diente y se observan distintas impresiones de la malla del bracket. ⁽⁴⁶⁾

3. JUSTIFICACIÓN

La ortodoncia es una especialidad de la odontología que con el pasar de los años ha aumentado su popularidad. Hemos pasado desde tratamientos que utilizaban brackets soldados a bandas hasta la adhesión directa al esmalte; desde brackets metálicos, pasando por brackets plásticos, hasta brackets cerámicos; desde brackets con diferentes números de aletas y diferentes tamaños hasta brackets linguales, todo esto para buscar desde un principio la mayor estética y la mayor comodidad para el paciente. A esto se le suma la creciente población adulta que acude a nuestras consultas buscando una solución cada vez menos visible a su motivo de consulta.

Todo esto nos lleva a tomar conciencia de la importancia que le da el ser humano a verse y sentirse bien en una sociedad en la que buscan ser aceptados. Además debemos considerar que nosotros como ortodoncistas, en primer lugar hacemos un grabado ácido al esmalte en el que ya modificamos su integridad, luego le adherimos aditamentos por medio de agentes que crean una unión temporal a éste y por último utilizamos mecanismos que transmiten tensiones a la superficie dental para retirar la aparatología; por lo tanto, debemos asumir el compromiso de realizar los procedimientos antes mencionados con responsabilidad y sustento científico, asegurando que el esmalte dental de nuestros pacientes al finalizar el tratamiento, tenga una apariencia lo más similar a la que tenía al principio. Con tal fin se han creado diferentes principios o medios de enlace al esmalte, diferentes tipos de bases de brackets tanto metálicos como cerámicos, buscando disminuir el daño al esmalte durante el descementado; uno

de ellos implicó el diseño de brackets cerámicos con retención mecánica, buscando un parecido con el método de retención de los brackets metálicos.

Es importante conocer y comparar de manera científica el comportamiento de ambos tipos de brackets con el mismo método de retención, como búsqueda de una alternativa estética al método de retención químico al esmalte, en un intento de reducir los posibles daños al esmalte y facilitar el descementado.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar y comparar el comportamiento de brackets metálicos y brackets cerámicos con retención mecánica tras el descementado.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el nivel de fuerza necesario para descementar brackets metálicos (Elite Opti-MIM Low Profile set, slot 0.022", Ortho Organizers).
- Determinar la cantidad de adhesivo remanente en el esmalte dental, luego del descementado de brackets metálicos y el sitio de fractura (Elite Opti-MIM Low Profile set, slot 0.022", Ortho Organizers).
- Determinar la cantidad de esmalte perdido luego del descementado y posterior eliminación de los restos del adhesivo para brackets metálicos (Elite Opti-MIM Low Profile set, slot 0.022", Ortho Organizers).
- Determinar el nivel de fuerza necesario para descementar brackets cerámicos con retención mecánica (Illusion Plus, slot 0.022", Ortho Organizers).
- Determinar la cantidad de adhesivo remanente en el esmalte dental, luego del descementado de brackets cerámicos con retención mecánica y el sitio de fractura (Illusion Plus, slot 0.022", Ortho Organizers).

- Determinar la cantidad de esmalte perdido luego del descementado y posterior eliminación de los restos del adhesivo para brackets cerámicos con retención mecánica (Illusion Plus, slot 0.022", Ortho Organizers).
- Comparar los resultados obtenidos entre brackets metálicos (Elite Opti-MIM Low Profile set, slot 0.022", Ortho Organizers) y brackets cerámicos con retención mecánica (Illusion Plus, slot 0.022", Ortho Organizers).

5. HIPÓTESIS

Existen diferencias significativas en el comportamiento de los brackets metálicos y brackets cerámicos con retención mecánica, en cuanto a niveles de fuerza para el descementado, cantidad de adhesivo remanente en el esmalte dental, el sitio de fractura del adhesivo y la cantidad de pérdida de esmalte.

6. MATERIALES Y METODOS

6.1. DISEÑO DEL ESTUDIO

Se realizó un estudio comparativo y experimental para evaluar el comportamiento de brackets metálicos y brackets cerámicos con retención mecánica, luego del descementado

6.2. MUESTRA

La muestra estuvo comprendida por 30 dientes premolares humanos que fueron extraídos por indicación terapéutica, dividida en 2 grupos de 15 dientes. Al primer grupo (Grupo 1) se les cementaron brackets metálicos (Elite Opti-MIM Low Profile set, slot 0.022", Ortho Organizers), al segundo grupo (Grupo 2) se les cementaron brackets cerámicos con retención mecánica (Illusion Plus, slot 0.022", Ortho Organizers).

6.2.1 Criterios de inclusión:

- Dientes premolares de pacientes que acuden a la consulta odontológica de la Facultad de Odontología de la Universidad San Francisco de Quito.
- Dientes premolares de pacientes masculinos y femeninos sin límites de edad.

- Dientes premolares extraídos por indicación terapéutica, sean maxilares o mandibulares.
- Dientes premolares diagnosticados para ser extraídos cuyas coronas estén intactas, esmalte en buen estado, sin anomalías del desarrollo y que no posean restauraciones metálicas o resinas.

6.2.2. Criterios de exclusión:

- Dientes con fracturas de esmalte, caries, anomalías del desarrollo o que posean restauraciones metálicas o plásticas

6.3. METODOLOGÍA:

El estudio se realizó en premolares extraídos por indicación terapéutica. Luego de extraídos, para evitar la deshidratación, los dientes fueron colocados en una solución de suero fisiológico, la cual fue cambiada una vez por semana para evitar el crecimiento bacteriano. Se cortaron las raíces a nivel del límite amelocementario de cada diente con un disco de diamante y cada corona fue colocada en un envase de caucho con acrílico en su interior, de manera de que sólo la cara vestibular no quedara sumergida en el acrílico y estuviese paralela al borde inferior del envase de acrílico (Fig. 10)

Los envases de acrílico se realizaron de 1 cm de altura, utilizando un molde de caucho, con la intención de estandarizar las muestras y poder medir la cara vestibular que no quedó sumergida. Cuando se habla de ancho vestibulolingual

de las muestras en este estudio, se refiere al ancho desde el borde inferior de la base acrílica, hasta la parte mas superior de la cara vestibular del diente. (Fig. 11).



Figura 10. Moldes de caucho y las coronas cortadas por el limite amelocementario.

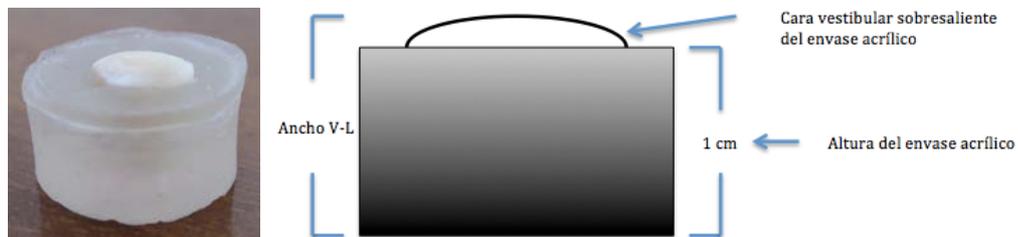


Figura 11. Envase acrílico de 1 cm donde se sumergieron las coronas de los dientes.

Se dividieron los 30 dientes en 2 grupos (Grupo 1 y Grupo 2). Los dientes del Grupo 1, fueron marcados con numeros en color azul en la base acrílica (1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17) y se les colocaron brackets metálicos. Los dientes del Grupo 2, fueron marcados con números en color rojo en la base acrílica (3, 4, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30) y se les colocaron brackets cerámicos con retención mecánica (Fig. 12). Antes de cementar los brackets, los dientes en estudio se limpiaron por 15 segundos con piedra pómez con copa de caucho (Fig. 13). Se evaluó el espesor de la cara vestibular de cada diente con un micrómetro (Marathon Electronic Digital Micrometer), desde la base

del recipiente acrílico hasta un punto dibujado con lápiz en el centro de la cara vestibular (Fig. 14). Las mediciones se hicieron 3 veces y se tomó un promedio debido a la sensibilidad del micrómetro. Cada una de esas 3 mediciones para obtener un promedio se realizaron, antes del cementado de los brackets (Tabla 1) y luego del descementado (Tabla 3) y posterior eliminación de los restos del adhesivo, para cuantificar la cantidad de adhesivo remanente en el esmalte (Tablas 4 y 5), el sitio de fractura del adhesivo (Tabla 6), la pérdida de esmalte luego del descementado de los brackets (Tabla 7), para poder comparar los resultados entre brackets metálicos (Elite Opti-MIM Low Profile set, slot 0.022", Ortho Organizers) y cerámicos con retención mecánica (Illusion Plus, slot 0.022", Ortho Organizers).



Figura 12. Grupo 1 (brackets metálicos) en azul y Grupo 2 (brackets cerámicos) en rojo, marcados en la base.



Figura 13. Limpieza de la cara vestibular de los dientes con piedra pómez.



Figura 14. Marca para medir el ancho vestibulolingual y Micrómetro digital.

Se colocó en el extremo del medidor del micrómetro, una punta de jeringa adaptada para que el micrómetro estuviese calibrado y se pudieran realizar mediciones más exactas del punto dibujado con lápiz en el esmalte de los dientes (Fig. 15 y 16). La punta de la jeringa fue cementada con pega “Super Bondex”, siguiendo las instrucciones del fabricante.



Figura 15. Punta de jeringa adaptada para el Micrómetro Digital.



Figura 16. Medición del ancho vestibulolingual con el Micrómetro

El proceso de cementado de los brackets fue igual tanto para los brackets metálicos, como para los brackets cerámicos. En primer lugar se realizó el grabado ácido de las superficies vestibulares con ácido fosfórico al 37% (Etching agent, MINI Illuminate, Ortho Organizers) por 15 segundos, siguiendo las instrucciones del fabricante. Luego los dientes fueron rociados con agua por 30 segundos para eliminar el ácido y posteriormente secados con aire por 30 segundos más. Se les aplicó una delgada capa del sistema adhesivo en la superficie del esmalte (MINI Illuminate Bonding Resin, Ortho Organizers), luego se aplicó un ligero chorro de aire. El sistema adhesivo también se aplicó en la base del bracket. Posteriormente se aplicó la resina adhesiva (MINI Illuminate Adhesive Paste, Ortho Organizers) en la base del bracket y se colocaron en el centro de la corona (marca con lápiz) de cada premolar, presionándolos firmemente. Se eliminaron los excesos y se fotocuraron por 30 segundos los brackets metálicos (Elite Opti-MIM Low Profile set, slot 0.022", Ortho Organizers) y 15 segundos para los brackets cerámicos con retención mecánica (Illusion Plus, slot 0.022", Ortho Organizers), con una lámpara de fotocurado LED (Coltolux LED, Coltene Whaledent) a 5 mm de distancia (Fig 17 a 23).



Figura 17. Sistema adhesivo fotocurado MINI Illuminate Adhesive Paste, Ortho Organizers.



Figura 18. Colocación del ácido y lavado con la jeringa triple.



Figura 19. Colocación del adhesivo en el esmalte y en la base del bracket.



Figura 20. Brackets utilizados en el estudio (Elite Opti-MIM Low Profile set, slot 0.022" y Ortho Organizers, Illusion Plus, slot 0.022", Ortho Organizers).



Figura 21. Colocación de la resina en la base del bracket y colocación del bracket sobre el diente con la pinza portabacket.



Figura 22. Presión del bracket y eliminación de los excesos del adhesivo.



Figura 23. Fotocurado y bracket cementado.

No se han encontrado diferencias significativas en la fuerza de adhesión de brackets, ni en los registros de ARI, entre las lamparas LED de baja irradiación y las halógenas convencionales. ⁽³³⁾

Los dientes se colocaron en agua destilada en una estufa a 37°C para simular la temperatura de la cavidad oral por 48 horas. Luego de este tiempo, se realizó el descementado de los brackets utilizando dos ligaduras metálicas entorchadas dos veces sobre sí para aumentar su resistencia y con una longitud de 10 cm, para tratar de estandarizar el sistema.

La primera ligadura se amarró al bracket por debajo de las aletas y la segunda ligadura se amarró a la base del recipiente acrílico por medio de un canal previamente elaborado con un disco de diamante a 2 mm de distancia del borde superior de dicho recipiente, con la intención de disminuir en lo posible el momento entre ambas ligaduras (Fig. 24), las cuales se fijaron a los brazos de una máquina de ensayos universales (MTS, modelo T-5002), facilitada por la Facultad de Ingeniería de la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE), ubicada en el Valle de los Chillos, en Sangolquí, Ecuador (Fig. 25).

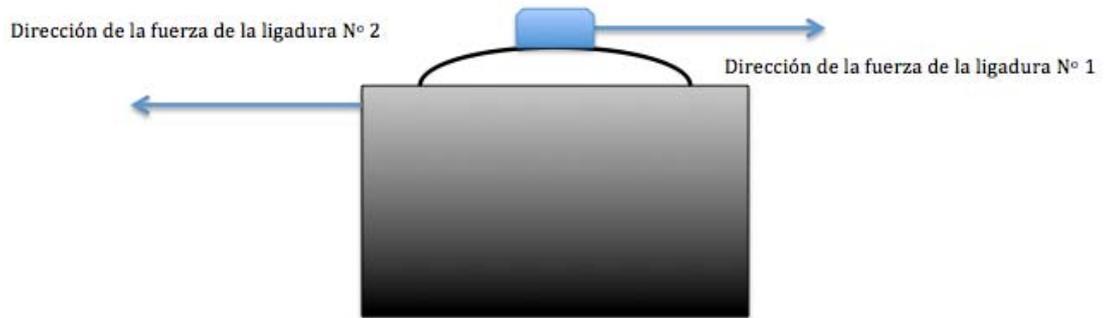


Figura 24. Ligaduras N° 1 y 2 en el sistema de fuerzas.



Figura 25. Máquina de ensayos universales (MTS, modelo T-5002).

Los brazos de la máquina aplicaron una fuerza de separación a una velocidad de 0.1 mm por segundo hasta que se lograra el descementado de los brackets (Fig. 26). Los resultados fueron obtenidos en Newtons (N) y posteriormente fueron transformados a MPa. (Tabla 2)



Figura 26. Muestras durante la prueba de cizallamiento y luego de descementados los brackets.

Se tomaron impresiones con material liviano y pesado de silicona por adición (Exaflex, GC America) de cuatro muestras tomadas al azar; dos de ellas del grupo 1 (dientes número 1 y 2) y dos muestras del grupo 2 (dientes número 3 y 4), con la intención de observarlas al microscópio electrónico de barrido, sin dañar los dientes y evaluar la cantidad de adhesivo que quedó en la superficie del esmalte luego del descementado (Fig. 27). El resto de las muestras fueron evaluadas a simple vista. Todas las muestras fueron evaluadas utilizando el Índice de Adhesivo Remanente (ARI). El ARI también se utilizó con el propósito de definir el sitio de falla del cementado entre el esmalte, el adhesivo y la base del bracket.

Todas las muestras fueron medidas con el micrómetro luego del descementado de los brackets, para evaluar en micras la cantidad de adhesivo que quedaba remanente en el esmalte. Para tal fin se restaron las mediciones antes del cementado y aquellas luego del descementado (Tablas 1 y 3).



Figura 27. Toma de impresión de las muestras que se evaluaron al microscopio electrónico de barrido.

Las muestras seleccionadas fueron observadas en el Microscopio electrónico de barrido (Hitachi modelo S-2400) del centro de microscopía electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela (Fig. 28).



Figura 28. Microscopio electrónico de barrido (Hitachi modelo S-2400).

Para hacer que las muestras fueran conductoras de electricidad y poder ser observadas en el Microscopio electrónico de barrido se utilizó el recubrimiento metálico de oro y paladio de 10 μm de grosor (Fig. 29).



Figura 29. Recubrimiento metálico de las muestras.

Las muestras fueron observadas a una distancia de 12 mm y a un voltaje de aceleración de 20 Kv.

Luego de la observación al Microscopio electrónico de barrido, se eliminaron cuidadosamente los excesos de adhesivo con fresas de carburo de tungsteno cónica con extremo curvo (#1171) a alta velocidad y enfriamiento.

Finalmente se analizó el espesor del esmalte de los dientes con el micrómetro luego de la eliminación de los restos del adhesivo utilizando el micrómetro y los resultados fueron comparados con los datos obtenidos al principio.

6.4 RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 1. Medición del ancho vestibulolingual de los dientes antes del cementado de los brackets con el micrómetro (μm)

Grupo 1	Ancho V-L antes del cementado	Grupo 2	Ancho V-L antes del cementado
1	11.188 μm	3	13.134 μm
2	12.366 μm	4	11.915 μm
5	11.947 μm	18	11.636 μm
6	12.785 μm	19	11.868 μm
7	11.837 μm	20	12.720 μm
8	12.818 μm	21	12.134 μm
9	11.910 μm	22	12.772 μm
10	11.655 μm	23	11.030 μm
11	11.766 μm	24	11.810 μm
12	12.035 μm	25	13.013 μm
13	12.680 μm	26	11.419 μm
14	11.800 μm	27	12.328 μm
15	11.878 μm	28	12.770 μm
16	12.480 μm	29	12.243 μm
17	12.642 μm	30	11.800 μm

Tabla 2. Evaluación de la fuerza de cizallamiento de los brackets metálicos y cerámicos con la Máquina de ensayos universales (N)

Grupo 1	Fuerza (N)	Grupo 2	Fuerza (N)
1	33	3	52
2	60	4	50
5	20	18	67
6	46	19	40
7	36	20	56
8	73	21	44
9	67	22	53
10	46	23	52
11	52	24	69
12	68	25	96
13	54	26	57
14	58	27	44
15	39	28	62
16	42	29	74
17	50	30	47

Tabla 3. Medición del ancho vestibulolingual de los dientes luego del descementado de los brackets con el micrómetro (μm)

Grupo 1	Ancho V-L luego del descementado	Grupo 2	Ancho V-L luego del descementado
1	11.415 μm	3	13.196 μm
2	12.600 μm	4	11.940 μm
5	12.276 μm	18	11.654 μm
6	12.809 μm	19	12.122 μm
7	12.066 μm	20	12.824 μm
8	12.955 μm	21	12.153 μm
9	12.310 μm	22	12.998 μm
10	11.896 μm	23	11.079 μm
11	12.074 μm	24	11.875 μm
12	12.304 μm	25	13.029 μm
13	13.150 μm	26	11.651 μm
14	11.899 μm	27	12.375 μm
15	12.126 μm	28	12.879 μm
16	12.759 μm	29	12.322 μm
17	12.744 μm	30	11.972 μm

Tabla 4. Cantidad de adhesivo remanente luego del descementado de los brackets medido con el Micrómetro

Grupo 1	Cantidad de adhesivo remanente	Grupo 2	Cantidad de adhesivo remanente
1	227 μm	3	62 μm
2	234 μm	4	25 μm
5	328 μm	18	18 μm
6	24 μm	19	254 μm
7	229 μm	20	104 μm
8	137 μm	21	19 μm
9	400 μm	22	226 μm
10	241 μm	23	49 μm
11	308 μm	24	65 μm
12	269 μm	25	16 μm
13	470 μm	26	232 μm
14	99 μm	27	47 μm
15	248 μm	28	109 μm
16	279 μm	29	79 μm
17	102 μm	30	172 μm
PROMEDIO	239,66 μm	PROMEDIO	98,46 μm

Tabla 5. Clasificación de los dientes según el Índice de Adhesivo Remanente

Grupo 1	ARI	Grupo 2	ARI
1	2	3	1
2	2	4	1
5	3	18	1
6	1	19	2
7	2	20	1
8	2	21	1
9	3	22	2
10	2	23	1
11	3	24	1
12	2	25	1
13	3	26	2
14	1	27	1
15	2	28	1

En la figura 30, se muestra una imagen obtenida con el Microscópio electrónico de barrido de la muestra número 1 del Grupo 1 (brackets metálicos). Se puede observar como quedó gran parte del adhesivo en la superficie del esmalte luego del descementado (ARI 2).

Muestra 1,2(1)

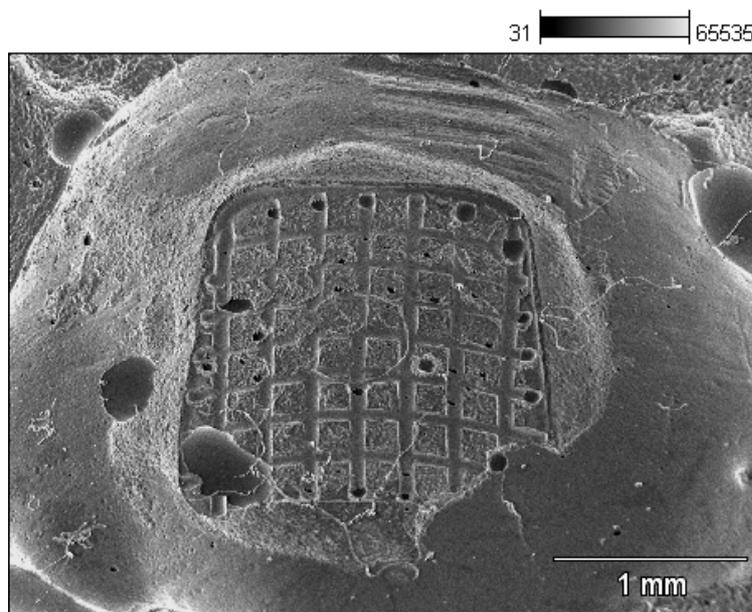


Figura 30. Imagen en el microscópio electrónico de barrido de la muestra N° 1, perteneciente al Grupo 1 a una aceleración de voltaje de 20 kV y una magnificación de 20.

En la figura 31, se muestra una imagen obtenida con el Microscópio electrónico de barrido de la muestra número 3 del Grupo 2 (brackets cerámicos)

con retención mecánica). Se puede observar como quedó una pequeña parte del adhesivo en el esmalte luego del descementado (ARI 1).

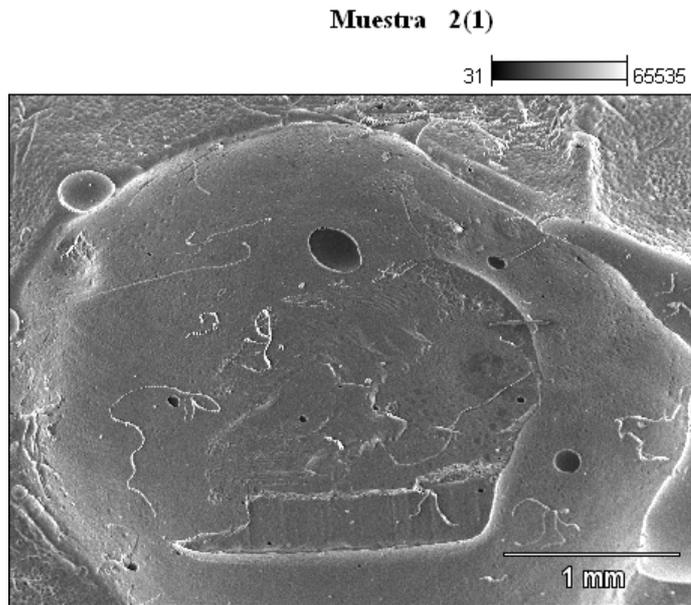


Figura 31. Imagen en el microscopio electrónico de barrido de la muestra N° 3, perteneciente al Grupo 2 a una aceleración de voltaje de 20 kV y una magnificación de 20.

Tabla 6. Distribución de los Grupos 1 y 2 según el sitio de fractura del adhesivo

Grupo 1	Esmalte/Adhesivo	Adhesivo/Bracket	Combinado	Grupo 2	Esmalte/Adhesivo	Adhesivo/Bracket	Combinado
1			X	3			X
2			X	4			X
5		X		18			X
6			X	19			X
7			X	20			X
8			X	21			X
9		X		22			X
10			X	23			X
11		X		24			X
12			X	25			X
13		X		26			X
14			X	27			X
15			X	28			X
16			X	29			X
17			X	30			X

Tabla 7. Cantidad de esmalte perdido luego del descementado y la eliminación de los restos de adhesivo

Grupo 1	Pérdida de esmalte	Grupo 2	Pérdida de esmalte
1	75 µm	3	12 µm
2	14 µm	4	94 µm
5	84 µm	18	31 µm
6	65 µm	19	53 µm
7	77 µm	20	43 µm
8	67 µm	21	56 µm
9	59 µm	22	15 µm
10	8 µm	23	53 µm
11	53 µm	24	32 µm
12	48 µm	25	48 µm
13	35 µm	26	71 µm
14	93 µm	27	57 µm
15	7 µm	28	18 µm
16	12 µm	29	14 µm
17	22 µm	30	74 µm
PROMEDIO	46,46 µm	PROMEDIO	44,73 µm

7. RESULTADOS

7.1. PRUEBA DE CIZALLAMIENTO

Los resultados obtenidos luego de la prueba de cizallamiento con la Máquina de ensayos universales estaban expresados en Newtons (N). Un newton expresa la cantidad de fuerza que hay que ejercer sobre un kilogramo de masa para que adquiera una aceleración de un metro sobre segundo cuadrado. ⁽⁴⁴⁾

Los resultados fueron convertidos a MegaPascales (MPa) tomando en cuenta el área del bracket, ya que la odontología moderna utiliza el MPa como unidad para medir presiones. Un MegaPascal equivale a un millón de pascales. ⁽⁴⁴⁾

Un Pascal (Pa) es la presión ejercida por una fuerza de 1 Newton sobre la superficie de un área de 1 metro cuadrado. ⁽⁴⁴⁾

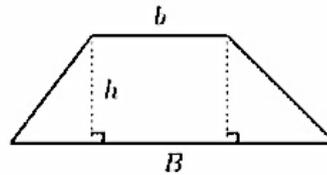
$$\text{Pa} = \text{N/m}^2$$

Un MegaPascal equivale a un millón de pascales, o lo que es igual a la presión ejercida por una fuerza de 1 newton sobre la superficie de un área de 1 milímetro cuadrado. ⁽⁴⁴⁾

$$\text{MPa} = \text{N/mm}^2$$

Para convertir Newtons (N) en MegaPascales, es necesario calcular el área en mm^2 de la base del bracket, ya que ésta será la superficie que entrará en contacto con el esmalte dental.

La base de los brackets que se utilizaron en este estudio, tienen una forma trapezoidal, por lo que para calcular el área en mm², hace falta aplicar la formula de área de un trapecio (Fig. 32).



$$A = \frac{(B + b) \cdot h}{2}$$

Figura 32. Formula de área del trapecio ⁽⁵⁾

Tomando en cuenta la formula de cálculo de área para el trapecio (Fig. 32), se procedió a medir las dimensiones de los brackets y se sustituyeron en la formula para obtener el área.

Para los brackets metálicos (Elite Opti-MIM Low Profile set, slot 0.022", Ortho Organizers), la altura (h) fue de 4 mm, (b) fue de 3 mm y (B) fue de 3,5 mm.

$$A = \frac{(3 + 3,5) \times 4}{2} = 13 \text{ mm}^2$$

Para los brackets cerámicos (Illusion Plus, slot 0.022", Ortho Organizers), la altura (h) fue de 3,5 mm, (b) fue de 3 mm y (B) fue de 3,5 mm.

$$A = \frac{(3 + 3,5) \times 3,5}{2} = 11,375 \text{ mm}^2$$

Los resultados de la conversión de Newtons (N) a Megapascuales, se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Evaluación de la fuerza de cizallamiento de los brackets metálicos y cerámicos (MPa)

BRACKETS METÁLICOS (Grupo 1)			BRACKETS CERÁMICOS (Grupo 2)		
Grupo 1	Fuerza (N)	Fuerza (MPa)	Grupo 2	Fuerza (N)	Fuerza (MPa)
1	33	2,53	3	52	4,57
2	60	4,61	4	50	4,39
5	20	1,53	18	67	5,89
6	46	3,53	19	40	3,51
7	36	2,76	20	56	4,92
8	73	5,61	21	44	3,86
9	67	5,15	22	53	4,65
10	46	3,53	23	52	4,57
11	52	4	24	69	6
12	68	5,23	25	96	8,43
13	54	4,15	26	57	5
14	58	4,46	27	44	3,86
15	39	3	28	62	5,45
16	42	3,23	29	74	6,5
17	50	3,84	30	47	4,13
PROMEDIO	49,6	3,81	PROMEDIO	57,53	5,05

7.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se cuenta con información de 30 dientes separados en dos grupos, de los cuales se pretende evaluar las variaciones en las dimensiones luego del proceso de descementado y eliminación de adhesivo.

7.2.1. Ancho de los dientes antes del cementado

Inicialmente se estudia las dimensiones de los dientes antes del cementado para los dos grupos. Las densidades estimadas se representan en el gráfico 1 y los descriptivos básicos en la siguiente tabla:

Tabla 9. Descriptivos del ancho inicial

Brackets	Ancho promedio (μm)	Desviación típ.
Metálicos	12119.1	124.2
Cerámicos	12172.8	158.4

Si bien la diferencia entre los promedios de los anchos iniciales es de 201.3 μm , esta diferencia no sería significativa ($p=0.792$), es decir, no habría evidencia para afirmar que los anchos iniciales promedio de dientes entre grupos sean diferentes.

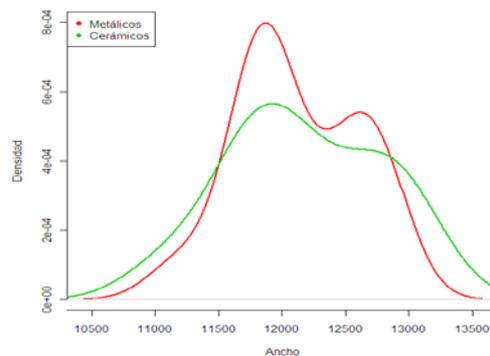


Gráfico 1. Densidad del ancho inicial de los dientes.

De esta manera, podemos asumir que los dos grupos de dientes iniciaron en condiciones iguales de ancho.

7.2.2. Cantidad de fuerza de cizallamiento

La fuerza para descementar el bracket inicialmente se midió en Newtons (N), pero por homogenizar criterios, la medida de fuerza se la transforma a MPa. Los resultados básicos son los siguientes:

Tabla 10. Descriptivos de la fuerza de cizallamiento

Brackets	Fuerza promedio (MPa)	Desviación típ.
Metálicos	3.81	1.11
Cerámicos	5.05	1.27

En este caso, se demostraría que la fuerza promedio para separación de los brackets metálicos sería menor ($p=0.008$) a la fuerza promedio requerida para separar los brackets cerámicos. Así, en promedio se requieren 1.24 MPa más para separar los brackets cerámicos que para separar los brackets metálicos.

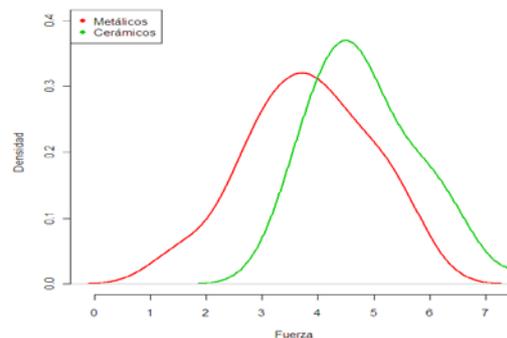


Gráfico 2. Densidad de la fuerza empleada para el cizallamiento.

7.2.3. Ancho de los dientes luego del descementado y cantidad de adhesivo remanente

El ancho luego del descementado tiene las siguientes características:

Tabla 11. Descriptivos del ancho luego del descementado

Brackets	Ancho promedio (μm)	Desviación típ.
Metálicos	12358.9	470.6
Cerámicos	12271.3	610.9

La diferencia de los anchos promedios ($87.6 \mu\text{m}$) no sería significativa ($p=0.663$), lo cual implicaría que los anchos promedio luego del descementado podrían asumirse iguales.

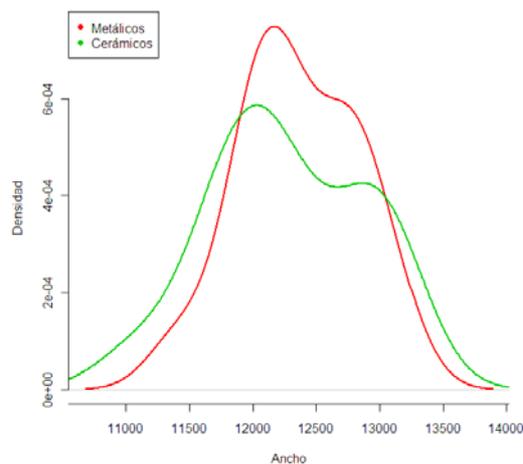


Gráfico 3. Densidad del ancho luego del descementado.

Sin embargo, este ancho incluye el adhesivo remanente, por lo cual primero se examina la cantidad de adhesivo remanente en los siguientes resultados:

$$\text{Adhesivo remanente} = \text{Ancho luego del descementado} - \text{Ancho inicial}$$

Tabla 12. Descriptivos del adhesivo remanente

Brackets	Media (µm)	Desviación típ.
Metálicos	239.7	116.5
Cerámicos	98.5	83.1

Así, la diferencia promedio del adhesivo remanente sería de 141.3 µm, lo cual resultaría ser significativo ($p=0.001$); esto puede interpretarse como que en el descementado de los brackets metálicos, quedó con mayor cantidad de adhesivo en el esmalte en comparación a los cerámicos. La cantidad de adhesivo remanente promedio con la que los bracket metálicos superan a la de los cerámicos estaría entre 65.6 µm y 216.9 µm con el 95% de confianza.

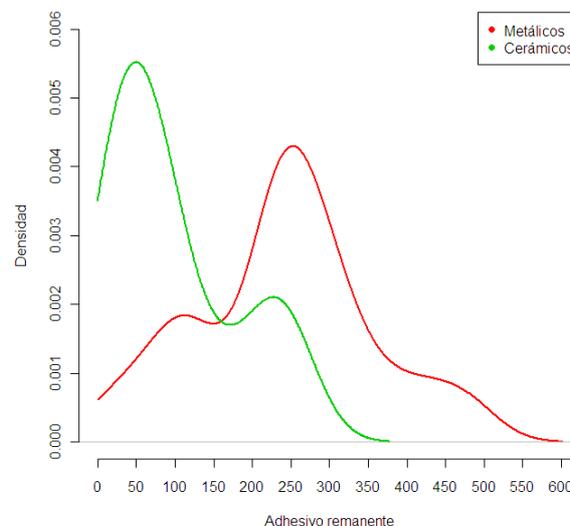


Gráfico 4. Densidad del adhesivo remanente.

7.2.4. Ancho de los dientes luego de la remoción del adhesivo

Examinando el ancho de los dientes luego de extraer este adhesivo remanente, se tienen los siguientes anchos:

Tabla 13. Descriptivos del ancho final luego de remoción del adhesivo

Brackets	Ancho promedio (µm)	Desviación típ.
Metálicos	12064.0	483.3
Cerámicos	12128.1	626.3

Se concluye que la diferencia promedio entre los grupos luego de retirar el adhesivo (64.1 µm) no sería significativa ($p=0.756$), así, se podría considerar que los dientes terminan con similares anchos en los dos grupos.

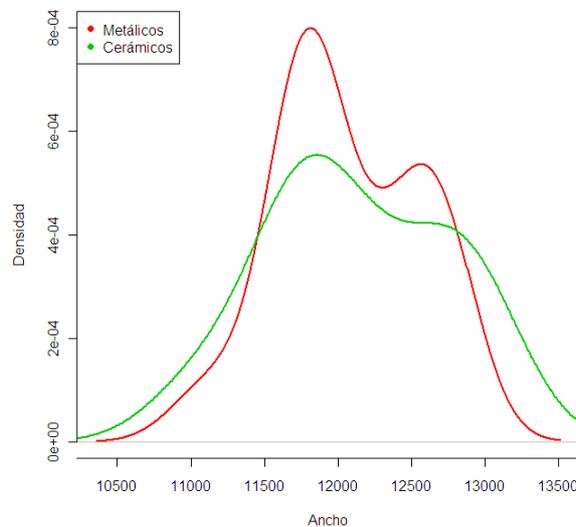


Gráfico 5. Densidad del ancho final luego de la remoción del adhesivo.

7.2.5. Pérdida total de esmalte

Para examinar la pérdida total de esmalte luego de la remoción del adhesivo, se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Cantidad total de esmalte perdido} = \text{Ancho antes del cementado de los bracket} - \text{Ancho luego de eliminado el adhesivo}$$

Tabla 14. Descriptivos del esmalte perdido

Brackets	Perdida promedio (µm)	Desviación típ.
Metálicos	55.1	33.2
Cerámicos	44.7	24.5

Los resultados estadísticos muestran una diferencia promedio de 10.4 µm de cantidad de esmalte perdido entre los dos grupos. Esta diferencia no sería significativa ($p=0.337$), lo que puede interpretarse como que no hay evidencia para rechazar el hecho de que la cantidad de esmalte total perdida sea diferente entre uno y otro grupo.

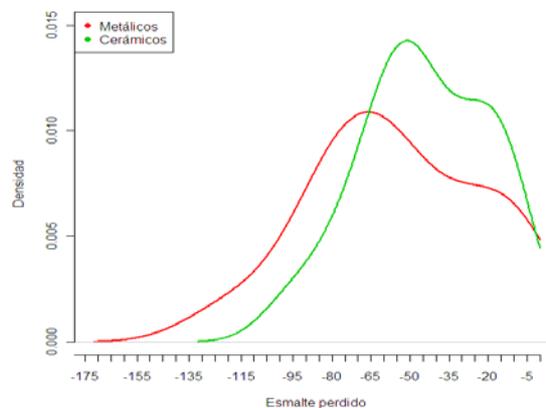


Gráfico 6. Densidad del esmalte perdido.

7.2.6. Índice de Adhesivo Remanente (ARI)

Por otro lado, se analiza la distribución del Índice de Adhesivo Remanente:

Tabla 15. Distribución de las muestras según el ARI

Brackets	ARI									Total		
	ARI 1			ARI 2			ARI 3			Dientes	% Grupo	% col.
	Dientes	% Grupo	% col.	Dientes	% Grupo	% col.	Dientes	% Grupo	% col.			
Metálicos	3	20.0	21.4	8	53.3	66.7	4	26.7	100.0	15	100.0	50.0
Cerámicos	11	73.3	78.6	4	26.7	33.3				15	100.0	50.0
Total	14	46.7	100.0	12	40.0	100.0	4	13.3	100.0	30	100.0	100.0

No se detectan dientes en ARI 0, mientras que la mayor cantidad de dientes se concentran en el Grupo 2 (brackets cerámicos con retención mecánica) y ARI 1; seguido del Grupo 1 (brackets metálicos) en ARI 2. La menor cantidad de dientes se ubican en ARI 1 y corresponden al Grupo 1.

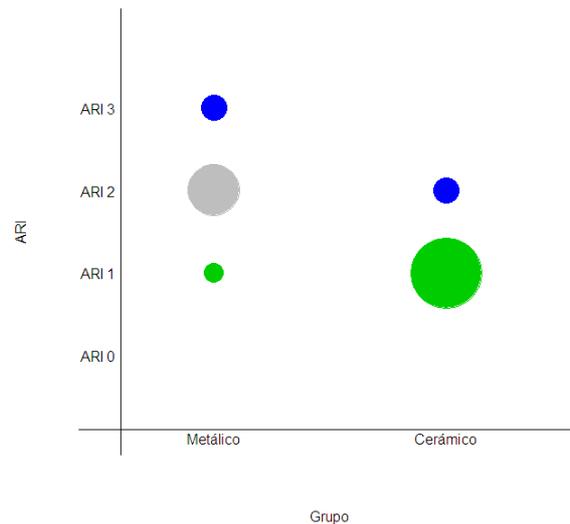


Gráfico 7. Distribución de dientes según ARI y Grupo.

La prueba chi-cuadrado arroja un valor $p < 0.007$, lo cual indicaría que no existe independencia entre el grupo de bracket y el nivel ARI, así, se podría hablar de cierto tipo de asociación.

7.2.7. Sitio de falla del adhesivo

Finalmente, la Distribución según el sitio de falla del adhesivo muestra los siguientes resultados:

Tabla 16. Distribución del sitio de fractura

Brackets	Sitio de fractura del adhesivo						Total		
	Adhesivo/Bracket			Combinado			Dientes	% Grupo	% col.
	Dientes	% Grupo	% col.	Dientes	% Grupo	% col.			
Metálicos	4	26.7	100.0	11	73.3	42.3	15	100.0	50.0
Cerámicos				15	100.0	57.7	15	100.0	50.0
Total	4	13.3	100.0	26	86.7	100.0	30	100.0	100.0

No se presentaron fallas en la interfase Esmalte/Adhesivo y se nota que los dientes del Grupo 2 (brackets cerámicos con retención mecánica), se concentran exclusivamente en falla combinada, mientras que el Grupo 1 (brackets metálicos), predominan en falla combinada pero también se presentan en la interfase Adhesivo/Bracket.

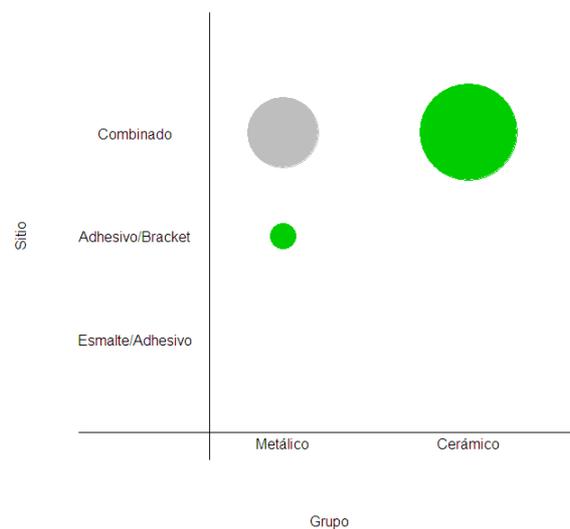


Gráfico 8. Distribución de sitio de fractura y grupo.

En este caso, el test exacto de Fisher mostraría que existe independencia entre el sitio de la fractura y el tipo de bracket.

La asociación entre sitio de falla del adhesivo, el Índice de Adhesivo Remanente (ARI) y el grupo de estudio, se puede apreciar en el siguiente mapa perceptual:

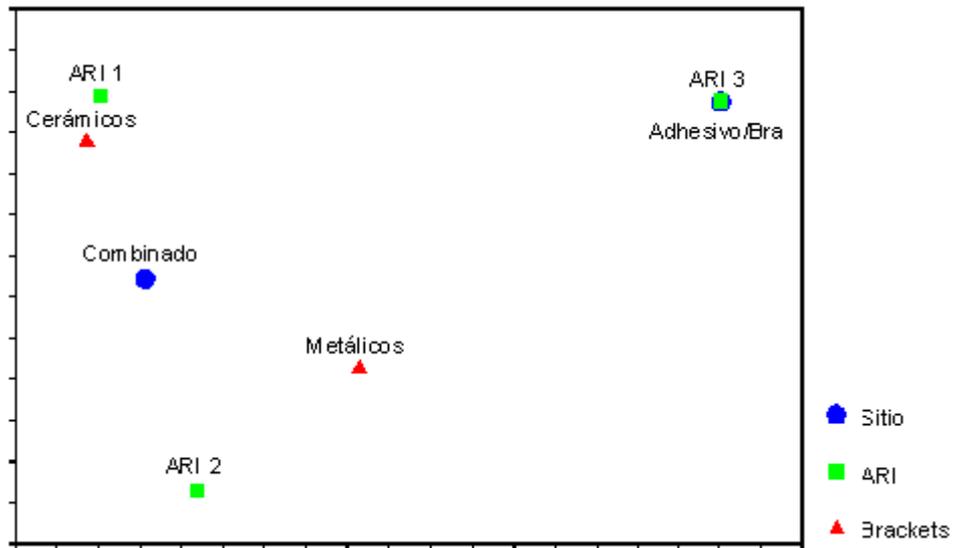


Gráfico 9. Asociación entre ARI, sitio de falla del adhesivo y grupo de estudio

Este mapa mostraría que los brackets cerámicos con retención mecánica tienden a ser ARI 1 y en presentar una falla combinada, mientras que los brackets metálicos tenderían a ARI 2 y con una falla cohesiva o combinada. Los dientes con ARI 3 se fracturarían en interfase adhesivo/bracket.

8. DISCUSIÓN

En el presente estudio se pretendió evaluar el comportamiento de los brackets metálicos y cerámicos con retención mecánica en el momento del descementado, tomando en cuenta la fuerza necesaria para lograr la separación del bracket de la superficie del esmalte, los restos de adhesivo remanente, la ubicación de la falla del adhesivo y adicionalmente se evaluó la pérdida de esmalte total luego de la eliminación del adhesivo. Ambos brackets estudiados presentan una adhesión de tipo mecánica al esmalte, por lo que se supone que deberían crear una unión de tipo temporal mediante la traba lograda por la malla de la base del bracket metálico y por las ranuras de la base del bracket cerámico y por lo tanto su descementado debería ser similar.

Los resultados de este estudio muestran un promedio de 3,81 MPa necesarios para el descementado de los brackets metálicos y un promedio de 5,05 MPa para lograr el descementado de brackets cerámicos con retención mecánica. A pesar de que los brackets cerámicos tienen el mismo método de retención que los brackets metálicos, fue necesaria una mayor fuerza para el descementado. Esto puede deberse a la naturaleza del material de ambos brackets tomando en cuenta que fueron cementados con el mismo sistema adhesivo y a que la base de los brackets metálicos es de tipo malla y la base del bracket cerámico tiene ranuras o muescas.

Reynolds (1985), citado por Habibi y cols. (2007), habla de una fuerza de cizallamiento mínima de 6 a 8 MPa para el descementado de la mayoría de brackets ⁽³⁷⁾, resultados que concuerdan con los obtenidos por Lee y cols. (2008), de 4.7 y 6,6 MPa para el descementado de brackets metálicos utilizando

diferentes tipos de sistemas adhesivos ⁽⁴⁶⁾ y que no están tan lejos de los obtenidos en este estudio.

Joseph y cols. (1990), obtuvieron como resultados de sus estudios un requerimiento de mayor fuerza de cizallamiento para del descementado de brackets cerámicos. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Al-Saleh y El-Mowafy (2010), los cuales necesitaron de 2.2 a 6 MPa para descementar brackets metálicos y de 7.7 a 17 MPa para descementar brackets cerámicos con fuerzas de cizallamiento, utilizando varios tipos de resinas autoadhesivas. ^(1,40)

Gwinnett y cols. (1988), concluyen con los resultados de sus estudios que los brackets cerámicos pueden ofrecer una alternativa viable con respecto a los brackets metálicos, ya que no encontraron diferencias significativas en cuanto a las fuerzas de cizallamiento. ⁽³⁴⁾

Por el contrario, Habibi y cols. (2007), obtuvieron un mayor promedio de fuerza de descementado para brackets metálicos en comparación con brackets cerámicos con retención mecánica. ⁽³⁷⁾ Tal vez esto se deba a los brackets que utilizaron, el sistema adhesivo empleado, al tipo de descementado, que fueron diferentes a los del presente estudio.

Shamsi y cols. (2006), evaluaron la fuerza de cizallamiento y la cantidad de adhesivo remanente luego del descementado de brackets metálicos. Los brackets se cementaron en premolares que fueron cementados en envases acrílicos con la cara vestibular paralela al borde inferior del envase acrílico. Los brackets fueron descementados con un alambre 0.018" x 0.025" de acero que abrazaban los brackets. Obtuvieron una rango entre 8,05 y 10,87 MPa, utilizando diferentes adhesivos. ⁽⁶³⁾ Para el desarrollo del presente estudio, se utilizaron premolares extraídos que también fueron cementados en envases acrílicos y se les aplicaron

fuerzas de cizallamiento. Tal vez no podemos hablar de fuerzas de cizallamiento puras, puesto que la fuerza fue aplicada desde un punto lejano por medio de dos ligaduras metálicas que se entorcharon entre sí y que medían 10 cm, lo cual puede ser la explicación a los valores más bajos de fuerza obtenidos en comparación con otros estudios, pero al desarrollar la experimentación con las mismas condiciones para todas las muestras es probable que se haya logrado una estandarización con resultados más homogéneos.

Según Montasser y cols. (2009), muchos investigadores concluyen que los métodos cuantitativos son preferibles para la medición del adhesivo remanente.⁽⁴⁹⁾ Para la realización del presente estudio se seleccionó la evaluación de forma objetiva (medición con el micrómetro digital) y subjetiva con el Índice de Adhesivo Remanente (ARI), ya que es un método clásico de clasificación en los estudios de fuerza de cizallamiento.

Los resultados del estudio reflejaron una mayor cantidad en promedio de adhesivo remanente en el esmalte luego del descementado de los brackets metálicos (239,7 μm), con respecto a los brackets cerámicos con retención mecánica (98,5 μm). Esto tal vez se deba al tipo de base de los brackets estudiados. Es probable que la malla del bracket metálico logre una separación tal que, mayor cantidad de adhesivo permanezca en la superficie del esmalte y que de lo contrario, las ranuras de la base y la naturaleza del material del bracket cerámico logren una unión más fuerte al adhesivo y mayor cantidad quede en la base.

Con respecto al ARI, la mayor cantidad de muestras se ubicaron en ARI 1 (46,7%), de las cuales, la mayoría fueron brackets cerámicos con retención mecánica (73,3%), seguido por ARI 2, con un 40% de las muestras totales, de las

cuales el 53,3% fueron brackets metálicos. El ARI 3, sólo se presentó en 4 muestras del Grupo 1 (brackets metálicos) con un 26,7%.

Habibi y cols. (2007), no encontraron diferencias estadísticamente significativas en los resultados del índice de adhesivo remanente (ARI), entre brackets metálicos y brackets cerámicos con retención mecánica. Ambos tipos de bracket tuvieron una remoción parcial del adhesivo (valores entre ARI 1 y 2), presentando una falla combinada o cohesiva.⁽³⁷⁾ Es importante tener en cuenta que las diferentes condiciones en las que se desarrollan los estudios, los diferentes materiales y protocolos utilizados pueden conllevar a la obtención de resultados diferentes a los obtenidos en el presente estudio.

El tipo de falla del adhesivo predominante en el presente estudio, fue la combinada o cohesiva (73.3% de los brackets metálicos y 86,7% de los brackets cerámicos con retención mecánica). No se presentaron fallas en la interfase esmalte-adhesivo, probablemente debido a la retención mecánica de ambos brackets, por lo que el resto de las fallas ocurrieron en la interfase adhesivo-bracket (26,7 % para los brackets metálicos y 13,3% para los brackets cerámicos con retención mecánica). Los datos concuerdan con aquellos obtenidos por Joseph (1990) y Shamsi (2006) en los que se mostraba una mayor falla cohesiva del adhesivo.^(40,64)

Según Bishara y cols. (1990), la introducción de brackets cerámicos ha cambiado el sitio de falla del adhesivo de la interfase bracket-adhesivo a la interfase esmalte-adhesivo, el sitio menos deseado.⁽¹⁴⁾

Odegaard y Segner (1988), encontraron que el sitio de falla del adhesivo predominante para los brackets metálicos era la interfase bracket-adhesivo, en

contraste con el sitio de falla del adhesivo del los brackets cerámicos con retención química, que se ubicaba en la interfase esmalte-adhesivo. ⁽⁵²⁾

Según Artun y Bergland (1984), cuando se eliminan los restos de adhesivo con el uso cuidadoso de fresas de carburo de tungsteno a una velocidad cercana a 25.000 rpm, sin refrigeración con agua, se logra un adecuado contraste con el esmalte. ⁽⁴⁾

Gwinnett y cols. (1988), encontraron una constante falla de los brackets metálicos y cerámicos con retención mecánica-química en la interfase bracket-adhesivo. ⁽³⁴⁾

Luego de la eliminación de los restos del adhesivo en las muestras del Grupo 1 (brackets metálicos) y del Grupo 2 (brackets cerámicos con retención mecánica), se obtuvo un promedio de pérdida total de esmalte de 49,9 μm . Estos resultados coinciden con aquellos obtenidos por Brown y Way en 1978 (entre 42,7 y 54,5 μm), Fitzpatrick y Way en 1977 (55,6 μm de esmalte total perdido).^(17,29)

Bishara y cols. (1990), encontraron que a pesar de que la cantidad de esmalte perdido luego de la eliminación del adhesivo fue mayor con fresas de carburo a alta velocidad (68,77 μm), no fue significativamente mayor que la pérdida con fresas de carburo a baja velocidad (62,63 μm). En ese estudio se utilizaron brackets cerámicos con adhesión química y con adhesión química y mecánica. Se midió el ancho del esmalte antes del cementado, luego del descementado y luego de la eliminación del adhesivo con un micrómetro digital.^(14,15)

Según Pus y Way (1980), la cantidad total de esmalte que se pierde luego del descementado y la eliminación del adhesivo se encuentra entre 29,5 y 41,2

μm , dependiendo del instrumento utilizado para el descementado y la profilaxis.
(56)

Según Van Waes y cols. (1997), el promedio de pérdida de esmalte luego del descementado y la eliminación de los restos de adhesivo con una fresa de carburo tungsteno es de $7,4 \mu\text{m}$.⁽⁷³⁾

Krell y cols. (1993), en un estudio en el que compararon la eliminación de los restos de adhesivo con fresas de carburo y con ultrasonido, luego de descementar con pinzas, encontraron que con la aplicación de ultrasonido obtenía menores valores de pérdida de esmalte ($148,86 \mu\text{m}$ con pinzas y fresas de carburo y $16,23 \mu\text{m}$ con pinzas y ultrasonido). Los brackets fueron cementados con la resina Concise de 3M. En ese estudio realizaron mediciones de la cara vestibular de los dientes utilizados con un micrómetro digital. Se tomaron 3 mediciones por 3 observadores independientes y luego de descementados los brackets se tomaron impresiones con silicona para evaluar la cantidad de esmalte perdido.⁽⁴⁵⁾ En el presente estudio se utilizó un tipo de resina distinta (Mini Illuminate, Ortho Organizers), por lo que pudiese estar asociada dicha diferencia.

Reed y cols. (1991), realizaron un estudio en el que compararon el descementado de brackets metálicos, brackets cerámicos con retención mecánica y química. Encontraron mayor daño en el esmalte en el descementado de brackets cerámicos que en metálicos, aunque ambos fueron a nivel microscópico. Los brackets cerámicos con retención mecánica, causaron menos daño al esmalte que los brackets cerámicos con retención química.⁽⁵⁷⁾ En el desarrollo del presente estudio no hubo pérdida o daño al esmalte antes de la eliminación del adhesivo, lo que podría tomarse como una ventaja de la retención mecánica sobre la química de algunos brackets cerámicos.

9. CONCLUSIONES

1. En las condiciones en las que el presente estudio fue realizado, se determinó que existen diferencias significativas en cuanto a la cantidad de fuerza necesaria para lograr el descementado de brackets metálicos y brackets cerámicos con retención mecánica por medio del cizallamiento. Es necesaria más fuerza para descementar los brackets cerámicos con retención mecánica.
2. La diferencia promedio entre la cantidad de adhesivo remanente en el descementado de brackets metálicos y cerámicos, es estadísticamente significativa. Al descementar los brackets metálicos, la mayor parte de la resina se encontró en el esmalte, lo cual es deseable. Lo contrario ocurrió al descementar los brackets cerámicos con retención mecánica.
3. La diferencia promedio entre el ancho de las muestras antes del cementado de los brackets y luego de la eliminación del adhesivo no fueron estadísticamente significativas.
4. La cantidad de esmalte perdido entre el Grupo 1 (brackets metálicos) y el Grupo 2 (bracket cerámicos con retención mecánica) no fue estadísticamente significativa.
5. Estadísticamente podría haber algún tipo de asociación entre el Índice de Adhesivo Remanente y el tipo de bracket (brackets cerámicos con retención mecánica con mayor presencia en ARI 1 y brackets metálicos con mayor presencia en ARI 2 y 3).
6. Según el test exacto de Fisher, existe independencia entre el sitio de la falla del adhesivo y el tipo de bracket.

7. Los brackets metálicos tuvieron una tendencia a tener un ARI 2 y presentar una falla cohesiva del adhesivo, mientras que los brackets cerámicos tuvieron una tendencia a tener un ARI 1 y presentar también una falla cohesiva del adhesivo.
8. La hipótesis planteada en el presente estudio se cumplió, debido a que existió diferencia significativa en cuanto al nivel de fuerza necesario para el descementado, igualmente en los niveles de adhesivo remanente y en la ubicación del sitio de falla del adhesivo. A pesar de esto, los brackets cerámicos con retención mecánica podrían ser una alternativa estética con un comportamiento bastante cercano al de los brackets metálicos.

10. RECOMENDACIONES

1. La presencia cada vez mayor del paciente adulto y del paciente que busca estética en nuestras consultas es una realidad, por lo que debemos conocer los brackets cerámicos, adhesivos que existen en el mercado, manejar aquellos con los que tengamos mayor práctica y tengamos buenos resultados, buscando que la hora del descementado sea lo más fácil posible.
2. Es importante continuar la investigación y el desarrollo de brackets cerámicos que nos ofrezcan una fuerza ideal para resistir el tiempo activo del tratamiento y para lograr un descementado óptimo con el menor daño posible a la superficie del esmalte.
3. Existen diferentes alternativas para el descementado de brackets metálicos y cerámicos, por lo que puede ser necesario conocerlas y manejarlas, ya que podrían dar mejores resultados que los obtenidos en este estudio.
4. Los profesionales de la salud debemos tomar conciencia de que tratamos con pacientes, personas, seres humanos y por lo tanto debemos mantenernos actualizados, realizar más investigaciones y desarrollar nuestro trabajo con conocimiento y sustento científico.

11. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Al-Saleh M, El-Mowafy O. Bond strength of orthodontic brackets with new self-adhesive resin cements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137:528-33.
- (2) Aquirre MJ, King GJ, Waldron JM. Assessment of brackets placement and bond strength when comparing direct bonding to indirect bonding techniques. *Am J Orthod.* 1982;82:269-75.
- (3) Artun J. A post-treatment evaluation of multibonded ceramic brackets in orthodontics. *Eur j Orthod.* 1997;19:219.
- (4) Artun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *Am J Orthod.* 1984;85:333–340.
- (5) Avery JK, Chiego DJ. Principios de histología y embriología bucal con orientación clínica. Tercera edición. Editorial Elsevier Mosby. 2007;98:105.
- (6) Azzeh E, Feldon PJ. Laser debonding of ceramic brackets: A comprehensive review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;123:79-83.
- (7) Barkmeier WW, Gwinnett AJ, Shaffer, SE. Effect of reduced acid concentration and etching time on bond strength and enamel morphology. *J Clin Orthod.* 1987;21:395-398.
- (8) Barrantes H, Ruiz A. Geometrías. Editorial Tecnológica de CR. Primera Edición. 2006:134
- (9) Bennett CG, Shen C, Waldron JM. The effects of debonding on the enamel surface. *J Clin Orthod* 1984;18:330-4.
- (10) Bishara SE. Ortodoncia. Primera edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. 2003;205:217.

- (11) Bishara SE. Comparisons of the effectiveness of pliers with narrow and wide blades in debonding ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop.*1993;103:253-7
- (12) Bishara SE, Fonseca JM, Fehr DE, Boyer DB. Debonding forces applied to ceramic brackets simulating clinical conditions. *Angle Orthod* 1994;64:277-82
- (13) Bishara SE, Olsen ME, Von Wald L. Evaluation of debonding characteristics of a new collapsible ceramic bracket. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112:552-9.
- (14) Bishara SE, Trulove TS. Comparisons of different debonding techniques for ceramic brackets: An in vitro study. Part I. Background and methods. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1990;90:145-53.
- (15) Bishara SE, Trulove TS. Comparisons of different debonding techniques for ceramic brackets: An in vitro study. Part II. Findings and clinical implications. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1990;90:263-73.
- (16) Brobakken BO, Zachrisson BU. Abrasive wear of bonding adhesive: Studies during treatment and after bracket removal. *Am J Orthod.* 1981;79:134-147
- (17) Brown CRL, Way DC. Enamel loss during orthodontic bonding and subsequent loss during removal of filled and unfilled adhesives. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1978;74:663-71
- (18) Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling material to enamel surfaces. *J Dent Res* 1955;34:849-53.
- (19) Buonocore MG, Vezin JC. Orthodontic fluoride protection. *J Clin Orthod.* 1980;14:321.
- (20) Buzzitta VA, Hallgreen SE, Powers JM. Bond strength of orthodontic direct-bonding cement bracket systems as studies in vitro. *Am J Orthod.* 1982;81:87-92

- (21) Campbell PM. Enamel surfaces after orthodontic brackets debonding. *Angle Orthod.* 1995;65:103.
- (22) Canut JA. *Ortodoncia clínica y terapéutica*. 2da edición. Editorial Masson. 2005:351
- (23) Carstensen W. Clinical results after direct bonding of brackets using shorter etching times, *Am. J. Orthod.* 89:70-72, 1986.
- (24) Chen C, Hsu M, Chang K, Kuang S, Chen P, Gung Y. Failure Analysis: Enamel Fracture after Debonding Orthodontic Brackets. *Angle Orthod.* 2008;78:1071-77.
- (25) David VA, Staley RN, Bigelow HF, Jakobsen JR. Remnant amount and cleanup for 3 adhesives after debracketing. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121:291-6
- (26) Diaz C. Debonding a new ceramic bracket: A clinical study. *J Clin Orthod.* 2004;38:442-445.
- (27) Diedrich P. Enamel alterations from bracket bonding and debonding: a study with the scanning electron microscope. *AM J ORTHOD.* 1981;79:500-23.
- (28) Fernandez L, Canut JA. In vitro comparison of the retention capacity of new aesthetic brackets. *Eur J Orthod* 1999;21:71-7.
- (29) Fitzpatrick DA, Way DC. The effects of wear, acid etching and bond removal on human enamel. *Am J Orthod.* 1977;72:671-81.
- (30) Flores DA, Caruso JM, Scott GE, Jeiroudi MT. The fracture strength of ceramic brackets: a comparative study. *Angle Orthod.* 1990;60:269-76.
- (31) Fredericks HE: Mutagenic potential of orthodontic bonding materials. *Am J Orthod.* 1981;80:316.
- (32) Graber TM, Vanarsdall RL, Vig KW. *Ortodoncia. Principios y técnicas actuales*. Cuarta edición. Editorial Elsevier Mosby. 2006;579:619

- (33) Gronberg K, Rossouw PE, Miller BH, Buschang P. Distance and Time Effect on Shear Bond Strength of Brackets Cured with a Second-generation Light-emitting Diode Unit. *Angle Orthod* 2006;76:682–688
- (34) Gwinnett AJ. A comparison of shear bond strengths of metal and ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1988;93:346-8.
- (35) Gwinnett AJ, Ceen RF. An ultraviolet photographic technique for monitoring plaque during direct bonding procedures. *Am J Orthod*. 1978;73:178-186.
- (36) Gwinnett AJ, Gorelick L. Microscopic evaluation of enamel after debonding: Clinical application. *Am J Orthod*. 1977;71:651-65.
- (37) Habibi M, Hosseinzadeh T, Hooshmand T. Comparison of debonding characteristics of metal and ceramic orthodontic brackets to enamel: An in-vitro study. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2007;132:675.
- (38) Hong YH, Lew KK. Quantitative and qualitative assessment of enamel surface following five composite removal methods after bracket deboding. *Eur J Orhod*. 1995;17:121.
- (39) Johnson WT, Hembree JH. Shear strength of orthodontic direct bonding adhesives. *Am J Orthod*. 1976;70:559-566.
- (40) Joseph VP, Rossouw E. The shear bond strengths of stainless steel and ceramic brackets used with chemically and light-activated composite resins. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1990;97:121-5.
- (41) Keim RG, Gottlieb EL, Nelson AH, et al. 2002 JCO study of orthodontic diagnosis and treatment procedures. 1. Results and trends. *J Clin Orthod*. 2002;36:553-568.
- (42) Krell KV, Jordan RD. Ultrasonic debonding of anterior etched-metal resin-bonded retainers. *Gen Dent* 1986;34:378-80.
- (43) Knoll M, Gwinnett J, Wolff MS. Shear strength of brackets bonded to anterior and posterior teeth. *Am J Orthod*. 1986;89:476-479.

- (44) Kocadereli I, Canay S, Akca K. Tensile bond strength of ceramic orthodontic brackets bonded to porcelain surfaces. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2001;119:617-20.
- (45) Krell KV, Courey JM, Bishara S. Orthodontic bracket removal using conventional and ultrasonic debonding techniques, enamel loss, and time requirements. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1993;103:258.
- (46) Lee Y, Lim Y. three-dimensional quantification of adhesive remnants on teeth after debonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:556-62
- (47) Lew KK, Chew CL, Lee KW. A comparison of shear bond strengths between new and recycled ceramic brackets. *Eur J Orthod.* 1991;13:306.
- (48) Mimura H, Deguchi T, Obata A, Yamagishi T, Ito M. Comparison of different bonding materials for laser debonding. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1995;108:267-73.
- (49) Montasser MA, Drummond JL. Reliability of the Adhesive Remnant Index Score System with Different Magnifications. *Angle Orthod.* 2009;79:773–776.
- (50) O’Brien KD, Watts DC, Read MJF. Residual debris and bond strength - Is there a relationship?. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1988;94:222-30.
- (51) Odegaard J. Debonding Ceramic Brackets. *J Clin Orthod.* 1989;23:632-635.
- (52) Odegaard J, Segner D. Shear bond strength of metal brackets compared with a new ceramic bracket. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1988;94:201-6
- (53) Ogaard B, Rezk-Lega F, Ruben J, et al: Cariostatic effect of fluoride release from a visible light-curing adhesive for bonding orthodontic brackets. *Am J Orthod.* 1992;101:303.
- (54) Olsen ME, Bishara SE, Boyer DB, Jakobsen JR. Effect of varying etching times on the bond strength of ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;109:403-9.

- (55) Proffit WR. Ortodoncia Contemporánea. Cuarta edición. Editorial Elsevier Mosby. 2008;414-417.
- (56) Pus WD, Way DC. Enamel loss due to orthodontic bonding with filled and unfilled resins using various clean-up techniques. Am J Orthod. 1980;77:269-83.
- (57) Reed TB, Shivapuja PK. Debonding Ceramic Brackets: Effects on Enamel. J Clin Orthod. 1991;25:475-481.
- (58) Reisner KR, Levitt HL, Mante F. Enamel preparation for orthodontic bonding: a comparison between the use of a sandblaster and current techniques. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1997;111:366-73
- (59) Relief DH, Denys FR. Finishing of enamel surfaces after debonding of orthodontic attachments. Angle Orthod. 1979;49:1-10.
- (60) Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. Br J Orthod. 1975;2:171.
- (61) Rodríguez EE, White LW. Ortodoncia Contemporánea. Diagnóstico y tratamiento. Segunda edición. Editorial Amolca. 2008;153:196.
- (62) Rouleau BD, Marshall GW, Cooley RD. Enamel surface evaluations after clinical treatment and removal of orthodontic brackets. Am J Orthod. 1982;81:423-6.
- (63) Shamsi AA, Cunningham JL, Lamey PJ, Lynch E. Shear Bond Strength and Residual Adhesive after Orthodontic Bracket Debonding. Angle Orthod 2006;76:694–699
- (64) Silverman E, Cohen M, Gianelly AA, Dietz VS. A universal direct bonding system for both metal and plastic brackets. Am J Orthod. 1972;62:236-244.
- (65) Sinha PK, Nanda RS. The effect of different bonding and debonding techniques on debonding ceramic orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1997;112:132-7

- (66) Steenbecker O. Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética adhesiva. Editorial Universidad Valparaíso.2006:35-37
- (67) Stephen KW, Kirkwood M, Main C, Gillespie FC, Campbell D. Retention of a filled fissure sealant using reduced etch time, Br. Dent. J. 153:232-233, 1982.
- (68) Swartz ML. A technical bulletin on the issue of bonding and debonding ceramic brackets. No 070-5039. Glendora, California:Ormco Corp., 1988
- (69) Swartz ML. Ceramic brackets. J Clin Orthod. 1988;22:82.
- (70) Theodorakopolou LP, Sadowsky PL, Jacobson A, LAcefield W. Evaluation of the bonding characteristics of 2 ceramic brackets: an in vitro study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2004;125:329-36.
- (71) Thompson RE, Way DC. Enamel loss due prophylaxis and multiple bonding/debonding of orthodontic brackets. Am J Orthod. 1981;79:282
- (72) Uribe GA. Ortodoncia. Teoría y clínica. Editorial corporación para investigaciones biológicas. Primera edición. 2004;199-207.
- (73) Van Waes H, Matter T, Krejci I. Three-dimensional measurement of enamel loss caused by bonding and debonding of orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1997;112:666.
- (74) Viazis AD, Cavanaugh G, Bevis RR. Bond strength of ceramic brackets under shear stress; an in vitro report. Am J Orthod. 1990;74:259-263.
- (75) Vukovich ME, Wood DP, Daley TD. Heat generated by grinding during removal of ceramic brackets. Am J Orthod. 1991;99:505.
- (76) Wang WN, Meng CL, Tarng TH. Bond strength: a comparison between chemical coated and mechanical interlock bases of ceramic and metal brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1997;111:374-81.
- (77) White LW. Effective saliva control for orthodontic patients, J Clin Orthod. 1975;9:648.

- (78) Winchester LJ. Bond strengths of different ceramic brackets: an in vivo study. *Eur J Orthod* 1991;13:293-305.
- (79) Zachrisson BU. A posttreatment evaluation of direct bonding in orthodontics. *Am J Orthod*. 1977;71:173-189.
- (80) Zachrisson BU. Fluoride application procedures in orthodontic practice: current concepts. *Angle Orthod*. 1975;44:72.
- (81) Zachrisson BU. Oral hygiene for orthodontic patients: current concepts and advice. *Am J Orthod*. 1974;66:487.
- (82) Zachrisson BU, and Arthur J. Enamel surface appearance after various debonding techniques, *Am J Orthod*. 1979;75:121-137.
- (83) Zachrisson BU, Skogan O, Hoymyhr S. Enamel cracks in debonded, debanded, and orthodontically untreated teeth. *Am J Orthod*. 1980;77:307.

12. ANEXOS



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO
DE QUITO

Corporación de Promoción Universitaria

Quito, 10 de febrero de 2011

A quien corresponda,

Por medio de la presente nos dirigimos a ustedes en la oportunidad de solicitarles la colaboración para la realización de la Tesis de grado del Dr. EUGENIO JOSE MARRUFFO RUIZ, estudiante del Postgrado de Ortodoncia de la Universidad San Francisco de Quito, la cual lleva por título "ESTUDIO COMPARATIVO IN VITRO DEL EFECTO PRODUCIDO EN EL ESMALTE DENTAL TRAS EL DESEMENTADO DE BRACKETS METÁLICOS Y BRACKETS CERÁMICOS EN PREMOLARES EXTRAIDOS", específicamente en lo que respecta al uso del microscopio electrónico de barrido.

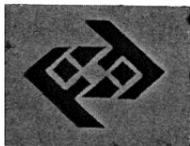
En dicho estudio la muestra está comprendida por 30 dientes premolares humanos que fueron extraídos por indicación terapéutica, dividida en 2 grupos de 15 dientes. Al primer grupo se les cementarán brackets metálicos y al segundo grupo brackets cerámicos. Se pretende evaluar la pérdida de esmalte en micras al descementar cada tipo de bracket utilizando un micrómetro electrónico y evaluar con el microscopio electrónico de barrido, la cantidad de adhesivo utilizado para cementar el bracket que permanece remanente en el esmalte dental luego de descementar los brackets y evaluar los cambios en la textura y contorno anatómico en el esmalte luego de que se eliminan dichos restos de adhesivo.

De antemano agradezco su atención.

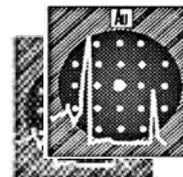
Atentamente,

Dr. Fernando Sandoval V.
Decano
Escuela de Odontología
Universidad San Francisco de Quito

Campus Cumbayá:
Diego de Robles S/N y Pampite,
Urb. Jardines del Este, Circuito de Cumbayá
P.O.Box: 17-12-841, Quito - Ecuador
Telfs: (593-2) 297-1700, 297-1705
Fax: (593-2) 289-0070



CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRONICA
FACULTAD DE INGENIERIA-ESCUELA DE METALURGIA



Caracas, 21 de Febrero de 2011

Dr. Eugenio Marruffo
Presente.-

En atención a su solicitud, se le anexa el presupuesto por usted solicitado, el cual involucra muestras de dientes para la caracterización por medio de la técnica de Microscopia Electrónica de Barrido (SEM) y análisis por espectroscopia dispersiva de rayos X (EDX). Una (01) sesión de microscopia electrónica equivale a 3 horas.

Para dar inicio al trabajo, se requiere confirmación por escrito mediante una carta de aceptación del presupuesto emitido.

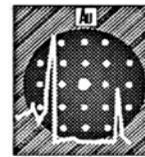
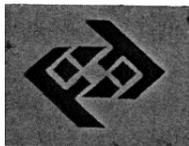
Este presupuesto está sujeto a consideración y/o reajuste de acuerdo a los costos reales y deberá ser cancelado mediante un cheque a nombre de "UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA—" *50% al inicio del trabajo y el 50% restante a la entrega de los resultados o un depósito en el Banco Mercantil cuenta Corriente N° 0105-0027-39-1027000061 a nombre de "UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA". RIF: G-20000062-7*

Quedando a su disposición para cualquier información que sea necesaria se despide de usted,

Atentamente,

Prof.(a) Anna Di Prinzi
Coordinadora del Centro de Microscopia Electrónica

UCV. FACULTAD DE INGENIERÍA
 CENTRO DE
MICROSCOPIA
ELECTRÓNICA



CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRONICA
FACULTAD DE INGENIERIA-ESCUELA DE METALURGIA

PRESUPUESTO

(AÑO 2011)

FECHA: 21-02--2011
 SOLICITUD N°: 484

Atención: Dr. Eugenio Marruffo

1.- USO DE EQUIPOS:		
1.1.-	01 sesión./S.E.M.-H2400 _____	Bs. 812,50
1.2.-	_____ hrs./E.D.X.-KEVEX NIV.IV _____	Bs. _____
1.3.-	_____ hrs./T.E.M.-Phillips EM400 _____	Bs. _____
1.4.-	_____ hrs./EVAPORADOR ALTO VACÍO _____	Bs. _____
1.5.-	_____ hrs./CUBRIDOR DE IONES _____	Bs. _____
1.6.-	_____ hrs./ELECTROPULIDO POR DOBLE JET _____	Bs. _____
1.7.-	_____ hrs./FRESADOR IONICO _____	Bs. _____
1.8.-	_____ hrs./TROQUEL – DIMPLING _____	Bs. _____
1.9.-	_____ hrs./Ensayo Mecánico (DUREZA) _____	Bs. _____
2.-	MATERIAL PARA PREPARAR MUESTRAS: Metalografía por muestra	Bs. _____
3.-	MATERIAL FOTOGRAFICO:	Bs. _____
4.- RESULTADOS:		
4.1.-	SOLO ENTREGA DE RESULTADOS _____	Bs. _____
4.2.-	CON REPORTE TÉCNICO _____	Bs. _____
5.- HONORARIOS PROFESIONALES:		
5.1.-	PERSONAL DOCENTE: _____	Bs. _____
5.2.-	PERSONAL TÉCNICO: _____	Bs. _____
5.3.-	PERSONAL ADMINISTRATIVO: _____	Bs. _____
6.- COSTO TOTAL DEL TRABAJO:		
6.1.-	ESTIMADO: _____	Bs. 812,50
6.2.-	REAL: _____	Bs. _____

Favor emitir cheque a nombre de: FACULTAD DE INGENIERIA-UCV

Atentamente,

Prof.(a) Anna Di Prinzio
 Coordinadora del Centro de Microscopia Electrónica

UCV. FACULTAD DE INGENIERÍA
 CENTRO DE
 MICROSCOPIA
 ELECTRÓNICA



Teléfonos: 6051029-6051533-6051587
Fax: 6051531

Telef.