



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

***RESISTENCIA AL DESPRENDIMIENTO DE CUATRO  
ADHESIVOS, EMPLEADOS EN LA FIJACIÓN DE  
BRACKETS***

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANA DENTISTA

P R E S E N T A:

**SANDRA MANUELA TEPOX PUGA**

**DIRECTOR: DR. FEDERICO HUMBERTO BARCELÓ SANTANA**

**ASESOR: DR. GABRIEL SAÉZ ESPÍNOLA**

MÉXICO D. F JULIO 2006



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

Por dejarme ser parte de esta gran Universidad, por mi formación académica y humana.

### **MTRO. JAVIER DE LA FUENTE HERNANDEZ**

Por la gran oportunidad que nos da a los estudiantes para seguir preparándonos día a día y por la confianza brindada.

### **DR. FEDERICO H. BARCELÓ SANTANA**

Por aceptar ser Tutor de este proyecto, por la confianza brindada, por su valioso tiempo dedicado y su infinita paciencia

### **DR. GABRIEL SÁEZ ESPÍNOLA**

Por el tiempo dedicado, por su enseñanza y por su apoyo moral en los momentos necesitados.

### **DR. CARLOS ÁLVAREZ GAYOSSO**

Por su gran ayuda incondicional, por su disposición, por las horas invertidas y por ser perfeccionista en este trabajo.

---

---

**ÍNDICE**

<b>RESUMEN</b> .....	i
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	ii
<b>1. ADHESIÓN</b> .....	1
1.1. Definición.....	1
1.2. Medios y formas de adhesión.....	1
1.3. Factores que intervienen en la adhesión.....	3
1.3.1. Dependientes de la superficie.....	3
1.3.2. Dependientes del adhesivo.....	4
1.3.3. Dependientes de los factores dentarios.....	5
1.3.4. Dependientes del paciente.....	6
1.3.5. Dependientes de los fabricantes.....	6
1.3.6. Dependientes de los factores clínicos.....	6
1.4. Adhesivos dentarios.....	7
<b>2. RETROSPECTIVA HISTORICA</b> .....	8
2.1. Adhesión a las estructuras dentales.....	8
2.1.1. La primera tentativa de adhesión.....	8
2.1.2. Surgimiento del procedimiento base.....	8
2.1.3. Comienzo de las resinas epóxicas.....	9
2.1.4. Surge el primer cemento poliacrilatos.....	9
2.1.5. Se desarrolla el ionómero de vidrio.....	10
2.1.6. Adhesión en Ortodoncia.....	10
2.1.7. Consolidación de la adhesión al esmalte.....	11
2.2. Adhesión a los sustratos no dentales.....	11
2.2.1. Adhesión a los metales.....	11
2.2.1.1. Aparece el puente Maryland.....	12
2.2.1.2. Surge el puente California.....	12
2.2.2. Adhesión a la cerámica dental.....	12
2.2.3. Adhesión a los polímeros.....	15

---

---

<b>3. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS ADHESIVOS</b> .....	14
3.1. Clasificación de los adhesivos.....	15
3.1.1. Por el acondicionamiento ácido.....	15
3.1.2. Por sus sistemas de activación.....	16
3.1.3. Clasificación de los adhesivos por su técnica de utilización.....	17
3.1.3.1. Adhesivos fotoactivados que usan grabado ácido previo.....	18
3.1.3.2. Adhesivos fotoactivados que son autograbables.....	18
3.1.3.3. Adhesivos de activación dual que usan grabado ácido previo.....	18
3.1.3.4. Adhesivos de activación dual que son autograbables.....	18
3.2. Composición de los adhesivos.....	19
<b>4. PROCEDIMIENTOS EN LA ADHESIÓN DE BRACKETS</b> .....	21
4.1. Pasos para la adhesión.....	21
4.1.1. Limpieza.....	21
4.1.2. Acondicionamiento del esmalte.....	21
4.1.2.1. Remineralización.....	24
4.1.2.2. Técnica de grabado.....	25
4.1.3. Sellador o imprimador (Primer).....	25
4.1.3.1. Aplicación del sellador.....	26
4.1.4. Adhesión.....	26
4.1.4.1. Transferencia.....	27
4.1.4.2. Posicionamiento.....	27
4.1.4.3. Ajuste.....	27
4.1.4.4. Eliminación de excesos.....	27
<b>5. ANTECEDENTES</b> .....	28
<b>6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	34
<b>7. JUSTIFICACIÓN</b> .....	36
<b>8. OBJETIVOS</b> .....	37
8.1 Objetivo general.....	37

---

---

8.2 Objetivos específicos.....	37
<b>9. HIPÓTESIS.....</b>	<b>38</b>
9.1. Hipótesis de trabajo.....	38
9.2. Hipótesis nula.....	38
9.3. Hipótesis alterna.....	38
<b>10. METODOLOGÍA.....</b>	<b>39</b>
10.1. Tipo de estudio.....	39
10.2. Población de estudio.....	39
10.2.1. Selección de la muestra.....	39
10.2.2. Tamaño de la muestra.....	40
10.2.3. Criterios de inclusión.....	40
10.2.4. Criterios de exclusión.....	40
10.3. Variables.....	41
10.3.1. Variables dependientes.....	41
10.3.2. Variables independientes.....	41
10.4. Métodos de recolección de datos.....	42
10.5. Materiales y equipos.....	42
10.6. Procedimientos.....	45
10.6.1. Preparación de la muestra.....	47
10.6.2. Adhesión de brackets con los diferentes sistemas adhesivos.....	47
10.6.3. Montaje de las muestras en resinas acrílicas.....	53
10.6.4. Pruebas físicas y valoración microscópica.....	55
10.6.5. Escala de mediciones.....	56
10.7. Análisis estadístico.....	57
<b>11. RESULTADOS.....</b>	<b>58</b>
11.1. Resistencia a la tracción del bracket o fuerza de adhesión.....	58
11.2. Índice de adhesivo remanente modificado.....	61
<b>12. DISCUSIONES.....</b>	<b>63</b>

**13. CONCLUSIONES**.....67

**14.- ANEXOS**.....68

**14. BIBLIOGRAFIA**.....71

## RESUMEN

**Objetivo:** fue evaluar la fuerza de adhesión de los adhesivos Adper™ Single Bond 2, Prime & Bond® NT, Futurabond NR y Transbond XT como grupo control en la fijación de los brackets adheridos sobre el esmalte y comparar el índice de adhesivo remanente (ARI) después del desprendimiento del bracket, así como determinar el tipo de falla.

**Metodología:** 40 premolares humanos sanos, subdivididos en grupos de 10 para cada sistema. Cada adhesivo se manipuló y se aplicó sobre el diente de acuerdo a las indicaciones del fabricante, se aplicó resina Transbond XT sobre los brackets y se fijaron sobre el diente, Se aplicó una carga para desprenderlos a las 24 horas con una maquina Instron. Se observo el tipo de falla y se aplicó el índice de ARI

**Resultados:** Fueron para Adper Single Bond Plus 9.3 MPa, Prime & Bond NT 15.4, Futurabond NR 10.8 MPa y Transbond XT de 17.3 MPa. La mayoría de las fallas fue adhesiva.

El análisis estadístico ANOVA de una vía donde se obtuvo valores de  $P= 0.002$ , existiendo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. No existiendo diferencia estadísticamente significativa entre el grupo Prime & Bond NT y el grupo control.

**Conclusión:** los adhesivos adicionados con nanorrelleno están por debajo de los resultados del adhesivo que se utilizó como grupo control a excepción de Prime & Bond® NT.

## INTRODUCCIÓN

La adhesión directa de brackets de la superficie del esmalte en ortodoncia actualmente es un padecimiento común que sustituyó las bandas metálicas que aumentaban la longitud del arco, propiciando descalcificación dental e irritación gingival.

Algunas ventajas que se obtienen con la adhesión directa de brackets son entre otras: una colocación exacta del bracket, mejora estética, íntimo contacto proximal entre los dientes y mayor superficie libre de diente lo que facilita una higiene minuciosa en beneficio del parodonto.

Los adhesivos dentinarios son materiales utilizados para adherir físicoquímicamente restauraciones al esmalte y la dentina. Se crearon para evitar el uso del grabado ácido de la dentina, aunque ahora esto es posible ya que existe la posibilidad de que irrite la pulpa dental, para minimizar la microfiltración y el consecuente manchado marginal y caries secundaria, para dar resistencia a las estructuras dentarias, para reducir la remoción del tejido dental sano evitando las preparaciones para dar retención mecánica para el material de obturación, y para disminuir la sensibilidad postoperatoria y la penetración de bacterias y agentes colorantes.

Sin duda, la adhesión es responsable de las más importantes innovaciones producidas en el ejercicio de la Odontología en toda su historia y particularmente en la última mitad del siglo XX. En los albores del siglo XXI, es práctica común y corriente valerse de la adhesión en un sinnúmero de acciones clínicas y del laboratorio, muchas veces sin valorar en su real magnitud tan formidable herramienta, que sólo unas décadas antes nos resultara inimaginable aplicar en esta profesión.

## ADHESIÓN

### 1.1 DEFINICIÓN

Los adhesivos son materiales utilizados en odontología para adherir físicoquímicamente restauraciones al esmalte y a la dentina. <sup>(1)</sup>

Según la American Society for Testing and Material (ASTM, 1983) <sup>(2)</sup> el estado o fenómeno mediante el cual dos superficies de igual o de distinta naturaleza se mantienen unidas por fuerzas interfaciales, sean esta físicas, químicas o por la interacción de ambas se denomina adhesión.

### 1.2 MEDIOS Y FORMAS DE ADHESIÓN

Adhesión física: Es la que se logra exclusivamente por traba mecánica entre las partes a unir. <sup>(2)</sup> Se clasifica en:

- a) **Macromecánica**: Es la que requieren las restauraciones no adherentes a los tejidos dentarios. Ellas se logran mediante diseños cavitarios que deben lograr una forma de retención o anclaje, dependiendo de si la restauración es directa (plástica) o indirecta (rígida), respectivamente.
- b) **Micromecánica**: Es la adhesión física propiamente dicha. Se produce por dos mecanismos o efectos en los cuales están involucrados la superficie dentaria y los cambios dimensionales que al endurecer pueden tener los medios adherentes y/o el material restaurador. Estos mecanismos o efectos son los siguientes:

\* Efecto geométrico: se refiere a las irregularidades superficiales que puedan tener dos superficies sólidas en contacto. Al penetrar un adhesivo líquido o semilíquido y endurecer entre ellas, se producirá la adhesión. Dichas irregularidades se producen ya sea por fresado o por grabado ácido.

\* Efecto reológico: si sobre una superficie sólida endurece un semisólido o un semilíquido y éste cambia dimensionalmente, es posible que por contracción o por expansión se ajuste de tal manera que termine adhiriéndose físicamente sobre él.

Adhesión química o específica: Es la que se logra exclusivamente por la reacción química entre dos materiales en contacto capaces de reaccionar. Ella no sólo es capaz de fijar la restauración al diente, sino que también puede sellar túbulos dentinarios e impedir, mientras ésta se mantenga, la microfiltración y sus problemas derivados. <sup>(2, 3,4)</sup>

- a) Por enlaces primarios: Se refiere a uniones a nivel de átomos. Específicamente se producen entre la última capa de electrones, y son los iónicos, covalentes y metálicos.
- b) Por enlaces secundarios: Se producen como consecuencia del desequilibrio electrostático entre los átomos que conforman una molécula. Este desequilibrio se origina por la diferente densidad de electrones que cada átomo tiene a su alrededor. En general se les conoce como fuerzas de Van der Waals y puentes de hidrógeno.

## FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA ADHESIÓN

**1.3.** La adhesión depende de una serie de principios generales o factores que constituyen su fundamento los cuales son <sup>(1,2)</sup>:

### **1.3.1. De las superficie**

- Contacto íntimo: Para que la adhesión ocurra, el adhesivo se debe poner en íntimo contacto con el substrato. Si no hay íntimo contacto, las reacciones químicas y las trabas mecánicas no se producen.
- Limpias y secas: En un ambiente como es la boca, las superficies nunca están limpias. Las películas sobre los dientes afectan la adhesión, motivo por el cual, se debe hacer una limpieza del diente antes de aplicar el adhesivo. El esmalte es fácil de limpiar y secar relativamente, en cambio en la dentina encontramos dificultades para hacer ambas cosas.
- Superficies rugosas vs. lisas: Desde el punto de vista de la adhesión física es indispensable que la superficie sea irregular para que en ella se trabe el adhesivo al endurecer. En cambio desde el punto de vista de la adhesión química es preferible una superficie lisa donde el adhesivo pueda correr y adaptarse sin dificultad.
- Alta energía superficial: Mientras más alta sea la energía de unión, mayor será la potencialidad de atraer hacia su superficie tanto materiales restauradores como sistemas adhesivos. Tienen alta energía superficial los sólidos cristalinos como el esmalte y los materiales cerámicos o los de naturaleza metálica (metales y aleaciones especialmente nobles o preciosas). En cambio los cuerpos orgánicos

como la dentina, el cemento dentario o los polímeros tienen una baja energía superficial.

- Potencialmente receptivos a uniones químicas: El esmalte y la dentina lo son, el primero a través de los radicales hidroxilos de la hidroxiapatita y el segundo a través de los mismos más los radicales presentes en las fibras colágenas: carboxilos, aminos y cálcicos.

### 1.3.2. Del adhesivo

- Con baja tensión superficial: La energía superficial del adhesivo debe ser igual o menor que la del substrato. Mientras menor sea ésta, mejor posibilidad de que el adhesivo humecte (moje) a los tejidos dentarios, logrando con ello un mejor contacto que favorezca uniones físicas y químicas.
- Con alta humectancia o capacidad de mojado: El término mojado se usa para describir la habilidad de humectar un material. En la adhesión química, el adhesivo debe humectar o mojar la superficie de manera que se establezca un contacto estrecho entre ambos. Mientras más humectante sea el material a aplicar o sus sistemas adhesivos, mejor será el contacto favoreciendo con ello potenciales uniones físicas y químicas.
- Con bajo ángulo de contacto: El ángulo de contacto se forma entre la superficie de la gota del adhesivo y la superficie del adherente o substrato sobre la cual descansa. Mientras menor sea éste, mejores posibilidades de humectancia, de contacto físico y de reactividad química.

- Con alta estabilidad dimensional: Ya sea al momento de endurecer o una vez endurecido, frente a variaciones térmicas, frente a su propio proceso de endurecimiento o frente a tensiones que intenten deformarlo.
- Con baja viscosidad: La viscosidad se define como la resistencia de un material a fluir. De tal manera que sea capaz de adaptarse rápidamente y penetrar dentro de las irregularidades de la superficie.
- Poco espesor: Las capas gruesas de adhesivos dan uniones más débiles que las capas delgadas. Esto puede deberse probablemente a las imperfecciones o defectos de las capas gruesas o a la mayor deformación que pueden tomar lugar bajo un esfuerzo. Las capas delgadas son comprimidas fácilmente y deben resultar en una mayor distribución de esfuerzos.
- Con alta resistencia mecánica química adhesiva cohesiva: Que lo hagan soportar las fuerzas de oclusión funcional y el medio oral.
- Biocompatibles: Tanto con el diente como también con los tejidos orales y el paciente en sí mismo.

### **1.3.3. De los factores dentarios.**

La adhesión también es afectada por factores dentarios que incluyen:

- Tamaño y forma de la lesión.
- Estructura del esmalte: Fracturas, espesor.

- Estructura de la dentina: Capa de desechos o lodo dentinario, densidad, tamaño y longitud de los túbulos dentinarios, humedad, así como esclerosis.
- Localización del diente.

#### **1.3.4. Del paciente**

- El grado de tensión oclusal: El paciente con historia de bruxismo u otra oclusión traumática produce mayor tensión oclusal sobre el diente, encontrándose una relación estadística entre la presencia de tensiones oclusales y la pérdida de retención en restauraciones cervicales.
- La edad: es un factor asociado: Los dientes más viejos pueden incluir microfracturas acumuladas generadas por la fatiga.

#### **1.3.5. De los fabricantes**

Con productos probados en laboratorio y clínicamente, que sean de alta durabilidad, con técnicas adhesivas confiables e instrucciones claras, fácil manipulación y mínima implementación, de bajo costo, fácil almacenaje y prolongada vida útil.

#### **1.3.6. De los factores clínicos**

La adhesión puede estar afectada por:

- ✓ Contaminación salival y sanguínea: La dificultad para controlar la saliva y/o sangre mientras se realiza la terapia dental puede afectar la adhesión.

Aunque la dentina es un tejido húmedo, los constituyentes de la saliva y de la sangre crean un medio en el que puede destruir la unión dentinaria.

- ✓ Contaminación con la humedad de la jeringa triple: La filtración del agua de las turbinas y las jeringas triple se debe a varias causas como: falta de filtros de secado de líneas de aire que salen del compresor, impiden que el aire seco llegue a la jeringa triple y pieza de mano; la condensación de agua en las líneas de aire después que el compresor ha sido cerrado, y que aún sigue en las piezas de mano y jeringas; la filtración de agua en la unidad dental. La esterilización de la pieza de mano y jeringa triple, debido a los problemas de infecciones cruzadas, han decrecido a los microorganismos existentes, pero aumenta la filtración del agua en la jeringa y por consiguiente la contaminación de los procedimientos de adhesión.
- ✓ Contaminación con aceite de la pieza de mano y jeringa triple: La contaminación de las resinas con aceite que viene del compresor es un problema mayor ya que la mayoría de los consultorios o clínicas odontológicas, no tienen filtros en los compresores o no los purgan o cambia con frecuencia. Cualquiera de los agentes de enlace contaminados con aceite arroja un resultado clínico no predecible y un (potencial) fracaso clínico.

#### **1.4. ADHESIVOS DENTINARIOS**

Los adhesivos dentinarios son materiales utilizados para adherir fisicoquímicamente restauraciones o aditamentos al esmalte y a la dentina. Se crearon para minimizar la microfiltración, el consecuente manchado marginal, caries secundaria, para dar resistencia las estructuras dentarias, para reducir la remoción de tejido dentario sano evitando la preparación de retenciones mecánicas para el material de obturación y para disminuir la sensibilidad postoperatoria y la penetración de agentes bacterianos y colorantes. <sup>(1, 2,5)</sup>



---

---

## RETROSPECTIVA HISTÓRICA

### 2.1 ADHESIÓN A LAS ESTRUCTURAS DENTALES

#### 2.1.1 La primera tentativa de adhesión.

El primer intento para lograr adhesión a los tejidos dentales corresponde al químico suizo Oscar Hagger, que sintetiza una resina acrílica *el servitron* y un sistema adhesivo *servitron cavity seal*. Este primer sistema adhesivo según Maclean es un ácido glicerofosfórico-dimetacrilato. Esta adhesión se lograba mediante los grupos fosfóricos.<sup>(2, 5)</sup>

#### 2.1.2. Surgimiento del procedimiento base.

Bounocore, en 1955 propuso el tratamiento de la superficie del esmalte ácido fosfórico - originalmente al 85% para promover la adhesividad adamantina; aplicándola por primera vez en odontología<sup>(6)</sup> (*Figura 2.1*)



*Fig. 2.1*  
*M. G. Bounocore*

### **2.1.3. Comienzo de las resinas epóxicas**

El químico suizo Castan, sintetiza una nueva línea de polímeros: las resinas epóxicas, componentes de muchas formulaciones actuales de resinas compuestas. <sup>(5)</sup>

Bowen en 1959, continua con el estudio e investigación de polímero con mejores propiedades y en 1962, patentó la resina BIS-GMA (Bisfenol y metacrilato de glicidilo, que fue concebida para mejorar las fuerzas de adhesión y aumentar la estabilidad por medio de ligaduras cruzadas. <sup>(2, 5)</sup>

En 1965 con el advenimiento de la resina epóxica, Newman comenzó a aplicar estos descubrimientos en la adhesión directa de los brackets grabando con ácido fosfórico al 40%. <sup>(2)</sup>

Newman modificó la consistencia de la resina de Bowen, produciendo una resina de muy baja viscosidad, la cual fue la primera en adherirse al esmalte, creándose así el primer adhesivo dental.

### **2.1.4 Surge el primer cemento de poliacrilatos**

En 1967, Dennis Smith utilizó por primera vez un material capaz de adherirse químicamente a la estructura dental, el cemento de policarboxilato de zinc, el cual está constituido principalmente por óxido de zinc en el polvo y ácido poliacrílico en el líquido. Así se incorporó en la práctica odontológica el ácido poliacrílico. <sup>(2)</sup>

### **2.1.5. Se desarrolla el ionómero de vidrio**

A partir de los carboxilatos, en 1972, Wilson y Kent desarrollaron los ionómeros vítreos, versión superada del silicato, del cual tomaron su componente polvo y lo asociaron con el ácido poliacrílico, constituyente del líquido de los carboxilatos, el cual le confiere la propiedad de adherirse con la estructura dental mediante la interacción química de sus grupos carboxilo con el calcio del tejido dental. <sup>(2)</sup>

### **2.1.6. Adhesión en Ortodoncia**

La introducción de las técnicas de adhesión con grabado ácido ha originado cambios espectaculares en la práctica de la Ortodoncia. El grabado ácido produce una disolución selectiva de algunos cristales de apatita y la reducción en el tamaño de otros y con ella la desmineralización del esmalte de 20 a 50µm de la superficie original. Esta acción selectiva le confiere a la superficie del esmalte una particular rugosidad en el cual pueden identificarse patrones del esmalte, que son tres tipos de relieves característicos. <sup>(2)</sup> Por lo que la técnica de adhesión se basa en la penetración del adhesivo en las múltiples porosidades producidas por el ácido grabador sobre la superficie del esmalte, estableciendo de este modo un entrelazamiento mecánico que incrementa la fuerza de adhesión. <sup>(8)</sup>

El uso de materiales fotopolimerizables in Vitro para la adhesión de aditamentos ortodóncicos fue descrita por primera vez en 1979 y se observó que se aumentaba el tiempo de trabajo, que se redujo la porosidad de la resina causada por la mezcla al introducirse aire.

### **2.1.7 Consolidación de la adhesión al esmalte**

Desde ese entonces hasta la fecha la adhesión al esmalte, su gran efectividad, confiabilidad y su mínima susceptibilidad a la técnica observada desde el comienzo, prácticamente han suprimido la necesidad de modificar el procedimiento clínico original. Bajo algunas excepciones como la reducción en la concentración de ácido fosfórico (del original de 85% al entre 30 y 40 %), la disminución de el tiempo de aplicación de 60 segundos originales a sólo 15 y su presentación alternativa en gel. Tal estabilidad se le atribuye al principal mecanismo de adhesión al esmalte, dado por el anclaje micromecánico que proveen las irregularidades producidas por el grabado ácido, en las cuales la resina queda trabada al adoptar rigidez por la polimerización.

## **2.2. ADHESIÓN A LOS SUSTRATOS NO DENTALES**

### **2.2.1. Adhesión a los metales**

La evolución de los adhesivos de los sustratos no dentales, se inició con la propuesta de remplazar dientes perdidos preservando al máximo la estructura de piezas pilares gracias a la adhesión, usar como pónicos para el sector anterior, dientes de acrílico, resinas compuestas de uso directo y dientes naturales extraídos al propio paciente, los cuales se fijaban con resinas restauradoras (Ibsen, Portnoy J, 1973). Alain Rochette propuso el mismo año, el uso de retenedores perforados colados, tanto para los aparatos protésicos y fijos así como las férulas periodontales, a fin de adherirlos con resinas compuesta autopolimerizables.<sup>(2)</sup>

### **2.2.1.1. Aparece el puente Maryland**

En 1981, Thompson y colaboradores, plantearon un mecanismo de adhesión mejorado que el de Rochette, basado en rugosidades producidas por el grabado electrolítico con ácido sulfúrico en la superficie de los retenedores de los aparatos colados con aleaciones sin contenido de metales nobles. <sup>(2)</sup>

### **2.2.1.2. Surge el puente California**

Harry Albers inició el uso de incrustaciones de porcelana sobre el metal con grandes posibilidades como retenedores de prótesis más que para restauraciones individuales. Al quedar el metal oculto, se lograron puentes adheridos estéticos metal-cerámicos. <sup>(2, 5)</sup>

### **2.2.2 Adhesión a la cerámica dental**

John Calamia y Harold Horn reportaron el grabado ácido de la cerámica con ácido fluorhídrico para producir microretenciones en su superficie y así permitir la adhesión en láminas de porcelana feldespática sobre las caras bucales de los incisivos superiores. Posteriormente este mecanismo se completó mediante la utilización del silano, un agente de enlace bifuncional, que por un lado se une al silicio de los componentes de la cerámica y por el otro lado a la resina del cemento resinoso. <sup>(2)</sup>

### **2.2.3 Adhesión a los polímeros**

A partir de los años 80, se extendió el gran uso de materiales “cementantes” basados en resinas compuestas (cementos resinosos), que son compómeros cementantes o

hidrocompómeros (Albers 1996). Estos cementos se adhieren a metales y cerámicos y a prótesis poliméricas denominadas cerómeros o composites mejorados.

Los adhesivos dentales han reducido considerablemente cambios en la práctica dental clínica, la principal mejoría es preservar al máximo el tejido dental. La realización de modernos sistemas adhesivos desarrollados en los comienzos de los 90s mejoraron la retención clínica considerablemente comparado con generaciones anteriores, sin embargo, respecto a los resultados de la evaluación clínica, el porcentaje de fallas del corto tiempo de adhesión en una restauración o aditamento con estos adhesivos en la práctica clínica es alto.<sup>(9)</sup>

Una restauración o aditamento adherido esta sujeto a condiciones agresivas del medio ambiente oral como cambios de temperatura, fatiga, degradación hidrolítica de enzimas bacterianas.

## EVOLUCION DE LOS SISTEMAS ADHESIVOS

Desde el principio se logró tener tanto éxito en el proceso de la unión al esmalte al que podríamos definir como hidrófobo, que luego se pretendió extender el acondicionamiento ácido a la dentina, pero sin obtener el éxito esperado. Esto se debe que al retirar la capa de barro dentinario y aumentar el diámetro de los túbulos dentinarios, el ácido produce en la superficie de la dentina un nivel de humedad incompatible con las características hidrófobas de los adhesivos utilizados. <sup>(9, 10)</sup>

Para la dentina (que tiene variaciones topográficas, su composición química con un relevante alto contenido orgánico y agua y la presencia de fluido dentinario) los fabricantes han tratado de desarrollar productos que permitan a los adhesivos operar en medios húmedos (hidrófilos) e interactuar con el componente orgánico. <sup>(2)</sup>

La brillante idea consistió en dividir el “Adhesivo” en dos componentes. El primero llamado *Primer* (más fluido e hidrófilo) con la función de penetrar en las irregularidades húmedas de la dentina desmineralizada. El segundo llamado *Bond* -que corresponde al adhesivo en sí- es una resina fluida hidrófoba, que tienen por objeto recubrir al primero y unirlo con la resina compuesta. El único componente que es hidrófilo penetra a la dentina y el esmalte quedando totalmente recubierto por los hidrófobos, no pudiendo por lo tanto mancharse. Ese fue el comienzo de los adhesivos que empleaban “*el grabado total*”. Por lo que el procesos de adhesión pasó a realizarse en tres etapas: 1) el acondicionamiento ácido que actúa preparando sustrato dental para la adhesión; 2) la aplicación del *primer*, que es la parte del sistema adhesivo compatible con la dentina húmeda y finalmente; 3) la parte

hidrófoba o bond. Estos sistemas adhesivos se consideran como punto de partida para todos los adhesivos modernos.

### 3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS

Los adhesivos actuales han logrado ser confiables, lo cual ha vuelto previsible el proceso de adhesión. A pesar de que casi todos ellos presentan valores semejantes en cuanto a la magnitud de la adhesión, existen particularidades inherentes a ciertas marcas comerciales, como por ejemplo, los que tienen fluoruro, los que tienen relleno, los que son fotopolimerizados, los que tienen polimerización dual, los que obvian la utilización previa del acondicionamiento ácido, los que usan como solvente la acetona, los que usan alcohol etc. <sup>(2)</sup>

#### 3.1.1 Por el acondicionamiento ácido

Se clasifican en dos grandes grupos:

- Los que utilizan el grabado ácido previo.

Este tipo de adhesivos tienen básicamente los tres componentes: ácido, primer y bond. Los resultados son homogéneos y previsibles y bien aceptados en la comunidad odontológica.

- Los autograbables.

Están basados en sustancias que no se lavan y son capaces de actuar simultáneamente como acondicionadores del esmalte y la dentina y además como *primers*, evitando así la posibilidad de una capa desmineralizada que no ha sido

penetrada por el adhesivo, ya que la desmineralización de la dentina y su infiltración por parte del adhesivo se dan al mismo tiempo. Como no hay una fase de lavado, tanto el barro dentinario como la hidroxiapatita disuelta por la acción del adhesivo autograbadador quedan incorporados en el mismo.

Con menos etapas en un procedimiento clínico, no sólo se economiza tiempo, si no también se reduce la posibilidad de cometer errores. Cuando se utiliza un adhesivo autograbadable, por lo tanto, se suprime el paso del grabado ácido, pero en realidad se suprimen cuatro pasos: el dispensado del ácido, su aplicación, el lavado y la eliminación del agua excedente.

Los adhesivos autograbadables tienen un pH 2, mientras que el ácido fosfórico tiene un pH de 6, por eso los adhesivos autograbadables son incapaces de acondicionar el esmalte sin biselar o dentina esclerosada. En realidad no todos los adhesivos autograbadables tienen el mismo valor de pH, unos son menos ácidos, otros poseen una acidez intermedia y otros por presentar un valor por debajo de 1.0 son casi tan ácidos como el ácido fosfórico.

El serio inconveniente de los adhesivos autograbadables es no conseguir una unión satisfactoria en el esmalte íntegro, lo cual ha sido superado por el incremento de acidez en estos adhesivos.

### **3.1.2 Por sus sistemas de activación**

Actualmente los adhesivos pueden ser:

- ✓ Fotoactivados.

En los materiales fotoactivados la polimerización ocurre cuando aplicamos la fuente de luz que activará el inicio de la polimerización.

✓ De doble activación (dual).

Esta formada por compuestos que reaccionan químicamente entre sí y por una fuente de luz.

✓ Activados químicamente.

Actualmente están casi en desuso, pues casi todos los problemas se pueden resolver con los adhesivos fotopolimerizables y los de polimerización dual.

El cuidado que debe de tenerse es respecto a una posible incompatibilidad entre los productos de diferente activación. Así los adhesivos fotopolimerizables no son compatibles con las resinas compuestas activadas químicamente y los adhesivos de activación química no son compatible con los resinas compuestas fotopolimerizables. Los de polimerización dual no presentan estas incompatibilidades de este tipo.

### **3.1.3 Clasificación de los adhesivos por su técnica de utilización.**

Esta es la amera más práctica clasificar los adhesivos, ya que cada grupo tienen una indicación precisa de uso y requiere una forma de empleo semejante. Los dos aspectos más importantes se describieron arriba.

**3.1.3.1 Adhesivos fotoactivados que usan grabado ácido previo.**

Estos adhesivos están indicados básicamente para restauraciones directas, y pueden ser en tres etapas o pasos (ácido, *primer o sellador* y *bond* aplicados separadamente), o bien en dos etapas o pasos (ácido independiente a el *primer* y el *bond*).

**3.1.3.2. Adhesivos fotoactivados que son autograbables.**

Estos son los más indicados para cuando se quiere rellenar las concavidades de un diente que esta siendo preparado para recibir una corona total o una onlay. Estos son aplicados en dos pasos o etapas, en la primera el *primer* ácido y en la segunda el *bond o primer/bond*. En los de una etapa el primer ácido y el *bond* se aplican juntos aunque se mezclan previamente. Solo uno de los adhesivos de una etapa presenta todos sus componentes en un solo frasco.

**3.1.3.3. Adhesivos de activación dual que usan grabado ácido previo.**

Son los más versátiles, y por eso están considerados adhesivos del tipo multipropósito, ya que pueden usarse casi en todas las situaciones. Hay adhesivos que se pueden aplicar en 4 etapas distintas: ácido, *primer A*, *primer B* y *bond A* y *bond B* mezclados, otros en tres: ácido y *primer A* y *B* mezclados y *bond A* y *B* mezclados y otros sólo en dos: ácido y *primer/bond A* y *B* (activador) mezclados.

**3.1.3.4. Adhesivos de activación dual que son autograbables.**

Son usados preferentemente para cementación de postes radiculares, pues siendo de activación dual tenemos la seguridad de una eficiente polimerización en las partes

profundas del conducto radicular. En el caso de un conducto radicular el usar un adhesivo autograbable tiene dos ventajas, la primera es que evitamos la dificultad de retirar el gel de ácido fosfórico de dentro del conducto, y la segunda es evitar el riesgo de que el ácido penetre en los conductos accesorios hasta el llegar al ligamento periodontal, con el peligro reocasionar una reabsorción radicular.

### **3.2. COMPOSICIÓN DE LOS ADHESIVOS**

Por lo que los sistemas adhesivos dentales son principalmente mezclas complejas conteniendo monómeros hidrofílicos e hidrofóbicos, solventes (incluyendo agua), algunos rellenos e iniciadores de la fotopolimerización. Sus desafíos son primeramente completar la penetración de un medio hidrofílico a lo poroso y secundariamente alcanzar una fuerte adhesión así como la reacción más baja de la copolimerización de la matriz hidrófoba del composite o resina adhesiva.

Este proceso puede ser clínicamente realizado en diferentes caminos de acuerdo a la presentación de los sistemas adhesivos. <sup>(9, 10)</sup>

Los nuevos sistemas adhesivos, tanto para esmalte como dentina poseen en su composición los siguientes elementos <sup>(2, 5, 11)</sup>

#### .Vehículo.

Medio de transporte de los diferentes químicos de composición. El tipo de vehículo generalmente usado en los diferentes productos comerciales puede ser agua, etanol o acetona.

◆ Moléculas bifuncionales.

Utilizadas en los *primers* o imprimadores. Esta molécula bifuncional posee un extremo altamente hidrofílico, capaz de humectar la dentina y en especial la malla colágena, preparándola para la unión. El otro extremo es de tipo hidrofóbico apto para la unión con el adhesivo respectivo o la resina compuesta. Estos *primers* o promotores de adhesión hidrofílicos se basan básicamente en los grupos:

HEMA: 2 hidroxietil-metacrilato

BPDM: bifeníl-dimetacrilato

4META: 4metacril-oxi-etil-trimetato anhídrido.

PENTA: dipenta-eritriol-pentaactonamonofosfato

◆ Grupo de moléculas poliméricas adhesivas.

Generalmente hidrofóbicas, en su gran mayoría con su base en la molécula de Bowen el BIS-GMA (bisfenol-glicidil-metacrilato).

◆ Grupos químicos para la polimerización.

Tenemos a las diquetonas, camforoquinonas e iniciadores químicos.

◆ Carga inorgánica

Algunos sistemas adhesivos incorporan vidrios en su composición con el fin de disminuir la contracción de polimerización, aumentar la resistencia y otorgar un efecto anticariogénico. El aumento y cantidad de relleno aumenta su viscosidad y disminuye su escurrimiento.<sup>(2)</sup>

## PROCEDIMIENTOS EN LA ADHESIÓN DE BRACKETS

### 4.1. PASOS PARA LA ADHESIÓN

Los pasos involucrados en la adhesión directa e indirecta de brackets sobre las superficies vestibulares o lingual son:<sup>(12)</sup>

#### 4.1.1. Limpieza.

La limpieza de los dientes con pómez elimina la placa y la película orgánica que normalmente recubre a todos los dientes, de otro modo quedarían atrapados en la interfase entre el esmalte y la resina después de la adhesión. Esto requiere de instrumentos rotatorios de baja velocidad y copas de hule o cepillos para pulir.

El control de la humedad se debe de ser tomado en cuenta, manteniendo el campo operatorio seco el cual es esencial después del enjuague.

#### 4.1.2.-Acondicionamiento del esmalte.

##### Grabado ácido del esmalte:

Su principal objetivo es texturizar la superficie del esmalte para que la resina fluya en las aberturas microscópicas, creando una retención mecánica y con ello asegurar un mejor enlace.<sup>(11)</sup>

El esmalte maduro posee una composición predominantemente en un 96% por cristales inorgánicos de hidroxiapatita de Calcio fórmula  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ , en forma cristalina de varillas y que al corte transversal en un tejido maduro tiene la apariencia de hexágonos, con

orientación en ángulo recto a la superficie del esmalte, es decir mostrando sus extremos, agua en un 3% y matriz orgánica en 1 % en peso. Es un tejido microcristalino, microporoso y anisótropo, acelular, avascular, aneuronal, de alta mineralización y de extrema dureza, que presenta como característica fundamental su única y particular forma de reaccionar ante cualquier cosa física, química o biológica, es con pérdida de sustancia, cuya magnitud esta en relación directa con la intensidad del agente causal. Estas propiedades hacen que el esmalte no posea poder regenerativo. La dureza extrema del esmalte semejante al acero, lo hace frágil y propenso a micro y macrofracturas. <sup>(2)</sup>

Silverstone y colaboradores clasifican el efecto de grabado ácido, en la estructura histológica del tejido esmalte en tres patrones o formas diferentes: <sup>(2, 5)</sup>

Patrón I de grabado: El efecto desmineralizante con remoción de sales del calcio se efectúa primordialmente en el centro de cada varilla dejando la periferia intacta, es el más común. *(Fig. 4.1)*



*Fig. 4.1*  
*Patrón I de grabado ácido sobre el esmalte*



*Fig. 4.2*  
*Patrón II de grabado ácido sobre el esmalte*

Patrón II de grabado: El efecto ácido tiene predilección por el contorno de las varillas adamantinas. (Fig. 4.2)

Patrón III de grabado: El efecto combinado de los dos anteriores mostrando estriaciones completamente irregulares y menos profundas, producidas en áreas donde el esmalte carece de un ordenamiento coordinado de sus prismas, debido a lo cual se estima que proveen el más bajo potencial de adhesividad (Fig. 4.3)



Fig. 4.3 Patrones de grabado ácido

El grabado elimina de 3-10 $\mu$ m de esmalte superficial, 25 $\mu$ m revelan sutiles alteraciones histológicas, que crean las necesarias imbricaciones mecánicas. Las disoluciones localizadas más profundas suelen producir penetración hasta 100 $\mu$ m o más. De acuerdo a Silverstone, una solución de ácido fosfórico al 30% aplicada sobre la superficie del esmalte por 60 segundos produce una pérdida superficial de 10 $\mu$ m y penetra hasta la profundidad de 20  $\mu$ m.

Soetopo y colaboradores en un estudio sobre el mecanismo de adhesión de los polímeros pretratado con ácido, establece que concentraciones tan bajas como las del 2% de ácido fosfórico no produce microporos dentro del esmalte.

Por otra parte, el efecto antagónico al haber utilizado concentraciones por encima del 40%, ocasiona una gran disolución superficial, con formación abundante de fosfatos de calcio (productos de la reacción entre el ácido fosfórico y la hidroxiapatita de Ca). Estos fosfatos contaminan y cierran los microporos recién formados, además de la dificultad de remover dicha contaminación.

Se han intentado aplicar otros ácidos tales como el ácido etilen diamino tetra acético, el ácido cítrico, el ácido fórmico, etc. De estos el ácido fosfórico en concentraciones que van desde el 30 al 40%, 37% la más utilizada en el esmalte, han demostrado superioridad e inocuidad cuando se usa en forma correcta. Actualmente están disponibles en consistencia de gel coloreados para poder ubicar la zona donde se está ejerciendo el efecto de grabado.

#### **4.1.2.1 Remineralización**

A pesar de que los estudios del laboratorio indican que las alteraciones del esmalte son reversibles en su mayor parte (aunque no por completo), puede afirmarse que el efecto general de la aplicación de soluciones para grabado del esmalte sano no es perjudicial.<sup>(11)</sup> Diferentes estudios se han realizado tanto in-vivo como in Vitro, para determinar el comportamiento de este tejido afectado, en el medio oral.<sup>(2, 5, 11)</sup>

Albert y Grenoble, reportan un estudio in vivo en el cual se demuestra con la ayuda del microscopio electrónico de barrido, como al término de una hora ya comienzan a precipitarse depósitos de fosfato de calcio provenientes de la saliva, sobre el tejido desmineralizado, al término de las 96 horas reportan una completa remineralización del esmalte dentario.<sup>(5)</sup>

Por otro lado, Uribe-Echevarria 1990, acondicionando esmalte humano in vivo unido a dientes de acrílico de una prótesis removible a extremos libres e inserto en la cavidad bucal, pudo determinar que el esmalte desmineralizado por un ácido no se remineraliza totalmente aún después de 180 días de exposición a la saliva o de soluciones fluoradas. <sup>(2)</sup>

#### **4.1.2.2. Técnica de grabado.**

Una vez limpio el diente y aislado el campo operatorio, se aplica sobre la superficie del esmalte la solución o gel acondicionante dosificándolo utilizando una jeringa con aguja delgada durante 15-60 segundos, se dice que 15 segundos son suficientes para grabar dientes permanentes jóvenes y dientes anteriores, no obstante existen variaciones individuales de la calidad del esmalte entre los distintos pacientes, los distintos dientes y aún dentro de este mismo diente; para los molares y para los dientes de adultos se recomiendan 30- 60 s. No se indican periodos más largos de grabado aún en dientes pretratados con fluoruro. Periodos más largos no ofrecen mayor retención, sino realmente menos debido a la pérdida de la estructura superficial. Al concluir el periodo de grabado, la sustancia utilizada se elimina de los dientes con abundante agua en aerosol. Acto seguido se secan perfectamente los dientes con una fuente de aire libre de humedad y aceite, para obtener el aspecto mate o glacial. <sup>(5, 11)</sup>

#### **4.1.3. SELLADOR O IMPRIMADOR (PRIMER)**

Los estudios de Farley y colaboradores desarrollaron un grupo de agentes de unión denominados imprimadores (primers). Contando con el sustrato dentario modificado, el agente de unión tipo imprimador posee grupos químicos activos incorporados dentro de un

vehículo de resina líquida que permiten cierto tipo de reacción química con el sustrato dentario para lograr retención, adhesión y sellado, sin depender exclusivamente de la microporosidad.<sup>(5)</sup>

El uso de los imprimadores/selladores en adhesión en ortodoncia está lleno de mucha incertidumbre y confusión. Algunos investigadores llegaron a la conclusión de que hace falta una resina intermediaria para obtener una fuerza de unión adecuada; otros indican que es necesaria para mejorar la resistencia a la microfiltración; otros que lo es por ambas razones y otros aún creen que es innecesaria.<sup>(12)</sup>

#### **4.1.3.1. Aplicación del sellador.**

Una vez que el diente está completamente seco y con un aspecto blanco mate, puede aplicarse una delgada capa de sellador. Es preferible aplicar el sellador con una pequeña torunda de espuma plástica o cepillo, en un solo movimiento en dirección gingivoclusal por cada diente. La capa de sellador debe de ser delgado y parejo pues un exceso de sellador puede inducir cuando polimeriza desplazamiento del bracket y una topografía anormal del esmalte.

#### **4.1.4. ADHESIÓN**

El procedimiento para la adhesión de brackets (con cualquier adhesivo) consiste en los siguientes pasos<sup>(12)</sup>:

#### **4.1.4.1. Transferencia**

El operador toma un bracket con la pinza portabackets y luego se aplica adhesivo sobre el dorso de la base de adhesión. Luego, el bracket se coloca inmediatamente sobre el diente, cerca de su posición correcta.

#### **4.1.4.2. Posicionamiento**

Para ubicar el bracket en su posición sentido mesiodistal e oclusolingival y darle la angulación exacta se usa la barra posicionadora de brackets.

#### **4.1.4.3. Ajuste**

Acto seguido, se empuja firmemente contra la superficie del diente. El ajuste íntimo da por resultado una unión resistente, poco material para eliminar al despegar el bracket y un deslizamiento reducido cuando el material excedente se extruye periféricamente.

#### **4.1.4.4. Eliminación de excesos**

El excedente debe de ser eliminado con un explorador antes de que el adhesivo haya endurecido o con fresas si este ya endureció aunque no es lo más deseable.

## ANTECEDENTES

El sistema adhesivo fotopolimerizable **Transbond XT** (3M Unitek) es un ejemplo de los sistemas adhesivos convencionales de multipasos empleados en Ortodoncia. La viscosidad de Transbond XT fue diseñada para prevenir que continuamente el adhesivo se deslice del bracket. Dentro de sus ventajas extiende el tiempo de trabajo permitiendo una colocación precisa del bracket sobre el diente, puede ser adherido a brackets metálicos o cerámicos, es fácil de limpiar, tienen una fuerza inmediata de adhesión lo que permite colocar de inmediato el arco de alambre una vez polimerizado.<sup>(13)</sup>

En un estudio in vivo realizado por Ireland y et.al<sup>(14)</sup>, observó que 182 dientes a los que les fueron adheridos brackets con el sistema adhesivo fotopolimerizable transbond XT, 9 tuvieron algún tipo de falla y se desprendieron y 173 tuvieron éxito en un periodo de 6 meses, equivalente al 4.9% de fallas.

Grubisa et.al<sup>(15)</sup> evaluó y comparó la fuerza de adhesión del sistema de adhesión fotopolimerizable Transbond XT de brackets ortodóncicos con otros sistemas adhesivos y los resultados mostraron que Transbond XT tuvo una fuerza de adhesión de  $9.8 \pm 4.2$  MPa.

Por otro lado Trites<sup>(16)</sup> en un estudio que realizó después de 24 horas de haber adherido brackets a dientes con el sistema adhesivo fotopolimerizable Transbond XT obtuvieron una fuerza adhesiva de  $12.71 \pm 3.78$  MPa, y después de 30 días la fuerza de adhesión fue de  $10.42 \pm 4.59$  MPa y después de 3 meses  $13.06 \pm 3.06$  MPa.

Debido a las propiedades hidrófobas de estos adhesivos convencionales, estos pueden requerir de un campo completamente aislado y seco, para obtener una fuerza adhesiva clínicamente aceptable como se observó en un estudio que realizó Cacciafesta y cols.<sup>(10)</sup> donde el sistema adhesivo Transbond XT obtuvo bajo condiciones de total aislamiento y un ambiente seco valores de  $11.95 \pm 6.20$  MPa y en muestras contaminadas con agua valores de  $4.53 \pm 1.30$  a  $6.85 \pm 2.3$  MPa y en muestras contaminadas con saliva valores de  $3.50 \pm 1.24$  a  $7.12 \pm 3.50$  MPa.

La contaminación por humedad es considerada la causa más común para las fallas de adhesión. Cuando la mayoría de los poros comienza a humedecerse y comienzan a llenarse, la penetración de las resinas es debilitada, resultando prolongaciones insuficientes en número de longitud de resina.<sup>(17)</sup> Aún la contaminación con la saliva momentáneamente provoca efectos adversos en la capa adhesiva por lo que depósitos de saliva en la capa orgánica en los primeros segundos de exposición son resistentes al lavado<sup>(18)</sup>

La constante evolución en la química de los adhesivos dentales está enfocado en la obtención de una alta fuerza de adhesión con procedimientos lo más alto posibles. La combinación del sellador imprimador con el adhesivo de una sola botella están ahora disponibles. Con el desarrollo de la nanotecnología se han desarrollado adhesivos que tienen las ventajas de los materiales orgánicos como la flexibilidad y la resistencia de los componentes inorgánicos que tienen el potencial de absorber la presión a través de la incorporación de los nanorrellenos. Diversos estudios han reportado el incremento en la fuerza de la adhesión sobre con estos agentes de relleno.

Dentro de los sistemas adhesivos fotopolimerizable con nanotecnología y de una sola botella tenemos a **Prime & Bond<sup>®</sup> NT<sup>™</sup>** (Dentspy Caulk), el cual presenta las ventajas de una muy alta fuerza adhesiva a dentina y al esmalte, alta integridad marginal, alta resistencia mecánica a la capa adhesiva, técnica de aplicación sencilla, además presenta una liberación de fluoruro gradual, elevada vida media, buena compatibilidad y puede ser usado con todo tipo de material fotopolimerizable (universal). La incorporación de la partícula de relleno es extremadamente pequeña (7nm que es menos que 1/100 o menor que el diámetro de un túbulo dentinario) para reforzar propiedades mecánicas modificando la superficie y al mismo tiempo mantener la baja viscosidad necesaria para la humedad y una penetración óptima. <sup>(19)</sup> Se recomienda una técnica de grabado total con ácido fosfórico al 36% usada en esmalte y dentina. Su composición esta hecha a base de HEMA, TEGDMA, PENTA, hidrofluoruro de cetilamina, acetona, etanol, sulfato de sodio aromático, camforoquinona, dióxido de silicona amorfo.

Sunico y cols. <sup>(20)</sup> hicieron un estudio en el cual midieron la fuerza de adhesión del **Prime & Bond<sup>®</sup> NT<sup>™</sup>** sobre superficies de esmalte dental grabadas con ácido fosfórico, registrando valores de 18.51 MPa adhiriéndose con el compómero Dyract AP y 18.39 MPa al adherirse con el composite Spectrum TPH. Estos valores obtenidos entraron dentro del rango de Perdigao et al 1999. **Prime & Bond<sup>®</sup> NT<sup>™</sup>** fue encontrado ser un efectivo adhesivo/imprimador para esmalte grabado.

En un estudio donde se comparó la fuerza de adhesión entre adhesivos con nanorrelleno de una sola botella, aplicando una y dos capas respectivamente sobre la superficie del esmalte usando el composite Filtek 250 (3M ESPE), **Prime & Bond<sup>®</sup> NT<sup>™</sup>** obtuvo valores

al colocar una capa de  $18.9 \pm 3.9$  MPa y aplicando 2 capas  $18.8 \pm 3.4$ . No se encontraron diferencias significativas entre la aplicación de una y dos capas. <sup>(21)</sup>

**Adper™ Single Bond Plus o 2** (3M ESPE) es otro sistema adhesivo fotopolimerizable con nanorrellenos y de una sola botella, también es de grabado total y es ideal para restauraciones directas de resina, restauraciones directas después de fotopolimerización, cuando se combina con el cemento Rely X™, ARC de 3M ESPE, desensibilización y reparación de la superficie radicular, reparación en restauraciones de porcelana de resinas compuestas y adhesión de carillas al combinarse con el cemento Rely X™ Veener de 3M ESPE. La incorporación de la tecnología de nanorrelleno contribuyen a una mejor fuerza de adhesión a la dentina. Las partículas de nanorrelleno se le incorporan de tal manera que son estables y se mantienen de forma distribuidas de forma homogénea durante la dispersión por lo que no es necesario que se agite. <sup>(22)</sup> Su composición es BIS-GMA, HEMA, copolímero de ácido poliacrílico itacónico, DMA, etanol, agua y camforoquinona.

En el mismo estudio donde se evaluó la fuerza de adhesión aplicando una y dos capas respectivamente sobre la superficie del esmalte Adper™ Single Bond 2 o Plus adherido a Filtek 250 (3M ESPE) obtuvo valores de  $17.3 \pm 2.8$  MPa al colocar una sola capa y  $17.1 \pm 2.0$  MPa al aplicar dos capas. <sup>(21)</sup>

Un sistema diferente llamado por los fabricantes sistemas adhesivos de autograbado, los cuales tienen la característica de una asociación de grabado, imprimador y agente adhesivo en una sola aplicación clínica, dicho de otra manera en un solo paso. Una gota de líquido universal y de catalizador son mezclados y aplicados, se aplica sobre el sustrato dental y se

seca, luego se fotopolimeriza. Todo esto de acuerdo al fabricante. <sup>(24)</sup> El pH de estos imprimadores es bajo, suficiente para promover la disolución de la capa de lodo dentinario y el acondicionamiento del tejido mineralizado (Ferrari 1997). <sup>(25)</sup> La aplicación de los sistemas adhesivos de autogrado sobre el esmalte ha sido un tema controversial. <sup>(26)</sup>

Hara <sup>(27)</sup> reportó que la unión de los adhesivos autogrables hacia el esmalte fue inferior comparado con los sistemas de una sola botella y el convencional donde es utilizado el sistema de grabado total que utiliza el ácido fosfórico como acondicionador por separado.

**Futurabond NR** (VOCO) es un producto nuevo que pertenece al los sistemas adhesivos de autogrado fotopolimerizable utilizado en dentina y esmalte, reforzado con nanopartículas incrementando los valores de adhesión e incrementando la integridad marginal, de fácil y rápida aplicación en una capa, tiene muy buena tolerancia a la humedad, no necesita almacenarse en el refrigerador ni agitarse necesariamente, no produce sensibilidad postoperatoria y es captador de fluoruro, compatible con cualquier resina fotopolimerizable. Las nanopartículas de Futurabond NR son cernidos finamente para proveer baja viscosidad y propiedades óptimas de infiltración, con los otros componentes altamente funcionales las nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  (de promedio de 20nm), pueden entrar fácilmente dentro de los túbulos dentinarios, espacios entre las fibras de colágena y dentro de la microretención del patrón del grabado del esmalte. Las nanopartículas son homogéneamente distribuidas en la capa de adhesión fotopolimerizable. Su larga reacción de superficie garantiza la óptima integración de dentro de la matriz orgánica de la resina. Lo distintivo de Futurabond NR es no solamente crear microretención sino nanoretención.

<sup>(28, 29)</sup> Los valores para la fuerza de adhesión en el esmalte es de 30.2 MPa y 30.9 en dentina MPa. <sup>(30)</sup> Dentro de su composición tenemos a BIS-GMA, hidroxietilmetacrilato, etanol, ácidos inorgánicos y fluoruros.

Se realizó un estudio donde se valoró la microretención de la fuerza de adhesión de diversos Sistemas Adhesivos de Autograbado y Futurabond NR obtuvo los valores de  $13.34 \pm 4.27$  MPa utilizando el composite Clearfil AP-X. <sup>(31)</sup>

Futurabond NR, en una evaluación distinta de microretención de la fuerza de adhesión comparado con otros sistemas adhesivos obtuvo valores de  $35.62 \pm 3.97$  MPa, el cual fue significativamente alto comparado con los otros sistemas adhesivos. <sup>(32)</sup>

Reynolds sugirió que un mínimo de fuerza de adhesión de 6-8 MPa era adecuada para la mayoría de las necesidades clínicas ortodóncicas, por que estos valores son considerados como capaces de resistir o aguantar las fuerzas masticatorias y ortodóncias. <sup>(2)</sup>

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a la gran variedad en el mercado de diferentes sistemas adhesivos fotopolimerizables, como *Transbond XT 3M UNITEK* el cual es un sistema adhesivo convencional; los que han hecho uso de la nanotecnología y se les ha adicionado nanorrellenos además de ser compatibles con al humedad y en una presentación de una sola botella o de sólo dos pasos como el *Adper™ Single Bond Plus o 2 3M ESPE* y el *Prime & Bond® NT Dentsply Caulk*), que además, tiene la capacidad de captar fluoruro; y de los autograbables, que también captan fluoruro y son adicionados con nanorrelleno denominaos sistemas adhesivos de un sólo paso como el *Futurabond NR VOCO*, que proporcionan una alta resistencia y dureza, hacen que surjan los diferentes cuestionamientos:

1. Si el uso de los sistemas adhesivos convencionales fotopolimerizables con técnica de grabado total ¿Provee una fuerza de adhesión comparable con los sistemas adhesivos de sólo dos pasos adicionados con nanorrellenos fotopolimerizables?
2. Si el uso de los sistemas adhesivos de sólo dos pasos adicionados con nanorrellenos ¿Proveen la fuerza de adhesión comparable con los sistemas adhesivos de autograbado fotopolimerizables adicionados con nanorrellenos?
3. Si el uso de los sistemas adhesivos autograbables fotopolimerizable adicionados con nanorrellenos ¿Provee la fuerza de adhesión comparable con los sistemas adhesivos convencionales con técnica de grabado total?

4. ¿Se podrán usar los sistemas adhesivos fotopolimerizable de sólo dos pasos con nanorrelleno para la fijación de brackets?
5. ¿Se podrán utilizar los sistemas adhesivos autograbables fotopolimerizables con nanorrellenos en la fijación de brackets?
6. ¿Por que se dice que ahorran tiempo?

## **JUSTIFICACIÓN**

Ante el gran avance de Sistemas Adhesivos en Odontología, ante demanda de pacientes que tiene el área de Ortodoncia, ante las condiciones ambientales que se tiene en la cavidad bucal y con el estilo de vida que tenemos en la actualidad donde se tiene que ahorrar el mayor tiempo posible, es necesario que en la práctica diaria clínica de ortodoncia, utilicemos un adhesivo que nos pueda proporcionar una alta fuerza de adhesión del bracket sobre el esmalte, libre de filtración, compatible con el medio bucal, durable y que soporte las cargas masticatorias y/u ortodóncicas, causando el menor daño al tejido del paciente y que nos ayude a ahorrar tiempo de trabajo.

## **OBJETIVOS**

### **8.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la fuerza de adhesión de los brackets adheridos sobre el esmalte utilizando sistemas adhesivos fotopolimerizables convencionales; de una sola botella con nanorellenos y uno autograbable adicionado con nanorrellenos.

### **8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Comparar la fuerza de adhesión entre cada uno de los sistemas adhesivos fotopolimerizables convencionales, de una sola botella con nanorelleno y un autograbable adicionados con nanorrellenos.
- Cuantificar el adhesivo remanente después del desprendimiento del bracket con el uso de cada uno de los Sistemas Adhesivos Fotopolimerizables y clasificarlos dentro del sistema ARI (Índice de Adhesivo Remanente).
- Determinar el tipo de falla: cohesiva o adhesiva
- Determinar si es posible la aplicación de los sistemas adhesivos de una sola botella con nanorrelleno y autograbable adicionados con nanorrelleno en la adhesión de brackets en ortodoncia.

## **HIPÓTESIS**

### **9.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO**

#### **H**

Los sistema adhesivos fotopolimerizables de una sola botella adicionados con nanorrellenos con técnica de grabado total y el sistemas adhesivo de autograbado fotopolimerizable adicionado con nanorrellenos presentan mayor fuerza adhesiva del bracket sobre el esmalte ahorrando el tiempo de trabajo, comparado con un sistema adhesivo convencional.

### **9.2. HIPÓTESIS NULA**

#### **H0**

Los sistema adhesivos fotopolimerizables de una sola botella adicionados con nanorrellenos con técnica de grabado total y el sistemas adhesivo de autograbado adicionado con nanorrellenos presentan una menor fuerza adhesiva del bracket sobre el esmalte no ahorrando tiempo en el trabajo, comparado con un sistema adhesivo convencional.

### **9.3. HIPÓTESIS ALTERNA**

#### **H1**

Los sistema adhesivos fotopolimerizables de una sola botella adicionados con nanorrellenos con técnica de grabado total y el sistemas adhesivo de autograbado adicionados con nanorrelleno presentan una igual fuerza adhesiva del bracket sobre el esmalte en el mismo tiempo de trabajo, comparado con un sistema adhesivo convencional.

## **METODOLOGÍA**

### **10.1. TIPO DE ESTUDIO**

Experimental, comparativo y transversal.

### **10.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO**

Adhesivo fotopolimerizable convencional Transbond XT (3M Unitek).

Adhesivo fotopolimerizable en una sola botella con nanorrellenos Prime & Bond<sup>®</sup> NT<sup>™</sup> (Dentsply Caulk).

Adhesivo fotopolimerizable en una sola botella con nanorrellenos Adper<sup>™</sup> Single Bond 2 o plus, también llamado Adper Single Bond 2 (3M ESPE).

Adhesivo de autograbado fotopolimerizable con nanorrellenos Futurabond NR (Voco Cauxhaven).

Muestras de premolares sanos.

#### **10.2.1. Selección de la muestra**

Premolares sanos extraídos por indicación ortodóncica que no presenten alteración en el esmalte de la cara vestibular y lingual, en la unidad de Cirugía Maxilofacial de la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

### **10.2.2. Tamaño de la muestra**

40 premolares distribuidos en 4 grupos de 10 cada uno.

### **10.2.3. Criterios de inclusión**

Premolares extraídos por indicación ortodóncica

Premolares sanos que no presenten alteraciones en la cara vestibular y lingual.

Premolares que tengan como máximo 3 meses de haber sido extraídos.

Premolares conservados en agua desionizada dentro de una cámara de refrigeración a 10° C después de la extracción.

Sistemas adhesivos mencionados en la población de estudio.

### **10.2.4. Criterios de exclusión**

Premolares extraídos que no sean por indicación ortodóncica.

Premolares con caries con defectos o alteraciones en el esmalte por la cara vestibular y lingual.

Premolares que tengan más de 3 meses de haber sido extraídos.

Sistemas adhesivos no mencionados en la población de estudio.

### 10.3. VARIABLES

#### 10.3.1. Variables Dependientes

<b>Variables</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Nivel de medición</b>	<b>Categoría</b>
Resistencia a la tracción	Cuantitativa	Continua	MPa
Tiempo de polimerizado	Cuantitativa	Discreta	Segundos
Tiempo de grabado	Cuantitativa	Discreta	Segundos
Técnica Edge Wise	Cualitativa	Nominal	Grados

#### 10.3.2. Variables Independientes

<b>Variables</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Nivel de medición</b>	<b>Categoría</b>
Velocidad de la carga	Cuantitativa	Continua	mm/segundo
Condiciones de almacenamiento:	Cualitativa	Discreta	Segundos
Fuerza para colocación de brackets	Cuantitativa	Continua	Kg

#### 10.4. MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos fueron registrados en un cuadro que contenían los siguientes datos: tipo de adhesivo, numero de muestra, hora en que se metió a la cámara ambientadora y resultado de la fuerza de la adhesión, y luego estos datos a su vez, en hojas de cálculo en Excel, para el análisis estadístico.

#### 10.5. MATERIALES Y EQUIPO

- Premolares humanos (40) extraídos principalmente por indicación ortodóncica, que no presentes alteraciones en el esmalte en la cara vestibular y lingual.
- Sistemas Adhesivos:
  - 1.- Sistema adhesivo fotopolimerizable ortodóncico *Transbond XT* (3M Unitek Monrovia, CA 91016 U.S.A Ref712-035 Lot 5CG/5PR Cad 06-2008), utilizado como grupo control.
  - 2.- Sistema adhesivo fotopolimerizable de una sola botella con Nanorrelleno *Adper™ Single Bond 2 o Plus* (3M ESPE Dental Products St. Paul, MN 55144 U.S.A Lot 4BF Cad 05-2007), con técnica del grabado total de esmalte.
  - 3.- Sistema adhesivo fotopolimerizable de una sola botella con nanorrelleno *Prime & Bond® NT* (Dentsply Caulk Dentsply Internacional Inc. Milford, DE 199963-0359 U.S.A Lot 031103 Cad 11-2005), con técnica de grabado total de esmalte.

- 
- 4.-Sistema adhesivo fotopolimerizable autograbable con nanorrelleno *Futurabond NR* (VOCO GMBH P.O. Box 767 27 457 Cuxhaven Germany Art No 01148E1 Lot 560440 Cad 08-2007).
- Acido fosfórico al 34 % *Scotchbond™* (3M ESPE Dental Products St. Paul, MN 55144 U.S.A. Lot 4CP Cad 06 2007).
  - Puntas dispensadoras del ácido grabador.
  - Brackets Standard (3M Inter-Unitek GmbH Boschstrabe 10 *Dynalock std* Edgewise.018 Bicuspid max/man L/R 5445 0° Angulation REF 018-403).
  - Lámpara de luz halógena ( 3M ESPE *Elipar 2500* Alemania Sedlbauer-AG wilheim-dedlbauer-stic 2 No serie 55144-1000 USA Lote No SL REg 1676E 2001 SSA MIT 300000733).
  - Radiómetro térmico (*Demetron* Research Corp., DANBURY, Ct 06810 U.S.A.
  - Radiómetro de curado (*Demetron* Research Corp., DANBURY, Ct 06810 U.S.A.)
  - Cámara de refrigeración (Mabe)
  - Estufa incubadora a 37°C (Felisa Horno, México).
  - Maquina universal de pruebas mecánicas *Instron* modelo 5567 ( Canton; MA; EE.UU).
  - Pinza para colocar brackets ( *Borgatta Orthodontics*)
  - Barra de Alexander sotl .018 (sds ORMCO ORMCO CORP.1332 S. Lone Hill Avenue, Glendora, Ca 91740-5339 PART NO.803-178 Lot 05k1k QTY.1EA. México.
  - Microscopio (Carl Zeiss Germany 2x)
  - Acrílico de colores (Nictone)

- Cronómetro
- Explorador
- Pinza de curación
- Espátula
- Frascos de boca amplia
- Frascos pequeños
- Desionizador ( Thermolyne)
- Agua desionizada
- Tierra pómez
- Copas de hule
- Pieza de mano de baja velocidad
- Contenedor grande de plástico
- Contenedores de aluminio
- Loseta
- Balanza analítica: Adventure, DHAUS Item No AR2140 Max cap 210g  
Readability00019 Power requirements: 8-14.5V 50-60 Hz 6V OHAUS Corp.  
Pinebrook, NJ
- Vaselina
- Placas de plástico
- Tijeras
- Lentes de protección

- Guantes
- Campo operatorio

## 10.6. PROCEDIMIENTOS

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Investigación de Materiales Dentales de la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Se recolectaron 40 premolares, extraídos por indicación ortodóncica que no presentaron alteración en el esmalte de la cara vestibular y lingual, se dividieron en 4 grupos de 10 premolares cada uno, para comparar los cuatro sistemas adhesivos para brackets de la siguiente manera:

**Grupo 1.** Sistema adhesivo fotopolimerizable convencional ortodóncico *Transbond XT* (3M UNITEK), utilizado como grupo control. (Fig. 10.1)

**Grupo 2.** Sistema Adhesivo Fotopolimerizable de Una Sola Botella con Nanorrelleno (*Adper™ Single Bond 2 o Plus-3M ESPE-*), con técnica del grabado total de el esmalte. (Fig.10.2)

**Grupo 3.** Sistema adhesivo fotopolimerizable de una sola botella con nanorrelleno *Prime & Bond® NT-*( *Dentsply Caulk-*), con técnica de grabado total de el esmalte. (Fig.10.3)

**Grupo 4. Sistema Adhesivo Fotopolimerizable Autograbable con Nanorrelleno**

*Futurabond NR (VOCO) (Fig.10.4)*



*Fig. 10.1*  
*Sistema Adhesivo Transbond XT*



*Fig. 10.3*  
*Sistema Adhesivo Prime & Bond NT*



*Fig. 10.2*  
*Sistema Adhesivo Adper Single Bond 2*



*Fig. 10.4*  
*Sistema Adhesivo Futurabond NR*

### 10.6.1. Preparación de las muestra.

Los 40 premolares se enjuagaron y se colocaron inmediatamente después de la extracción en un recipiente con agua corriente y se conservaron en una cámara de refrigeración a 10° C.

Se rotularon cada uno de los recipientes con la fecha de extracción y número de muestra.

Se limpió la superficie radicular (eliminación de fibras periodontales, adherencias óseas y/o sarro) con un CK6 o instrumento filoso bajo chorro de agua corriente, a temperatura ambiente de 22° C por 24 horas. (*Fig. 10.5*)



*Fig. 10.5*  
*Limpieza de superficie radicular*

### 10.6.2. Adhesión de brackets con los diferentes sistemas adhesivos.

El procedimiento de adhesión de brackets se inició con el pulido de la superficie vestibular de la corona de cada premolar con pasta pómez (agua y tierra pómez -malla menor a 325-) mediante una pieza de mano de baja velocidad y una copa de hule ( se utilizo una copa por cada 5 dientes) haciendo una profilaxis durante 10 segundos, a

continuación se enjuagó con agua desionizada durante 10 segundos. Y se secaron los dientes durante 5 segundos. (Figs. 10.6, 10.7, 10.8)

En los grupos 1, 2 y 3 que requirieron de grabado previo del esmalte, se homogenizó el tiempo a 15 segundos de grabado y la proporción fue la misma para todos (Fig. 10.9), enjugando los dientes con agua desionizada durante 10 segundos para eliminar el ácido grabador procediendo a secar la superficie del esmalte para los grupos.



*Fig.10.6*  
*Pulido de la superficie*



*Fig. 10.7*  
*Enjugado con agua desionizada*



*Fig. 10.8*  
*Secado con aire durante 5 s.*



*Fig. 10.9*  
*Aplicación de ácido grabador durante 15 s.*

Todos los dientes se montaron sobre una base de poliuretano para poder cementar los brackets.

A continuación, cada uno de los adhesivos fue manipulado de acuerdo a las indicaciones del fabricante: (*Figs. 10.10 a 10.24*)

- ❖ **Grupo 1.-** Se colocó una pequeña cantidad del imprimador sobre un recipiente, se aplicará una capa delgada en la superficie del diente, se aplicó la resina del sistema Transbond XT sobre la superficie del bracket, se posicionó el bracket sobre la superficie del diente, se ajustó el bracket en su posición final presionando firmemente sobre el diente, se eliminó el excedente de la resina con un explorador, se fotopolimerizó durante 10 segundos por lado mesial y 10 segundos por distal de los brackets a una distancia de 5mm. del bracket.

Para asegurar la correcta fotopolimerización, se comprobó la fuente de emisión de la lámpara de luz halógena para fotopolimerizado con un medidor de intensidad lumínica (curado) y la emisión de calor con un medidor de energía calorífica (térmica).

- ❖ **Grupo 2.-** Usando la punta de un pincel se aplicó dos capas consecutivas de adhesivo sobre el esmalte, se secó suavemente de 2 a 5 s., se fotopolimerizó el adhesivo durante 10 segundos. Se aplicó la resina del sistema Transbond XT sobre la superficie del bracket, se posicionó el bracket sobre la superficie del diente, se ajustó el bracket en su posición final presionando firmemente sobre el diente, se eliminó el excedente de la resina con un explorador, se fotopolimerizó durante 10

segundos por lado mesial y 10 segundos por el lado distal de los brackets a una distancia de 5 mm del bracket

- ❖ **Grupo 3.-** Se dispensó el adhesivo directamente sobre el cepillo desechable (se utilizará un cepillo por cada 2 dientes) asegurándose que el cepillo no entró en contacto con el envase. Se aplicó gran cantidad de adhesivo para empapar gran superficie del diente durante 20 segundos, se quitó el exceso de disolvente secando con aire libre de humedad durante 5 segundos por lo menos, dejando un superficie brillante y uniforme, se fotopolimerizó el adhesivo durante 10 segundos. Se aplicó la resina del sistema Transbond XT sobre la superficie del bracket, se posicionó el bracket sobre la superficie del diente, se ajustó el bracket en su posición final presionando firmemente sobre el diente, se eliminó el excedente de la resina con un explorador, se fotopolimerizó durante 10 segundos por lado mesial y 10 segundos por distal de los brackets a una distancia de 5 mm del bracket.
  
- ❖ **Grupo 4.-** Se mezcló una gota del líquido A y una gota del líquido B durante 5 segundos sobre un recipiente para obtener el adhesivo autograbable, se aplicó el adhesivo en una capa no muy fina sobre el esmalte y se frotó durante 20 segundos, se secó durante 5 segundos y luego se polimerizará durante 10 segundos. Se aplicó la resina del sistema Transbond XT sobre la superficie del bracket, se posicionó el bracket sobre la superficie del diente, se ajustó el bracket en su posición final presionando firmemente sobre el diente, se eliminó el excedente de la resina con un explorador, se fotopolimerizó durante 10 segundos por lado mesial y 10 segundos por distal de los brackets a una distancia de 5 mm del bracket.



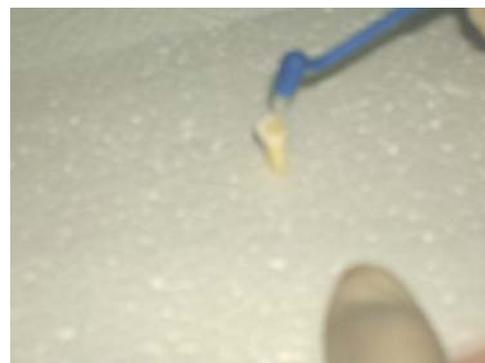
*Fig. 10.10*  
*Colocación Transbond XT en recipiente*



*Fig.10.11*  
*Colocación de Single Bond 2 en recipiente*



*Fig. 10.12*  
*Colocación de Primer & Bond NT en recipiente*



*Fig. 10.13*  
*Aplicación de adhesivos sobre el diente de acuerdo al fabricante montado, en una base de poliuretano*



*Fig. 10.14*  
*Colocación de líquido A de Futurabond NR en recipiente*



*Fig. 10.15*  
*Colocación de líquido B de Futurabond NR en recipiente*



*Fig. 10.16*  
*Mezcla de líquido A y B durante 5 segundos*  
*para obtener un adhesivo autograbable*



*Fig. 10.17*  
*Aplicación de adhesivo Futurabond NR sobre*  
*el esmalte y frotar sobre 20 segundos*



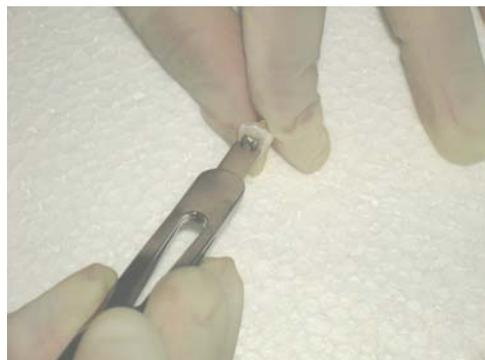
*Fig. 10.18*  
*Fotopolimerización de los adhesivos*  
*de acuerdo al fabricante*



*Fig. 10.19*  
*Colocación de la resina Transbond XT sobre la base*  
*del bracket*



*Fig. 10.20*  
*El bracket es transportado y posicionado sobre*  
*superficie del diente*



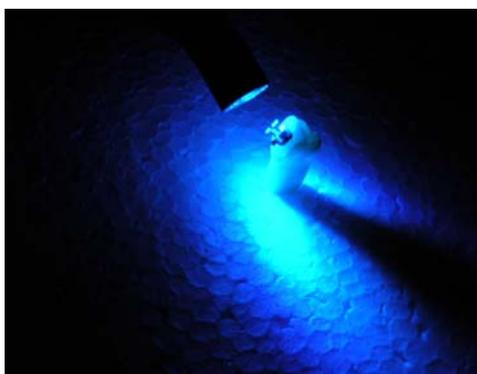
*Fig. 10.21*  
*Ajuste del bracket en su posición final*



*Fig. 10.22*  
*Eliminación de excesos de la resina*



*Fig. 10.23*  
*Polimerización de la resina, 10 seg. por mesial*



*Fig. 10.24*  
*Polimerización de la resina, 10 s. por distal*



*Fig. 10.25*  
*Colocación en agua desionizada inmediatamente después de polimerizado*

Inmediatamente que fueron cementados los brackets en cada uno de los dientes, se colocaron en un recipiente con agua desionizada y se colocaron a una temperatura de 37° C. (Fig. 10.25)

### **10.6.3. Montaje de las muestras en resina acrílica.**

Para realizar las pruebas físicas fue necesario que los premolares fueran sumergidos parcialmente en resina acrílica de manera que quedó descubierta y libre únicamente la cara vestibular de la corona donde se encuentra el bracket para que permaneciera suspendido, para que mantuviera uniformidad en la altura y para que no quedara incluido en el acrílico

se deslizó el bracket cementado sobre la ranura de una lámina de plástico rígido que se sobrepuso a un contenedor circular de aluminio de 25 mm de diámetro por 10 mm de altura lubricados con vaselina. Posteriormente se colocó sobre una loseta de vidrio y vació resina acrílica en consistencia líquida y sumergir tanto la raíz como la cara lingual de los premolares. Para disipar la reacción exotérmica se introdujeron los contenedores con todo y loseta antes de la polimerización del acrílico en un recipiente grande con agua desionizada y de esta manera no se afectaran los adhesivos.

Para distinguir los 4 Sistemas Adhesivos se utilizaron resinas acrílicas autopolimerizables de diferentes colores. (Fig. 10.26 y 10.27)

Cuando la resina acrílica, donde quedaron las muestras incluidas polimerizó, se sacaron del recipiente con agua y éstas fueron liberadas del contenedor de aluminio y sumergidas en agua desionizada nuevamente (en frasco de boca ancha, una por sistema adhesivo) (Fig.10.28) para ser conservadas en una cámara de ambientación a 37° C para emular la temperatura de la boca, durante 24 horas. (Fig.10.29)



Fig. 10.26 Resina acrílica rosa. Grupo 4



Fig. 10.27 Resina acrílica 62 Grupo 2

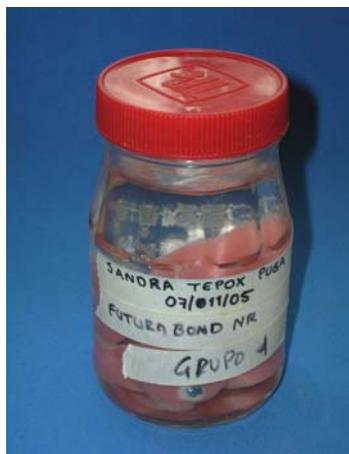


Fig. 10.28 Frasco de boca ancha con muestras en agua desionizada por grupo



Fig. 10.29 Cámara ambientadora



Fig. 10.30 Máquina Universal Instron

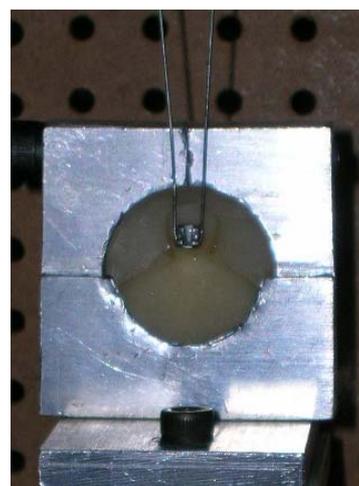


Fig. 10.31 Ansa colocada en las alas inferiores del bracket para hacer la tracción en dirección paralelo al eje longitudinal del bracket

#### 10.6.4. Pruebas físicas y valoración microscópica.

La prueba de tensión se realizó después de 24 horas en una Máquina Universal de pruebas Instron (Fig. 10.30) con una velocidad carga de 1 mm/min, colocándose la muestra en un soporte de aluminio fijada a la parte inferior de la máquina paralelamente a la

dirección de la carga, se utilizó para ejercer la tracción del bracket un alambre de acero inoxidable de 0.5 mm de diámetro sujeto a sus extremos a la parte superior de la máquina, la ansa se colocó en las alas inferiores del bracket traccionado en dirección paralelo al eje longitudinal del bracket hasta provocar el desprendimiento del mismo (*Fig. 10.31*). Se obtuvo un registro de los valores de cada una de las muestras que fue dada en MPa mediante la Máquina Instron Modelo 5567.

Una vez que se desprendió el bracket del diente, la muestra se desalojó del soporte de aluminio y se recolectó (con manos enguantadas para no contaminar las muestras) el bracket desprendido almacenándose con su respectiva muestra.

Para que las muestras y brackets desprendidos no se deshidrataran fueron nuevamente introducidos a la cámara de ambientación a 37° C en agua desionizada, hasta realizar mediante el microscopio óptico la identificación del tipo de falla, y hacer la clasificación de acuerdo al índice remanente de adhesivos (ARI).

#### **10.6.5. Escala de mediciones**

La escala fue nominal para el ARI y el tipo de falla. Para la medición de las pruebas de la tracción fue métrica dada en MPa.

##### Clasificación de ARI modificado

1. Toda la resina se queda adherida a la superficie del diente con una impresión de la base del bracket.
2. Más del 90% de la resina se quedó sobre la superficie del diente.

3. Más del 10% pero menos del 90% de la resina se quedó adherida sobre la superficie del diente.
4. Menos del 10% de la resina se quedó adherida sobre el esmalte.
5. No quedó nada de resina sobre la superficie del diente.

Tipo de falla

1. Falla cohesiva
2. Falla adhesiva

### **10.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los resultados obtenidos en la prueba de resistencia a la tracción del bracket fueron analizados utilizando ANOVA para determinar las diferencias entre grupos, si existen se utiliza la prueba de Tukey para identificarlas. Los resultados del tipo de falla del material fueron analizados en porcentajes y se hizo un histograma de frecuencias con las observaciones del ARI.

## RESULTADOS

### 11.1. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL BRACKET O FUERZA DE ADHESION

Los registros obtenidos en la resistencia a la tracción o fuerza de adhesión que mostraron cada uno de los sistemas adhesivos se presentan en la *tabla No 1* y el promedio en la *tabla No 2* y *gráfica No 1*

*Tabla No 1.*

*Resistencia a la tracción o desprendimiento de los sistemas adhesivos.*

	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>	<b>Grupo 4</b>
No de Muestra	Resultado en MPa	Resultado en MPa	Resultado en MPa	Resultado en MPa
1	26.56	16.18	7.82	7.41
2	7.97	7.86	15.10	13.95
3	21.40	6.09	15.97	7.18
4	12.93	8.03	17.35	10.50
5	7.32	8.46	17.24	14.21
6	17.92	2.90	22.03	12.98
7	23.62	13.64	11.65	14.30
8	15.67	9.21	17.82	11.61
9	20.06	6.75	14.04	9.87
10	20.15	18.22	15.54	6.42

*Fuente: Directa*

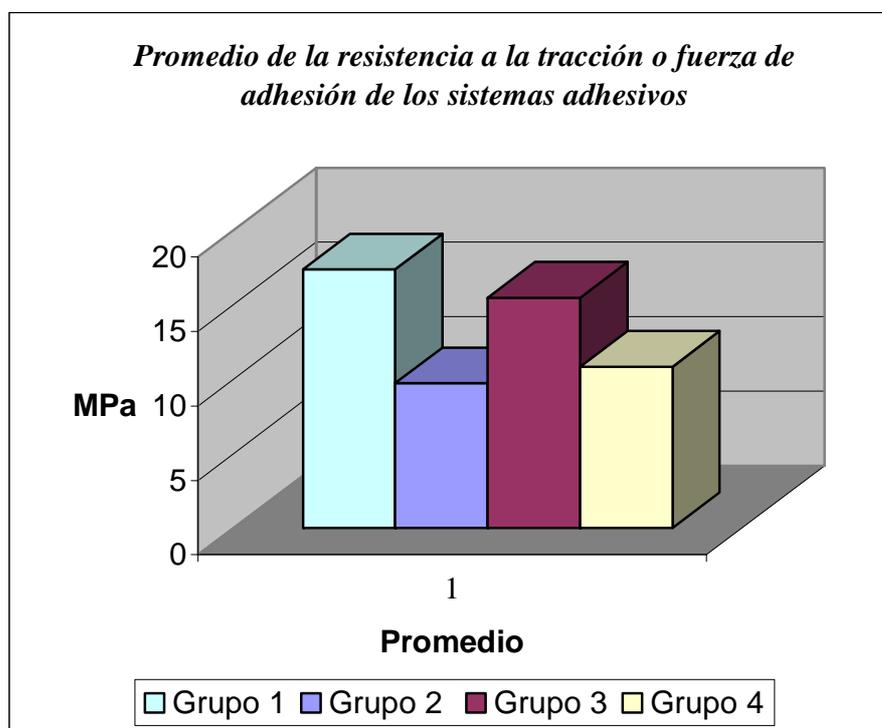
Tabla No 2

*Promedio de la resistencia a la tracción o fuerza de adhesión en los diferentes sistemas adhesivos*

Adhesivo	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Correlación
Grupo 1	17.36 MPa	6.39 MPa	37 %
Grupo 2	9.73 MPa	4.78 MPa	49 %
Grupo 3	15.46 MPa	3.81 MPa	25 %
Grupo 4	10.84 MPa	3.05 MPa	28 %

Fuente: Directa

Gráfica No 1



Fuente: Directa

$P = 0.002$

99.8 % de Confianza

En el análisis estadístico de la resistencia a la tracción del bracket o fuerza de adhesión de los sistemas adhesivos se aplicó el ANOVA de una vía donde se obtuvieron valores de  $P = 0.002$ , que demuestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. De este modo la prueba Tukey obtuvo diferencias estadísticamente significativas entre Transbond XT (grupo 1) y Single Bond 2 (grupo 2); Transbond XT (grupo 1) y Futurabond NR (grupo 4); así como Prime & Bond NT (grupo 3) y Single Bond 2 (grupo 2). Pero no encontró diferencias estadísticamente significativas entre Transbond XT (grupo 1) y Prime & Bond NT (grupo 3); entre Prime & Bond NT (grupo 3) y Futurabond NR (grupo 4); y Futurabond NR (grupo 4) y Single Bond 2 (grupo 2). El programa usado para el análisis estadístico fue el Jandel Sigma Stat versión 2.0.

## 11.2. INDICE DE ADHESIVO REMANENTE MODIFICADO

El índice de Artun y Bergland, modificado por Mehennnn determina la presencia del adhesivo remanente sobre el diente como se muestra en la *Tabla No 3, 4 y Gráfica No 2*

*Tabla No 3*

*Valores obtenidos al ser observados mediante el microscopio óptico a 20x*

Muestra	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
1	5	3	3	5
2	5	3	2	4
3	5	3	3	5
4	5	4	4	3
5	5	4	3	4
6	4	4	3	5
7	4	3	4	5
8	3	4	5	4
9	4	2	5	4
10	4	4	4	4

*Fuente: Directa*

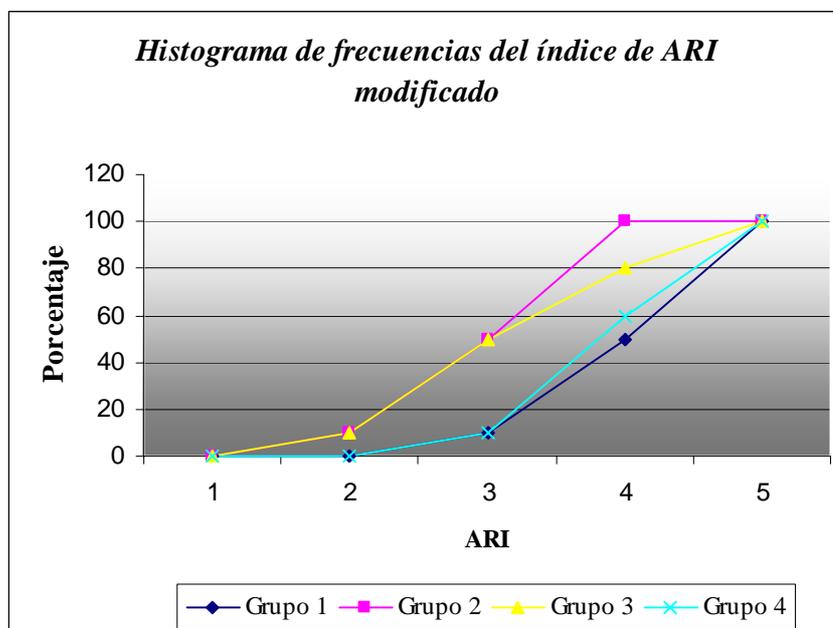
Tabla No 4

Tabla de frecuencia acumulada para el ARI

	F	FA	%									
1.0-1.9	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
2.0-2.9	0	0	0.00	1	1	10.00	1	1	10.00	0	0	0.00
3.0-3.9	1	1	10.00	4	5	50.00	4	5	50.00	1	1	10.00
4.0-4.9	4	5	50.00	5	10	100.00	3	8	80.00	5	6	60.00
5.0-5.9	5	10	100.00	0	10	100.00	2	10	100.00	4	10	100.00

Fuente: Directa

Gráfica No 2



Fuente: Directa

## DISCUSIÓN

Valores de los sistemas adhesivos de un paso con nanorrelleno para la fijación de brackets no existen actualmente en la literatura. La investigación exhaustiva que se hizo de la revisión bibliográfica por nosotros no arrojó información sobre el uso de estos sistemas en la fijación de brackets.

Existen reportes de valores de adhesión de estos sistemas adhesivos sobre el esmalte con diferentes resinas. Sunico en octubre del 2001 publicó valores de adhesión del Primer &Bond<sup>®</sup> NT Dentsply Caulk sobre esmalte grabado con ácido fosfórico al 36%, de 18.3MPa en la adhesión con la resina Spectrum TPH, así mismo Aasen en el 2005 publicó valores con este mismo sistema adhesivo pero ahora con la resina Filtek Z250 encontrando valores de 18.8 y 18.9MPa con 1 y 2 capas respectivamente. Las resinas utilizadas, por ambos autores, tuvieron alto contenido de material de relleno. En nuestro estudio los valores con el mismo sistema adhesivo fueron de 15.4MPa los cuales están por debajo de los reportados por Assen y Sunico. La explicación de esta diferencia la podemos entender por la diferente cantidad de material de carga entre las resina utilizadas por los autores y la que contienen la resina Transbond de uso para la fijación de brackets con la que se realiza nuestro estudio. De la misma manera se puede comprender de la observación del tipo de falla o prueba de ARI desarrollada por nosotros en la cual se observó un desprendimiento de la malla o sea una falla adhesiva entre malla y resina y en algunos casos una falla mixta con lo que podemos concluir que los valores obtenidos por los autores Aasen y Sunico sobre resina podrían haberse dado en la misma magnitud en nuestro estudio con una

metodología igual a la que ellos llevaron a cabo que fue sobre muestras de resina, hacer esta valoración únicamente con Transbond XT.

Del sistema adhesivo Adper™ Single Bond 2 3M ESPE como antecedentes sólo obtuvimos el reportado por Aasen en el 2004 con valores de 17.3 y 17.1 MPa igualmente con 1 y 2 capas con la resina Filtek Z250, de la misma manera que la explicación para Prime & Bond® NT nuestros valores en la fijación de brackets fueron menores con 9.7MPa. La diferencia en valores obtenidos por nosotros con Transbond XT y Adper™ Single Bond 2 de ser mayor con Prime & Bond NT, se confirman los valores reportados por Aasen ya que nosotros obtuvimos 15.4MPa y para Adper™ Single Bond 2 9.7 MPa y Aasen obtuvo con 1 capa, que fue lo que nosotros manejamos, de 18.9 y 17.3 Mpa respectivamente.

Del sistema adhesivo Futurabond NR VOCO solamente obtuvimos reportes de valores de adhesión sobre dentina y esto no es aplicable en la fijación de brackets. Esos valores fueron de 35.6MPa reportado por Gernhardt con pruebas de microtensión y de 13.3MPa reportado por Bekes con el mismo tipo de prueba. No encontramos valores sobre esmalte que hayan sido reportados en la literatura investigada por nosotros pero de acuerdo al fabricante de Futurabond NR (ficha técnica) los valores obtenidos tanto en el esmalte como dentina no muestran diferencias. Llama la atención que los valores de estos dos autores no concuerdan con los enunciados por el fabricante de 30.2 MPa para esmalte y 30.9 MPa para dentina y al hacer una relación con los valores obtenidos por nosotros de 10.8 MPa sobre esmalte dejan muchas dudas sobre la veracidad de los reportados en las ficha técnica de este producto. De la misma manera no menciona en esta ficha técnica de que forma se

obtuvieron dichos valores, recordando que con técnica de microtensión se obtienen valores más altos que con la técnica de tensión utilizada por nosotros.

Los sistemas adhesivos de autograbado adicionados con nanorrellenos, pudieran ahorrar verdaderamente el tiempo si vinieran en una presentación de una sola botella ya que utilizamos tiempos similares en mezclarlos y aplicarlos comparados con los sistemas convencionales. Estos adhesivos tienen buenos resultados en la fuerza de adhesión cuando el esmalte es biselado <sup>(2)</sup> y en la práctica ortodóntica no está indicado el biselado del esmalte.

Como manera de comparar con un grupo control los resultados de estos adhesivos tanto de una sola botella como los de autograbado valorados, utilizamos el sistema adhesivo Transbond XT 3M Unitek fabricado especialmente para la fijación de brackets, el cual provee de un ácido grabador, un primer, y la resina Transbond XT la cual se manejó en todos los casos de este estudio comparativo, la diferencia para los sistemas de una sola botella Adper<sup>TM</sup> Single Bond 2 y Prime & Bond<sup>®</sup> NT con el sistema Transbond XT fue la sustitución del primer del Transbond XT por estos adhesivos. En comparación con el sistema de autograbado Futurabond NR con este, se elimina el paso del grabado ácido y la utilización del primer en comparación con el Transbond XT.

Existen varios reportes en la literatura del comportamiento de nuestro grupo control Transbond XT con variaciones en sus resultados de acuerdo a las variantes en su uso. (Cacciafesta, Trites, Grubisa), siendo todos estos, inferiores desde 9.8 a 12.7 MPa en comparación con los valores obtenidos por nosotros, cabe recalcar que ninguno de esos

estudios fueron siguiendo las instrucciones del fabricante como el tiempo de grabado y tiempo de polimerizado. Nosotros al seguir al pie de la letra las instrucciones del fabricante obtuvimos valores que refuerzan que siguiendo las instrucciones al pie de la letra se obtendrá mejor comportamiento de cualquier material.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el único sistema adhesivo que no tuvo diferencias estadísticamente significativas con Transbond XT como nuestro grupo control fue el Primer & Bond NT por lo que se podría presumir que con este sistema obtendremos valores que se traducirán en comportamiento clínico en el mismo desempeño que el Transbond XT. Esto habría que comprobarlos en estudios físicos con variaciones de ciclajes de temperatura y con estudios clínicos de desempeño en Ortodoncia. Aunque existió una diferencia estadísticamente significativa con los otros grupos y de acuerdo a los autores Henostroza , Cacciafesta que citan a Reynolds, el valor mínimo requerido para la fijación de brackets es de 6 a 8 MPa estando cualquiera de los sistemas dentro de estos rangos. Futuras valoraciones con estos sistemas adhesivos deberán hacerse en condiciones variables de representatividad clínica previos a su recomendación de usos en la clínica para soportar de una manera más científica el uso de estos sistemas adhesivos para fijación de brackets en ortodoncia.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a la metodología utilizada en este estudio y bajo las limitantes del mismo:

1. Los resultados demuestran que existen diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas adhesivos valorados en términos de fuerza de adhesión o resistencia a la tracción de brackets.

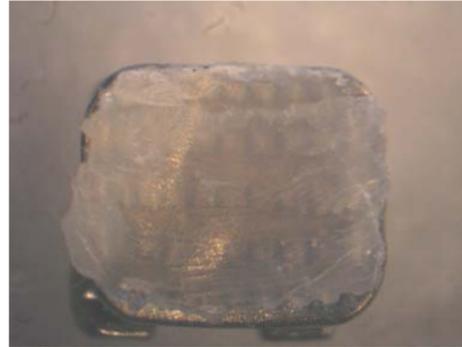
2. Los resultados obtenidos en la fuerza de adhesión el sistema adhesivo fotopolimerizable convencional como grupo control Transbond XT provee una fuerza promedio de adhesión mayor comparada con los sistemas adhesivos fotopolimerizables adicionados con nanorrelleno de una sola botella, no existiendo diferencias estadísticamente significativas con Prime & Bond<sup>®</sup> NT.

3. Los resultados obtenidos en la fuerza de adhesión el sistema adhesivo fotopolimerizable convencional como grupo control provee una fuerza promedio de adhesión mayor comparada con el sistema adhesivo de autograbado con nanorrelleno.

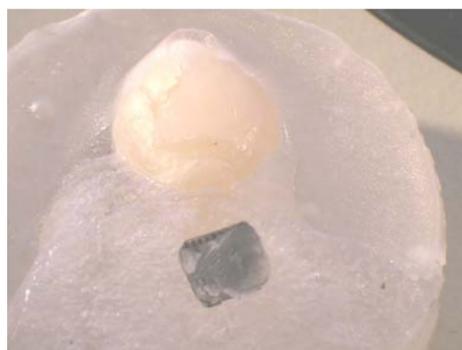
4. De acuerdo con Reynolds los cuatro adhesivos entrarían de acuerdo al resultado en la fuerza de adhesión dentro de la mínima fuerza de adhesión requerida para la mayoría de las necesidades ortodóncicas

## ANEXO 1

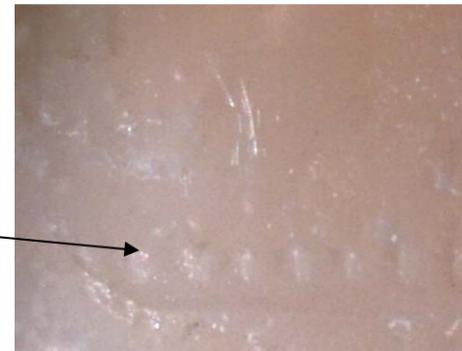
### Observaciones al microscopio para la valoración del ARI



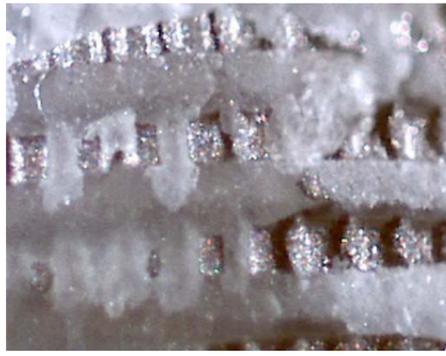
*Valoración en ARI = 5*



*Valoración en ARI = 4*



*Valoración en ARI = 3*



*Acercamiento de la base de un bracket con valoración de la muestra con ARI = 2*

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 1.- Cova NJ. Biomateriales dentales. 1ra Edición. Caracas, Venezuela: Actualidades Medico Odontológicas Latinoamérica CA; 2005.
- 2.- Henostroza HG. Adhesión en odontología restauradora. Brasil: Editora Maio; 2003.
- 3.- Barcelo SF, Palma CM. Materiales dentales Conocimientos basicos aplicados. 1ra Edición. México: Trillas; 2003.
- 4.- Phillips RW. La ciencia de los materials dentales. 9na Edición. México; Interamericana McGraw-Hill; 1993.
- 5.- Guzman BH. Biomateriales odontologicos de uso clinico. 3ra Edición. Bogota: Ecoe Ediciones; 2003.
- 6.- Bounocore MG. A Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dental Rest 1955; 34: 849-53.
- 7.- Newman GV. Epoxy Adhesive for Orthodontic attachments: Progress report. Am J Orthod 1965: 51: 901-12
- 8.- Gaberoglio R, Cosan G. In vivo Effect of Oral Enviroment On Etched Enamel: A scanning Electron Microscopic Study. J Dent Res 1979; 58:1859-1865.

- 9.- Degangre M. Dental adhesives-from requerimientos to new products/procedures. Proceedings of coference on “New materials, old test” Lake Louise, Canada. October 30-Nov 4, 2005. *Trasancctions* 2005;19:22-35.
- 10.- Cacciafiesta V, Sfondrini MF, Angelis MD, Scribante A, Klersy C. Effect of water and saliva contamination on shear bond strength of brackets bonded with convetional, hydrophilic, and self-etching primers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 123: 633-40.
- 11.- Rodriguez YE, Casasa AR. *Ortodoncia contemporanea: diagnostico y tratamiento*. 1ra Edición. España: Actualidades Medico Odontológicas Latinoamérica; 2005.
- 12.- Graber MT, Vanarsdall RL. *Ortodoncia: principios generales y técnicas*. 3ra Edición. Buenos Aires: Editorial Medica Panamericana; 2003.
- 13.- Transbond XT™ Ligth Cure Adhesive. 3M Unitek Ficha técnica USA 2005  
URL:[www.3MUnitek.com](http://www.3MUnitek.com)
- 14.- Ireland AR, Knigh H, Sherriff M. An in vivo investigation into bond failure rates with a new self-etching primer system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124:323-6.
- 15.- Grubisa HIS, Heo G, Raboud D, Glover KE, Major P W. An evaluation and comparison of orthodontic bracket bond strengths achieved with self-etching primer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004; 126: 213-9.
- 16.- Trites B, Foley TF, Banting D. Bond strength comparison of 2 self-etching primers over a 3-month storage period. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004; 126: 709-16.

- 17.-** Hormarti AA, Fuller JL, Denehy GE. Effects of contamination and mechanical disturbance on the quality of acid etched enamel. J Am Dent Assoc 1989;100:34-8.
- 18.-** Silvestone LM, Hicks J, Featherstone MJ. Oral fluid contamination of etched enamel surfaces an SEM study. J Am Assoc 1985; 329-32.
- 19.-** Prime & Bond<sup>®</sup> NR<sup>™</sup>. Dentsply Caulk. Instrucciones de uso. U.S.A. 1999. URL://www.dentsply-iberia.com/P&B/p&bnt.htm
- 20.-** Sunico MC, Shinkai K, Medina III VO, Shirono M, Tanaka N, Katoh Y. Effect of surface conditioning and restorative material on the shear bond strength and resin-dentin interface of a new one-bottle nanofilled adhesive. Dent Mater 2002; 18: 535-542.
- 21.-** Aasen SM, Russell VA, Shukta BA, Craig BD. 0472 One Vs Two Coat Bond Strengths of filled Adhesives. Proceeding of the 83<sup>rd</sup> General Session ADR/AADR/CARD 2005; March 9-12 Baltimore.
- 22.-** Adper<sup>™</sup> Single Bond 2 3M ESPE. Ficha técnica. México 2005 URL: <http://cms3.com/cms/MX/es/1-21/kceicFQ/view.jhtml>
- 23.-** Nathanson D, Antebi R, Hughes CV. 2973 Bonding self-etching adhesives to enamel and dentin in vitro. Proceeding of the 83<sup>rd</sup> General Session IADR/AADR/CARD; 2005 March 9-12 Baltimore

- 24.-** Cardoso PEC, Braga RR, Carrilho MRO. Evaluation of micro-tensile, shear and tensile tests determining the bond strength of three adhesive systems. Dent Mater 1998; 14:394-398.
- 25.-** Ferrari M. Effect two etching times on the sealin ability of Clearfil Liner Bond 2 in Clas V restorations. Ame J Dental 1997; 10: 66-77.
- 26.-** Passhley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives Part II: etching effects on unground enamel. Dent Mater 2001;17:430-444.
- 27.-** Hara AT, Amaral LM, Pimenta LA, Sinhoreti MA. Shear bond strength off hydrophilic adhesive system to enamel. Ame J Dental 1999;12:181-4.
- 28.-** Futurabond NR Voco Cuxhaven. Ficha técnica. Rumania 2005 [URL:file//A:\Noutăți pe piata producerlor stomatologice-Dentistul\\_net.htm](file://A:\Noutăți pe piata producerlor stomatologice-Dentistul_net.htm)
- 29.-** Futurabond NR Página de presentación. Español 2005 [URL:http://www.voco.de/praeparate/es/html/prodinfo/futurabond-nrhtm](http://www.voco.de/praeparate/es/html/prodinfo/futurabond-nrhtm)
- 30.-** Futurabond NR Single Dose Voco Cauxhaven [URL: file//A:\ISODENT-naslag-Admira-Ormocer®composiet.htm](file://A:\ISODENT-naslag-Admira-Ormocer®composiet.htm)
- 31.-** Bekes K, Gernhardt CR, Schaller HG. 0198 Microtensile Bond Strength of Five Selfconditioning Dentin Adhesive in vitro. Proceeding of congress of IADR; 2005 SEP14-17.

- 32.-** Gernhardt CR, Fechner K, Schaller HG. 2972 Microtensile Bond Strength of Four Selfconditioning Dentin Adhesives in Vitro. Proceeding of the 83<sup>rd</sup> General Session IADR/AADR/CARD; 2005 March 9-12 Baltimore.