

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Posgrados

Estudio comparativo *in vitro* de la resistencia al descementado de brackets cerámicos que han sido adheridos al esmalte dentario con tres sistemas de preparación previa, utilizando como sistema adhesivo resina *Transbond XT 3M* y su respectivo análisis al MEB

Jenniffer Andrea Vargas Moreno, Dra.

Carlos Meneses, Dr., Director de Tesis

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

Quito, junio de 2015

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Posgrados**

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

Estudio comparativo *in vitro* de la resistencia al descementado de brackets cerámicos que han sido adheridos al esmalte dentario con tres sistemas de preparación previa, utilizando como sistema adhesivo resina *Transbond XT 3M* y su respectivo análisis al MEB

Jennifer Andrea Vargas Moreno, Dra.

Carlos Meneses, Dr.,
Director de Tesis

Carolina Dueñas, Dra.,
Miembro del Comité de Tesis

Lucía Mesías, Dra.,
Miembro del Comité de Tesis

Diego Carrillo, Dr.,
Miembro del Comité de Tesis

Gerson Cabezas, Dr.,
Director del Postgrado de Ortodoncia.....

Dr. Fernando Sandoval, M.Sc., Dr.,
Decano de la Facultad de Odontología

Victor Viteri Breedy, Ph.D.,
Decano del Colegio de Posgrados

Quito, junio de 2015

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: _____

Nombre: Jenniffer Andrea Vargas Moreno

C. I.: 1713757019

Fecha: Quito, junio de 2015

DEDICATORIA

A mi abnegada madre Marina quién me ha impulsado siempre a salir adelante con sus consejos, su sabiduría y todo su amor.

A mi esposo David, por ayudarme día tras día, confiar en mí y sobre todo por su apoyo incondicional que ha sido de vital importancia en estos momentos.

A mi abuelita Julia, que me ha entregado tantas enseñanzas y ha estado presente con su amor desmedido en cada etapa de mi vida.

A mis hermanos Stephany y Santiago que siempre me han contagiado de entusiasmo, gracias por su apoyo.

A mi sobrina Valentina, que llegó para iluminar nuestras vidas.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por haberme guiado y bendecido a lo largo de este camino hacia la culminación de este ansiado proyecto de vida.

A mi madre, que ha estado siempre a mi lado brindándome sus consejos y su apoyo incondicional para alcanzar mis sueños y anhelos personales a pesar de las adversidades.

A mi padre Rodrigo, por haberme ayudado a culminar esta etapa de mi vida.

A mis hermanos y sobrina, que confiaron en mis capacidades.

A mi esposo David, que ha sido parte fundamental de este logro, gracias por su ayuda desmedida, sus consejos y su motivación.

Un agradecimiento especial al Dr. Carlos Meneses por su paciencia, sus consejos y sus conocimientos entregados en pro de la culminación de este proyecto de investigación.

Al Doctor Gerson Cabezas, Director del Postgrado, un excelente ser humano que me apoyo desde el primer momento y puso en mí su confianza.

A mis queridos maestros, los Doctores Carolina Dueñas, María Dolores Villacrés, Myriam Montalvo, Lucía Mesías, Cristina Oliveira, Diego Carrillo, Eduardo Acevedo, gracias por haber compartido de una manera desinteresada todos sus conocimientos y haberme forjado en el ámbito profesional.

Gracias a mis compañeros Helen, Ana Milena, Gabriela O, Juan, Magdelys y Gabriela F., por haber compartido tantos y tantos momentos en el Posgrado.

A todos quienes contribuyeron de una u otra manera para la elaboración de este estudio investigativo, mi eterna gratitud.

RESUMEN

El actual desarrollo de la adhesión en ortodoncia, se ha enfocado en lograr la permanencia de los brackets en su posición durante el tiempo que dure el tratamiento además de la búsqueda de un sistema adhesivo que mantenga la integridad del esmalte cuando los aparatos sean removidos, estos fundamentos se aplican tanto para brackets metálicos como cerámicos, éstos últimos presentan un índice mucho más elevado de daños en la superficie del esmalte, dada su composición, la cual les confiere mayor dureza pero también los predispone a la fractura durante el descementado dificultando su remoción total. El objetivo del presente estudio fue evaluar y comparar mediante pruebas de cizallamiento la resistencia adhesiva de tres diferentes tipos de brackets cerámicos cuya base fue sometida a tres procesos de acondicionamiento previos a su adhesión sobre el esmalte. **Metodología:** 50 terceros molares humanos fueron seleccionados de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión y luego fueron montados en troqueles de acrílico de 2cm x 2cm. La muestra se dividió en 4 grupos, el primer grupo o grupo control, conformado por 5 dientes a los cuales se les cementaron brackets de la marca Protect, sin ningún tipo de acondicionamiento; el segundo grupo o grupo Unitek conformado por 15 dientes a los cuales se les cementaron brackets cerámicos Gemini Clear; el tercer grupo correspondiente a 15 dientes donde se cementaron brackets cerámicos Illusion Plus de la casa comercial Ortho Organizers; y finalmente el grupo de brackets Protect que fueron adheridos sobre 15 dientes. Los 45 brackets de los grupos experimentales fueron acondicionados antes de su adhesión por medio de silano, clorhexidina y acetona. Después de 72 horas, se llevó a cabo la prueba de cizallamiento mediante la máquina de ensayos universales MTS, luego de lo cual se analizó el índice de adhesivo remanente ARI (adhesive remnant index). **Resultados:** Los brackets Gemini Clear obtuvieron los valores promedio más altos (23.37 MPa) de resistencia al desprendimiento en comparación con los brackets Illusion (19.34 MPa) y Protect (13,53). El índice ARI demostró que el mayor número de muestras se localizó en ARI 1 (46%), seguido por ARI 0 (26%), luego ARI 3 (20%) y finalmente ARI 2 (8%). Mediante MEB se pudieron comprobar los daños ocasionados en el esmalte, luego de la prueba de cizallamiento se procedió a medir y comparar el diámetro de las grietas ocasionadas en el esmalte obteniendo el promedio más elevado en el grupo Illusion con un valor de 6,699 μm , a continuación el grupo Protect presentó un promedio de 4,331 μm y el valor promedio mínimo lo obtuvo Unitek con 1,197 μm de diámetro. **Conclusiones:** Todas las muestras sometidas a las pruebas de cizallamiento demostraron un incremento en la resistencia adhesiva, siendo los brackets Unitek™ los que alcanzaron la mejor resistencia, además fueron los que ocasionaron el menor daño en el esmalte de acuerdo con las pruebas estadísticas.

Palabras clave: adhesión, brackets cerámicos, esmalte, silano, clorhexidina, acetona, Microscopio Electrónico de Barrido.

ABSTRACT

The current development of orthodontic adhesives has focused on achieving permanency of the brackets in place for the duration of the treatment in addition to seeking an adhesive system that maintains the integrity of the enamel when the brackets are removed. These fundamentals apply to both metallic and ceramic brackets; the latter have a much higher rate of damage on the enamel surface given their composition, which gives them greater hardness but also predisposes them to fracture during removal, hence hindering their complete removal. The aim of this study was to evaluate and compare shear tests by the adhesive strength of three different types of ceramic brackets whose bases were subjected to three conditioning processes prior to attachment to the enamel. **Methods:** 50 human third molars were selected according to criteria and were then mounted in acrylic dies 2cm x 2cm. The sample was divided into 4 groups: the first group, or control group, consisting of five teeth which were cemented Protect brand brackets without any preparation; the second group, Unitek, consisted of 15 teeth to which ceramic Gemini Clear braces were cemented; the third group, also consisting of 15 teeth, utilized Illusion ceramic brackets from the Plus Ortho Organizers group; and finally the Protect brackets group were also attached to 15 teeth. The 45 brackets of the experimental groups were treated by silane, chlorhexidine, and acetone before being cemented. After 72 hours, a shear test using an MTS universal testing machine was conducted, after which the remaining adhesive ARI (adhesive remnant index) was analyzed. **Results:** Gemini Clear braces had the highest average values (23.37 MPa) peel strength compared to Illusion (19.34 MPa) and Protect brackets (13,53 MPa). The ARI showed that more samples are located at ARI 1 (46%), followed by ARI 0 (26%), then ARI 3 (20%) and finally ARI 2 (8%). Using SEM the damage to the enamel was calculated after the shear test by measuring and comparing the diameter of the cracks caused in the enamel. The highest average was found in the Illusion group with a value of 6.699 microns; the Protect group had an average of 4,331 um and the lowest average value obtained was Unitek at 1,197 um. **Conclusions:** All samples submitted to the shear test showed evidence of shear bond strength increased, the supports being Unitek™ those who achieved the best resistance, in addition it was those with less damage to the enamel in accordance with statistical tests.

Keywords: adhesion, ceramic brackets, enamel, silane, chlorhexidine, acetone, Scanning Electron Microscope.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO.....	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
TABLA DE CONTENIDO.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
ÍNDICE DE TABLAS.....	15
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	16
1. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1 Determinación del problema.....	22
1.2 Justificación.....	24
1.3 Objetivo General.....	25
1.4 Objetivos Específicos.....	25
1.5 Hipótesis.....	26
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	27
2.1 Esmalte.....	27
2.1.1 Características de esmalte.....	29
2.1.2 Propiedades físicas del esmalte.....	30
2.1.3 Composición química del esmalte.....	31
2.1.4 Estructura histológica del esmalte.....	33
2.2 Adhesión.....	34
2.2.1 Factores que intervienen en la adhesión.....	36
2.2.2 Tipos de adhesión.....	39

2.2.3	Adhesión al esmalte.....	40
2.2.4	Adhesión a brackets.....	40
2.2.4.1	Tipos de adhesión a brackets.....	42
2.2.4.2	Ventajas y desventajas de la adhesión a brackets.....	43
2.2.4.3	Técnicas de adhesión en ortodoncia.....	44
2.2.4.4	Procedimiento de adhesión en ortodoncia.....	46
2.2.4.5	Sistemas resinosos en Ortodoncia.....	50
2.3	Brackets.....	55
2.3.1	Brackets estéticos.....	55
2.3.2	Brackets plásticos.....	56
2.3.3	Brackets cerámicos.....	56
2.3.3.1	Clasificación de brackets cerámicos de acuerdo a su composición.....	57
2.3.3.2	Propiedades físicas de los brackets cerámicos.....	58
2.3.3.3	Mecanismos de retención.....	58
2.3.3.4	Desventajas de los brackets cerámicos.....	60
2.3.3.5	Brackets cerámicos Unitek™ Gemini Clear.....	62
2.3.3.6	Brackets cerámicos Illusion Plus.....	63
2.3.3.7	Brackets cerámicos Protect.....	64
2.3.4	Descementado de brackets.....	65
2.3.4.1	Procedimiento clínico.....	65
2.3.4.2	Remoción de brackets cerámicos.....	65
2.3.5	Características del esmalte normal.....	67
2.3.6	Desprendimiento del esmalte.....	69
2.3.7	Grietas en el esmalte.....	69

2.4 Fuerzas en ortodoncia.....	70
2.5 Sustancias para la desinfección de bases de brackets.....	73
2.6 Microscopio electrónico de barrido.....	74
3. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	75
3.1 Diseño de la investigación.....	75
3.2 Tipo de estudio.....	75
3.3 Variables.....	75
3.4 Muestra.....	76
3.5 Materiales.....	78
3.6 Metodología.....	79
3.7 Beneficios para los participantes.....	94
3.8 Riesgos.....	94
3.9 Análisis estadístico.....	95
3.10 Recolección de datos.....	96
4. RESULTADOS.....	100
5. DISCUSIÓN.....	129
6. CONCLUSIONES.....	133
7. RECOMENDACIONES.....	135
8. REFERENCIAS.....	136
ANEXOS.....	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación y relación del esmalte con otros tejidos dentarios.....	27
Figura 2. Disposición de prismas del esmalte vistos a través de MEB.....	28
Figura 3. Orientación hexagonal de los prismas del esmalte.....	28
Figura 4. Disposición de los prismas del esmalte corte desde unión amelodentinaria hasta la superficie del esmalte.....	28
Figura 5. Disposición de los prismas del esmalte con relación a la dentina.....	29
Figura 6. Esquema de la estructura cristalina de la hidroxiapatita.....	33
Figura 7. Diagrama de la unidad estructural del esmalte, el prisma.....	33
Figura 8. Diagrama de la tensión superficial.....	37
Figura 9. Diagrama de la energía superficial.....	37
Figura 10. Fases de la adhesión directa.....	45
Figura 11. Limpieza del esmalte con copas de caucho.....	47
Figura 12. Control de la humedad.....	47
Figura 13. Sellado con un imprimador líquido.....	49
Figura 14. Proceso de adhesión del bracket.....	49
Figura 15. Brackets metálicos con adhesivo previamente integrado (APC).....	53
Figura 16. Cementos de ionómero de vidrio.....	54
Figura 17. Vista frontal y distal de brackets cerámicos.....	58
Figura 18. Base de un bracket cerámico con retención mecánica.....	59
Figura 19. Base lisa para retención química.....	59
Figura 20. Fracturas de aletas de brackets cerámicos.....	61
Figura 21. Brackets Unitek™ Gemini Clear.....	62
Figura 22. Brackets cerámicos Gemini Clear sistema APC.....	63

Figura 23. Brackets cerámicos Illusion Plus™	63
Figura 24. Brackets Protect.....	64
Figura 25. Brackets cerámicos Protect.....	65
Figura 26. Descementado de brackets cerámicos.....	66
Figura 27.A. Aspecto rayado normal de la superficie del esmalte de un diente joven	68
Figura 27.B. Superficie del esmalte de un diente joven visto al MEB.....	68
Figura 28.A. Aspecto rayado normal de la superficie del esmalte en un diente adulto	68
Figura 28.B. Superficie del esmalte de un diente adulto visto al MEB.....	68
Figura 29. Esquema de fuerzas de tracción.....	71
Figura 30. Secuencia de movimientos provenientes de una fuerza ortodóntica.....	72
Figura 31. Terceros molares seleccionados de acuerdo con los criterios de inclusión	80
Figura 32. Trazado de los ejes horizontal y vertical de la corona.....	80
Figura 33. Proceso de grabado ácido para cada una de las muestras.....	81
Figura 34. Lámpara LITEX 680 220V USA.....	82
Figura 35. Conformación de troqueles.....	83
Figura 36. Troqueles de acrílico con sus respectivas muestras.....	84
Figura 37. Máquina de ensayos universales MTS T5002.....	85
Figura 38. Cuchilla que describe un movimiento inciso-gingival a nivel de la interfase bracket-esmalte.....	85
Figura 39. Medición de la base (b) y la altura (h) de la malla de cada bracket a través de un calibrador digital.....	86
Figura 40. Colocación del espécimen en las mordazas de la máquina MTS.....	87
Figura 41. Cuchilla dispuesta en sentido tangencial a la interfase bracket-esmalte...	87
Figura 42. Fuerza registrada en Newtons mediante medidor de fuerza digital.....	88

Figura 43. Portamuestras de aluminio con espiga en su base.....	91
Figura 44. Muestras metalizadas con Oro-Paladio.....	91
Figura 45. Microscopio electrónico de barrido ambiental marca FEI.....	92
Figura 46. Observación de las muestras a través del MEB.....	92
Figura 47. Laboratorio de microscopia electrónica Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas Universidad de Chile.....	93
Figura 48. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas Universidad de Chile.....	93
Figura 49. Calibrador digital para medición de la base y altura de la malla del bracket	97
Figura 50. Muestra U1 observada al MEB.....	123
Figura 51. Muestra U8 observada al MEB.....	123
Figura52. Muestra U11 observada al MEB.....	124
Figura 53. Muestra I2 observada al MEB.....	124
Figura 54. Muestra I8 observada al MEB.....	125
Figura 55. Muestra I13 observada al MEB.....	125
Figura56. Muestra P1 observada al MEB.....	126
Figura 57. Muestra P4 observada al MEB.....	126
Figura 58. Muestra P10 observada al MEB.....	127
Figura 59. Muestra P15 observada al MEB.....	127
Figura 60. Muestra T3 observada al MEB.....	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Identificación de las muestras.....	76
Tabla 2. Clasificación de las muestras de acuerdo al acondicionador.....	77
Tabla 3. Recomendaciones de 3M para la utilización de lámparas de polimerización...	82
Tabla 4. Clasificación del índice ARI.....	88
Tabla 5. Tabla de recolección de datos en Newtons de la prueba de cizallamiento.....	98
Tabla 6. Esfuerzo en Kg/mm ² de las 50 muestras.....	99
Tabla 7. Esfuerzo en MPa de las 50 muestras.....	99
Tabla 8. Tabla estadística descriptiva entre grupos.....	100
Tabla 9. Pruebas de normalidad para grupos.....	101
Tabla 10. Resumen de la prueba de hipótesis, donde se rechaza la hipótesis nula.....	105
Tabla 11. Resumen de la prueba de hipótesis.....	108
Tabla 12. Análisis estadístico descriptivo de los resultados de acondicionador.....	113
Tabla 13. Proporción de cada una de las muestras para la clasificación ARI.....	115
Tabla 14. Distribución del remanente en la superficie del esmalte en las 50 muestras.....	115
Tabla 15. Análisis ARI de la marca Protect.....	116
Tabla 16. Análisis ARI de la marca Unitek.....	117
Tabla 17. Análisis ARI de la marca Illusion	117
Tabla 18. Probabilidad estadística para la ausencia de adhesivo.....	118
Tabla 19. Análisis descriptivo de los datos correspondientes a las grietas del esmalte.....	120
Tabla 20. Ubicación de las grietas de acuerdo al rango.....	120
Tabla 21. Resumen de prueba Kruskal Wallis para grietas en el esmalte.....	120

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico1. Prueba Kruskal Wallis grupo Unitek.....	102
Grafico 2. Prueba Kruskal Wallis grupo Illusion.....	103
Grafico 3. Prueba Kruskal Wallis grupo Protect.....	104
Gráfico 4. Comparaciones por parejas de acondicionador.....	105
Gráfico 5. Prueba de Kruskal Wallis de muestras independientes.....	106
Gráfico6.Comparaciones por parejas de grupos.....	107
Gráfico 7.Prueba de Kruskal Wallis Silano.....	108
Gráfico 8. Prueba de Kruskal Wallis Clorhexidina.....	109
Gráfico 9. Prueba de Kruskal Wallis Acetona.....	110
Gráfico 10. Comparación de acetona entre grupo 2 y 3.....	111
Gráfico 11. Resistencia adhesiva en MPa de las tres marcas de brackets.....	112
Gráfico 12. Resistencia al desplazamiento del grupo control.....	113
Gráfico 13. Promedio de resistencia al descementado de acuerdo con el agente acondicionador	114
Gráfico 14. Cantidad de adhesivo remanente en la superficie del esmalte 50 muestras...	114
Gráfico 15.Representación de la distribución del ARI.....	115
Gráfico 16. Distribución del porcentaje ARI.....	116
Gráfico 17. Recuentos de probabilidades conjuntas para el tamaño muestral (n=45).....	119
Gráfico 18. Prueba de Kruskal Wallis entre los tres grupos de grietas.....	121
Gráfico 19. Comparaciones por parejas de grupos.....	122

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el desarrollo de nuevas técnicas de adhesión así como el mejoramiento de las propiedades adhesivas en ortodoncia ha estado enfocado en la búsqueda de un sistema que muestre una suficiente eficacia adhesiva con el esmalte para mantener los aditamentos en su posición a lo largo del tratamiento, que también simplifique la técnica para disminuir tanto el tiempo como el costo y que además sea lo más cuidadoso posible con el esmalte una vez que se retire la aparatología.

En los últimos años se ha incrementado la demanda de tratamientos ortodónticos más estéticos por parte de muchos pacientes, sobre todo adultos. Una de las alternativas más populares hoy en día son los brackets cerámicos, compuestos por óxido de aluminio, que a diferencia de los brackets plásticos utilizados años atrás son más resistentes a las manchas y a la decoloración por ser inertes a los fluidos orales. El óxido de aluminio les confiere propiedades como la dureza, resistencia a la tracción, resistencia a la fractura, entre otras, las mismas que presentan valores mucho más elevados que el acero inoxidable, y son estas mismas propiedades que pueden ocasionar daños en el esmalte. Los reportes de fracturas de brackets y daños en la superficie del esmalte que ocurren durante el descementado de brackets cerámicos, continua siendo un motivo de preocupación para los clínicos (Swartz, 1988; Bordeaux, 1994; Bishara, 2008).

Debido a que la adhesión en ortodoncia es semipermanente, la fuerza de adhesión no sólo debe ser lo suficientemente alta para resistir al desprendimiento de aparatos durante el tratamiento, sino también lo suficientemente baja para evitar daños en el esmalte durante el descementado (Atsü y cols., 2006). Desde la introducción de los brackets

cerámicos, los fabricantes han ido modificando el diseño de sus bases a fin de disminuir los daños en el esmalte (Bordeaux, 1994).

Uno de los descubrimientos más importantes en el campo de la ortodoncia es la técnica de grabado ácido, introducida en 1955 por Buonocore para el cementado directo de brackets por medio de microporosidades creadas a partir del ácido fosfórico para aumentar el área de la superficie dental y permitir que el adhesivo penetre en el diente, obteniendo como resultado la unión mecánica fiable entre el bracket y el esmalte. A partir de ese momento las investigaciones se han centrado principalmente en aumentar la fuerza adhesiva, minimizar el desprendimiento de brackets durante el tratamiento así como también mejorar el resultado desde el punto de vista estético prestando muy poca atención a la posible contaminación que puede producirse en los brackets antes de su instalación. Este problema puede surgir en cualquier momento desde el proceso de fabricación y empaquetado para su almacenamiento y posterior comercialización por parte de las casas comerciales así como también cuando adquirimos repuestos de forma individual o en el consultorio cuando luego de ser retirados de su embalaje original caen accidentalmente en el suelo o no se manejan normas para su adecuada manipulación, por tal motivo, microorganismos, grasa y partículas podrían quedar impregnados en la malla del bracket interfiriendo en la adhesión óptima hacia el esmalte. Este tipo de contaminación puede afectar directa o indirectamente en la adhesión (Speer y cols, 2005; Mojica y cols., 2007).

Estudios recientes han detectado la presencia de microorganismos en brackets metálicos así como también cerámicos nuevos y empacados, tal y como lo demuestra Montoya (2014) que con la ayuda de microscopía electrónica determinó la presencia de bacilos Gram negativos y cocos Gram positivos (*Staphylococcus*) en brackets de la marca Borgatta (Roth 0.022"). Estos microorganismos son responsables de una gran variedad de

patologías que van desde infecciones menores de la piel y abscesos cutáneos hasta enfermedades graves como la endocarditis y neumonía.

El tratamiento adecuado de los aparatos de ortodoncia previo a su colocación hoy en día constituye una herramienta para garantizar la ausencia de microorganismos patógenos, por ende evitar infecciones cruzadas, pero sobre todo este acondicionamiento podría favorecer al mejoramiento de la fuerza de adhesión y reducir los fracasos en ortodoncia tal y como se explicará en el presente estudio (Montoya y cols., 2014; Mojica y cols., 2007).

Un desinfectante de uso habitual en odontología es la Clorhexidina, un agente antimicrobiano de amplio espectro, la misma que ha sido utilizada desde 1959 como colutorio de uso oral para el control de la placa bacteriana y para desinfectar aparatos removibles y cavidades. Sandham y cols., encontraron una reducción en los niveles de *S. mutans* con el uso de barniz de clorhexidina en niños sometidos a tratamientos de ortodoncia (Polat, 2005). Existe muy poca literatura referente a la influencia de la Clorhexidina en la fuerza adhesiva de los brackets pero se puede destacar el estudio de Speer y cols. (2005), en el cual mediante pruebas de cizallamiento se demostró una reducción significativa de la capacidad de adhesión cuando brackets cerámicos se sometieron a la desinfección mediante Clorhexidina, a diferencia de los brackets metálicos en cuyo caso la Clorhexidina tuvo un efecto casi nulo en la retención al esmalte, no obstante el estudio concluye que podría funcionar como una excelente solución desinfectante.

Tanto Bishara y cols. (1996) como Damon y cols. (1997), estudiaron los efectos del barniz de Clorhexidina en la resistencia adhesiva de los aparatos ortodónticos en la superficie del esmalte grabado. Bishara y cols., concluyeron que la resistencia al

cizallamiento no se ve afectada cuando se aplica Clorhexidina, si el barniz es mezclado previamente con el primer, luego colocado en la superficie del esmalte y posteriormente fotopolimerizado (Polat, 2005).

La mayoría de brackets cerámicos que fueron introducidos inicialmente, usaban alguna forma de adhesión química, entre las que destaca el silano que se utilizaba para crear un nexo entre la base bracket y la resina. Posteriormente se añadió a la base vidrio silanizado para que mejore su adhesión (Swartz, 1988).

El silano es un mejorador de la adhesión, al ser un agente para facilitar el enlace entre el composite y otras resinas orgánicas a la porcelana. Su principal componente, el silicio, ha sido ampliamente usado también como descontaminante de superficies eliminando microorganismos (Mojica y cols., 2007).

En lo que se refiere al acondicionamiento de brackets cerámicos existe información muy reducida debido a que la limpieza y desinfección se realiza generalmente cuando se van a reciclar y a reutilizar brackets cerámicos, de este modo tenemos el estudio de Kenneth y Djeng S. (1990) que reportó un método muy práctico para reciclar brackets cerámicos, el cuál consistía en calentar los brackets con la ayuda de un minisoplete hasta eliminar la resina residual, luego de lo cual se aplicó una capa de Silano el cuál funcionaba como un agente de unión química entre el adhesivo y la malla de los brackets. Los resultados obtenidos fueron favorables ya que microscópicamente los brackets reciclados se asemejaban a los nuevos.

Atsu y cols., en el año 2006, evaluaron el efecto del recubrimiento de las bases de brackets metálicos y cerámicos con sílice triboquímico y silano para mejorar la resistencia al desprendimiento utilizando una resina de fotopolimerización. Durante el estudio los brackets fueron sometidos a un proceso de arenado previo con trióxido de aluminio y luego

se recubrieron con sílice para finalizar con la aplicación del Silano (ESPE-Sil AG, Seefeld, Germany), el mismo que se dejó secar al aire libre durante 5 minutos, luego de las pruebas de cizallamiento determinaron que los sistemas de recubrimiento utilizados en las bases de brackets metálicos y cerámicos incrementaron la fuerza adhesiva significativamente.

Bishara (2005), reportó el uso de sistema adhesivo antibacterial y liberador de flúor que consistía en un monómero antibacteriano y un agente adhesivo con fluoruro de sodio. Encontró que los grupos de control y experimental no presentaron diferencias significativas en cuanto a la fuerza de adhesión pero que si presentaron como ventaja su efecto antibacterial y la constante liberación de flúor.

La acetona es utilizada en la preparación de diferentes productos químicos industriales como metacrilato de metilo, isopropanol, diacetona alcohol y bisfenol A. Es un excelente disolvente para los aceites, tanto naturales como sintéticos, resinas, gomas, ceras, pinturas y barnices; por esta propiedad es recomendada para la producción de agentes de recubrimiento, tintas de imprenta y adhesivos (Mojica y cols., 2007). Según Steffen (2006), el uso de acetona por 10 segundos sobre un bracket nuevo mejora la fuerza adhesiva, descontaminando su base.

Existen numerosos estudios referentes a la descontaminación de brackets metálicos para mejorar la fuerza de adhesión con el esmalte dentario pero no se ha reportado suficiente evidencia con respecto a la misma preparación sobre bases de brackets cerámicos. Por lo tanto el propósito del presente estudio es brindar a los ortodoncistas las herramientas necesarias que permitan mejorar los sistemas adhesivos de tratamientos estéticos mediante la utilización de varias sustancias para acondicionar la base de los brackets cerámicos así como también conocer el daño que puede provocar el incremento en la resistencia adhesiva (Steffen, 2006; Mojica y cols., 2007).

1.1 Determinación del problema

La fuerza de unión entre dos superficies se denomina “adhesión”. La adhesión se basa en la unión mecánica de un adhesivo a las irregularidades del esmalte superficial de los dientes y a las uniones mecánicas formadas en la base de los brackets. La base para la adhesión de los brackets al esmalte ha sido el grabado de este último con ácido fosfórico, como propuso Buonocore en 1955. En la década de los 70’s se publicaron una serie de artículos en relación a sistemas adhesivos directos e indirectos y desde entonces se han buscado desarrollar constantemente nuevos productos tanto resinas adhesivas como brackets para mejorar las fuerzas de unión (Graber & Vanarsdall, 2006; Mojica y cols, 2007).

Una de las prioridades de un tratamiento de Ortodoncia debe ser evitar en lo posible el descementado brackets pues resultaría ineficaz, costoso y deberíamos emplear más tiempo de lo habitual para su reposición (Graber & Vanarsdall, 2006).

Según Sondhi (2000), las fallas de adhesión son más caras de lo que creemos sin referirse al costo del bracket en sí, menciona que los principales problemas son el consumo de tiempo en la clínica y de tratamiento. Pues bien, con la falla de adhesión existirá una inversión mínima de 20-30 minutos de tiempo en el sillón y si se analiza a fondo esta situación, no importa lo bien que esté organizada la oficina, hasta en el menor caso generará pérdidas económicas. Si a esto se le suma alguna pérdida de movimiento como recidiva o rotación, entonces el costo del problema será 30 o 40 minutos en el sillón, y dos citas, esto aumenta si tenemos que bajar a un arco más ligero para recuperar al diente que se rotó o desplazó (Sondhi, 2000).

Para conseguir la unión adecuada al esmalte se necesita una superficie grabada seca que debe mantenerse libre de la humedad y de los componentes salivales. Múltiples investigaciones indican que la unión entre esmalte grabado con ácido representa el principal medio de retención (Mojica y cols., 2007; Macci, 2002).

El grabado ácido permite descalcificar superficialmente el esmalte, eliminando mediante la acción de un ácido la materia interprismática y creando cavidades retentivas a modo de poros o surcos para la resina de adhesión, además la sustancia ácida aumenta la energía superficial, facilitando que los microporos puedan ser mojados y penetrados por una resina de enlace (Canut Brusola, 2005; Mojica y cols., 2007)

Los fracasos en la unión se deben a inconsistencias en la técnica de cementado y a la calidad de los brackets más no a las resinas de unión. Las resinas que dan mejores resultados son las diacrilicas con carga para brackets metálicos y las acrílicas sin relleno o carga para brackets plásticos y cerámicos. La fuerza mínima de adhesión es de 6-7 MPa (Graber & Vanarsdall, 2006; Canut Brusola, 2005; Mojica y cols., 2007).

Los brackets deben ofrecer una superficie que favorezca la retención mecánica o química una vez que se aplique la resina compuesta. Los brackets de acero inoxidable y titanio ofrecen retención mecánica a la resina de adhesión mediante una malla soldada por medio de láser a su base; mientras que otros tipos de brackets ofrecen surcos o retenciones troqueladas. Los brackets de cerámica o policarbonato ofrecen retención mixta: mecánica (rugosidades en la base) y química (acoplamiento silánico mediante un primer especial) (Canut Brusola, 2005).

Según Vann Meerbeek el fenómeno de adhesión es un proceso de remoción de minerales e infiltración de monómeros resinosos *in situ*, con la finalidad de mantener la homeostasis del medio interno del complejo dentino-pulpar (Soares, 2002).

Un elemento indispensable de los sistemas de adhesión es el adhesivo, que se activa y genera la unión entre dos sólidos, por lo cual es de suma importancia que la película de este adhesivo se distribuya adecuadamente sobre las dos superficies, es decir que no existan elementos que interfieran en su unión exitosa. Un buen adhesivo debe mojar completamente la superficie del sustrato y presentar un mínimo cambio dimensional al pasar del líquido al sólido (Mojica y cols, 2007).

A pesar de que un adhesivo es capaz de mojar una superficie, esto puede verse alterado por la elevada viscosidad, lo que es común en superficies rugosas, ya que éstas irregularidades pueden impedir la fluidez (Mojica y cols, 2007).

1.2 Justificación

Las fallas de los sistemas adhesivos se pueden reducir si tomamos medidas de precaución durante el proceso de adhesión para evitar errores en la técnica así como también la contaminación del material. Si una falla de adhesión ocurre durante las primeras 24-48 horas de colocación del aparato, se podría pensar que el problema se originó en la técnica o contaminación del material y estas posibilidades son bastante altas (Sondhi, 1999).

La presente investigación propone el empleo de tres sistemas de acondicionamiento de tres marcas diferentes de brackets cerámicos previos a su cementación, con el propósito de analizar y comparar la fuerza de unión que se logra luego de éste procedimiento y de ésta manera lograr una mejor adhesión de los brackets cerámicos.

Aunque el uso de sistemas de acondicionamiento plantea también mayor tiempo en la colocación de aparatos ortodónticos, si logramos una adecuada adhesión, se pueden ahorrar tiempo, recursos e incomodidad para el paciente a lo largo del tratamiento.

En definitiva, los beneficios del acondicionamiento de brackets cerámicos se verán reflejados no sólo en el paciente sino también en el profesional.

1.3 Objetivo General

Evaluar y comparar la resistencia in vitro al descementado de tres marcas de brackets cerámicos que han sido adheridos al esmalte dentario con tres sistemas de preparación previa, utilizando como sistema adhesivo resina Transbond XT 3M y evaluar los daños al MEB.

1.4 Objetivos Específicos

- Evaluar mediante pruebas de cizallamiento la resistencia adhesiva entre el esmalte y los brackets Unitek™ Gemini Clear cuya base fue previamente acondicionada con clorhexidina al 0.12%, silano y acetona.
- Evaluar mediante pruebas de cizallamiento la resistencia adhesiva entre el esmalte y los brackets Illusion Plus Ortho Organizers cuya base fue previamente acondicionada con clorhexidina al 0.12%, silano y acetona.
- Evaluar mediante pruebas de cizallamiento la resistencia adhesiva entre el esmalte y los brackets Protect cuya base fue previamente acondicionada con clorhexidina al 0.12%, silano y acetona.

- Identificar la interfase donde se produjo la falla adhesiva para cada una de las muestras.
- Determinar el Índice de Adhesivo Remanente (ARI) para todas las muestras estudiadas.
- Analizar el daño ocasionado en la superficie del esmalte de las muestras más representativas luego del descementado de brackets cerámicos a través de la prueba de cizallamiento.

1.5 Hipótesis

La resistencia al descementado de los brackets cerámicos Gemini Clear, Illusion y Protect es mayor después de acondicionar las bases de los mismos, con Silano, Clorhexidina y Acetona siendo el Silano y a la marca Gemini Clear los que brindan los valores más elevados de resistencia adhesiva.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Esmalte

El esmalte también llamado tejido adamantino o sustancia adamantina es un tejido biológico altamente mineralizado y por lo tanto, el más duro del organismo, se encuentra cubriendo a manera de casquete la dentina coronaria ofreciendo protección al tejido conectivo subyacente (Gómez de Ferraris, 2002).

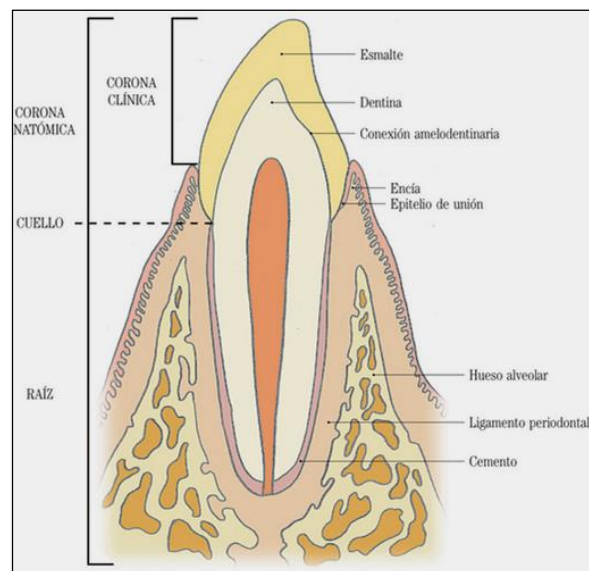


Figura 1. Gómez de Ferraris, M.E. (2002). Ubicación y relación del esmalte con otros tejidos dentarios.

El esmalte está formado por millones de prismas entrelazados, altamente mineralizados que se extienden desde la unión amelodentinaria, hasta la superficie externa o libre, es decir; la que se encuentra en contacto con el medio bucal. Las células secretoras de tejido adamantino, los ameloblastos, depositan los prismas en forma de ojo de cerradura, y luego migran periféricamente a medida que forman éstos prismas y después

desaparecen durante la erupción dentaria por un mecanismo de apoptosis (Gómez de Ferraris, 2002; Avery, 2007).

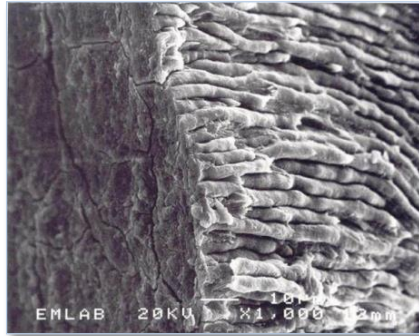


Figura 2. Avery, J. (2007). Disposición de prismas del esmalte vistos a través de microscopía electrónica.

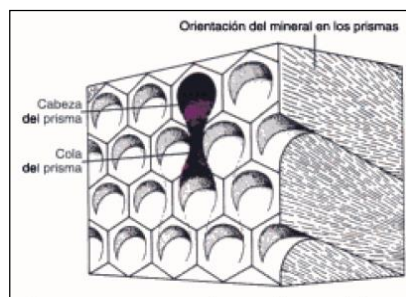


Figura 3. Avery, J. (2007). Orientación hexagonal de los prismas del esmalte.

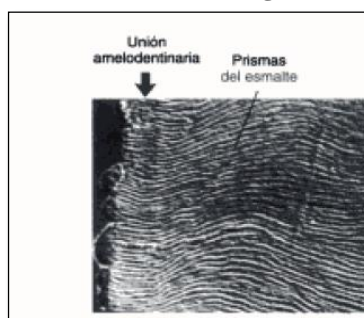


Figura 4. Avery, J. (2007). Disposición de los prismas del esmalte a través de un corte desde la unión amelodentinaria (izquierda) hasta la superficie del esmalte (derecha).

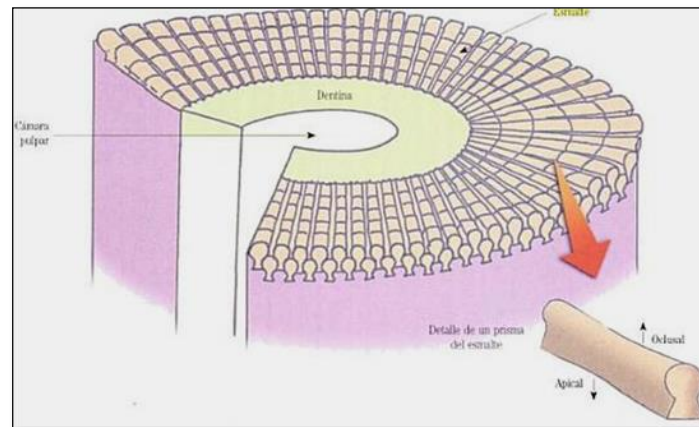


Figura 5. Gómez de Ferraris, M.E. (2002). Disposición de los prismas del esmalte con respecto a la dentina.

Los cristales de hidroxiapatita constituidos por fosfato de calcio representan el componente inorgánico del esmalte. El componente orgánico es la enamulina, una proteína que es similar a la queratina y que se encuentra distribuida alrededor y dentro de los cristales de Hidroxiapatita y contribuye para la permeabilidad. La matriz orgánica también se compone de polisacáridos y no contiene colágeno (Avery, 2007).

2.1.1 Características del Esmalte.

El esmalte presenta características únicas frente al resto de tejidos calcificados (Davis y cols., 1988; Avery y cols., 2007; Gómez de Ferraris, 2002):

- Deriva del ectodermo.
- Su matriz orgánica es de naturaleza no colágena
- Sus cristales de hidroxiapatita son mucho más grandes que en otros tejidos.

- El esmalte maduro no contiene células ni prolongaciones celulares, las células se pierden durante la erupción, por esto se le considera una sustancia extracelular altamente mineralizada.
- El esmalte es considerado una estructura acelular, avascular y sin inervación.
- El esmalte no presenta poder regenerativo como sucede en otros tejidos, salvo en el caso de la remineralización.

2.1.2 Propiedades Físicas del esmalte.

Se pueden describir las siguientes propiedades de acuerdo con Gómez de Ferraris (2002):

2.1.2.1 Dureza.

Es la resistencia superficial de una sustancia a ser rayada o a sufrir deformaciones motivadas por presiones. Dentro de la escala de Mohs, el esmalte presenta una dureza de cinco, equivalente al valor de la apatita. La dureza del esmalte se debe a que se encuentra compuesto en su mayoría por un mineral inorgánico, la hidroxiapatita (95%), que también está presente en el hueso, la dentina y el cemento (Gómez de Ferraris, 2002).

2.1.2.2 Elasticidad.

Posee una elasticidad escasa, la misma depende de la cantidad de agua, de sustancia orgánica y del apoyo dentinario que presente. Es por esto que al esmalte se lo califica como un tejido frágil y con tendencia a las fracturas ya que posee una baja resistencia a la tensión y un módulo de elasticidad alto. Esto puede ocurrir cuando no existe un apoyo dentinario suficiente, ya que este sustrato es el que le permite realizar ligeros movimientos

sobre la misma dentina sin que el esmalte se fracture (Gómez de Ferraris, 2002; Campos 2009; Park y cols., 2008).

2.1.2.3 *Color y transparencia.*

El esmalte es translúcido, de color blanco amarillento a un blanco azulado pero este color no es propio del esmalte sino que depende de las estructuras subyacentes, sobre todo de la dentina cuyo color está dado genéticamente. La transparencia del esmalte se debe al grado de mineralización, es decir a mayor mineralización, mayor translucidez (Gómez de Ferraris, 2002).

2.1.2.4 *Permeabilidad.*

El esmalte puede servir como una membrana semipermeable, permitiendo la difusión de agua y de algunos iones que se encuentran en la cavidad bucal. Esta propiedad es muy reducida en dientes viejos (Gómez de Ferraris, 2002).

2.1.2.5 *Radiopacidad.*

Es la oposición al paso de los rayos Roentgen. El esmalte es la estructura más radiopaca del organismo por su alto grado de mineralización (Gómez de Ferraris, 2002).

2.1.3 Composición química del esmalte.

El esmalte está constituido químicamente por una matriz orgánica (1-2%), una matriz inorgánica (95%) y agua (3-5%) (Gómez de Ferraris, 2002).

2.1.3.1 Matriz orgánica.

Mediante distintas técnicas de fraccionamiento, electroforesis separación y extracción, distintos autores han determinado que existen proteínas con diferente peso molecular y propiedades, entre las cuales se han citado: amelogeninas, enamelinas, ameloblastinas o amelinas, la tuftelina y la parvalbúmina.

2.1.3.2 Matriz inorgánica.

El esmalte está formado de sales minerales cálcicas básicamente fosfato y carbonato, las mismas que se depositan en la matriz del esmalte, dando lugar a procesos de cristalización que transforma la masa mineral en cristales de hidroxiapatita. Existen también sales minerales de calcio como carbonatos y sulfatos y oligoelementos como potasio, magnesio, hierro, flúor, manganeso, cobre, etc. El contenido de flúor en el esmalte depende de sus vías de ingreso como a través del agua, bebidas, alimentos así como también el flúor incorporado a través de topicaciones, geles y pastas dentales.

Los cristales de sales minerales en el esmalte, a diferencia de otros tejidos calcificados, son extremadamente grandes y se asemejan a placas de forma hexagonal. La longitud aproximada promedio de estos cristales es de 2.000 Å, pero no son raras las longitudes de 5.000 Å y 6.000 Å. A diferencia del hueso y la dentina no parece haber una etapa de fosfato de calcio amorfo en la formación de hidroxiapatita del esmalte (Davis y cols., 1988).

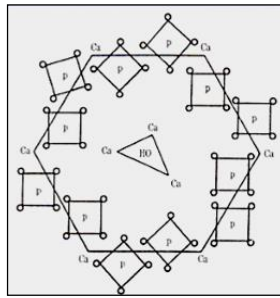


Figura 6. Gómez de Ferraris, M.E. (2002). Esquema de la estructura cristalina de la hidroxiapatita.

2.1.3.3 Agua.

Constituye la denominada capa de hidratación o capa de agua absorbida y se localiza en la superficie de los cristales de hidroxiapatita. El porcentaje de agua en el esmalte va disminuyendo con la edad (Gómez de Ferraris y cols., 2002).

2.1.4 Estructura histológica del esmalte.

La unidad estructural básica del esmalte es el prisma constituido por cristales de hidroxiapatita. El conjunto de la unidad estructural del esmalte forma el esmalte prismático que forma la mayor parte de la matriz extracelular mineralizada, la misma que está compuesta por prismas, vaina de los prismas (es una capa fina que envuelve a todo el prisma) y sustancia interprismática que es aquella que impide que los prismas se encuentren en contacto directo el uno con el otro (Gómez de Ferraris y cols., 2002)

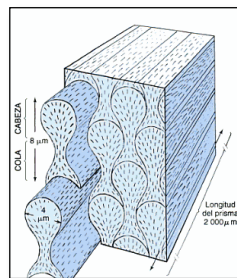


Figura 7. Ross, M. (2007). Diagrama de la unidad estructural del esmalte, el prisma.

De acuerdo con Gómez de Ferraris (2002), en la estructura del esmalte podemos encontrar variaciones a partir de unidades estructurales primarias y se deben a varios mecanismos:

- Diferente grado de mineralización
- Cambio de recorrido de los prismas
- Interacción entre el esmalte y la dentina subyacente

Debido a estos factores, a este tipo de esmalte se lo conoce como aprismático o avarillar y se encuentra presente en la periferie de la corona y en la unión amelodentinaria, donde el esmalte no constituye una figura geométrica (Gómez de Ferraris, 2002).

2.2 Adhesión

La palabra adhesión proviene del latín adhaerere (ad: para y haerere: pegarse). Cuando dos sustancias se ponen en contacto, las moléculas de una se adhieren o son atraídas por las moléculas de la otra (Uribe, 2010).

De acuerdo con el Diccionario Enciclopédico Ilustrado de Medicina Dorland (2005) la adhesión se define como la propiedad de permanecer en íntima proximidad gracias a la atracción física de las moléculas de una sustancia, o la atracción molecular existente entre las superficies de cuerpos en contacto.

La ciencia fisicoquímica explica el por qué los materiales se adhieren íntimamente y la respuesta se da en función a las fuerzas de atracción que operan en o entre las moléculas, las mismas que pueden producir a su vez variadas fuerzas de enlaces que

incluye enlaces iónicos y covalentes hasta enlaces de hidrógeno y otras fuerzas equivalentes (Gurkeerat, 2009).

Las fuerzas que tienden a unir moléculas de sustancias diferentes se denominan “fuerzas de adhesión”. Las fuerzas que tienden a unir moléculas de la misma sustancia se denominan “fuerzas de cohesión”. El material empleado para la adhesión se conoce como adhesivo y el material sobre el cual se aplica es el adherente. La adhesión es un proceso de unión superficial (Anusavice, 2004).

La odontología restauradora define a la adhesión como “el fenómeno por el cual dos superficies se mantienen unidas por fuerza de atracción establecida entre sus moléculas; unión química o mecánica entre materiales mediante un adhesivo” (Henostroza, 2003).

Existen ciertos materiales que se autoadhieren al contacto y otros materiales que requieren un material de enlace, como es el caso del esmalte y el bracket ortodóntico, para tratar de atraer a dichos sólidos se deben mojar adecuadamente ambas superficies para aumentar el área de contacto, promoviendo así un enlace intermolecular en la interfase con cada sólido (Gurkeerat, 2009).

Gurkeerat (2009) afirma que para formar una interfase de adhesión óptima se deben cumplir ciertos requisitos:

- La superficie del sustrato debe estar limpia y debe mantenerse limpia.
- El adhesivo debe mojar bien al sustrato y debe esparcirse sobre la superficie.
- No debe existir aire atrapado o cualquier otro material que se interponga entre el material adhesivo y el sustrato.
- La interfase debe poseer resistencia física, química o mecánica para resistir a las fuerzas dissociativas.

- El adhesivo debe ser bien curado. En ortodoncia el problema es menor gracias a que el sistema bracket-diente puede acomodarse a los cambios de espesor.

Proffit (2008) se refiere a la adhesión en ortodoncia como “la unión mecánica de un adhesivo a las irregularidades del esmalte superficial de los dientes y a las uniones mecánicas formadas en la base de los anclajes ortodóncicos” (p.414) por consiguiente la adhesión depende de tres factores a considerar como las características del esmalte y su preparación, el diseño de la base del aditamento ortodóntico y el sistema adhesivo a utilizarse.

2.2.1 Factores que intervienen en la adhesión.

a) *Tensión superficial.*

Es la fuerza que ejerce un líquido cuando se encuentra en contacto con una superficie, se produce una atracción no compensada hacia el interior del mismo en relación a las moléculas de la superficie. La tensión superficial es una manifestación de las fuerzas intermoleculares en los líquidos. Para que el interior de un cuerpo se encuentre en equilibrio, es necesario que exista una compensación de fuerzas electrostáticas. La tensión superficial se produce porque la superficie de un cuerpo no posee moléculas sobre todos sus lados, por lo tanto las moléculas de la superficie se cohesionan de manera más fuerte y forman una película más difícil de mover. Por lo tanto para que exista adhesión entre un sólido y un líquido es necesario que exista íntimo contacto entre ambas superficies, la tensión superficial del líquido debe ser menos que la energía libre del sólido (Erickson, 1992; Morales, 2005).

La tensión superficial es una característica del adhesivo, por lo tanto a menor tensión superficial, mayor posibilidad de que el adhesivo humecte al esmalte favoreciendo al fenómeno de adhesión (Henostroza, 2003).

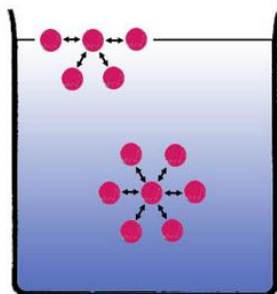


Figura 8. Diagrama de la tensión superficial (Apuntes científicos.org)

b) Energía superficial.

Es el grado de atracción o repulsión que ejerce la superficie de un material sobre otro, es decir la suma de todas las fuerzas intermoleculares sobre la superficie de un material. Mientras mayor sea la energía superficial entre ambas superficies, mayor será la capacidad de atraerse entre sí (Anusavice, 2004; Henostroza, 2003).

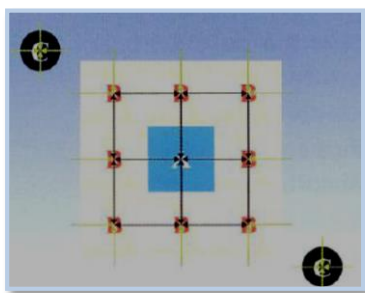


Figura 9. Henostroza, G., (2003) Diagrama de la energía superficial.

c) *Humectancia.*

Es la capacidad de un líquido para cubrir un sustrato por completo, para obtener de esta manera el máximo beneficio de las fuerzas de adhesión mecánica o química. Dicha capacidad está regida por fuerzas de atracción que tienden hacer que el adhesivo se esparza sobre el sustrato. El grado de atracción del líquido hacia el sustrato se condiciona por la energía superficial. La tensión superficial tiende a mantener el líquido en forma de gota. Si la energía superficial es mayor que la tensión superficial, la gota se expandirá y mojará la superficie del sustrato. Para aumentar la humectancia la energía superficial debe vencer la tensión superficial (Henostroza, 2003).

La humectancia es un factor dependiente del adhesivo, ya que mientras más humectante sea el sistema adhesivo a aplicar, mayor será el contacto (Henostroza, 2003).

d) *Capilaridad.*

Es la propiedad de los líquidos para penetrar en un tubo muy delgado, depende de la tensión superficial, el ángulo de contacto y la viscosidad del líquido, mientras menores sean estos valores, mayor será la capilaridad y por ende la capacidad para introducirse por el capilar (Nicolás, 2010).

Los factores antes señalados, cumplen un papel muy importante en el fenómeno de adhesión al esmalte. La superficie del esmalte presenta un alto contenido de material inorgánico, comparado con su escaso contenido de agua, por lo tanto presenta un grado alto de energía superficial. Es por ello necesario crear las condiciones óptimas para la adhesión mediante el grabado ácido, el cual genera unas microporosidades que actúan como capilares. Mientras que la resina que va a adherirse a las estructuras dentales debe

tener una tensión superficial baja y un alto porcentaje de humectancia, capilaridad y fluidez que favorezcan la unión (Nicolás, 2010).

2.2.2 Tipos de adhesión.

2.2.2.1 *Adhesión mecánica.*

Es aquella en la cual intervienen factores físicos como poros y rugosidades que logran una traba entre los materiales. Se refiere a la penetración del adhesivo en irregularidades microscópicas o submicroscópicas en la superficie del sustrato, para este procedimiento se recomienda un adhesivo fluido o ligeramente viscoso porque penetra en estos defectos con facilidad. Al endurecer las proyecciones de adhesivo embebidas en la superficie adherente proporciona el anclaje para la unión mecánica (Philips, 2004).

Como ejemplos de adhesión mecánica microscópica tenemos la microabrasión, el arenado y el grabado ácido (Barrancos, 2007; Henostroza, 2003).

La técnica de grabado ácido es un ejemplo de cómo se puede lograr la unión entre un material dental y la estructura dentaria mediante técnicas mecánicas, en lugar de adhesión molecular, muchas ocasiones a este proceso se denomina “unión micromecánica” (Anusavice, 2004).

2.2.2.2 *Adhesión química.*

Se produce mediante la reacción química entre dos superficies en contacto. Puede ser adhesión química primaria que ocurre a nivel atómico e intervienen fuerzas primarias como por ejemplo enlaces covalentes, iónicos, metálicos, o adhesión química secundaria que ocurre por fuerzas de Van Der Waals, atracción por dipolos, fuerzas de London,

dipolos inducidos, etc; como ejemplo de este tipo de adhesión tenemos la técnica incremental de la colocación de composite (Barrancos, 2007; Uribe, 2004).

2.2.3 Adhesión al esmalte.

La base de la adhesión al esmalte es el grabado ácido tal y como lo expuso el Dr. Buonocore en la década de los 60. La técnica de grabado ácido surge debido a la necesidad de crear un mecanismo de retención en el esmalte dental, cuya superficie es lisa y no permite la unión micromecánica (Gurkeerat, 2009).

La técnica de grabado consiste en la aplicación de un ácido en concentraciones adecuadas directamente sobre la estructura dental, posterior a esto y en el lapso de 60 segundos el ácido disuelve las porciones de los prismas individuales del esmalte, consiguiendo una profundidad de disolución que oscila entre 10 y 15 μm , es decir una superficie muy irregular y rugosa, la cual sirve para que las resinas puedan lograr el ingreso, fraguar y formar una traba mecánica. Después de fluir en las porosidades del esmalte, la resina polimeriza y forma un enlace mecánico fuerte con la superficie del esmalte. La resina forma millones de prolongaciones en el esmalte mismo (Gurkeerat, 2009).

2.2.4 Adhesión a brackets.

La introducción en 1955 del grabado ácido por Buonocore como un simple método para aumentar la capacidad adhesiva de las superficies del esmalte, dio lugar a una nueva era en la ortodoncia incluyendo un método más estético e higiénico. El cementado directo de brackets reportado por primera vez en 1965 por Newman y luego comprobado en 1967

por Mitchell y en 1968 por Smith quien utilizó el poliacrilato de cinc, se convirtió en uno de los procedimientos más valiosos jamás introducidos en términos tanto de reducir tiempo en la clínica, así como también mejorar la higiene oral durante el tratamiento (Melsen, 2013; Castro, 2007; Graber & Vanarsdall, 2006).

En la década de los 70's se publicaron varias investigaciones relacionadas con diferentes tipos de adhesivos ortodónticos, como es el caso de Miura y col. que encontraron una resina acrílica eficaz para adherir brackets de plástico y además en presencia de la humedad. Así mismo se descubrieron resinas diacrílicas que podían actuar ya sea como selladores o como adhesivos, es así como surge la denominada resina de Bowen o bisGMA (bisfenol A glicidilo dimetacrilato), creada para aumentar la estabilidad dimensional y lograr que la limpieza después del descementado sea más fácil (Graber & Vanarsdall, 2006)

La primera evaluación detallada después de la adhesión directa a lo largo de un tratamiento ortodóntico completo en una muestra amplia de pacientes se publicó en 1977. Desde entonces, se ha producido el desarrollo e investigación de numerosos productos en lo que se refiere a resinas adhesivas y brackets. En la actualidad existen muchos sistemas adhesivos, una gran variedad de diseños de brackets y dispositivos de fotocurado disponibles en el mercado (Graber & Vanarsdall, 2006).

La adhesión en ortodoncia tiene por objetivo asegurar la retención de los brackets y demás aditamentos el tiempo que dure el tratamiento de manera que a su fin se puedan despegar con facilidad sin producir manchas ni lesiones en el esmalte. “La adhesión debe ser un proceso reversible que no deje huellas una vez finalizado el tratamiento” (Canut Brusola, 2005).

Aunque el ácido fosfórico ha sido el mecanismo más utilizado para lograr una adecuada adhesión, estudios recientes han demostrado que puede contribuir a la descalcificación, desarrollo de manchas blancas, lesiones en el esmalte alrededor de los aparatos ortodónticos cementados y fracturas en el esmalte, sobre todo durante el descementado de brackets cerámicos (Armenio, 2005)

La adhesión debe de considerarse un tratamiento preventivo moderno, el cual debe exigir un estricto programa de higiene oral, aplicaciones de flúor y el uso de aparatos simples pero eficaces, debido a que mecánicas complicadas que incluyan resortes helicoidales y arcos con muchas asas ponen en riesgo el cementado y comprometen el esmalte sano y los tejidos periodontales (Bounoure, 1980; Zachrisson, 1977; Graber & Vanarsdall, 2006).

Para obtener resultados satisfactorios en la adhesión de brackets al esmalte, se deben considerar tres factores importantes: la superficie del diente y su preparación, el diseño de la base de los brackets y el material adhesivo (Proffit, 2008).

2.2.4.1 Tipos de adhesión de brackets.

Los brackets pueden presentar en su base tres tipos de retención (Proffit, 2008):

- Mecánica (brackets metálicos)
- Química
- Mixta (brackets de plástico y cerámicos)

2.2.4.2 *Ventajas y desventajas de la adhesión a brackets.*

Según Graber & Vanarsdall (2006) las principales ventajas de la adhesión de brackets, son:

- Estética, mejora la apariencia del tratamiento.
- Rapidez, sencillez y simplicidad, disminuye el tiempo de atención.
- Produce menos molestias en el paciente, no requiere separaciones interdetales ni asentamiento de bandas.
- Facilita la higiene dental y gingival del paciente, reduciendo los problemas gingivales ocasionados por las bandas.
- Permite la aplicación más exacta de los brackets, se puede observar mejor la morfología dentaria.
- Permite un ajuste más preciso incluso en dientes incluidos, con erupción parcial o anómala.
- Se elimina el riesgo de caries bajo bandas flojas, y mejora la detección de éstas y su tratamiento precoz.
- Permite realizar tratamientos complementarios como recontorneado coronal, desgaste interproximal o la operatoria con resinas estéticas, al dejar libres las superficies linguales y mesiodistal.
- No aumenta la longitud del arco por el uso de bandas y por ende no existen espacios que cerrar al finalizar el tratamiento.
- Pueden utilizarse brackets por lingual (o palatino), cuando el paciente rechaza los aparatos visibles por vestibular.

A pesar de que la lista de limitaciones y desventajas cada vez es más pequeña gracias a la rápida evolución de los materiales dentales, todavía es preciso señalar las siguientes desventajas (Canut y Brusola, 2005; Graber & Vanarsdall, 2006):

- Despegado frecuente de brackets, en especial de tipo estético, en las interfase esmalte-resina o resina-bracket, por no existir suficiente resistencia ante las fuerzas de torsión, cizalla y tracción.
- Necesidad de descalcificación superficial previa del esmalte.
- Dificultad para mantener una buena higiene gingival y un preciso control de caries en las superficies interproximales, en especial si un exceso de adhesivo se extiende más allá de la base del bracket, podría ocasionar la acumulación de placa bacteriana y por ende presencia de caries e inflamación gingival.
- El despegado lleva más tiempo que el retiro de bandas, ya que la remoción del adhesivo es más difícil que la del cemento, por lo tanto cuesta más devolver la integridad estructural al esmalte una vez que concluya el tratamiento.
- Cuando se requiere la colocación de aparatología por lingual o conexión con aparatos extraorales, la adhesión se torna más complicada.

2.2.4.3 *Técnicas de adhesión en ortodoncia.*

Tanto la técnica de adhesión directa así como la técnica indirecta tienen por objetivo asegurar la retención de los brackets durante todo el tratamiento (Canut y Brusola, 2005).

a. *Técnica de adhesión directa.*

La adhesión directa fue descrita por primera vez en 1965 por Newman utilizando una resina epóxica. Ésta técnica como su nombre lo indica, consiste en la adhesión de los brackets directamente a los dientes y puede dar resultados bastante satisfactorios como método clínico rutinario por su simplicidad, sencillez y rapidez. Una vez preparada la superficie del diente mediante grabado ácido, se puede usar una resina compuesta de fotocurado o fraguado rápido. Además de ser una técnica barata, ya que se suprimen los gastos de laboratorio. (Proffit, 2008; Zeppieri, Chung, & Mante, 2003).

La principal limitación de esta técnica es que el odontólogo debe determinar con rapidez y precisión la posición adecuada del bracket teniendo menos tiempo y oportunidades para medir (Proffit, 2008).

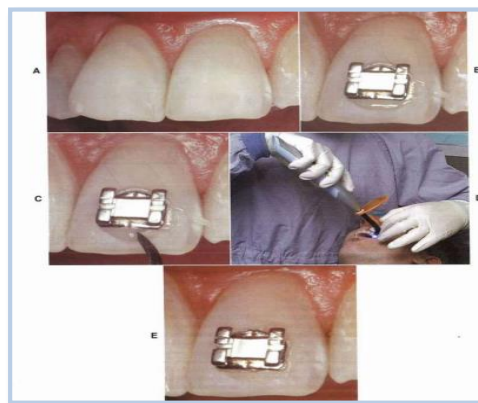


Figura 10. Proffit (2008). Fases de la adhesión directa

b. *Técnica de adhesión indirecta.*

Descubierta en 1972, ésta técnica consiste en la colocación de los brackets sobre una posición exacta sobre los dientes en un modelo de estudio para lo cual se utiliza una plantilla o una cubeta que transfiera la posición obtenida en el laboratorio hacia los dientes en boca (Proffit, 2008; Uribe y Restrepo, 2010).

Esta técnica permite colocar de forma más exacta los brackets de lo que se puede conseguir en la clínica, disminuye el tiempo de sillón, además resulta bastante útil para anclajes linguales e incluso los retenedores linguales fijos se colocan mejor con la técnica indirecta y una cubeta de transferencia (Graber & Vanarsdall, 2006; Proffit, 2008).

2.2.4.4 *Procedimiento de adhesión en ortodoncia.*

Independiente de la técnica que utilicemos para la colocación de brackets es necesario prestar atención a tres componentes: la superficie dental y su preparación, el diseño de la base del bracket y el agente de adhesión (Proffit, 2008).

De acuerdo con estos parámetros, los pasos para el cementado óptimo de brackets son:

a. Limpieza del esmalte.

Antes de adherir los brackets es necesario limpiar la superficie del esmalte mediante cepillos profilácticos o copas de caucho junto con piedra pómez u otro agente libre de aceite con la finalidad de eliminar la placa bacteriana y la película orgánica que recubre a los dientes, permitiendo una reducción de la energía superficial y una mejor adhesión. Luego se enjuagan los dientes con agua para retirar residuos de piedra pómez y se seca con aire (Melsen, 2013; Graber & Vanarsdall, 2006; Uribe, 2010)



Figura 11. Melsen (2013). Limpieza del esmalte con copas de caucho.

b. Aislamiento.

Se refiere al control de la saliva y el mantenimiento de un campo operatorio seco, mediante la utilización de expansores de labios, separadores de carrillos, eyectores de saliva, protectores linguales, rollos de algodón, entre otros (Graber & Vanarsdall, 2006).



Figura 12. Melsen (2013) Control de la humedad.

c. Grabado ácido del esmalte.

Consiste en descalcificar superficialmente el esmalte, eliminando la materia intra y/o interprismática y creando cavidades retentivas para la resina de adhesión (Canut Brusola, 2005)

Luego de la limpieza y posterior secado, se aplica el ácido orto fosfórico al 35-37% en la superficie de cada diente durante 15-30 segundos aproximadamente, un mayor tiempo de grabado no confiere una mayor retención sino más deficiente debido a la pérdida de estructura del esmalte superficial. Para un procedimiento más sencillo se recomiendan los geles ácidos en lugar de soluciones, ya que brindan mejor control y limitan la zona del grabado (Melsen, 2013, Graber & Vanarsdall, 2006).

d. Eliminación del ácido y secado de la superficie.

Se recomienda enjuagar el esmalte con abundante agua a presión para eliminar totalmente el ácido y posteriormente se debe secar la superficie de cada uno de los dientes con aire libre de humedad, hasta obtener un aspecto blanco mate o tiza, lo que nos asegura la efectividad del grabado. Los dientes que no aparecen opacos y como escarchados deben ser regrabados. (Melsen, 2013, Canut Brusola, 2005; Graber & Vanarsdall, 2006).

e. Aplicación del sellador en el esmalte

Se debe aplicar mediante pinceladas una fina capa de agente de unión o sellador sobre la superficie del esmalte acondicionado y completamente seco, la capa se puede adelgazar al aplicar de 1 a 2 segundos de aire. El sellador puede ser de autopolimerización o fotopolimerización, en cualquiera de los dos casos se producirá una unión física. Debido a la consistencia viscosa del sellador, este fluye dentro de las microporosidades del esmalte grabado, aumentando la tensión superficial y por ende mejorando la retención. Además, investigaciones señalan que el sellador mejora la resistencia a la microfiltración (Graber & Vanarsdall, 2006; Uribe, 2004).

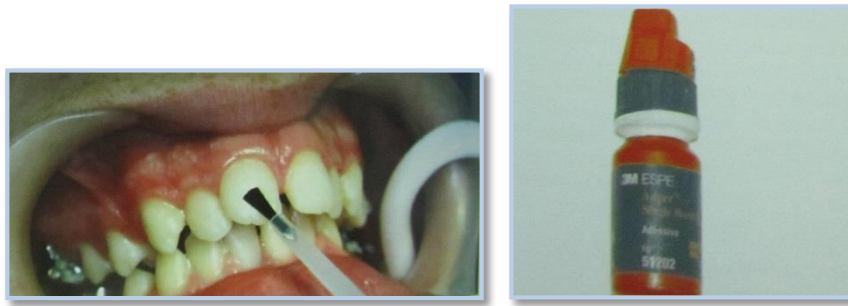


Figura 13. Melsen (2013). Sellado con un imprimador líquido.

f. Adhesión de los brackets.

Inmediatamente después de cubrir todas las superficies grabadas con sellador, se debe aplicar una pequeña cantidad de adhesivo a la base del bracket y se presiona contra el esmalte en su posición correcta (Melsen, 2013).

El procedimiento para la adhesión del bracket consiste en la transferencia, posicionamiento, ajuste, remoción del exceso y fotocurado (Melsen, 2013; Graber & Vanarsdall, 2006).

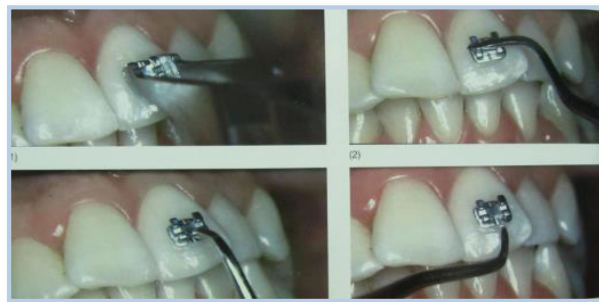


Figura 14. Melsen (2013) Proceso de adhesión del bracket: a) Transferencia, b) Posicionamiento, c) Remoción del exceso y d) Fotocurado.

Este procedimiento clínico debe lograr la mejor adaptación de la base del bracket a la superficie del esmalte, con la finalidad de que la resina de adhesión forme una capa delgada y uniforme en contacto con el diente, para lo cual es necesario un bracket de

calidad, con una configuración anatómica que se adapte de la mejor manera y una adecuada cantidad y viscosidad de la resina (Canut Brusola, 2005).

Se debe ejercer presión firme, ya sea con la aleta de la pinza portabackets o con un raspador para producir el ajuste íntimo que garantice una unión resistente, poco material para eliminar al despegar el bracket y un deslizamiento reducido cuando el material excedente se extruya hacia la periferie (Canut Brusola, 2005; Graber & Vanarsdall, 2006).

Es muy importante retirar el exceso de adhesivo para prevenir o minimizar la inflamación gingival y la posibilidad de descalcificación. La eliminación del adhesivo mejora considerablemente la apariencia estética del tratamiento (Melsen, 2013; Graber & Vanarsdall, 2006).

2.2.4.5 *Sistemas resinosos en ortodoncia.*

Un buen adhesivo en ortodoncia debe reunir ciertas características (Canut Brusola, 2005):

- Suficiente resistencia interna y resistencia a la fractura.
- Consistencia fluida para penetrar de la mejor manera el esmalte grabado.
- Estabilidad dimensional para no sufrir contracciones.
- Fácil de manipular.
- Biocompatible, estético, económico.

En los últimos años uno de los materiales más usados para adherir aparatos ortodónticos directamente sobre el esmalte ha sido la resina, cuya adhesividad y efectividad clínica ha sido corroborada por numerosos estudios (Lourenco Romano, 2007).

La resina que se disuelve con el adhesivo sirve de puente entre las dos superficies a adherir produciendo un aumento en las fuerzas de adhesión (Reynolds y cols., 1976).

Las resinas en ortodoncia pueden ser de autocurado o de fotocurado. Las resinas de autocurado generalmente vienen en presentación de dos pastas para mezclar, una trabaja como activador y la otra como catalizador, ambas son activadas químicamente y consisten en monómero de metilmetacrilato y polvo ultrafino, la principal desventaja de este tipo de resinas es que requieren mayor tiempo para mezclar y colocar en cada bracket, además algunos estudios indican que dejan burbujas sobre la malla del bracket (Melsen, 2013).

En la actualidad se usan dos tipos básicos de resinas para el tratamiento ortodóntico, ambos son polímeros y se clasifican en resinas acrílicas y resinas diacrílicas. Los dos tipos de adhesivos existen en formas con relleno y sin relleno (Melsen, 2013).

Las resinas acrílicas se basan en acrílicos de autocurado y generalmente vienen en presentación de dos pastas para mezclar, una trabaja como activador y la otra como catalizador, ambas son activadas químicamente y consisten en monómero de metilmetacrilato y polvo ultrafino (Melsen, 2013).

La mayoría de las resinas diacrílicas tienen como relleno la resina epoxi modificada acrílica bis-GMA o resina de Bowen (p.ej., Concise de la 3M y Phase II de Reliance Orthodontics), éste tipo de resinas presentan las mejores propiedades físicas y fueron diseñados para aumentar la fuerza adhesiva y la estabilidad dimensional, lo que les brinda mayor resistencia para soportar las fuerzas ortodónticas, éste tipo de resina es la más fuerte para brackets metálicos, mientras que las resinas acrílicas o combinadas funcionan mejor con los brackets plásticos (Graber & Vanarsdall, 2006).

El Bis GMA fue desarrollado por el Dr. Rafel Bowen, es un metacrilato bifuncional que se forma por una reacción entre el bisfenol A y el glicidil metacrilato. Es un oligómero formado por muchos monómeros (Graber & Vanarsdall, 2006).

a) *Sistemas resinosos autopolimerizables.*

Este tipo de adhesivo fraguan cuando se mezclan, bajo la luz, se coloca un imprimador fluido sobre el esmalte grabado y sobre la base del bracket se aplica otro componente del adhesivo, y una vez que se haya obtenido la posición correcta del bracket, se lo presiona firmemente y se produce la polimerización aproximadamente entre 30-60 segundos. Existe muy poca información acerca de estos adhesivos y de las fuerzas de unión a largo plazo, se los conoce también como sistemas adhesivos no mixtos (Graber & Vanarsdall, 2006).

b) *Sistemas resinosos fotopolimerizables.*

En la búsqueda de un adhesivo que no requiera ser mezclado en la consulta surgen las resinas fotoiniciadas, que se han convertido en los adhesivos más utilizados por la mayoría de ortodoncistas. Estas resinas brindan al clínico mayor tiempo de trabajo ya que permite posicionar al bracket de manera más precisa, facilita eliminar los excesos antes de la polimerización y posee excelentes propiedades físicas, ya que no incorpora aire durante la mezcla (Graber & Vanarsdall, 2006; James y cols., 2003).

La profundidad máxima de polimerización de este tipo de adhesivo depende de su composición, de la fuente de luz y del tiempo de exposición. Los adhesivos fotopolimerizables son de gran utilidad cuando se está recementando un bracket o cuando

se coloca un botón en un canino impactado. En la actualidad existen brackets metálicos y cerámicos recubiertos previamente con adhesivos fotopolimerizables, los cuales brindan ventajas como menos brillo, menos desgaste, mayor control de las infecciones cruzadas y una mejor fuerza de unión (p. ej., APC Plus de 3M Unitek)) (Graber y cols., 2006).

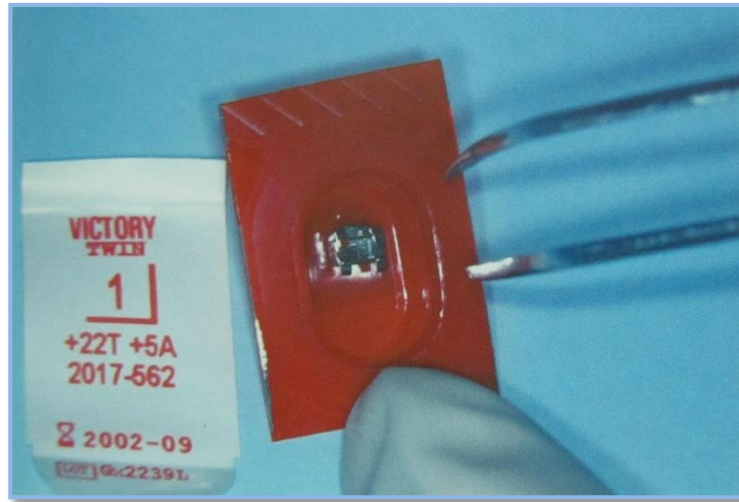


Figura 15. Brackets metálicos con adhesivo previamente integrado (APC) (Melsen, 2013).

c) *Cementos de ionómero de vidrio.*

Estos cementos se presentaron en 1972, principalmente como agentes de recubrimiento y materiales de restauración directa con propiedades para adherirse al esmalte y la dentina de manera química, además poseen la capacidad de liberar iones de fluoruro y proteger al esmalte de la caries. En la actualidad se utilizan en el campo de la ortodoncia para cementar bandas, porque su fuerza es superior a los cementos de fosfato de cinc y de policarboxilato y causan menos desmineralización al final del tratamiento. Sin embargo, estudios han demostrado que éste tipo de ionómeros muestra menos fuerza adhesiva que las resinas para adherir brackets (Graber & Vanarsdall, 2006).



Figura 16. Melsen (2013). Cementos de ionómero de vidrio.

d) Resinas compuestas

Estas resinas fueron introducidas en 1960 y consisten en la mezcla de dos o más componentes (Gurkeerat, 2009):

- Una matriz orgánica de resina, compuesta por monómeros y comonómeros. Los monómeros comúnmente usados son el Bis GMA y el dimetacrilato de uretano, a éstos se les agrega un diluyente que ayuda a controlar la viscosidad.
- Un relleno inorgánico a base de cuarzo, vidrio o sílice, lo que les brinda mejores propiedades mecánicas que aquellas resinas sin relleno.
- Un agente acoplador que generalmente es el silano, para unir entre sí todos los componentes y desarrollar un enlace entre el relleno y la matriz de la resina.
- Sistema iniciador-acelerador, las resinas compuestas se activan mediante una reacción química, activado por luz (fotocurado), o por ambas (curado dual).
- Pigmentos y otros componentes que brindan tonalidades entre blanco y gris amarillo, a los cuales se puede añadir un amortiguador ultravioleta para minimizar cambios de color debido a la oxidación.

2.3 Brackets.

Los brackets son dispositivos metálicos o cerámicos que van cementados por lo general en la superficie vestibular de la corona de los dientes y cuya función es guiar los movimientos resultantes de la aplicación de fuerzas a través de elementos activos como el arco principal, elásticos, resortes, etc. (Viazis, 1995).

Los brackets convencionales están provistos de: 1) una base en configuración de una malla, que permite una adecuada adhesión al esmalte, 2) una ranura que recibe al alambre y 3) aletas o ganchos donde pueden fijarse elásticos, módulos elastoméricos, ligaduras, resortes, etc (Viazis, 1995).

En la actualidad, existen tres tipos de fijaciones disponibles en el mercado para la adhesión de brackets en ortodoncia: 1) brackets con base de plástico, 2) brackets con base de cerámica, 3) brackets con base metálica (acero inoxidable, revestidos con oro o de titanio) (Graber & Vanarsdall, 2006).

El tamaño de la ranura de cualquier bracket puede ser de 0,018” x 0.025” o de 0,022” x 0,028” pulgadas (Singh, 2009; Viazis, 1995).

2.3.1 Brackets estéticos.

A pesar de que los brackets metálicos siguen siendo la primera elección de la mayoría de ortodontistas, por su efectividad biomecánica, calidad de acabado y biocompatibilidad; cada vez es mayor el número de pacientes que solicitan estética de la mano de su tratamiento de Ortodoncia, una de las alternativas son los brackets estéticos que brindan una mejor apariencia de la sonrisa a pesar de presentar varias desventajas

como la complejidad del despegado, fractura en las aletas y la dificultad para conseguir el torque efectivo además de su costo elevado (Canut Brusola, 2005).

2.3.2 Brackets plásticos.

El primer intento en la fabricación de brackets estéticos fueron los brackets plásticos, cuyo componente principal es el policarbonato. Debido a los materiales que intervienen en su fabricación, presentan contracciones difíciles de controlar y no poseen la misma estabilidad dimensional que el acero. Los brackets de policarbonato presentan muy buena apariencia en las primeras etapas de tratamiento, sin embargo su aspecto se deteriora con el tiempo, son susceptibles a la pigmentación, la decoloración, la tendencia al despegado, no resisten tratamientos prolongados, no transmiten torque y no resisten a las fracturas (Melsen, 2013; Canut Brusola, 2005). Los brackets de policarbonato con ranuras metálicas muestran menor grado de deformación ante fuerzas de torsión (Sedat-Khonsari y col. 2004).

2.3.3 Brackets cerámicos.

Los brackets cerámicos introducidos por primera vez en 1986, superan en gran medida las limitaciones de los brackets de plástico ya que son bastante duraderos y resistentes a las manchas, además en estos brackets se pueden incorporar las ranuras y angulaciones precisas para el tratamiento con arco recto (Bordeaux, 1994; Proffit, 2008). Swartz (1988), señaló que la estructura atómica de las cerámicas les brinda dureza y resistencia tanto a las altas temperaturas como a la degradación química, del mismo modo les confiere una desventaja: la fragilidad. Debido a esta estructura atómica inflexible, la

tensión crítica de una cerámica puede ocasionar fractura. Los brackets cerámicos son susceptibles a la propagación de fracturas ocasionadas por pequeñas imperfecciones o impurezas del material, donde se concentra la tensión.

2.3.3.1 Clasificación de los brackets cerámicos de acuerdo a su composición.

De acuerdo con el Dr. Michael Swartz (1988), todos los brackets cerámicos tienen como componente principal el óxido de aluminio también conocido como alúmina y de acuerdo con el número de partículas que lo conformen, se clasifican en:

a) Brackets de óxido de aluminio policristalinos.

Poseen varias partículas de óxido de aluminio sintetizadas o fusionadas sometidas a temperaturas de 1,800°C para eliminar imperfecciones de la superficie y aliviar tensiones. Estos brackets presentan mayor translucidez.

b) Brackets de óxido de aluminio monocristalinos.

Brackets de óxido de aluminio monocristalinos. Se forman a partir de cristales de zafiro artificial, donde se funden y producen una masa de óxido de aluminio a temperaturas de 2,100°C. Esta masa se enfría para promover la cristalización y luego estos grandes cristales son comprados por fabricantes de brackets de acuerdo con sus medidas y formas. La fabricación de un cristal único brinda la ventaja de eliminar posibles imperfecciones e impurezas que puedan ocasionar tensiones, y como desventaja tenemos la dificultad de cortar un material más duro. Presentan mayor disponibilidad en el mercado.

La diferencia más evidente entre los brackets policristalinos y monocristalinos está en su claridad óptica, los primero tienden a ser más translúcidos, mientras que ambos resisten las manchas y la coloración (Viazis, 1995).

La propiedad físicas del óxido de aluminio son la resistencia a la tracción, resistencia a la fractura, la dureza del material y la fricción (Viazis, 1995)

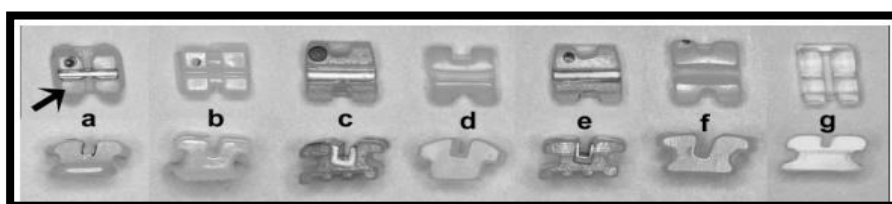


Figura 17. Vista frontal y distal de brackets cerámicos: a) Clarity, b) In Vu, c) Luxi, d) Fascination, e) Virage, f) Mystique, g) Inspire, todos ellos policristalinos a excepción del último (monocristalino).

2.3.3.2 *Propiedades físicas de los brackets cerámicos.*

Los brackets cerámicos se caracterizan por ser más duros que el acero inoxidable, sin embargo esto no parece tener ninguna ventaja clínica. La dureza incluso podría resultar una desventaja para su remoción durante el descementado si se llega a fracturar el bracket. Su resistencia a la tracción es mayor que el acero inoxidable (Swartz, 1988). Tanto brackets monocristalinos como policristalinos resisten a las manchas o decoloración de cualquier sustancia química presente en la boca (Swartz, 1988; Graber & Vanarsdall; 2006).

2.3.3.3 *Mecanismos de retención de los brackets cerámicos.*

Existen tres tipos de retención en los brackets de cerámica (Graber & Vanarsdall, 2006; Canut Brusola, 2005):

1. Retención mecánica, mediante ranuras y/o retenciones en la base.

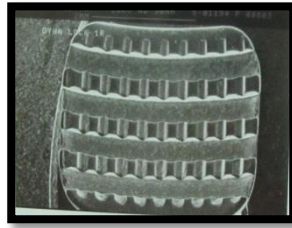


Figura 18. Base de un bracket cerámico con retención mecánica (Melsen, 2013).

2. Base lisa con un recubrimiento químico para mejorar la adhesión por medio de un agente de acoplamiento de tipo silano.

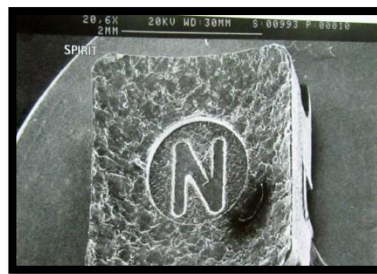


Figura 19. Base lisa para retención química (Melsen, 2013).

3. Retención mixta, combinación de las anteriores.

En los brackets cerámicos la cohesión química entre la base cerámica y la resina adhesiva es imposible debido a la naturaleza inerte del óxido de aluminio, por lo tanto se utiliza silano como mediador químico (O'Brien y cols, 1990).

Los brackets con adhesión únicamente química, provocan un aumento de la incidencia de fracturas del esmalte durante la remoción de los aparatos. Con el objetivo de disminuir la fuerza de adhesión se crea el sistema Trancend 2000, el mismo que utiliza únicamente retención mecánica provista por esferas de cristal (zirconio) fusionadas en la base del bracket, favoreciendo la fractura en la interfase bracket-adhesivo, para prevenir cualquier lesión en el esmalte.

En el caso de la retención mecánica, la tensión que se ejerce en el descementado ocurre generalmente en la interfase adhesivo-bracket, mientras que con la adhesión química, debido a la fuerza de adhesión excesiva, las tensiones se desplazan a la interfase esmalte-adhesivo (Graber & Vanarsdall, 2006). O'Brien y cols. determinaron que el sitio de ruptura y la cantidad de adhesivo remanente dependen del diseño de la base del bracket y el material adhesivo utilizado.

Las pruebas de retención mecánica indican que las fuerzas de adhesión entre adhesivo y bracket cerámico son menores que cuando se utilizaron brackets metálicos, esto se debe a que los brackets cerámicos tienen menos socavados en su malla (Swartz, 1988).

El descementado es mucho más fácil en la retención mecánica porque la fuerza de adhesión es principalmente marginal (Swartz, 1988)

Para brackets cerámicos son útiles los adhesivos quimiocurados y fotocurados, con estos últimos se dispone del tiempo necesario para posicionar los brackets antes de la polimerización y permiten retirar el exceso de adhesivo antes del curado (Graber & Vanarsdall, 2006).

2.3.3.4 *Desventajas de los brackets cerámicos.*

Los brackets de cerámica convencionales presentan los siguientes inconvenientes (Bishara, 2000; Graber & Vanarsdall, 2006):

- Durante mecánicas de desplazamiento el slot o ranura de los brackets cerámicos muestra un desgaste mínimo, esto se debe a que el óxido de aluminio es mucho más duro que el acero, lo que incrementa la fricción.

- La resistencia a la fricción entre alambre ortodónticos y brackets cerámicos es mayor y menos predecible que con brackets de acero, lo cual representa problemas en el control de anclaje. Muchos brackets cerámicos hoy en día cuentan con una ranura de acero para reducir la fricción.
- Debido a su alto grado de dureza, los brackets cerámicos en contacto con el diente opuesto ocasionan desgaste del esmalte y lo vuelven relativamente más blando
- Los brackets de cerámica presentan mayor riesgo a la fractura que los brackets metálicos sobre todo cuando se aplican fuerzas que incrementen el estrés, como activación de arcos (sobre todo arcos rectangulares de acero inoxidable para lograr torque), ligaduras, fuerzas de la masticación, oclusión y fuerzas aplicadas durante el descementado, ocasionando grietas y posibles fracturas de las aletas.
- La superficie de estos brackets es más áspera o porosa que el acero lo cual atrae con más facilidad la placa y manchas sobre el esmalte circundante.
- Con la finalidad de conseguir mayor resistencia a la fractura en los brackets de cerámica, los fabricantes los diseñan más voluminosos que los de acero inoxidable y su diseño suele ser más ancho, lo que dificulta la higiene oral.



Figura 20. Graber & Vanarsdall (2006). Fracturas de aletas de brackets cerámicos

2.3.3.5 *Brackets cerámicos Unitek™ Gemini Clear.*

Los brackets cerámicos Unitek™ Gemini Clear son fabricados en un material cerámico muy resistente, estos brackets se mimetizan con el color de los dientes, lo que les permite que los pacientes sonrír con confianza durante su tratamiento. Su diseño brinda mayor comodidad gracias a sus bordes redondeados, ganchos bidireccionales, angulados y un perfil en forma de domo.



Figura 21. Brackets Unitek™ Gemini Clear.
Fuente: www.3msalud.cl

a) Características y beneficios de los brackets Gemini Clear:

- Técnica MBT.
- Verdadero diseño de bracket gemelo control mejorado de rotación.
- Amplio espacio bajo el marco de las aletas, que permite una fácil ligadura.
- Torque incluido en la base. Alineamiento a nivel de la ranura.
- Reborde en la base. Facilita el posicionamiento del bracket.
- Base micro cristalina que brinda una mejor resistencia adhesiva.
- Los brackets cerámicos Unitek Gemini Clear incluyen el concentrador de esfuerzo diseñado y patentado por 3M Unitek, para eliminar la incertidumbre del proceso de descementación de los brackets cerámicos.

Permiten una remoción predecible al aplicar una presión controlada por mesial y distal del bracket.

- Los brackets cerámicos Gemini Clear brindan como alternativa el Sistema de Adhesivo Pre Incorporado APCTM II que permite ahorrar tiempo y pasos en el proceso de cementación.



Figura 22. Brackets cerámicos Gemini Clear sistema APC.
Fuente: www.3msalud.cl

2.3.3.6 *Brackets cerámicos Illusion Plus.*

Son brackets Ortho Organizers fabricados en alumina policristalina



Figura 23. Bracket Illusion Plus™. Fuente: www.ortobao.com

a) Características y beneficios de los brackets Illusion Plus:

- Brindan un aspecto natural al ser totalmente translúcidos.
- Pureza policristalina que les proporciona dureza, resistentes a las fracturas.
- El perfil contorneado y el torque en la base contribuyen a los movimientos de inclinación, torque y movimientos in/out más precisos.

- Los ganchos auxiliares son redondeados para la comodidad del paciente.
- La base presenta ranuras mecánicas y superficie porosa para mejor ensamblaje.
- Se encuentran disponibles en prescripciones Roth y MBT.

2.3.3.7 *Brackets cerámicos Protect.*



Figura 24. Brackets Protect.
Fuente: www.denteeth.cl

a) Características y beneficios de los brackets Protect:

- Origen Hangzhou China
- Fabricados en cerámica monocristalina.
- Su translucidez brinda características estéticas mejoradas. Encajan perfectamente con cualquier color de diente.
- Tecnología avanzada en la ranura, reduce la fricción, mejora el desplazamiento.
- Base arenada que confiere una mejor adhesión.
- Baja fuerza de adhesión.
- Tratamiento térmico único que brinda un fácil descementado.
- Tamaño confortable, perfil bajo y esquinas redondeadas que brindan comodidad al paciente.



Figura 25. Brackets cerámicos Protect.
Fuente: www.es.made-in-china.com

2.3.4 Descementado de brackets.

El descementado consiste en retirar los dispositivos y todo el adhesivo remanente de la superficie del diente tratando de conservar en lo posible su apariencia antes del tratamiento, procurando no ocasionar daños en el esmalte como fracturas, grietas, líneas de fisura, descalcificaciones, entre otras (Melsen, 2013; Graber & Vanarsdall, 2006).

2.3.4.1 *Procedimiento clínico del descementado.*

Se divide en dos fases (Graber & Vanarsdall, 2006):

1. Remoción del bracket
2. Remoción del adhesivo remanente

2.3.4.2 *Remoción de brackets cerámicos.*

La manera más segura de retirar brackets de acero es distorsionando la base del bracket para romper el enlace a nivel de la interfase bracket – esmalte, pero esto no es posible con los brackets de cerámica que se rompen antes de doblarse lo que puede ocasionar lesiones y fracturas en el esmalte (Melsen, 2013).

Los brackets cerámicos se comportan de manera diferente durante el descementado dependiendo de su composición y de los mecanismos de adhesión que utilizan. Aquellos que utilizan retención mecánica causan menos dificultad para ser retirados que aquellos que emplean retención química (Graber & Vanarsdall, 2006). La mayoría de fabricantes de brackets cerámicos recomiendan su retiro mediante alicates especiales que aplican una fuerza de tensión o de cizallamiento sobre la superficie dental. Los fabricantes del bracket cerámico Inspire recomiendan aplicar una fuerza de torsión mediante un alicate plástico desechable, sin fracturar el bracket. Se recomienda eliminar los restos de adhesivo alrededor del bracket para permitir el adecuado asentamiento del alicate, las pinzas deben aplicar una fuerza periférica para deformar el bracket. Mediante el descementado se logra una separación en la interfase bracket- adhesivo con lo cual disminuye el riesgo de lesionar el esmalte (Bishara, 1993; Díaz, 2004; Graber & Vanarsdall, 2006).

Swartz, recomienda descementar brackets cerámicos con instrumentos de bordes afilados colocados en la interfase esmalte adhesivo y hacer una fuerza lenta y gradual, hasta que se produzca el descementado (Bishara, 1993).

En la actualidad existen brackets cerámicos que tienen una base de cierre mecánico además de una ranura vertical que separa al bracket abrazándolo. (Graber & Vanarsdall, 2006).



Figura 26. Descementado de brackets estéticos (Díaz, 2004)

Según Birte Melsen (2013) existen otras alternativas para el descementado de brackets cerámicos que reducen significativamente las fuerzas comparadas con el descementado mecánico, lo cual disminuye el riesgo de daño del esmalte:

- El descementado electrotérmico, que utiliza calor para ablandar el adhesivo y retirar fácilmente el bracket.
- La energía láser que degrada el adhesivo usado para cementar los brackets, reduciendo la fuerza de enlace. Sin embargo el calor producido por estos instrumentos puede ocasionar lesión pulpar. Es por ello importante seleccionar el láser más apropiado, el adhesivo a utilizar y la composición del bracket.

2.3.5 Características del esmalte normal.

La superficie del esmalte dental no se encuentra en un estado estático sino que más bien presenta cambios dinámicos continuamente y a lo largo de la vida, es por esto que la estructura normal varía entre dientes jóvenes y adultos (Graber & Vanarsdall, 2006)

Las características clínicas de un diente joven que acaba de erupcionar son las *periquimatías* o también llamadas líneas de imbricación que son la terminación de las estrías de Retzius en toda la superficie del esmalte (Avery, 2002; Graber & Vanarsdall, 2006). Mediante microscopia electrónica de barrido se pueden observar los extremos de los prismas de esmalte abiertos como pequeños agujeros (Graber & Vanarsdall, 2006).

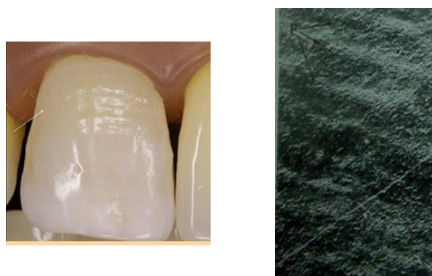


Figura 27. A) Aspecto rayado normal de la superficie del esmalte de un diente joven. (Navajas, J.M; 2009). B) Superficie del esmalte de un diente joven visto al MEB (Avery, 2002).

En los dientes adultos se puede apreciar el desgaste y la exposición a diferentes fuerzas mecánicas (fuerzas del cepillado, alimentos abrasivos). Como resultado, las crestas de periquimatías se desgastan y son sustituidas por un aspecto más rayado y con frecuencia se observan grietas, por el contrario, no se observa rastro de periquimatías y en lugar de ellas aparecen unos arañazos a lo largo de la superficie de esmalte. Los adolescentes manifiestan un estadio intermedio. Mannerberg, demostró mediante una investigación que el desgaste normal del esmalte es de 0- 2 um por año (Graber & Vanarsdall, 2006).

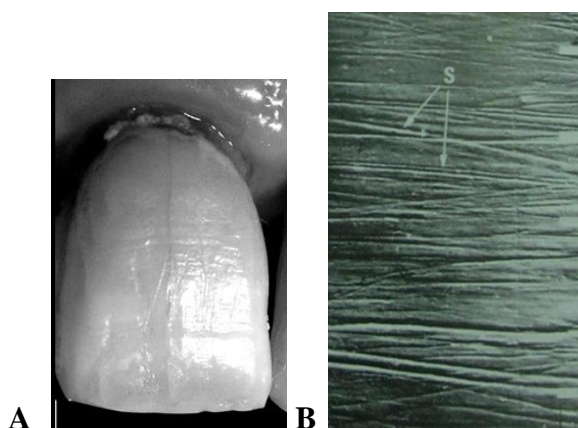


Figura 28. A) Aspecto rayado normal de la superficie del esmalte en un diente adulto (Navajas, J.M; 2009). B) Superficie del esmalte de un diente adulto visto al MEB (Avery, 2002).

2.3.6 Desprendimiento del esmalte.

Las microporosidades creadas en el momento del grabado ácido podrían llenarse de resina y crear una retención mecánica, pudiendo producir en el momento del descementado desprendimientos de esmalte. Otro factor a considerar es la fuerza ejercida en el momento del descementado que podría exceder la fuerza cohesiva del esmalte o del mismo bracket y producir fractura tanto del bracket como del esmalte. El tipo de partículas de relleno de las resinas de adhesión pueden influir también modificando la interfase donde se produce la falla adhesiva, lo que quiere decir que las partículas con microrelleno penetrarían más, creando prolongaciones en el esmalte mientras que las de macrorelleno producirían un punto de ruptura más natural (Graber & Vanarsdall, 2006).

Se ha descubierto que los brackets cerámicos con retención química causan más daño que aquellos que presentan retención mecánica, debido a que su punto de ruptura se ubica en la interfase esmalte adhesivo y no en la interfase adhesivo bracket (Graber & Vanarsdall, 2006).

Para evitar daños en el esmalte se aconseja utilizar brackets de retención mecánica, utilizar instrumentos diseñados para este propósito que dejen la mayor parte de resina en el diente y evitar el uso de elementos de raspado e instrumentos de mano para retirar el resto de adhesivo (Graber & Vanarsdall, 2006).

2.3.7 Grietas en el esmalte.

Si el esmalte presenta defectos en su estructura antes de la adhesión de los brackets, lo más probable es que el daño sea aún mayor luego del descementado de los brackets. Estos pueden ser defectos del desarrollo como grietas, amelogénesis e hipoplasias o

restauraciones muy extensas. Por lo tanto se recomienda que el clínico examine la estructura del esmalte antes de la adhesión de aparatos ortodónticos en la búsqueda de grietas del esmalte que se presentan como líneas de fisura que en muchas ocasiones pasan desapercibidas por la simple observación, por ello se recomienda jugar con las sombras, con la ayuda de una buena luz o a su vez con transiluminación por medio de una fibra óptica (Rouleau, 1982; Graber & Vanarsdall, 2006).

Las grietas en el esmalte se originan por diversas formas de agresión mecánica y térmica que pueden fracturar la capa del esmalte luego de la erupción por la diferencia de rigidez entre el esmalte y la dentina (Rouleau, 1982; Graber & Vanarsdall, 2006).

2.4. Fuerzas en ortodoncia.

La fuerza de adhesión se puede medir por medio de fuerzas de tensión, compresión, cizalla y torsión, con el fin de lograr el fallo de adhesión y poder cuantificar cuál es la fuerza requerida para poder lograr el fallo (Chan, 2010). Estas pruebas se realizan, aplicando fuerzas de cizalla sobre los brackets hasta que estos fallen y posteriormente, se cuantifica la fuerza con la que fueron desplazados (Luque, 2008).

2.4.1 Fuerza de tracción o tensión.

Se define así al vector físico que sometido a un cuerpo o estructura trata de estirarlo o expandirlo ocasionando su modificación o cambiándolo de posición, esto depende si el cuerpo es rígido o flexible. En la biomecánica ortodóntica, las fuerzas de tensión aplicadas a las piezas dentales, estiran las diferentes fibras del ligamento periodontal, provocando una remodelación del hueso alveolar, este tipo de fuerza es aplicado en casi todos los

movimientos ortodónticos (Fuentes, 2002). Para lograr el estiramiento de un cuerpo, es necesario que existan dos fuerzas de igual dirección pero en sentido contrario (Macchi, 2002). La fuerza de tracción siempre va acompañada de una deformación por tracción, sobre todo cuando las estructuras están flexionadas. La mayoría de materiales dentales son bastante frágiles y son susceptibles a fracturarse al ser sometidos a fuerzas de tracción sobre todo cuando existen niveles altos de tensión (Anusavice, 2004).

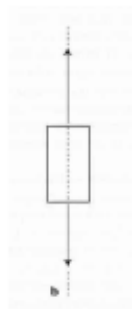


Figura 29. Esquema de fuerzas de tracción (Macchi, 2002).

2.4.2 Fuerza de compresión.

Se denomina compresión a la fuerza que aplicada a un cuerpo trata de oprimirlo o apretarlo, al punto de reducir su volumen o modificar su posición. En ortodoncia, las fuerzas de compresión aplicadas a los dientes oprimen a las fibras periodontales, presionando al mismo tiempo al hueso alveolar y producen cambios a nivel estructura. Este tipo de fuerza es aplicable para producir los diferentes movimientos ortodónticos (Fuentes, 2002).

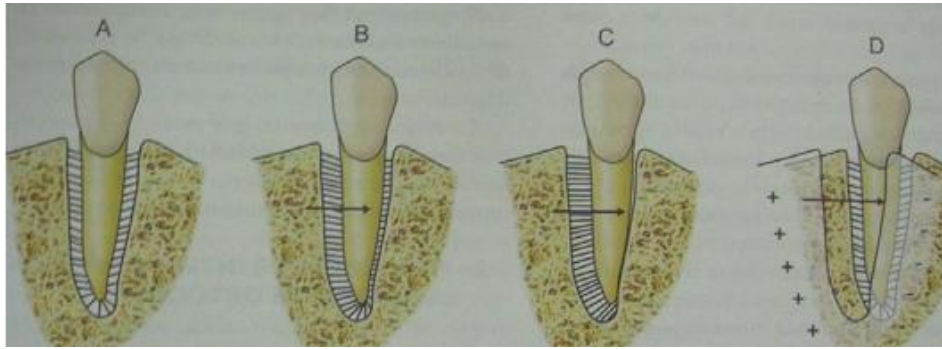


Figura 30. Secuencia de movimientos provenientes de una fuerza ortodónica aplicada sobre un diente (Vellini, 2004).

2.4.3 Fuerza de desplazamiento o cizallamiento.

Se define como la fuerza o la suma de vectores físicos que al ser aplicados sobre un cuerpo, tratan de cortarlo o desplazarlo en sentido vertical, estas fuerzas no actúan en la misma dirección sino en direcciones próximas y paralelas (Fuentes, 2002; Macchi, 2002). La fuerza de cizallamiento puede ser producida por la acción de torsión sobre un material, por ejemplo si se aplica una fuerza paralela a la interfase entre el esmalte y el bracket mediante un instrumento de bordes afilados, el bracket se despegará debido a la fuerza de cizallamiento sobre el agente de adhesión (Anusavice, 2004). La fuerza de cizallamiento considerada normal es de 10.4 ± 2.8 MPa (Bishara, 1990).

En la biomecánica ortodónica esta fuerza es aplicada a los dientes para provocar un desplazamiento en sentido de su eje axial, mediante remodelación del hueso alveolar y lograr movimientos de extrusión e intrusión, además los dientes constantemente están sometidos a las fuerzas masticatorias en este sentido (Fuentes, 2002).

2.4.4 Fuerza de torsión.

Es la fuerza que trata de girar a un cuerpo sobre un punto fijo. En ortodoncia esta fuerza interviene durante los movimientos de rotación produciendo el cambio de posición de la pieza dentaria, modificando la disposición de las fibras periodontales y la estructura del hueso de soporte (Fuentes, 2002).

2.5. Sustancias para el acondicionamiento de las bases de brackets.

2.5.1 Silano.

El silano en el campo odontológico se utiliza como mecanismo de unión, al tratarse de un agente que facilita el enlace entre el composite y otras resinas orgánicas a la porcelana, sin embargo su principal componente, el silicio, se ha usado ampliamente en la eliminación de microorganismos de las superficies, en el campo industrial agrícola y alimenticio (Mojica y cols., 2007).

2.5.2 Clorhexidina.

La clorhexidina se puede aplicar sobre los dientes así como también sobre los aparatos ortodónticos durante el tratamiento para reducir la colonización bacteriana. La fuerza de unión no se ve afectada si se aplica la clorhexidina después de que la adhesión se haya completado o como preparación profiláctica antes del grabado con ácido. Sin embargo, la fuerza de unión se ve afectada si la clorhexidina se aplica como una capa sobre el esmalte grabado o como sellador antes de aplicar el adhesivo, se aconseja el uso de Clorhexidina al 0.12% en su presentación líquida debido a que esta concentración se

utilizará para descontaminar superficies, más no para el tratamiento de infecciones como en su presentación al 2%. (Brantley & Eliades, 2001).

2.5.3 Acetona.

La acetona es un compuesto químico del grupo de las cetonas que se encuentra en el medio ambiente como un líquido incoloro de olor característico. Se evapora fácilmente, es inflamable y es soluble en agua. Se utiliza en la fabricación de plásticos, fibras, medicamentos y otros productos químicos. Es un buen disolvente para los aceites, tanto naturales como sintéticos, resinas, gomas, ceras, pinturas y barnices. Según Steffen, el uso de acetona por 10 segundos sobre un bracket nuevo mejora la fuerza adhesiva, descontaminando su base (Mojica y cols., 2007).

2.6. Microscopio electrónico de barrido.

El MEB nos proporciona imágenes y datos físico-químicos de la superficie de cuerpos opacos de los electrones, por medio de un haz de electrones muy delgado que recorre la superficie del objeto y de detectores que transducen las señales que emanan de ella transformándolas en corrientes eléctricas que se encargan de formar una imagen a través de una pantalla (Vázquez y col, 2000).

3. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la Investigación

La investigación ha sido catalogada como cuantitativa porque trata de determinar la fuerza de asociación o correlación entre las variables.

3.2 Tipo de estudio

El presente es un estudio experimental, transversal, descriptivo y comparativo. Es experimental porque las muestras serán sometidas a pruebas mecánicas de cizallamiento y serán controladas rigurosamente. Es transversal pues permite estimar la magnitud y distribución de una condición en un momento dado, en este caso nos permitirá estimar el esfuerzo o resistencia al desplazamiento de todas las muestras estudiadas. Es descriptivo porque enumera las características de los especímenes de acuerdo con las variables de estudio y describe la situación tal y como es. Y es comparativo porque su objetivo es comparar el comportamiento de tres marcas de brackets.

3.3 Variables

En la presente investigación intervinieron como variables independientes, el uso de tres tipos de acondicionadores sobre la base de tres marcas distintas de brackets cerámicos, obteniendo el incremento de la resistencia adhesiva como variable dependiente, tomando en cuenta un grupo control sin acondicionamiento previo. Se considera al suero fisiológico donde se almacenaron las muestras una variable independiente o de control.

3.4 Muestra

Se seleccionó una muestra de 50 terceros molares humanos extraídos por razones terapéuticas en varios centros odontológicos de la ciudad de Quito, se optó por estos dientes para determinar en qué puede variar la morfología vestibular. A dicha muestra se la dividió en 4 grupos: Grupo 1 (U), conformado por 15 terceros molares a los cuales se les cementó brackets Unitek™ Gemini Clear; Grupo 2 (I), conformado por 15 terceros molares sobre los cuales se cementaron brackets Illusion Plus *Ortho Organizers*; Grupo 3 (P), conformado por 15 terceros molares a los cuales se cementaron brackets Protect; y finalmente un Grupo control (T) conformado por 5 terceros molares a los que se cementaron brackets Protect.

Cada muestra se identificó a través de una combinación alfanumérica tomando la primera letra de la marca y su correlativo numérico de la siguiente manera:

MARCA	IDENTIFICACION DE MUESTRAS
UNITEK	U1,U2,U3,U4,U5,U6,U7,U8,U9,U10,U11,U12,U13,U14,U15
PROTECT	P1,P2,P3,P4,P5,P6,P7,P8,P9,P10,P11,P12,P13,P14,P15
ILLUSION TEST O CONTROL	I1,I2,I3,I4,I5,I6,I7,I8,I9,I10,I11,I12,I13,I14,I15 T1,T2,T3,T4,T5

Tabla 1. Identificación de las muestras.
Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se distribuyeron las muestras con respecto a la sustancia de desinfección de la siguiente manera:

MARCA	SIN ACONDICIONADOR	SILANO	CLORHEXIDINA	ACETONA
TEST	T1,T2,T3,T4,T5			
UNITEK		U1,U2,U3,U4,U5	U6,U7,U8,U9,U10	U11,U12,U13,U14,U15
PROTECT		P1,P2,P3,P4,P5	P6,P7,P8,P9,P10	P11,P12,P13,P14,P15
ILLUSION		I1,I2,I3,I4,I5	I6,I7,I8,I9,I10	I11,I12,I13,I14,I15

Tabla 2. Clasificación de las muestras de acuerdo al acondicionador.
Fuente: Elaboración propia.

3.4.1 Criterios de inclusión.

- Terceros molares extraídos por indicación terapéutica sean maxilares o mandibulares
- Terceros molares de pacientes cuya edad oscile entre los 18 y 28 años
- Terceros molares sanos (sin caries)
- Terceros molares que no presenten defectos de la formación del esmalte
- Terceros molares sin blanqueamiento previo
- Terceros molares sin tratamiento de conducto
- Terceros molares sin brackets cementados previamente
- Terceros molares sin ningún tipo de restauración

3.4.2 Criterios de exclusión.

- Terceros molares que no hayan sido extraídos por indicación terapéutica
- Terceros molares de adolescentes en etapa de formación o de pacientes que sobrepasen los 28 años de edad
- Terceros molares con procesos cariogénicos

- Terceros molares con defectos del esmalte (amelogénesis, hipoplasia, etc)
- Terceros molares con blanqueamiento
- Terceros molares con tratamiento de conducto
- Terceros molares a los cuales se les haya adherido brackets previamente
- Terceros molares con algún tipo de restauración

3.5 Materiales

En la presente investigación se emplearon los siguientes recursos físicos:

- 50 dientes terceros molares humanos extraídos con fines terapéuticos.
- 15 brackets cerámicos *Unitek™ Gemini Clear* para premolares superiores prescripción MBT Slot 0.022”.
- 15 brackets cerámicos *Illusion Plus Ortho Organizers* para premolares superiores prescripción MBT Slot 0.022”.
- 20 brackets cerámicos *Protect*, para premolares superiores prescripción Roth, Slot 0.022”.
- Máquina de ensayos o fuerzas universales MTS modelo T-5002 ubicada en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)
- Acrílico
- Cilindros metálicos de 2 x 2 cm cada uno
- 50 cepillos profilácticos
- Piedra pómez
- Clorhexidina al 0.1%

- Acetona
- Silano
- Micromotor
- Ácido fosfórico Scotchbond™ 3M ESPE al 37%
- Resina y adhesivo Transbond™ XT 3M Unitek
- Lámpara de polimerización LITEX™ 680
- Microbrush TPC
- Gutaperchero
- Pinza portabackets ORTHO ORGANIZERS
- Explorador
- Posicionador de brackets MORELLI
- Calibrador digital SYLVAC Fowler
- Microscopio electrónico de barrido ambiental marca FEI modelo QUANTA 200
ubicado en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile

3.6 Metodología

Un total de 78 terceros molares humanos entre ellos maxilares y mandibulares extraídos previamente por motivos terapéuticos en pacientes cuyas edades oscilaban entre los 18 y 28 años de edad, fueron recolectados en varios centros odontológicos de la ciudad de Quito, los mismos que se lavaron inmediatamente luego de la extracción bajo chorro fuerte de agua para eliminar sangre y residuos de tejido periodontal luego de lo cual fueron almacenados en recipientes con solución de suero fisiológico para evitar la deshidratación, la misma que se cambió cada semana para evitar contaminación y se mantuvieron

almacenados a temperatura ambiente hasta realizar el cementado de los brackets. Aplicando los criterios de inclusión y exclusión se seleccionaron 50 terceros molares, inmediatamente se procedió a limpiar sus superficies vestibulares con pasta de piedra pómez no oleosa aplicada en cepillos profilácticos con la ayuda de una pieza de baja velocidad para eliminar placa bacteriana y asegurar una superficie libre de impurezas.



Figura 31. Terceros molares seleccionados de acuerdo con los criterios de inclusión.
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se trazaron los ejes vertical y horizontal de la corona de cada una de las muestras, para localizar el centro de la corona anatómica.

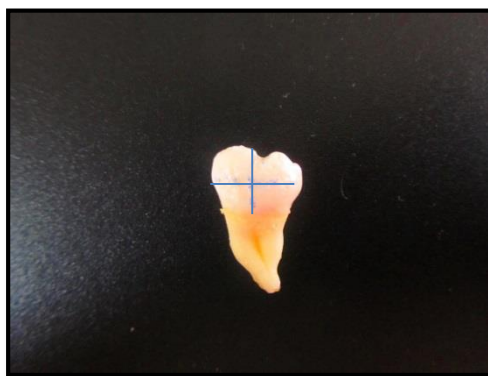


Figura 32. Trazado de los ejes horizontal y vertical de la corona.
Fuente: Elaboración propia

Luego de esto, los dientes se dividieron en cuatro grupos: grupo Unitek (15 dientes), grupo Illusion (15 dientes), grupo Protect (15 dientes) y grupo Control (5 dientes). De

acuerdo con esta clasificación se procedió a distribuir cada marca de bracket cerámico en 3 grupos; marca Unitek; los 5 primeros brackets se pincelaron con silano, los siguientes 5 con clorhexidina y finalmente 5 brackets acondicionados con acetona; marca Illusion de la misma forma 5 brackets pincelados con silano, 5 con clorhexidina y 5 con acetona, por último brackets Protect, 5 brackets sin ningún acondicionador, 5 con silano, los siguientes 5 con clorhexidina y los 5 restantes con acetona. Los brackets se colocaron con su base hacia arriba sobre una loseta de vidrio previamente desinfectada con Clorhexidina y posteriormente se adhirieron los brackets correspondientes utilizando resina Transbond XT, como se indica a continuación:

Primero, el esmalte se sometió al grabado total con ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos para cada diente; mediante la jeringa triple se lavó durante 30 segundos como indica el fabricante y finalmente aireó hasta observar una superficie de color blanco mate.



Figura 33. Proceso de grabado ácido para cada una de las muestras.
Fuente: Elaboración propia.

Los 50 brackets cerámicos (UnitekTM Gemini Clear, Illusion Plus y Protect) fueron cementados con resina (Transbond^{XT} XT, light cure, adhesive paste, 3M Unitek, St. Paul, Minesota, USA) de acuerdo con las instrucciones del fabricante en el centro de la corona

clínica. Se ejerció presión y se retiraron excesos. En cada uno de los grupos se fotopolimerizó durante 20 segundos, de forma perpendicular al bracket y a una distancia de 2-3 mm con una lámpara de luz halógena (LITEX™ 680ª 220V USA) la cual presenta una emisión de luz de 450 nm de longitud de onda y un rango de intensidad de 600 mW/cm².

El manual de resina Transbond XT light cure de 3M, nos recomienda utilizar las lámparas de polimerización Ortholux™ (véase Tabla 3), con la finalidad de lograr una resistencia óptima de adhesión, así como también recomiendan que de ser otra lámpara se deberá seguir las instrucciones del fabricante.

Aparato con adhesivo Transbond™ XT	Lámpara de polimerización Ortholux™ LED (Aproximadamente 1000 mW/cm ²) (LED)	Lámpara de polimerización Ortholux™ (Aproximadamente 1600 mW/cm ² w(LED))
Brackets metálicos	5 segundos mesial + 5 segundos distal	3 segundos mesial + 3 segundos distal
Brackets cerámicos	5 segundos a través del bracket	3 segundos a través del bracket
Tubos bucales adhesivos	10 segundos mesial + 10 segundos oclusal	6 segundos mesial + 6 segundos oclusal

Tabla 3. Recomendaciones de 3M para la utilización de lámparas de polimerización (Manual multimedia 3M transbond-xt-light-cure-orthodontic-adhesive-ifu.pdf).



**Figura 34. Lámpara LITEX 680 220V USA.
Fuente: Elaboración propia.**

Con la ayuda de cubos metálicos de medidas 2 x 2 cm facilitados en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPE se procede a la conformación de troqueles de acrílico

transparente, con la finalidad de colocar el diente en posición perpendicular a la base de los cubos y con ello poder ajustarlos a la máquina MTS y realizar la prueba de cizallamiento.



Figura 35. Conformación de troqueles.
Fuente: Elaboración propia.

Una vez polimerizado el acrílico, los dientes se organizaron de acuerdo a su respectivo grupo, el primer grupo conformado por 15 dientes se denominó grupo U (Unitek™ Gemini Clear), el segundo grupo también formado por 15 dientes se denominó grupo I (Illusion Plus), al tercer grupo conformado por 15 dientes se lo denominó grupo P (Protect) y finalmente al último grupo de 5 dientes se lo denominó grupo T (Test) o grupo control. Para lo cual se señaló con marcador permanente cada cubo con su respectivo diente, de acuerdo al grupo al que correspondía.



Figura 36. Troqueles de acrílico con sus respectivas muestras.

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de cizallamiento se llevó a cabo 72 horas después de haber cementado los brackets. Se llevaron las 50 muestras a la máquina de ensayos o fuerzas universales MTS T5002 facilitada por el laboratorio de mecánica de materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Superior Politécnica del Ejercito (ESPE). En esta máquina se realizó la prueba de resistencia a la descementación. Cada espécimen se posicionó en la mordaza inferior del dispositivo y a continuación se aplicó una fuerza de presión ejercida por una cruceta o cuchilla que describe un movimiento en sentido inciso-gingival (de arriba hacia abajo) y que va desplazándose paralela a la unión adhesiva bracket-esmalte a una velocidad constante de 0.5-0.7 mm/min, al mismo tiempo que va incrementando progresivamente la fuerza hasta que provoca el fallo del material llevando consigo el desprendimiento del bracket, simulando el proceso de descementado clínico.



**Figura 37. Máquina de ensayos universales MTS T5002.
Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 38. Cuchilla que describe un movimiento inciso-gingival a nivel de la interfase bracket-esmalte.
Fuente: Elaboración propia.**

Por lo tanto, previo a la prueba de cizallamiento mediante un calibrador digital, se obtuvo el área de las mallas de cada bracket, debido a que ésta es la superficie que entrará en contacto con el esmalte dental.



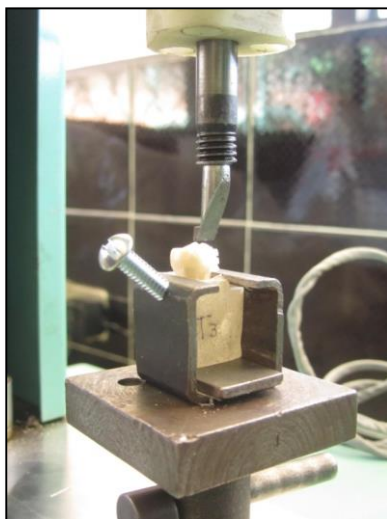
Figura 39. Medición de la base (b) y la altura (h) de la malla de cada bracket a través de calibrador digital.

Fuente: Elaboración propia.

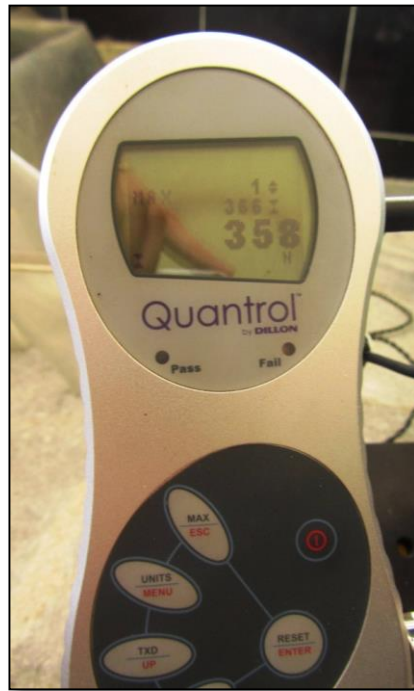
La distribución de la fuerza que actúa en un punto sobre la superficie de un cuerpo es única y tendrá componentes en las direcciones normal y tangencial llamados esfuerzos normal y esfuerzo cortante tangencial; respectivamente. El esfuerzo normal se representa con la letra griega σ (sigma) mientras que el esfuerzo cortante se representa con la letra griega T (tau). El esfuerzo está dado en Newton por metro cuadrado (N/m^2); $1 N/m^2 = 1$ pascal (Pa). Siempre y cuando la fuerza aplicada sea perpendicular al área analizada y aplicada en el centro del área para así tener un valor constante que se distribuya uniformemente en el área aplicada (Shigley, 1998).



**Figura 40. Colocación del espécimen en las mordazas de la máquina MTS.
Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 41. Cuchilla dispuesta en sentido tangencial a la interfase bracket-esmalte.
Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 42. Fuerza registrada en Newtons mediante medidor de fuerza digital.
Fuente: Elaboración propia.**

Prueba de Cizallamiento

La prueba de cizallamiento se realizó por grupos; empezando por las 5 muestras del grupo de control para comprobar el funcionamiento ideal de la máquina de fuerzas universales MTS. Luego se procedió con las 15 muestras de los brackets Unitek™ Gemini Clear, inmediatamente con las 15 muestras de los brackets Illusion Plus *Ortho Organizers* y finalmente con las 15 muestras de brackets Protect.

Los datos obtenidos fueron recolectados en una tabla elaborada en una hoja de cálculo en el programa Microsoft Excel de Windows 7, posteriormente se realizaron las pruebas estadísticas correspondientes al estudio.

Análisis de índice de adhesivo remanente ARI

Adicional a la resistencia al descementado, otra variable evaluada fue la cantidad de adhesivo residual presente tanto en el bracket como en la superficie del esmalte, usando el Índice de Adhesivo Remanente "Adhesive Remnant Index" o ARI, la incidencia de la fractura del bracket, y la presencia de daños visibles en el esmalte. Cada uno de los brackets y su diente correspondiente de acuerdo con su grupos de cizallamiento fueron también examinados para el análisis descriptivo de la localización de los sitios de fractura y la verificación de la efectividad de la técnica de adhesión. El tipo de fallo observado se materializó clasificando las muestras de acuerdo con los parámetros establecidos por el índice de adhesivo remanente ARI (Adhesive Remnant Index).

El índice ARI, descrito por Ártun y Bergland (Ártun y Bergland, 1984), diferencia los fracasos de adhesión según cuatro códigos (véase Tabla 4).

Clasificación del índice ARI	
ARI 0	Ausencia de adhesivo remanente en la superficie del diente.
ARI 1	Menos del 50% del adhesivo remanente en la superficie del esmalte.
ARI 2	Más del 50% del adhesivo remanente en la superficie del esmalte.
ARI 3	Todo el adhesivo remanente en la superficie del esmalte.

Tabla 4. Clasificación del índice ARI (Adhesive Remnant Index score).

Así, los códigos 0 y 1 harían referencia a una falla a nivel de la interfase esmalte-sistema adhesivo, mientras que los códigos 2 y 3 reflejarían un fracaso en la interfase bracket-sistema adhesivo.

Para la medición ARI no se tuvo en cuenta ningún exceso de adhesivo retenido alrededor del bracket (por fuera de la base del bracket) (O'Brien y cols., 1988).

Todos los datos obtenidos de las pruebas de descementado de brackets se organizaron mediante una hoja de cálculo (Excel, Microsoft).

Posteriormente, los especímenes de interés relevante para la presente investigación, se observaron a través del Microscopio Electrónico de Barrido facilitado por la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile con la finalidad de observar las alteraciones morfológicas producidas en la superficie del esmalte.

Para este efecto se seleccionaron las muestras más representativas de cada grupo estudiado de acuerdo con el mayor daño del esmalte y se cortaron cuidadosamente con un disco de carborundum, obteniendo especímenes de 1cm x 1 cm, las muestras seleccionados fueron I2, I8, I13, P1, P4, P10, P15, T3, U1, U8, U11.

Preparación de las muestras

Después de haber obtenido las muestras de esmalte dental se prepararon los especímenes para poder ser observados a través del MEB, mediante el siguiente procedimiento: fijación, deshidratación, secado, montaje y recubrimiento con metal o metalizado.

Se recomienda que el material sea conservado en lugares libres de humedad antes y después del metalizado. Las muestras menos hidratadas se metalizan más fácilmente y en menor tiempo y permiten mejores condiciones de observación. Las muestras se secaron de forma natural 48 horas antes de ser analizadas por el MEB, para eliminar por completo el contenido de agua

Los especímenes fueron montados en portamuestras de aluminio de 12.7 mm de diámetro y con espiga de 3,1 mm de diámetro; se colocaron 2 muestras por cada portamuestras o taco. Se fijaron las muestras con adhesivos a base de carbón, grafito o cobre para lograr una buena conductividad .



Figura 43. Portamuestras de aluminio con espiga en su base.
Fuente: Elaboración propia.

El proceso de metalizado de las muestras se llevó a cabo con oro/paladio, para favorecer la emisión y conducción de electrones y poder obtener una imagen lo más clara posible.

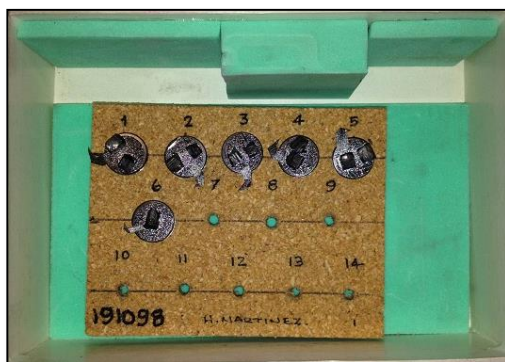
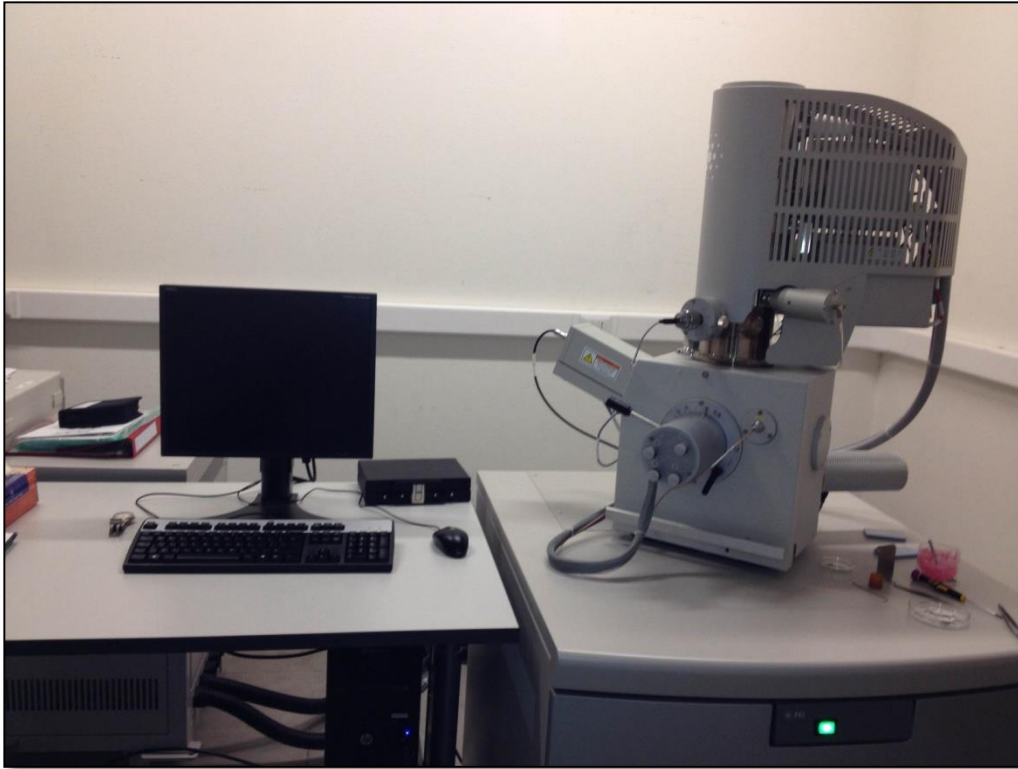


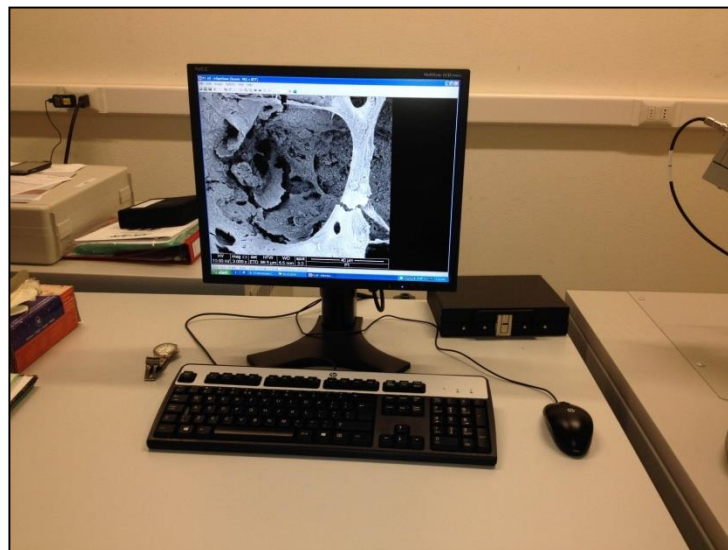
Figura 44. Muestras metalizados con Oro-Paladio.
Fuente: Elaboración propia.

Las muestras se llevaron a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile y fueron observadas a través del Microscopio Electrónico de Barrido ambiental marca FEI modelo QUANTA 200, luego de lo cual se obtuvieron fotografías digitales de

cada una de las muestras con una magnificación que iba desde los 50X hasta los 3000X, dependiendo de la alteración que se quiera observar en el esmalte.



**Figura 45. Microscopio electrónico de barrido ambiental marca FEI modelo QUANTA 200.
Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 46. Observación de las muestras a través del MEB.
Fuente: Elaboración propia.**



Figura 47. Laboratorio de microscopía electrónica Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas Universidad de Chile.



Figura 48. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas Universidad de Chile.

3.7 Beneficios para los participantes.

No existen beneficios para los participantes del estudio pues no se tuvo contacto directo con sujetos o seres humanos. Sin embargo, cabe recalcar que la presente investigación brinda un valioso aporte al manejo de los brackets cerámicos previo a la cementación sobre el esmalte ya que mejora la fuerza de adhesión.

3.8 Riesgos.

No existieron riesgos debido a que no hubo intervención directa con seres humanos sino con dientes previamente extraídos por indicaciones terapéuticas, los mismos que se codificaron numéricamente para guardar seguridad tanto como confidencialidad y se hizo referencia a los datos de manera grupal o individual pero utilizando su código y no nombres.

3.9 Análisis estadístico.

Todos los datos obtenidos en las pruebas de resistencia adhesiva de brackets, se organizaron en una hoja de cálculo (Excel). Los valores determinados por la máquina MTS se obtuvieron en Newtons. Conociendo cual era el área de la base de los brackets utilizados, se pudieron convertir estos valores de fuerza a unidades de presión (MPa), operando con la misma hoja de cálculo.

Una vez calculados los valores en megapascuales de cada una de las muestras, se introdujeron en un programa estadístico (SPSS Statistics Version 22), para el análisis descriptivo correspondiente se utilizó la media aritmética, el mínimo, el máximo y la desviación típica.

Para determinar el supuesto de normalidad de la resistencia adhesiva se utilizaron las pruebas de normalidad de Kolmogorov - Smirnov y de Shapiro – Wilk (menor a 20 datos).

Se utilizó la prueba de hipótesis no paramétrica Kruskal - Wallis debido a que las muestras no corresponden a una población de distribución normal además los subgrupos son pequeños.

3.10 Recolección de datos.

La fuerza cortante aplicada a la interfase adhesiva entre el bracket y el esmalte fue registrada en Newtons (N), por medio de un medidor de fuerza digital conectado a la máquina MTS. Un Newton expresa la cantidad de fuerza que hay que ejercer sobre un kilogramo de masa para que adquiriera una aceleración de un metro sobre segundo cuadrado (Canay, 2000).

Posteriormente los resultados fueron transformados a megapascales (MPa) para determinar el esfuerzo o resistencia (T). Un pascal es la presión que ejerce una fuerza de un Newton sobre la superficie de 1 m². (Shigley, 1998). Por lo tanto según el Sistema Internacional de medidas un megapascal (MPa) es igual a 1 N/mm².

El esfuerzo o resistencia ((T) es igual a la fuerza cortante (V) dividida para la unidad de área (A) es decir; $T= V/A$, dónde la fuerza está dada en Newtons y el área en mm² (N/mm²= MPa). La fuerza obtenida en Newtons también se transformó a kilogramos fuerza, para así hallar el esfuerzo (T) en Kg/mm². Para poder aplicar la fórmula de conversión de unidades fue necesario calcular el área de la malla del bracket.

Para determinar el valor del área que entrará en contacto con el esmalte se aplicó la siguiente fórmula:

$$A= b \times h$$

a. Para los brackets cerámicos UnitekTM Gemini Clear:

$$A= b \times h$$

$$A= 4.23 \times 3.37$$

$$A= 14.26 \text{ mm}^2$$

b. Para los brackets cerámicos Illusion Plus Ortho Organizers: $A = b \times h$
 $A = 3.50 \times 3.30$
 $A = 11.55 \text{ mm}^2$

c. Para los brackets cerámicos Protect: $A = b \times h$
 $A = 3.25 \times 3.29$
 $A = 10.69 \text{ mm}^2$

De este modo se obtuvo el área de la malla de cada bracket: para el bracket Unitek™ Gemini Clear el área en contacto fue de 14.26 mm^2 , para el bracket cerámico Illusion Plus Ortho Organizers 11.55 mm^2 y para el bracket Protect el área obtenida fue de 10.69 mm^2 .



Figura 49. Calibrador digital para medición de la base y altura de la malla del bracket.
Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos se recolectaron en hojas de cálculo, las mismas que se exponen a continuación:

Tabla 5.
Tabla de recolección de datos en Newtons de la prueba de cizallamiento.

Tabla 1. FUERZA EN NEWTONS (N)							
Grupo	(N)	Grupo	(N)	Grupo	(N)	Grupo	(N)
Test		Unitek		Illusion		Protect	
T1	176	U1	404	I1	282	P1	167
T2	263	U2	269	I2	360	P2	157
T3	198	U3	458	I3	158	P3	140
T4	191	U4	331	I4	747	P4	47
T5	166	U5	692	I5	159	P5	153
		U6	399	I6	111	P6	121
		U7	220	I7	289	P7	157
		U8	521	I8	150	P8	127
		U9	249	I9	174	P9	135
		U10	280	I10	237	P10	185
		U11	319	I11	184	P11	166
		U12	176	I12	115	P12	127
		U13	190	I13	96	P13	175
		U14	299	I14	140	P14	180
		U15	192	I15	149	P15	133
Promedio	199	Promedio	333	Promedio	223	Promedio	145
Desv Est	38	Desv Est	142	Desv Est	163	Desv Est	34
Max	263	Max	692	Max	747	Max	185

N = Newtons

Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos en Newtons (N) primero fueron transformados a Kg, tomando en cuenta que 1Kg equivale a 9.81, y una vez obtenida la fuerza en kilogramos, se calculó el esfuerzo (T), cuya unidad es Kg/mm², utilizando para la conversión el dato del área de c/u de los brackets utilizados. Los resultados se exponen en las siguientes tablas.

Tabla 6.
Esfuerzo en Kg/mm² de las 50 muestras.

Tabla 3. ESFUERZO EN KILOGRAMO/MILIMETRO2 (Kg/mm2)							
Grupo	(Kg/mm2)	Grupo	(Kg/mm2)	Grupo	(Kg/mm2)	Grupo	(Kg/mm2)
Test		Unitek		Illusion		Protect	
T1	1.68	U1	2.89	I1	2.49	P1	1.59
T2	2.51	U2	1.92	I2	3.18	P2	1.50
T3	1.89	U3	3.27	I3	1.39	P3	1.34
T4	1.82	U4	2.37	I4	6.59	P4	0.45
T5	1.58	U5	4.95	I5	1.40	P5	1.46
		U6	2.85	I6	0.98	P6	1.15
		U7	1.57	I7	2.55	P7	1.50
		U8	3.72	I8	1.32	P8	1.21
		U9	1.78	I9	1.54	P9	1.29
		U10	2.00	I10	2.09	P10	1.76
		U11	2.28	I11	1.62	P11	1.58
		U12	1.26	I12	1.01	P12	1.21
		U13	1.36	I13	0.85	P13	1.67
		U14	2.14	I14	1.24	P14	1.72
		U15	1.37	I15	1.32	P15	1.27
Promedio	1.90	Promedio	2.38	Promedio	1.97	Promedio	1.38
Desv Est	0.36	Desv Est	1.02	Desv Est	1.44	Desv Est	0.32
Max	2.51	Max	4.95	Max	6.59	Max	1.76

Kg/mm2 = Kilogramo/Milimetro2

Finalmente se determinó el esfuerzo para lo cual, los datos obtenidos fueron transformados a MPa, al dividir los Newtons para el valor del área de c/bracket. Los datos a continuación:

Tabla 7.
Esfuerzo en MPa de las 50 muestras.

Tabla 4. ESFUERZO EN MEGAPASCALES (Mpa)							
Grupo	MPa	Grupo	MPa	Grupo	MPa	Grupo	MPa
Test		Unitek		Illusion		Protect	
T1	16.46	U1	28.33	I1	24.42	P1	15.62
T2	24.60	U2	18.86	I2	31.17	P2	14.69
T3	18.52	U3	32.12	I3	13.68	P3	13.10
T4	17.87	U4	23.21	I4	64.68	P4	4.40
T5	15.53	U5	48.53	I5	13.77	P5	14.31
		U6	27.98	I6	9.61	P6	11.32
		U7	15.43	I7	25.02	P7	14.69
		U8	36.54	I8	12.99	P8	11.88
		U9	17.46	I9	15.06	P9	12.63
		U10	19.64	I10	20.52	P10	17.31
		U11	22.37	I11	15.93	P11	15.53
		U12	12.34	I12	9.96	P12	11.88
		U13	13.32	I13	8.31	P13	16.37
		U14	20.97	I14	12.12	P14	16.84
		U15	13.46	I15	12.90	P15	12.44
Promedio	18.60	Promedio	23.37	Promedio	19.34	Promedio	13.53
Desv Est	3.55	Desv Est	9.96	Desv Est	14.11	Desv Est	3.17
Max	24.60	Max	48.53	Max	64.68	Max	17.31
Area Bracket	10.69	Area Bracket	14.26	Area Bracket	11.55	Area Bracket	10.69

MPa = Esfuerzo en Mpa. Se obtiene de la Fuerza en N presentada en Tabla 1 de cada uno de los Grupos por el Area del Bracket.

4. RESULTADOS

Para un fácil entendimiento de los resultados, éstos se presentan en el mismo orden como se realizaron los procedimientos durante el desarrollo de la investigación.

4.1 Resistencia adhesiva

Después de la prueba de cizallamiento, se encontró que los brackets cerámicos Unitek™ Gemini Clear presentaron los valores más altos de fuerza, con un promedio de 23,37 MPa, seguidos por los brackets Illusion Plus de *Ortho Organizers*, con un valor promedio de 19,34 MPa, mientras que los brackets Protect obtuvieron un promedio de fuerza de 13,53 MPa.

Tabla 8.
Tabla estadística descriptiva entre grupos.

Estadísticos Descriptivos					
	N	Media	Desv. Típica	Mínimo	Máximo
GRUPO 1	15	23,3787	9,96083	12,35	48,54
GRUPO 2	15	19,3427	14,10769	8,31	64,68
GRUPO 3	15	13,5340	3,172	4,40	17,31

Inicialmente se verifica que las muestras tomadas provienen de una población con distribución **Normal**, esto se realiza con las pruebas de Kolmogorov - Smirnov o con la prueba de Shapiro - Wilk (menor a 20 datos), luego vamos a probar:

Ho (Hipótesis inicial): La muestra proviene de una población con distribución Normal

Ha (Hipótesis alterna): La muestra NO proviene de una población con distribución Normal

La prueba de Shapiro Wilk se considera uno de los test más potentes para el contraste de la normalidad sobre todo para muestras pequeñas ($n < 30$), por lo tanto se analizarán los datos de cada grupo de manera independiente ($n=15$).

Tabla 9.
Pruebas de normalidad para Grupos.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	n	Sig.	Estadístico	n	Sig.
GRUPO 1	0,173	15	0,200	,898	15	0,089
GRUPO 2	0,262	15	0,007	,681	15	0,000
GRUPO 3	0,176	15	0,200	,854	15	0,020

De la prueba de Shapiro-Wilk:

Grupo 1: Sig. = 0,089 es mayor que 0,05 (95% de confiabilidad), luego aceptamos H_0 , esto es la muestra del Grupo 1 proviene de una población con distribución Normal.

Grupo 2: Sig. = 0,000 es menor que 0,05 (95% de confiabilidad), luego rechazamos H_0 , esto es la muestra del Grupo 2 NO proviene de una población con distribución Normal.

Grupo 3: Sig. = 0,020 es menor que 0,05 (95% de confiabilidad), luego rechazamos H_0 , esto es la muestra del Grupo 3 NO proviene de una población con distribución Normal.

Como existen dos grupos que poseen datos que no corresponden a una población con distribución Normal, se procede a realizar pruebas de hipótesis no paramétricas.

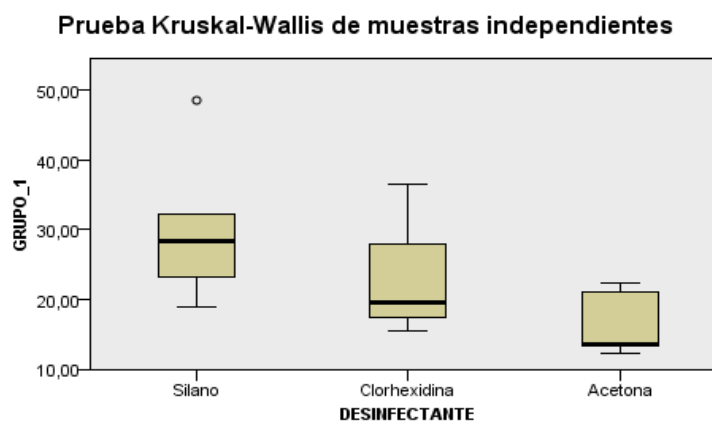
Prueba de Kruskal-Wallis: Comparación entre acondicionadores por Grupos.

Ho: Las medidas centrales (medias) de las muestras son similares

Ha: Las medidas centrales (medias) de las muestras no son similares

Grupo 1 (Unitek):

Gráfico 1. Prueba Kruskal Wallis Grupo 1.



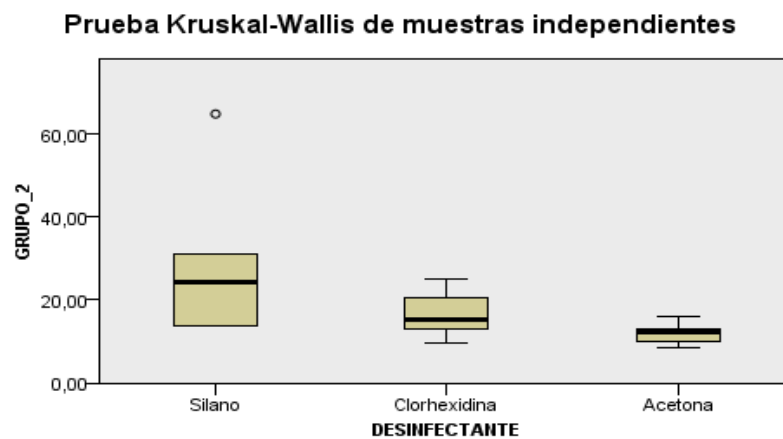
N total	15
Probar estadística	5,460
Grados de libertad	2
Sig. asintótica (prueba de dos caras)	,065

1. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.
2. No se realizan múltiples comparaciones porque la prueba global no muestra diferencias significativas en las muestras.

Sig. asintótica = 0,065 es mayor que 0,05 (95% de confiabilidad) luego aceptamos Ho, esto es las medias de las muestras son similares.

Grupo 2 (Ilusion):

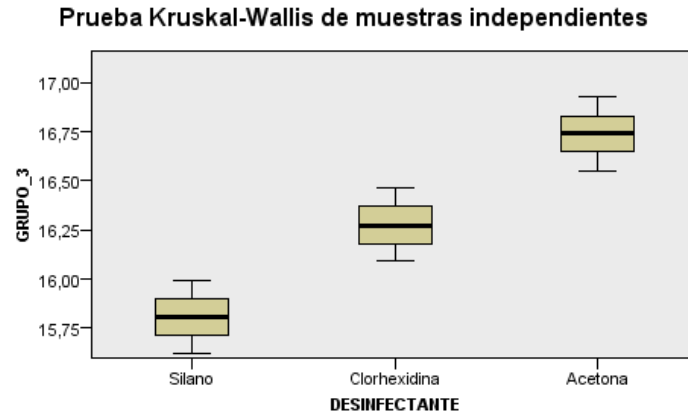
Gráfico 2. Prueba Kruskal Wallis Grupo 2.



N total	15
Probar estadística	5,460
Grados de libertad	2
Sig. asintótica (prueba de dos caras)	,065

1. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.
2. No se realizan múltiples comparaciones porque la prueba global no muestra diferencias significativas en las muestras.

Sig. asintótica = 0,065 es mayor que 0,05 (95% de confiabilidad) luego aceptamos H_0 , esto es las medias de las muestras son similares.

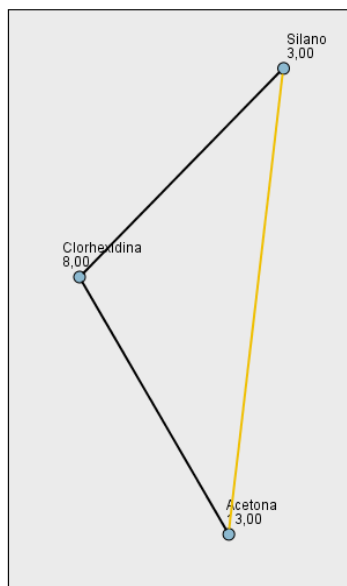
Grupo 3 (Protect):**Gráfico 3. Prueba Kruskal Wallis Grupo 3.**

N total	15
Probar estadística	12,500
Grados de libertad	2
Sig. asintótica (prueba de dos caras)	,002

1. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.

Sig. asintótica = 0,002 es menor que 0,05 (95% de confiabilidad) luego rechazamos H_0 , esto es las medias de las muestras NO son similares, luego verificamos cuál de las tres medias no es similar realizando una prueba dos a dos.

Gráfico 4. Comparaciones por parejas de acondicionador.



Cada nodo muestra el rango de media de muestras de DESINFECTANTE.

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
Silano-Clorhexidina	-5,000	2,828	-1,768	,077	,231
Silano-Acetona	-10,000	2,828	-3,536	,000	,001
Clorhexidina-Acetona	-5,000	2,828	-1,768	,077	,231

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es ,05.

En el grupo 3 las muestras diferentes son el Silano y la acetona.

Prueba de Kruskal-Wallis: Comparación por Marca.

Ho: Las medidas centrales (medias) de las muestras son similares

Ha: Las medidas centrales (medias) de las muestras no son similares,

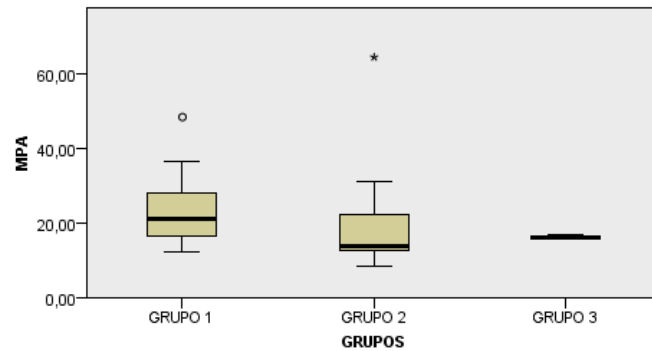
Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de MPA es la misma entre las categorías de GRUPOS.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,050	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05.

Tabla 10. Resumen de la prueba de hipótesis, donde se rechaza hipótesis nula.

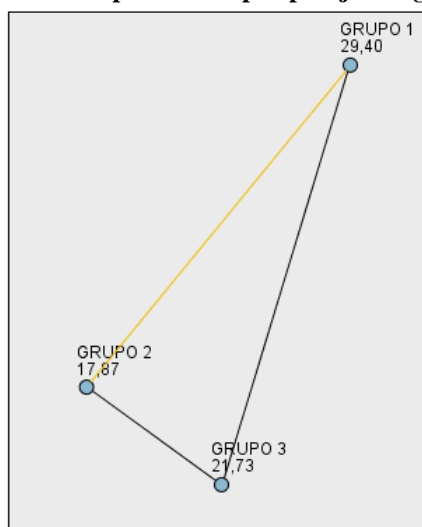
Gráfico 5. Prueba de Kruskal Wallis de muestras independientes.



N total	45
Probar estadística	5,993
Grados de libertad	2
Sig. asintótica (prueba de dos caras)	,050

1. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.

De la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, sig. asintótica = 0,051 es mayor que 0,05 (95% de confiabilidad), luego rechazamos H_0 , esto es las medias de las muestras no son similares, se realiza comparación dos a dos para verificar cual es diferente:

Gráfico 6. Comparaciones por parejas de grupos.

Cada nodo muestra el rango de media de muestras de GRUPOS.

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
GRUPO 2-GRUPO 3	-3,867	4,796	-,806	,420	1,000
GRUPO 2-GRUPO 1	11,533	4,796	2,405	,016	,049
GRUPO 3-GRUPO 1	7,667	4,796	1,599	,110	,330

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.
Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es ,05.

La comparación entre grupos determina que existen diferencias estadísticas entre los grupos 1 y grupo 2.

Pruebas no paramétricas: Entre acondicionadores por Grupos.

Prueba de Kruskal-Wallis

Ho: Las medidas centrales (medias) de las muestras son similares

Ha: Las medidas centrales (medias) de las muestras no son similares

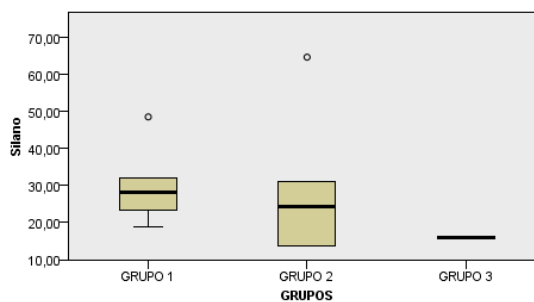
Tabla 11. Resumen de prueba de hipótesis.

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de Silano es la misma entre las categorías de GRUPOS.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,105	Retener la hipótesis nula.
2	La distribución de Clorhexidina es la misma entre las categorías de GRUPOS.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,221	Retener la hipótesis nula.
3	La distribución de Acetona es la misma entre las categorías de GRUPOS.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,030	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

SILANO:

Gráfico 7. Prueba de Kruskal Wallis Silano.



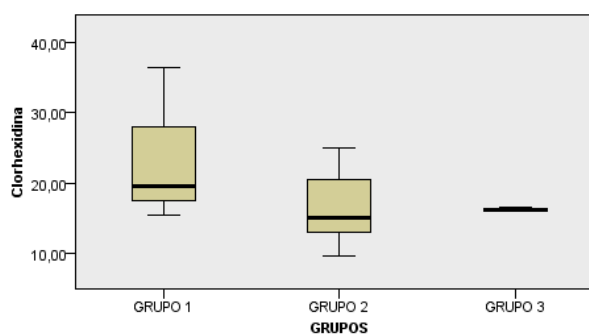
N total	15
Probar estadística	4,500
Grados de libertad	2
Sig. asintótica (prueba de dos caras)	,105

1. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.
2. No se realizan múltiples comparaciones porque la prueba global no muestra diferencias significativas en las muestras.

Sig. asintótica = 0,105 es mayor que 0,05 (95% de confiabilidad) luego aceptamos H_0 , esto es las medias de las muestras son similares.

CORHEXIDINA:

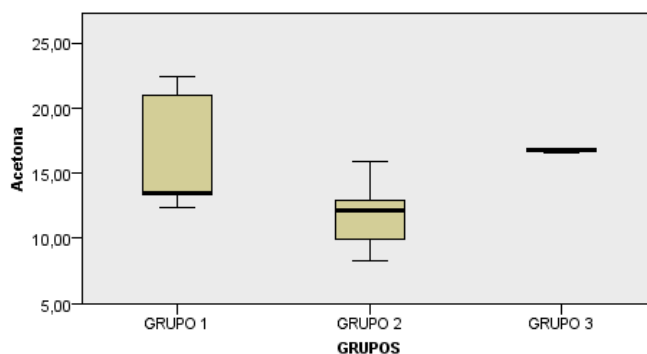
Gráfico 8. Prueba de Kruskal Wallis Clorhexidina.



N total	15
Probar estadística	3,020
Grados de libertad	2
Sig. asintótica (prueba de dos caras)	,221

1. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.
2. No se realizan múltiples comparaciones porque la prueba global no muestra diferencias significativas en las muestras.

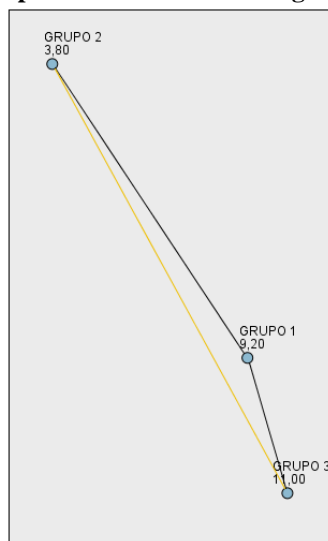
Sig asintótica = 0,221 es mayor que 0,05 (95% de confiabilidad) luego aceptamos H_0 , esto es las medias de las muestras son similares.

ACETONA:**Gráfico 9. Prueba de Kruskal Wallis Acetona.**

N total	15
Probar estadística	7,020
Grados de libertad	2
Sig. asintótica (prueba de dos caras)	,030

1. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.

Sig. asintótica = 0,030 es menor que 0,05 (95% de confiabilidad) luego rechazamos H_0 , esto es las medias de las muestras NO son similares, se realiza comparación dos a dos para verificar cual es diferente.

Gráfico 10. Comparación de Acetona en grupo 2 y Grupo 3.

Cada nodo muestra el rango de media de muestras de GRUPOS.

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
GRUPO 2-GRUPO 1	5,400	2,828	1,909	,056	,169
GRUPO 2-GRUPO 3	-7,200	2,828	-2,546	,011	,033
GRUPO 1-GRUPO 3	-1,800	2,828	-,636	,525	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es ,05.

Con relación a la Acetona, el grupo 2 y grupo 3 no son similares.

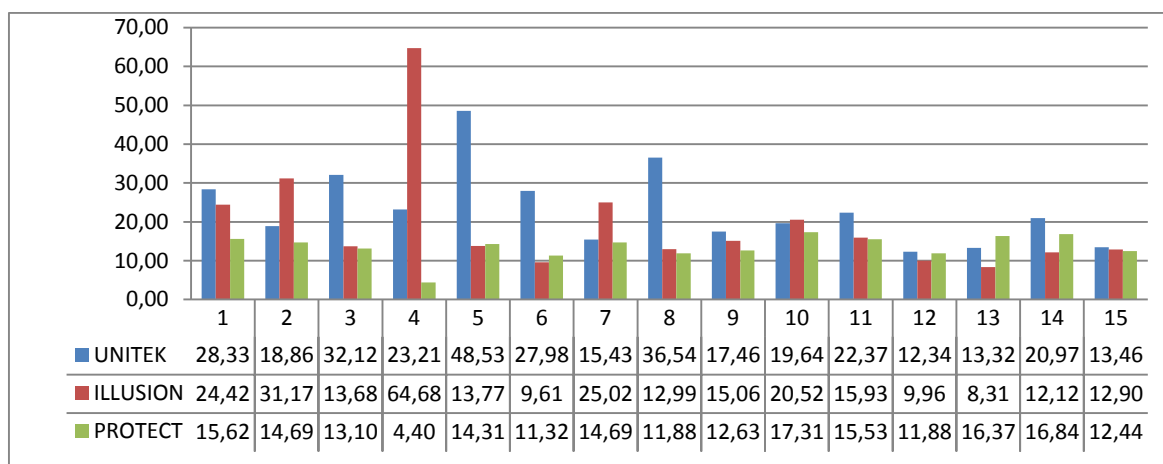
Estadística descriptiva

Comparación entre marcas de brackets

Los brackets cerámicos Illusion Plus de *Ortho Organizers* presentaron un valor máximo de adhesión de 64,68 MPa y un mínimo de 8,31 MPa, mientras que los brackets Unitek™ Gemini Clear, manifestaron un máximo de 48,53 MPa y un mínimo de 12,34 MPa y por último los brackets cerámicos Protect obtuvieron una máxima de 17,31 MPa y una mínima de 4,40 MPa. Lo que nos indica que el valor más elevado lo obtuvo el grupo Illusion en la muestra I4 (acondicionada con Silano), mientras que el valor más bajo se ubicó en la muestra P4 del grupo Protect (también acondicionada con Silano). Los valores

de adhesión obtenidos por las tres marcas de brackets se observan en el Gráfico 11 (a continuación).

Gráfico 11.
Resistencia adhesiva en MPa de las tres marcas de brackets.



Se toma en consideración que del número 1 al número 5 son brackets pincelados con Silano, del número 6 al número 10 se encuentran acondicionados con Clorhexidina y finalmente del 11 al 15 se pincelaron con acetona.

El análisis estadístico descriptivo de los datos en relación a la sustancia de acondicionamiento nos muestra una diferencia bastante significativa entre aquellos brackets que fueron pincelados con silano y aquellos cuyas bases se trataron con acetona (Véase Tabla 12).

Tabla 12.

Análisis estadístico descriptivo de los resultados en relación al acondicionador.

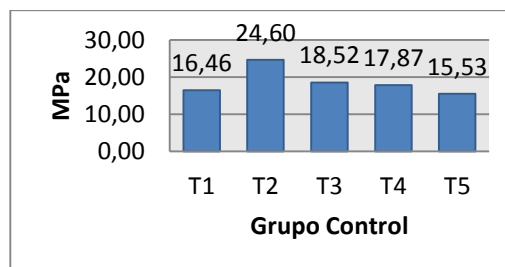
RESISTENCIA AL DESPLAZAMIENTO (MPa) POR GRUPOS							
Grupo	(MPa)	Grupo	(MPa)	Grupo	(MPa)	Grupo	(MPa)
Control		Silano	Clorhexidina			Acetona	
T1	16,46	U1	28,33	U6	27,98	U11	22,37
T2	24,60	U2	18,86	U7	15,43	U12	12,34
T3	18,52	U3	32,12	U8	36,54	U13	13,32
T4	17,87	U4	23,21	U9	17,46	U14	20,97
T5	15,53	U5	48,53	U10	19,64	U15	13,46
		I1	24,42	I6	9,61	I11	15,93
		I2	31,17	I7	25,02	I12	9,96
		I3	13,68	I8	12,99	I13	8,31
		I4	64,68	I9	15,06	I14	12,12
		I5	13,77	I10	20,52	I15	12,90
		P1	15,62	P6	11,32	P11	15,53
		P2	14,69	P7	14,69	P12	11,88
		P3	13,10	P8	11,88	P13	16,37
		P4	4,40	P9	12,63	P14	16,84
		P5	14,31	P10	17,31	P15	12,44
Promedio	18,6	Promedio	24,06	Promedio	17,87	Promedio	14,32
Desv Est	3,55	Desv Est	15,55	Desv Est	7,24	Desv Est	3,79
Max	24,60	Max	64,68	Max	36,54	Max	22,37
Coef de Var. (%)	12,64	Coef de Var. (%)	15,55	Coef de Var. (%)	52,49	Coef de Var. (%)	14,34

MPa = Megapascuales

Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 12 representa los valores obtenidos por el grupo de control, en donde se observa un valor máximo de 24,60 (MPa), un valor mínimo de 15,53 (MPa) y una desviación estándar de 3,55, lo cual nos da un promedio de resistencia al desplazamiento de 18,60 (MPa).

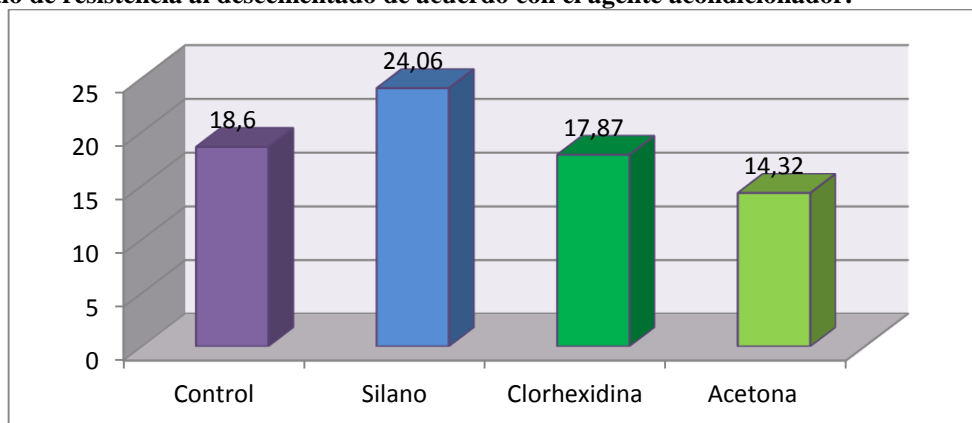
Gráfico 12.

Resistencia al desplazamiento del grupo control.**Fuente: Elaboración propia.**

En el **Gráfico 13** se observa la diferencia en los promedios entre grupos, siendo el de mayor resistencia al desplazamiento el grupo pincelado con silano con un promedio de 24,06 y el de menor resistencia al desplazamiento el grupo acetona con un promedio de 14,32 (MPa).

Gráfico 13.

Promedio de resistencia al descementado de acuerdo con el agente acondicionador.



4.2 Índice de adhesivo remanente ARI.

Luego de la prueba mecánica de cizallamiento se procedió a evaluar minuciosamente cada una de las muestras para determinar el índice de adhesivo remanente sobre la superficie del esmalte además de identificar la falla adhesiva, los resultados se consolidaron en la base de datos y se realizaron los análisis estadísticos respectivos.

Los resultados se exponen a continuación en la Tabla 13:

Tabla 13.

Proporción de cada una de las muestras para la clasificación ARI.

Brackets	ARI												Total		
	ARI 0			ARI 1			ARI 2			ARI 3			Dientes	% Grupo	% col
	Dientes	% Grupo	% col	Dientes	% Grupo	% col	Dientes	% Grupo	% col	Dientes	% Grupo	% col			
Test	1	20,00	7,69	1	20,00	4,35	0	0,00	0,00	3	60,00	30,00	5	100,00	10,00
Unitek	3	20,00	23,08	8	53,33	34,78	2	13,33	50,00	2	13,33	20,00	15	100,00	30,00
Ilusion Plus	5	33,33	38,46	6	40,00	26,09	1	6,67	25,00	3	20,00	30,00	15	100,00	30,00
Protect	4	26,67	30,77	8	53,33	34,78	1	6,67	25,00	2	13,33	20,00	15	100,00	30,00
Total	13	26,00	100,00	23	46,00	100,00	4	8,00	100,00	10	20,00	100,00	50	100,00	100,00

Gráfico 14.

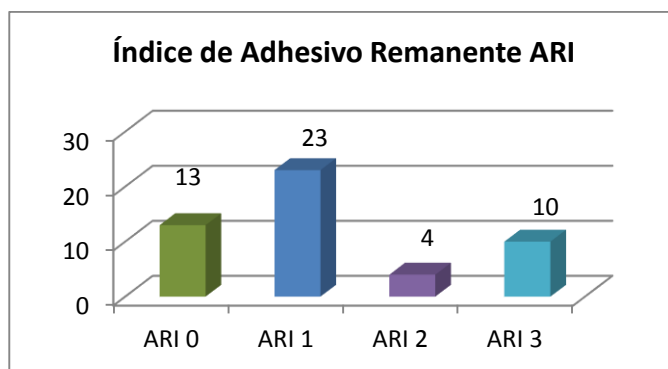
Cantidad de adhesivo remanente en la superficie del esmalte en las 50 muestras.

Tabla 14.

Distribución del remanente adhesivo ARI de acuerdo al agente descontaminante.

Tipo de Desinfectante	ARI 0	ARI 1	ARI 2	ARI 3
Bas es desinfectada con silano	5	6	1	3
Bas es desinfectada con clorhexidina	4	9	2	0
Bas es desinfectada con acetona	3	7	1	4
Sin desinfectante en sus bases	1	1	0	3
TOTAL	13	23	4	10

Gráfico 15.

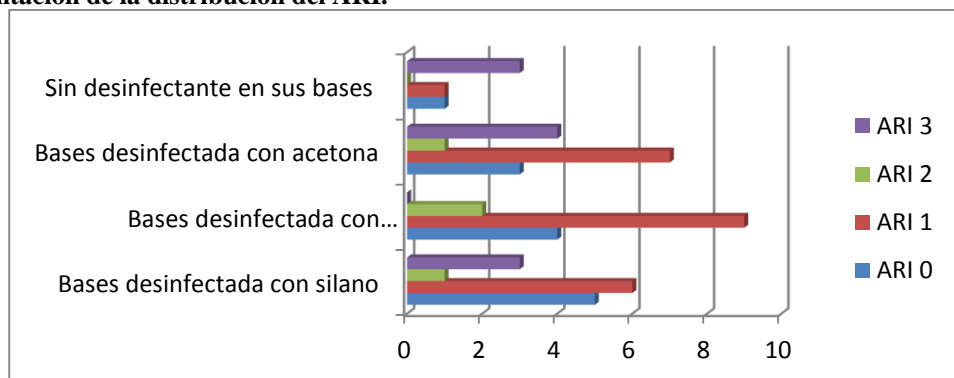
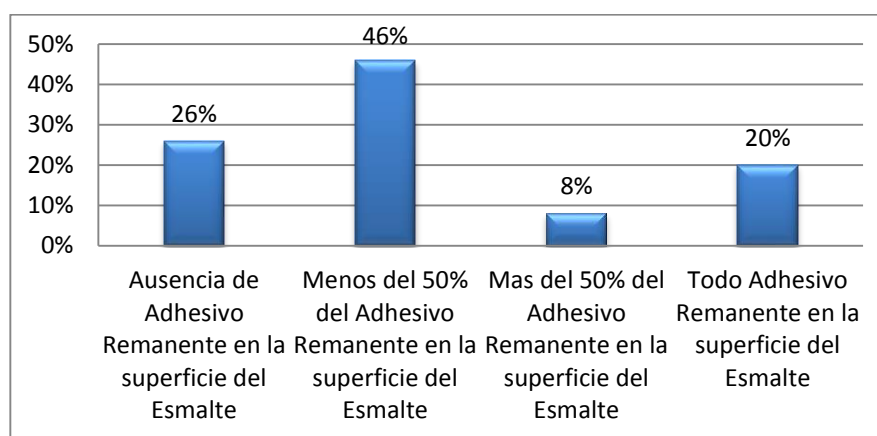
Representación de la distribución del ARI.

Gráfico 16.
Distribución del porcentaje de ARI.



En el gráfico 16 podemos notar como el total de observaciones se concentraba en estar en ausencia de adhesivo remanente o en más el 50% de adhesivo remanente en la superficie, mientras que la situación donde hay un 50% o más de adhesivo remanente parece ser mucho menos frecuente, menor a un tercio.

Tabla 15.
Análisis ARI de la marca Protect.

PROTECT	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada	Posiciones
Ausencia de Adhesivo Remanente en la superficie del Esmalte	4	4	Primer cuartil
<50% del Adhesivo Remanente en la superficie del Esmalte	8	12	Moda, Mediana
>50% del Adhesivo Remanente en la superficie del Esmalte	1	13	Tercer cuartil
Todo Adhesivo Remanente en la superficie del Esmalte	2	15	

En la Tabla 15, el caso PROTECT como marca nos muestra que tanto la moda como la mediana coinciden en ser ausente o tener menos del 50% de adhesivo remanente mientras que en el tercer cuartil y es lo más frecuente de ver según indica la moda, según el

tercer cuartil, menos del 75% de la muestra tiene nada, menos del 50% o más del 50% de adhesivo remanente. El siguiente caso a analizar es la marca UNITEK.

Tabla 16.
Análisis ARI de la marca Unitek.

UNITEK	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada	Posiciones
Ausencia de Adhesivo Remanente en la superficie del Esmalte	3	3	
< 50% del Adhesivo Remanente en la superficie del Esmalte	8	11	Primer cuartil, moda, mediana
> 50% del Adhesivo Remanente en la superficie del Esmalte	2	13	Tercer cuartil
Todo Adhesivo Remanente en la superficie del Esmalte	2	15	

De la Tabla 16, podemos notar que UNITEK, al contrario del caso PROTECT, el primer cuartil no está en el primer nivel, sino en el segundo nivel de la variable ARI, compartiendo lugar con la moda y la mediana al mismo tiempo, donde podemos concluir que es tan frecuente (moda) como probable que haya menos del 50% de adhesivo remanente en el 50% de la muestra. Del tercer cuartil también notamos que a lo más un 75% de la muestra cumple con ya tener las condiciones anteriores sumadas a mostrar ya más del 50% de adhesivo remanente en la superficie del esmalte.

Tabla 17.
Análisis ARI de la marca Illusion.

ILLUSION	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada	Posiciones
Ausencia de Adhesivo Remanente en la superficie del Esmalte	5	5	Primer cuartil
< 50% del Adhesivo Remanente en la superficie del Esmalte	6	11	Moda, Mediana
> 50% del Adhesivo Remanente en la superficie del Esmalte	1	12	Tercer cuartil
Todo Adhesivo Remanente en la superficie del Esmalte	3	15	

En la tabla 17, el caso de la marca ILLUSION se comporta de forma similar a la marca PROTECT en cuanto a la posición de los cuartiles, donde el 25% de la muestra a lo más muestra ausencia de adhesivo remanente y lo más frecuente de ver (moda) es que el 50% de la muestra tenga menos del 50% de adhesivo remanente y el 75% de la muestra también incluye a aquellos que tienen algo más allá del 50% de adhesivo remanente en la superficie del esmalte sin llegar a tener todo el adhesivo remanente en la superficie.

Tabla 18.

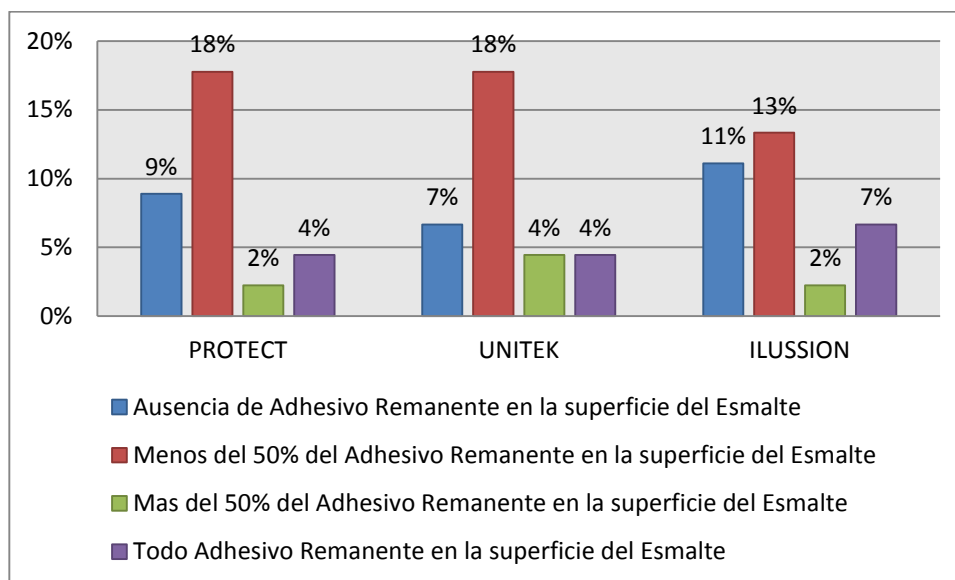
Probabilidad estadística para la ausencia de adhesivo en la superficie del esmalte.

PROBABILIDAD	PROTECT	UNITEK	ILLUSION
Ausencia de Adhesivo Remanente en la superficie del Esmalte	8.89%	6.67%	11.11%
Menos del 50% del Adhesivo Remanente en la superficie del Esmalte	17.78%	17.78%	13.33%
Más del 50% del Adhesivo Remanente en la superficie del Esmalte	2.22%	4.44%	2.22%
Todo Adhesivo Remanente en la superficie del Esmalte	4.44%	4.44%	6.67%

La tabla anterior nos muestra la situación de la distribución en recuentos, sólo que expresadas en porcentajes del total ($n=45$, el total del grupo experimental), los que a su vez favorecen la interpretación que tiene cada celda de la tabla en probabilidades, ya que por ejemplo, la probabilidad de que la marca PROTECT tenga ausencia de adhesivo remanente es de un 8,89% mientras que la probabilidad de tener ausencia de adhesivo remanente en la marca ILLUSION es de un 11,11%. De igual forma, para la marca UNITEK por ejemplo podemos calcular la probabilidad de que menos del 50% de adhesivo remanente se encuentre y es de un 17,78%.

Gráfico 17.

Recuentos de probabilidades conjuntas para el tamaño muestral experimental (n=45).



En el gráfico, podemos notar que la distribución de porcentajes de recuentos de probabilidades conjuntas (n=45). Predomina en las tres marcas que los porcentajes de la ausencia de adhesivo y de menos del 50% de adhesivo remanente en la superficie del esmalte.

4.3. Análisis del diámetro de las grietas al MEB.

Tabla 19.
Análisis descriptivo de los datos correspondientes a las grietas del esmalte.

Descriptivos								
GRIETA_DIAMETRO								
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
GRUPO 1	8	1,19663	0,463663	,163930	0,80899	1,58426	0,523	1,729
GRUPO 2	5	6,69940	6,226338	2,784503	-1,03162	14,43042	1,833	15,460
GRUPO 3	5	4,33140	2,394073	1,070662	1,35877	7,30403	1,517	7,303
Total	18	3,59594	4,032339	,950431	1,59071	5,60118	0,523	15,460

Prueba de Kruskal-Wallis: Comparación de grietas por Grupos.

Ho: Las medidas centrales (medias) de las muestras son similares

Ha: Las medidas centrales (medias) de las muestras no son similares

Tabla 20.
Ubicación de las grietas de acuerdo al rango.

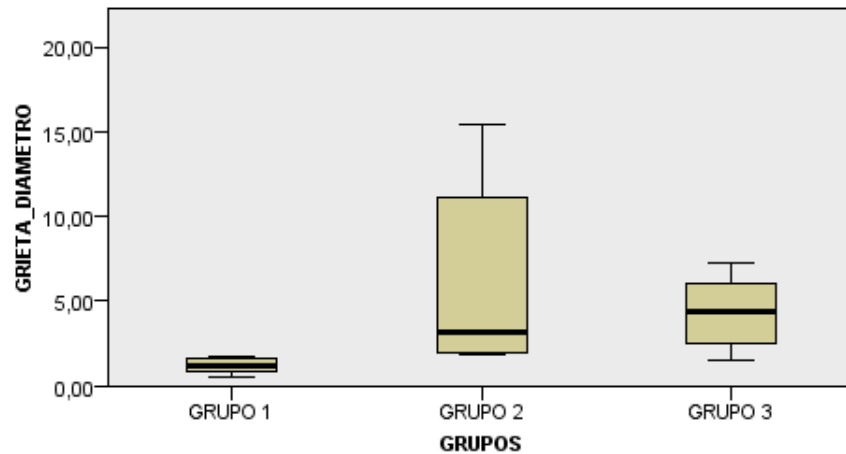
Rangos			
	GRUPOS	N	Rango Promedio
GRIETA DIÁMETRO	GRUPO 1	8	4,88
	GRUPO 2	5	13,80
	GRUPO 3	5	12,60
	Total	18	

Tabla 21.
Resumen de prueba Kruskal-Wallis para grietas en el esmalte.

Resumen de prueba de hipótesis			
Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1 La distribución de GRIETA_DIAMETRO es la misma entre las categorías de GRUPOS.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,004	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Gráfico 18. Prueba de Kruskal Wallis entre los tres grupos de grietas.

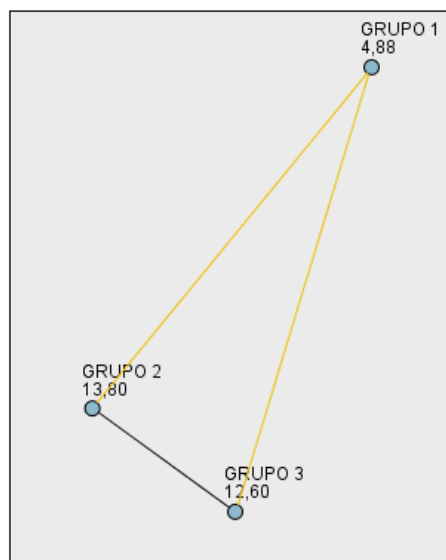


N total	18
Probar estadística	10,946
Grados de libertad	2
Sig. asintótica (prueba de dos caras)	,004

1. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.

Sig. asintótica = 0,040 es menor que 0,05 (95% de confiabilidad) luego rechazamos H_0 , esto es las medias de las muestras NO son similares, se realiza comparación dos a dos para verificar cual es diferente.

Gráfico19. Comparaciones por parejas de grupos.



Cada nodo muestra el rango de media de muestras de GRUPOS.

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
GRUPO 1-GRUPO 3	-7,725	3,042	-2,540	,011	,033
GRUPO 1-GRUPO 2	-8,925	3,042	-2,934	,003	,010
GRUPO 3-GRUPO 2	1,200	3,375	,356	,722	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es ,05.

Con relación a las grietas, existen diferencia entre el grupo 1 y el grupo 3, entre el grupo 1 y el grupo 2 (Grupo 1: grietas más pequeñas).

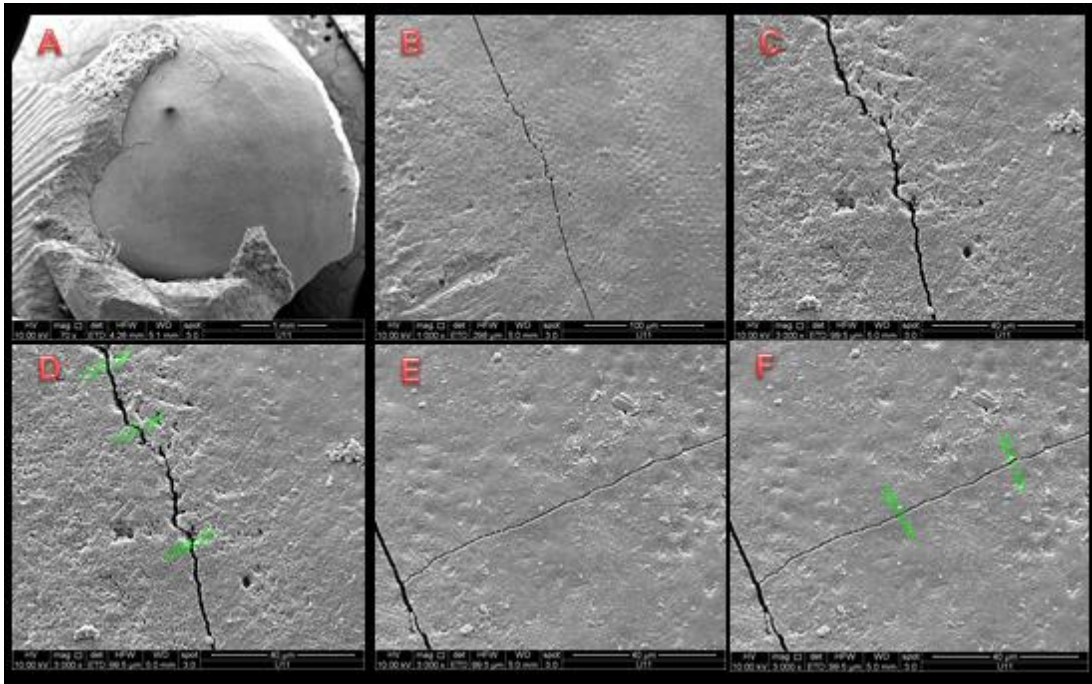


Figura 52. Muestra U11 observada al MEB, bracket Unitek™ Gemini Clear, base preparada con acetona. A) 70 X, B) 1000 X, C) 3000 X, D) 3000 X, E) 3000 X, F) 3000 X.

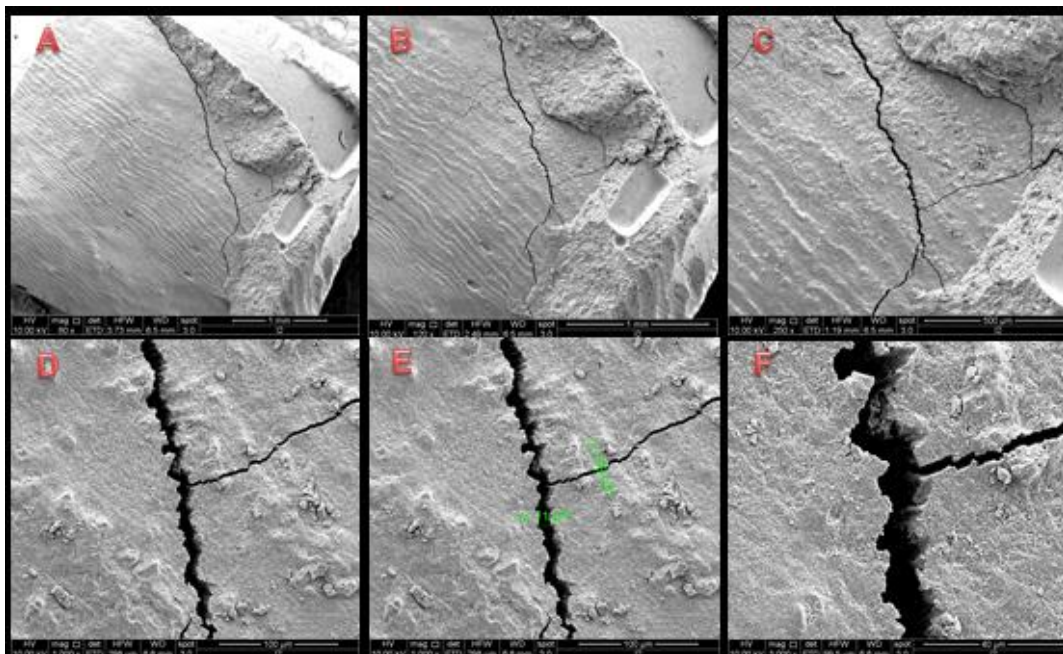


Figura 53. Muestra I2 observada al MEB, bracket Illusion Plus *Ortho Organizers*, base preparada con silano. Se observan restos del adhesivo y junto a estos una grieta profunda. A) 80 X, B) 120 X, C) 250 X, D) 1000 X, E) 1000 X, F) 3000 X.

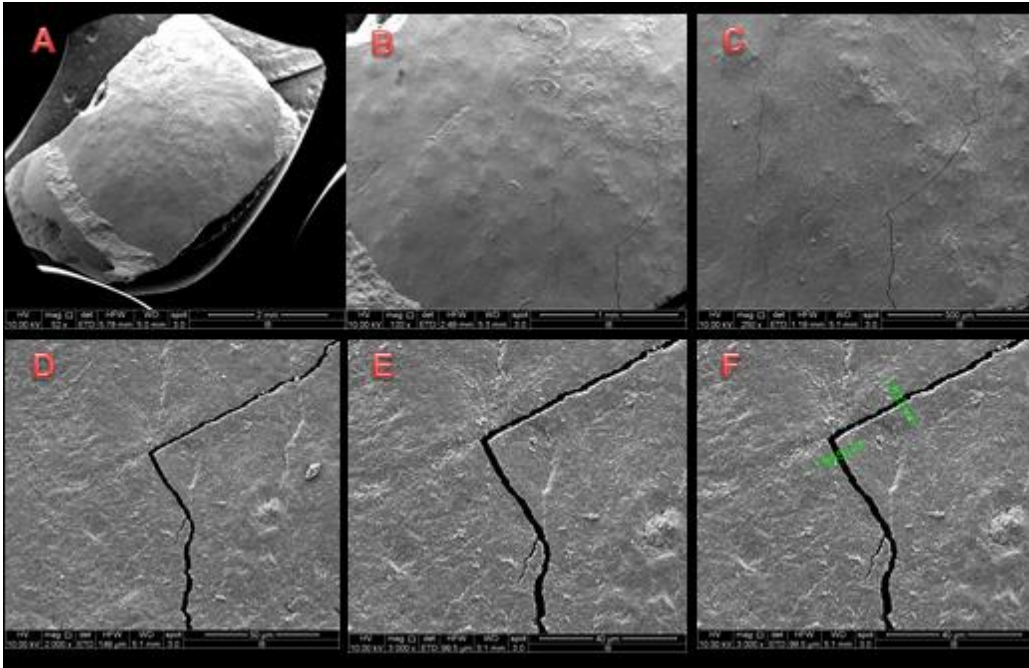


Figura 54. Muestra I8 observada al MEB, bracket Illusion Plus *Ortho Organizers*, base pincelada con clorhexidina. Se observan grietas superficiales. A) 52 X, B) 120 X, C) 250 X, D) 2000 X, E) 3000 X, F) 3000X

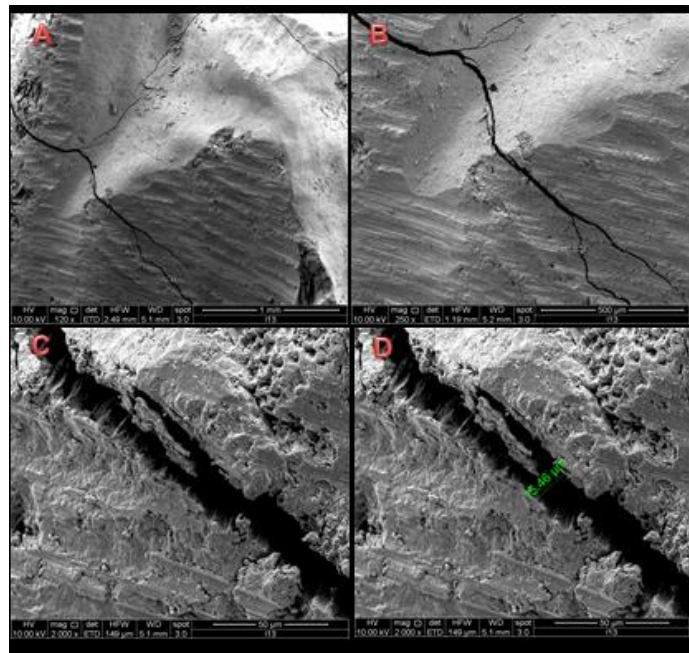


Figura 55. Muestra I13 observada al MEB, bracket Illusion Plus *Ortho Organizers*, base pincelada con acetona. Se observa grieta de gran diámetro. A) 120 X, B) 250 x, C) 2000 X, D) 2000 X.

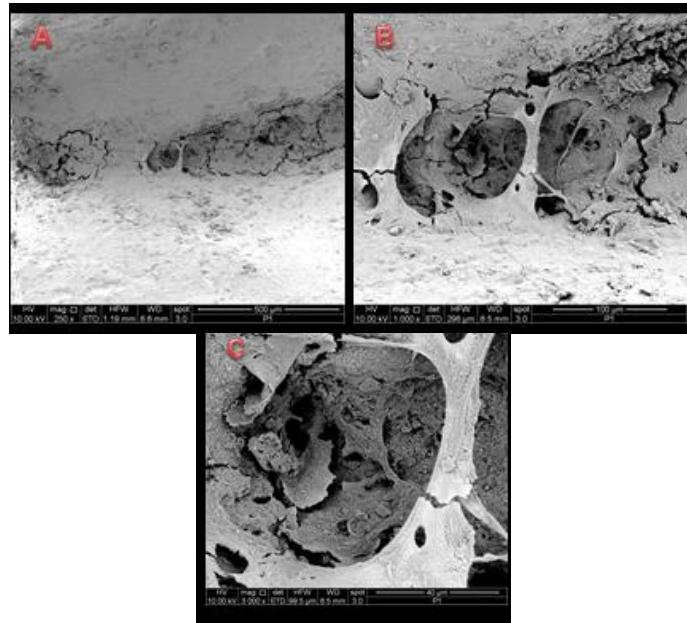


Figura 56. Muestra P1 observada al MEB, bracket Protect, base desinfectada con silano. Se observa socavado del esmalte. A) 250 X, B) 1000 X, C) 3000 X.

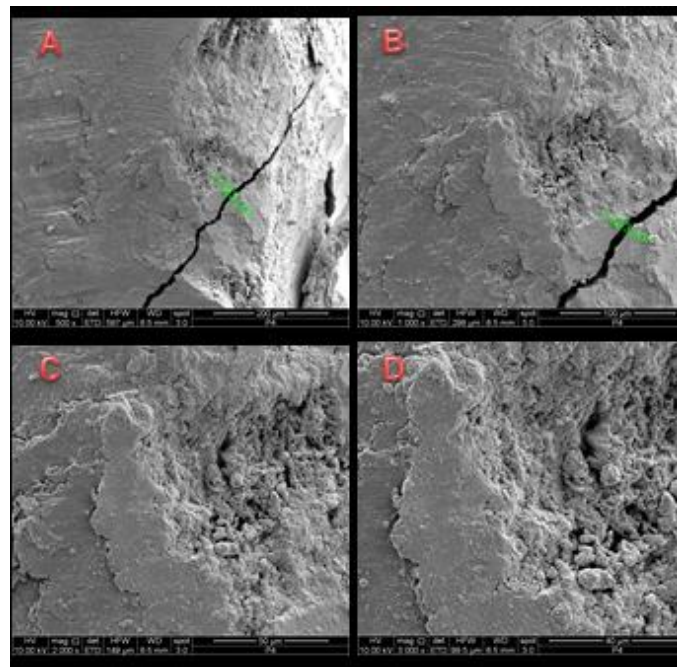


Figura 57. Muestra P4 observada al MEB, bracket Protect, base desinfectada con silano. Se observa deterioro del esmalte y una grieta superficial. A) 500 X, B) 1000 X, C) 2000 X, D) 3000 X.

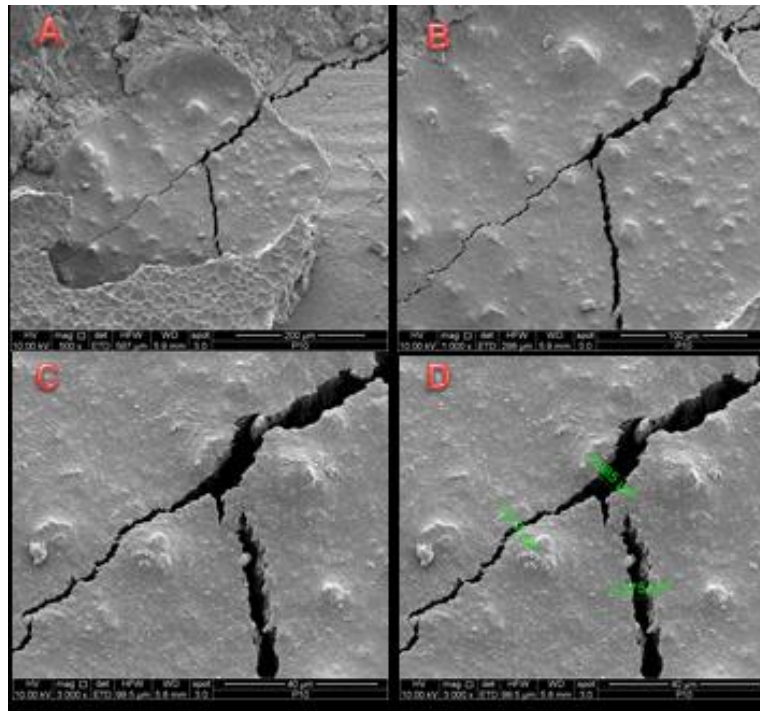


Figura 58. Muestra P10 observada al MEB, bracket Protect, base desinfectada con clorhexidina. Se observan irregularidades del esmalte además una grieta. A) 500 X, B) 1000 X, C) 3000 X, D) 3000 X.

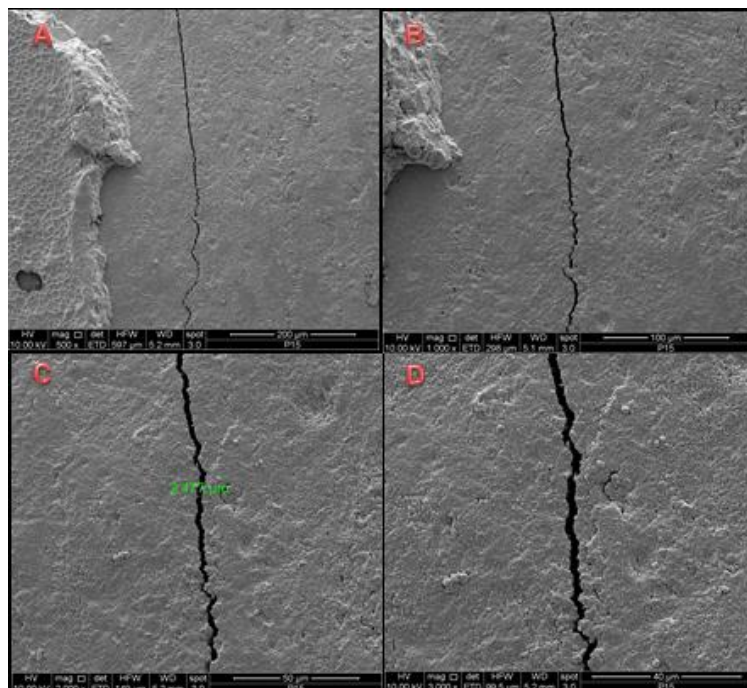


Figura 59. Muestra P15 bracket Protect observada al MEB, base pincelada con acetona. Se observan restos de adhesivo, esmalte irregular y una pequeña grieta. A) 500 X, B) 1000 X, C) 2000 X, D) 3000 X.

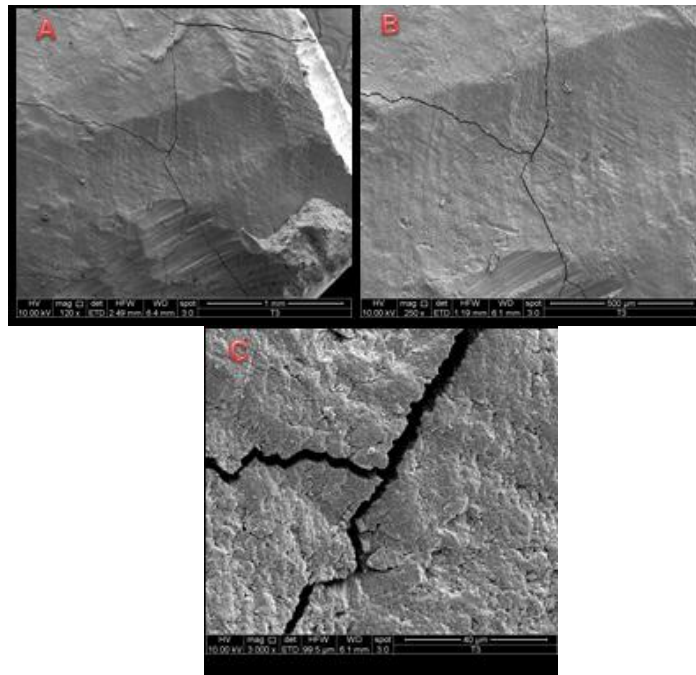


Figura 60. Muestra T3 observada al MEB, bracket Protect, base sin desinfectante alguno. Pequeña grieta. A) 120X, B) 250 X, C) 3000 X.

5. DISCUSIÓN

Desde hace varios años atrás la Ortodoncia ha buscado satisfacer las necesidades de la gran mayoría de pacientes introduciendo tratamientos no sólo más efectivos sino también más estéticos que cumplan con todos los objetivos planteados por el especialista pero que también mejoren la apariencia de la sonrisa mientras se llevan aparatos fijos.

Los brackets de cerámica presentes en el mercado desde finales de los años ochenta, han ido modificando su estructura para llegar a convertirse hoy en día en una excelente alternativa para aquellos pacientes que desean estética de la mano de su tratamiento, pero a pesar de su popularidad presentan desventajas como la fractura de sus aletas, fricción en las ranuras, desgaste de los dientes que entran en contacto con ellos y daños en el esmalte al retirarlos.

Se considera importante desde el punto de vista biomecánico que los brackets se mantengan estables en su posición durante el mayor tiempo posible y es por esto que los fabricantes buscan mejorar las características de los brackets y sistemas adhesivos, para lograr una adhesión exitosa, teniendo en cuenta la preservación de los tejidos dentarios.

El objetivo del presente estudio fue evaluar y comparar la resistencia in vitro al descementado de tres marcas diferentes de brackets cerámicos que han sido adheridos al esmalte dentario con tres sistemas de preparación previa, seguido de esto se identificó el índice de remanente adhesivo para cada muestra aplicando el índice ARI y finalmente se evaluaron los daños ocasionados en el esmalte a través del Microscopio Electrónico de Barrido.

El acondicionamiento de las bases de los brackets como tratamiento previo a su cementación abre un debate entre los ortodoncistas que confían en que el proceso de

fabricación es realizado con minucioso cuidado, no obstante, el estudio de Montoya (2014), demostró la presencia de bacterias en brackets metálicos y cerámicos empacados. Speer y cols., mencionan también la presencia de polvo y partículas que podrían interferir con el fenómeno de adhesión.

Existe escasa literatura en lo que se refiere al acondicionamiento de brackets cerámicos antes de su adhesión al esmalte dental, Speer y cols. (2004) comprobaron una reducción significativa en la resistencia adhesiva en brackets cerámicos desinfectados previamente con Clorhexidina al 0.1%, lo cual fue ratificado con nuestra investigación en donde obtuvo resultados reducidos de fuerza; aparentemente esto se debe a que esta sustancia forma una película residual sobre las superficies a las cuales se aplica y puede no ser eliminada por completo, por lo tanto concluye que esta película influiría en la adhesión de brackets cerámicos.

El Silano al ser un mejorador de la adhesión va a facilitar el enlace entre la resina y el bracket. Atsu y cols. (2006) determinaron que existió un aumento significativo de la fuerza adhesiva luego del recubrimiento con Silano de las bases tanto de brackets metálicos y cerámicos al someterlos a pruebas de cizallamiento. La gran mayoría de brackets cerámicos introducidos inicialmente presentaban un tratamiento de silano en su base, conocido como silanización, el cual incrementa la fuerza adhesiva notablemente (Swartz, 1988).

En lo que respecta al acondicionador acetona, de acuerdo con Steffen (2006), la descontaminación del bracket durante 10 segundos mejora la fuerza de adhesión, se confronta con nuestros datos, debido a que este descontaminante obtuvo valores promedio de resistencia muy bajos, posiblemente por tratarse de una solución bastante volátil.

Durante mucho tiempo los brackets cerámicos fueron motivo de controversia debido a la fuerza excesiva que generaban con respecto al esmalte dental y numerosos estudios han comprobado que la fuerza que confieren los brackets cerámicos es mucho mayor a la que se genera con los brackets metálicos.

Joseph y cols. (1990), comprobaron la necesidad de una mayor fuerza de cizallamiento para el descementado de brackets cerámicos, lo cual concuerda con los estudios de Al-Saleh y cols. (2010), quienes efectuaron mediciones de la fuerza de cizallamiento para brackets metálicos y brackets cerámicos, encontrando que se necesita más fuerza para descementar brackets cerámicos (de 7.7 a 17 MPa).

Cabe mencionar que muchos ortodoncistas en la práctica diaria, experimentan problemas durante el descementado de brackets cerámicos debido a que el enlace es muy duro de romper. Debido a que los brackets cerámicos carecen de ductilidad en relación a los metálicos, se van a presentar fallas durante el descementado tanto en la estructura del bracket como daños en el esmalte dental, así como pudimos comprobar mediante la prueba de cizallamiento la excesiva resistencia con la cual los brackets cerámicos se oponían al descementado. Existen varios factores que influirían en estos resultados como por ejemplo el diseño de la base del bracket, el mecanismo de unión, así como también la morfología de la cara vestibular del diente. Los brackets ClarityTM, por ejemplo, presentan una base que se adhiere mecánicamente y que no requiere silanización adicional (Speer, 2004).

Otro factor que podría influir en la fuerza de adhesión de brackets cerámicos es el espesor del adhesivo, por lo tanto se recomienda ejercer presión firmemente sobre la superficie del diente durante cinco segundos para formar una capa firme y uniforme entre el esmalte y el bracket (Speer, 2004).

Los reportes de fracturas de brackets cerámicos y daños en el esmalte continúan siendo una preocupación y a pesar de los intentos de varios investigadores para reducir la fuerza adhesiva modificando los adhesivos, ácidos, el tiempo de grabado; aún no se ha encontrado un mecanismo eficiente que reduzca dicha fuerza. (Britton, Mcinnes, Weinberg, Ledoux, & Retief, 1998). Gracias a los avances tecnológicos se obtuvo una segunda generación de brackets cerámicos con base de retención mecánica, obteniendo una disminución en los niveles de fuerza y reduciendo de manera significativa los daños en el esmalte (Forsberg & Hagberg, 1992). Reynolds (1975) recomendaba que la fuerza de adhesión no debe superar los 6-8 MPa, porque valores más elevados podrían ocasionar fracturas en el momento del descementado (Speer y cols., 2004).

A pesar de que las pruebas in vitro no son comparables con los ensayos in vivo, las fuerzas a las que los brackets están expuestos en boca (torción, tracción, cizalladura o combinación de estas) pueden ser reproducidas satisfactoriamente mediante la máquina de ensayos universales MTS (Speer y cols., 2004).

La metodología aplicada en esta investigación permitió comparar los valores de resistencia obtenidos para cada marca de brackets así como también para cada acondicionador. Además el análisis al MEB ha demostrado ser una excelente herramienta para comparar el diámetro de grietas en el esmalte.

6. CONCLUSIONES

- La presente investigación indica que no existe una diferencia significativa entre el promedio de resistencia adhesiva entre los brackets que no utilizaron ningún tipo de sustancia para descontaminar sus bases (18,6 MPa) y los que sí utilizaron sustancias de desinfección (18,75).
- Se comprueba la hipótesis planteada, al determinar una resistencia adhesiva elevada para los brackets cuya base fue descontaminada con silano, con un promedio de 24,06 MPa, por sobre los valores promedio de clorhexidina y acetona.
- Los datos promedio referentes a la resistencia adhesiva de las bases pinceladas con acetona (14,32) presentaron diferencias significativas en relación al silano (24,06) y la clorhexidina (17,87), lo cual nos indica su mínima influencia en la adhesión al tratarse de una sustancia de tipo volátil.
- En cuanto a la comparación de las tres marcas de brackets investigadas, la marca Unitek obtuvo el valor promedio más elevado de 23,37 MPa, seguida de la marca Illusion con un valor promedio de 19,34, mientras que los brackets Protect obtuvieron un valor promedio de resistencia adhesiva de 13,53.
- Los valores más altos de resistencia adhesiva ocasionaron daños irreversibles en el esmalte dental de las muestras estudiadas, lo cual se ratificó con la observación de dichas muestras al MEB.
- Existe una correlación entre el diseño de las bases de los brackets y el índice de adhesivo remanente ARI, pues aquellos brackets con retención mecánica

ocasionaron menos daños en el esmalte al desprenderse en la interfase adhesivo-bracket.

- El resultado del índice ARI, ubicó a la mayor parte de las muestras (46%) en la categoría ARI 1 (menos del 50% de adhesivo remanente en la superficie del esmalte).
- Los daños en la superficie del esmalte de las muestras investigadas incluyeron ciertas irregularidades como fisuras, grietas y fracturas, sobre todo en el grupo cuyas bases fueron tratadas con silano.
- Los valores promedio del diámetro de las grietas en el esmalte alcanzaron niveles significativos, la marca Illusion con un promedio de 6,70 μm , seguida por la marca Protect con un valor de 4,33 μm y la marca Unitek manifestó el valor promedio de 1,20, es decir, más bajo, lo cual nos indica que la marca Unitek a pesar de tener valores elevados de resistencia adhesiva debido a su mecanismo de retención mecánica la cual en el momento del descementado ocasiona un fallo en la interfase bracket-resina, previene daños en el esmalte.

7. RECOMENDACIONES

- En aquellos casos en donde es necesario desinfectar un bracket cerámico, recomendamos la Clorhexidina al 0.12%, por ser un agente antimicrobiano de amplio espectro que no incrementa en gran medida la resistencia adhesiva de este tipo de brackets, por lo tanto reduce los daños en el esmalte.
- Efectuar más estudios referentes a la descontaminación de brackets comparando la resistencia adhesiva entre brackets cerámicos y brackets estéticos.
- Realizar una nueva investigación utilizando premolares en lugar de terceros molares.
- Continuar con investigaciones que se centren en el desarrollo de nuevas técnicas adhesivas para brackets cerámicos que cumplan con los objetivos de mejorar la resistencia adhesiva de los brackets, pero que a su vez conserven en lo posible la estructura del esmalte dental.
- Realizar una nueva investigación similar a la presente utilizando varias marcas de brackets con retención mecánica y con retención química para obtener resultados mucho más concretos en este sentido.
- En lo posible se recomienda a los profesionales el uso preferente de brackets cerámicos con retención mecánica por sobre los de retención química para prevenir posibles daños en el esmalte.
- Se recomienda el examen minucioso del esmalte dental previo a la instalación de ortodoncia fija con la finalidad de informar tanto al paciente como a los padres y además registrar en la ficha clínica la presencia de grietas, fisuras o cualquier defecto presente.

8. REFERENCIAS

- Abreu, R. (2014). Adhesión en odontología contemporánea I. *Odontología Online – Info Dental en español*. Recuperado de: <http://www.odontologiaonline.com/publicaciones/materiales-dentales/187-adhesion-en-odontologia-contemporanea-i.html>
- Al- Saleh M., El- MOwafy O. (2010) Bond strength of orthodontic brackets with new self-adhesive resin cements. *American Journal of Orthodontics*. 137:528-33.
- Anusavice, K. (2004). *Phillips ciencia de los materiales dentales*. 11ª Edición. Madrid: Elsevier.
- Arévalo, J.M., Arribas J.L., Hernández M. J., Lizán M., Herruzo R. (1996). Guía de desinfectantes y antisépticos. *Medicina Preventiva*, 2(4), pp.16-24.
- Artun, J., Bergland S. (1984). Clinical trials with cristal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *American Journal of Orthodontics*. 85(4): 333-340.
- Avery, J., Chiego, D. (2007). *Principios de Histología y Embriología Bucal*. 3ra Edición. Madrid: Editorial Elsevier Mosby.
- Ávila, L., Ferres, R., Figueiredo, M.A., Furquim, D. (2006) Brackets estéticos – consideraciones clínicas.
- Barrancos, M., Barrancos, P. (2007). *Operatoria Dental*. 4ta. Edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Melsen, Birte. (2013). *Ortodoncia del Adulto*. Caracas: Editorial AMOLCA.
- Bishara, Samir. (2003). *Ortodoncia*. México: Editorial McGraw-Hill Interamericana.
- Bishara, S., Fonseca, J. (1994). *Debonding forces applied to ceramic brackets simulating clinical conditions*. *The Angle Orthodontist*. Vol. 64 (4).
- Bishara, S., Truiove, T. (1990). Comparissions of different debonding techniques for ceramic brackets: An in vitro study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Ortopedics*, 98 (2), 145-153.
- Bishara, S. (1993). Comparissions of the effectiveness of pliers with narrow and wide blades in debonding ceramic brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Ortopedics*, 103: 253-7.

- Bordeaux, J., Moore, R., Bagby, D. (1994). Comparative evaluation of ceramic bracket base designs. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* (105); 552-60.
- Brantley W., Eliades T. (2001). *Orthodontic Materials*. Germany: Thieme.
- Britton, J., McInnes, P., Weinberg, R., Ledoux, W., & Retief, D. (1998). Shear bond strength of ceramic orthodontic brackets to enamel. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 348-353.
- Caballero, A., Bincos, C.A., Fernández, J.A., Rivera, J.R., Midori, E. (2011). *Comparación de la fuerza de adhesión y el tipo de falla entre dos cementos de resina para ortodoncia*. Universidad Javeriana de Colombia. Recuperado de: [file:///C:/Users/asus/Downloads/Dialnet-ComparacionDeLaFuerzaDeAdhesionYEITipoDeFallaEntre-3891444%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/asus/Downloads/Dialnet-ComparacionDeLaFuerzaDeAdhesionYEITipoDeFallaEntre-3891444%20(3).pdf)
- Canay, S., Kocadereli, I., Akca, E. (2000). *The effect of enamel air abrasión on the retention of bonded metallic orthodontic brackets*. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 15-19.
- Canut Brusola, J.A. (2005). *Ortodoncia clínica y terapéutica*. Barcelona: Editorial Masson.
- Cerekja, E., Cakirer, B. (2011). Effect of short curing times with a high-intensity light-emitting diode or high-power halogen on shear bond strength of metal brackets before and after thermocycling. *Angle Orthod*;81:510-516.
- Chan, J., Ferreto, I. (2010). *Comparación de la fuerza de adhesión de brackets a esmalte dental con un sistema exclusivo para ortodoncia y un sistema restaurativo*.
- Davis, W.L. (2008). *Histología y embriología bucal*. 1era Edición. México: Interamericana Mc. Graw-Hill.
- Diaz, C. (2004). Debonding a new ceramic bracket: A clinical study. *J Clin Orthod*; 38: 442-445.
- Dorland (2005). *Diccionario Dorland Enciclopédico Ilustrado de Medicina*. Madrid: Elsevier
- Erickson, R.L. (1992). Surface interactions of dentin adhesive material. *Oper Dent*. Vol. 5: 81-94.
- Forsberg, C., & Hagberg, C. (1992). Shear bond strength of ceramic brackets with chemical or mechanical retention. *British Dental Journal*, 183-189.
- Fuentes, A. (2002). Estudio comparativo in vitro de la fuerza de adhesión de un ionómero y dos resinas utilizadas para adherir brackets. Lima: Sistema de bibliotecas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- Gómez de Ferraris, M.E., Campos Muñoz A. (2002). *Histología y embriología bucodental*. 2ª Edición. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Graber, T. & Vanarsdall, R. (2006). *Ortodoncia. Principios y técnicas actuales*. 5ª Edición. Barcelona: Editorial Elsevier Mosby.
- Gurkeerat, S. (2009). *Ortodoncia, Diagnóstico y Tratamiento*. Tomo I. Caracas: Editorial AMOLCA.
- Henostroza, G. (2003). *Adhesión en odontología*. Curitiba: Maio.
- James J.W., Miller B.H., English J.D, Tadlock L.P. Buschang, P.H. (2003). Effects of high-speed curing devices on shear bond strength and microleakage of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 123(5):555-61.
- Johnson, G., Walker, M., Kula, K. (2004). Fracture Strength of Ceramic Bracket Tie Wings Subjected to Tension. *Angle Orthodontics*, 75: 95-100.
- Joseph, V.P., Rossouw E. (1990). The shear bond strengths of stainless Steel and ceramic brackets used with chemically and light-activated composite resin. *American Journal and Orthodontics Dentofacial Orthopedics*. 97:121-5.
- Macchi R. (2002). *Materiales dentales*. 3ra Edición. Argentina: Panamericana.
- Marrufo Ruiz, E. (2011). *Estudio Comparativo in vitro del comportamiento de brackets metálicos y cerámicos en el descementado*. Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ortodoncista. Universidad San Francisco de Quito, Quito.
- Melsen, B. (2013). *Ortodoncia del adulto*. Venezuela: Amolca. pp. 163-180
- Mojica, J., Ortega, C., Ramirez, J., Vargas, C., Bastidas, C. (2007). Fuerza de adhesión de brackets descontaminados en su base con monómero, silano o acetona. *Revista de la Facultad de Odontología UCC*. Números 4 y 5, pp. 9-17.
- Morales, M. (2005) *Tensión superficial: Fenómeno sencillo, fenómeno más que observado, pero tantas veces desconocido por su nombre*. Recuperado de: <http://www2.ib.edu.ar/becaib/cd-ib/trabajos/Morales.pdf>
- Navajas, J.M., Pulgar, R.M., Lucena, C., Navajas, C. (2009) Particularidades ópticas y morfológicas de los dientes que les confieren individualidad. *Revista Europea de Odontoestomatología*, 17/02/2009.
- Nicolás, A.I. (2010). *Estudio in vitro del efecto de diferentes métodos de acondicionamiento del esmalte en el recementado de brackets*. Murcia: Universidad de Murcia.

- O'Brien K.D., Watts D.C., Read M.J.F. (1988) Residual debris and bond strength- Is there a relationship?. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 94:222-30.
- Park, S., Wang, D.H., Zhang D., Romberg, E., Arola, D. (2008). Mechanical properties of human enamel as a function of age and location in the tooth. *J Mater Sci: Mater Med.* 19 (6): 2317-2324.
- Proffit, W.R., Fields, H. & Sarver, D. (2008). *Ortodoncia Contemporánea*. Barcelona: Editorial Elsevier.
- Reynolds, I. R. (1975) A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod*, 2: 171-178.
- Rouleau B.D, Marshall G.W, Cooley R.D. (1992). Enamel surface evaluations after clinical treatment and removal of orthodontic brackets. *Am J Orthod.* 81:423-6
- Ross, M., Pawlina, W. (2007). *Histología. Texto y Atlas color con Biología Celular y Molecular*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Salazar, J.E. (2001). *Mecánica Básica para estudiantes de ingeniería*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.
- Sondhi, A. (2000). La verdad sobre las fallas de adhesión. *The Orthodontic cyberjournal*. Diciembre 2000. Recuperado en <http://orthocj.com/2000/12/la-verdad-sobre-las-fallas-de-adhesion/>
- Speer C., Zimny D, Hopfenmueller W., Holtgrave E.A. (2005) Bond Strength of disinfected metal and ceramic brackets: an in vitro study. *Angle Orthodontics.*; Sep; 75 (5) 836-42.
- Steffen, M. (2006). *Class II Correction Using the Herbst*. The Damon Forum. Palm, Springs CA.
- Swartz M.L. (1988). Ceramic Brackets. *Journal of Clinical Orthodontics*: 22(2):82-88.
- Uribe Restrepo, G.A. (2010) *Ortodoncia: Teoría y Clínica*. Medellín: Editorial Corporación para Investigaciones Biológicas.
- Van Meerbeek, B., Perdigao, J. & Vanherle, G. Enamel and dentin adhesión. En: *Fundamentals of operative dentistry. A contemporary approach*. Chicago Quintessence Publishing. 2° Ed. 2002.
- Vázquez, G., Echeverría, O. (2002). *Introducción a la microscopía electrónica aplicada a las Ciencias Biológicas*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias.
- Vellini Ferreira, F. (2004). *Ortodoncia Diagnóstico y planificación clínica*. Sao Paulo: Editorial Latinoamericana.

Viazis, A. (1995) Atlas de Ortodoncia. Principios y aplicaciones. Madrid:Editorial Médica Panamericana.

ANEXOS

ANEXO 1. Análisis de las variables.

Fuente: elaboración propia.

Nombre variable original	Unidad de medida-Descripción	Tipo	Valores	Transformación	Tamaño muestral total
N	Newtons	Continuo-Discreto	Reales positivos discretos	Ninguna	50
T	Esfuerzo o Resistencia (Kg/mm ²)	Continua	Reales positivos	Ninguna	50
T1	Esfuerzo o Resistencia en mPa(N/mm ²)	Continua	Reales positivos	Ninguna	50
A	Área del Bracket (Largo x Ancho)	Continua	Reales positivos	Ninguna	50
SILANO	Preparación de la base o no	Dicotómica	{0,1}	Nominal	50
CLORHEXIDINA	Preparación de la base o no	Dicotómica	{0,1}	Nominal	50
ACETONA	Preparación de la base o no	Dicotómica	{0,1}	Nominal	50
ARI 0	Ausencia de Adhesivo Remanente en la superficie del Esmalte	Dicotómica	{0,1}	Ordinal	50
ARI 1	Menos del 50% del Adhesivo Remanente en la superficie del Esmalte	Dicotómica	{0,1}	Ordinal	50
ARI 2	Mas del 50% del Adhesivo Remanente en la superficie del Esmalte	Dicotómica	{0,1}	Ordinal	50
ARI 3	Todo Adhesivo Remanente en la superficie del Esmalte	Dicotómica	{0,1}	Ordinal	50
CONTROL	caso control o experimental	Dicotómica	{0,1}	Ordinal	50
MARCABRACK	Marca del Bracket	Nominal	{1,2,3}	Nominal	45
ARI	Remanente adhesivo	Ordinal	{1,2,3,4}	Ordinal	50