



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA FUERZA DE  
ADHESIÓN A DENTINA DE ADHESIVOS DE QUINTA  
GENERACIÓN Vs SÉPTIMA GENERACIÓN.

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**C I R U J A N A   D E N T I S T A**

P R E S E N T A:

MITZI JANETTE SÁNCHEZ LÓPEZ

TUTORA: C.D. TERESA BAEZA KINGSTON



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

*A mi padre Julio César, por el apoyo durante toda mi trayectoria académica, por sus experiencias y por esas teorías interminables cuando me explicabas algún tema.*

*A mi madre Diana, por enseñarme a sonreír, por ser la mejor amiga y ayudarme en mis momentos de alegría y tristeza, por obligarme a ser puntual y sobre todo por hacer que entienda el significado de la familia.*

*A mi hermano mayor, Iván por ser el ejemplo que siempre has sido para mí, por los sacrificios que hiciste por nosotras, por enseñarme a sumar y sobre todo, por llevarme a la escuela y tirarme en aquel charco, gracias por ser un hermano incondicional.*

*A mi hermana, cómplice y mejor amiga Guendaviani, por soportarme todos los días y obligarme a despertar temprano, sin duda, sin ti nunca hubiera obtenido este logro, gracias por desvelarte junto a mí, por hacer mis tareas, por secar mis lágrimas y ser la mejor hermana que pudiera tener, me encanta compartir contigo el gusto por esta hermosa carrera así como todos mis años académicos. Eres la mejor compañera de vida, te quiero mucho.*

*A abuelita Conchita, por darnos esta bonita familia y jugar con nosotros. Eres el mejor ejemplo a seguir de esfuerzo y trabajo.*

*A Susana y Xunaxi por alegrar nuestro hogar y por esas “charlas de mujeres”.*

A mi tutora C. D. Teresa Baeza Kingston por adoptarme todo este tiempo, por la paciencia, el interés y ayuda incondicional en todo momento, sin duda, es la mejor tutora. Al Mtro. Jorge Guerrero Ibarra, por el gran apoyo brindado para poder llevar a cabo este trabajo. Al Esp. Jaime González Orea, por su tiempo y enseñanzas, pues fue mi profesor en mi primer día de clases y lo es en el último.

A los amigos que han estado siempre conmigo en momentos importantes desde hace años y que me han brindado su apoyo incondicional, Ricardo, Edgar, Dulce, Andrea, "CHPT".

A todos los amigos que me acompañaron estos cinco años. Nancy, Erika, Violeta, Gisela, Alex, Ale Miranda, Karen, Anahí, Jessica, Héctor, Julieta, Daniel, Miguel, a mis compañeros del servicio social y a nuestro ángel Marcos, nunca te olvidaremos. Gracias por el apoyo, risas, tardes de estudio y por no rendirnos nunca.

A mis sensuales, por adoptarme en poco tiempo y formar una familia muy peculiar. Mabel, "Mazi", Nadia, Verónica y Américo, gracias por todas las carcajadas, las anécdotas y por soportar el lado más sincero de cada uno.

Al equipo materiales dentales, Willie, Francisco, Paola y Viridiana por sacarme de apuros y salvar mi vida junto con este trabajo, aprendí mucho de ustedes.

A un gran amigo, Ariel Medina por ayudarme a terminar este trabajo, gracias por el tiempo y la disposición.

A una gran compañero, Karim Zetter, por demostrarme que aún hay vida en este planeta. Por estar en momentos de alegría y también de debilidad, gracias por el gran apoyo que has sido durante este tiempo, por

enseñarme la pasión en la odontología y a no conformarme nunca con los conocimientos.

A la Facultad de Odontología y profesores, por el apoyo y el aprendizaje que obtuve de cada uno de ellos. También a Sergio y al equipo representativo de fútbol de la facultad, por compartir durante este tiempo el sudor, esfuerzo y compañerismo en la cancha.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por otorgarme el honor de pertenecer a la máxima casa de estudios como estudiante y deportista.

**“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”**

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>9</b>
1. ANTECEDENTES.....	9
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>17</b>
2. MARCO TEÓRICO .....	17
2.1 ADHESIÓN .....	17
2.1.1 Adhesión mecánica .....	17
2.1.2 Adhesión química.....	18
2.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ADHESIÓN.....	19
2.2.1 Energía superficial.....	19
2.2.2 Humectancia .....	20
2.2.3 Ángulo de contacto de humectación.....	21
2.3 CARACTERÍSTICAS DEL ADHESIVO.....	22
2.3.1 Viscosidad .....	22
2.3.2 Contracción de polimerización .....	22
2.3.3 Espesor del adhesivo .....	22
2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS ADHESIVOS .....	23
2.4.1 Según el tipo y el número de componentes .....	23
2.4.1.1 <i>Etch-and-rise</i> (grabar y enjuagar).....	23
2.4.1.2 <i>Selfetch</i> (autograbado).....	25
2.4.2 Según la cronología de aparición .....	26
2.4.2.1 Primera generación .....	27
2.4.2.2 Segunda generación .....	27
2.4.2.3 Tercera generación .....	28
2.4.2.4 Cuarta generación.....	29
2.4.2.5 Quinta generación .....	30
2.4.2.6 Sexta generación .....	31
2.4.2.7 Séptima generación .....	31
2.5 ADHESIÓN A TEJIDOS DENTARIOS.....	33
2.5.1 Adhesivo dentinario .....	33
2.5.2 Esmalte .....	33

2.5.3 Dentina .....	34
2.5.4 Rol del agua .....	35
2.6 PREPARACIÓN DE SUPERFICIE .....	38
2.6.1 Preparación de la dentina.....	38
2.6.1.1 Técnica “ <i>etch and rise</i> ” (grabar y enjuagar) .....	38
2.6.1.2 Técnica “ <i>selfetch</i> ” (autograbado).....	39
2.7 COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA ADHESIVO .....	40
2.7.1 Ácido acondicionador de esmalte y/o dentina .....	40
2.7.2 <i>Primer</i> .....	40
2.7.3 Solvente .....	41
2.8 SISTEMAS ADHESIVOS UTILIZADOS EN EL ESTUDIO .....	43
2.8.1 Adhesivo Excite de IvoclarVivadent® .....	43
2.8.2 Adhesivo Tetric N-Bond Universal de IvoclarVivadent® .....	43
2.8.3 Adhesivo ONE COAT BOND de Coltène® .....	44
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>45</b>
3. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	45
3.1 Planteamiento del problema .....	45
3.2 Justificación .....	46
3.3 Objetivos .....	47
3.3.1 Objetivo general .....	47
3.3.2 Objetivos específicos .....	47
3.4 Hipótesis.....	48
3.4.1 Hipótesis verdadera .....	48
3.4.2 Hipótesis alterna.....	48
3.4.3 Hipótesis nula.....	48
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>49</b>
4. METODOLOGÍA.....	49
4.1 Criterios de inclusión .....	49
4.2 Criterios de exclusión .....	49
4.3 Variables dependientes .....	50
4.4 Variables independientes .....	50
4.5 Material instrumental y equipo.....	51

4.6 Muestreo .....	53
4.7 Preparación de las muestras .....	54
4.7.1 Grupo A Adhesivo de quinta generación base alcohol Excite de IvoclarVivadent® y la resina Tetric N-Ceram de IvoclarVivadent® .....	56
4.7.2 Grupo B Adhesivo de séptima generación base alcohol Tetric N-Bond Universal de IvoclarVivadent® y la resina Tetric N-Ceram de IvoclarVivadent® .....	59
4.7.3 Grupo C Adhesivo de quinta generación base agua ONE COAT BOND de Coltène® y resina Coltène® .....	61
4.8 Prueba de fuerza de adhesión .....	63
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>65</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>66</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>70</b>

## INTRODUCCIÓN

Desde la aparición de la odontología adhesiva, los sistemas adhesivos han evolucionado a través del tiempo con la finalidad de otorgar mejor fuerza de adhesión a los tejidos dentales y las restauraciones, también se ha logrado disminuir el tiempo y número de pasos necesarios para la aplicación en la clínica de estos materiales, haciendo más cómoda la clínica odontológica.

Los sistemas adhesivos de quinta generación, requieren de una previa preparación ácida de la dentina, así como el lavado de éste durante algunos segundos, posteriormente, se coloca el *primer* y el adhesivo, este tipo de sistemas también son llamados “*etch and rise*” (grabar y enjuagar), actúan eliminando el *smearlayer* o barrillo dentinario, producido por los instrumentos utilizados al realizar la cavidad. Los encontramos en dos componentes, uno con el ácido grabador generalmente ácido fosfórico y en el segundo, el *primer* junto con el adhesivo.

En los adhesivos de séptima generación no es necesaria la preparación ácida, ya que estos sistemas actúan modificando el *smearlayer* o barrillo dentinario, por lo que es un sistema mono frasco o todo en uno, ya que el ácido, *primer* y adhesivo se encuentran en un solo componente, estos sistemas también son llamados “*selfetch*” (autograbado).

En la actualidad es importante conocer qué tipo de solvente compone el sistema adhesivo que vamos a utilizar ya sea acetona, alcohol o agua, sin importar la generación que sea, ya que cada uno de ellos requiere una manipulación y cantidad de humedad específica.

La finalidad de realizar este estudio es comparar la fuerza de adhesión a dentina de dos adhesivos de quinta generación contra uno de séptima generación.

# CAPÍTULO I

## 1. ANTECEDENTES

Los principios de la adhesión en la odontología datan en la década de los cincuenta, tenía lugar la aparición del primer adhesivo SEVRITION en 1951, desarrollado por Hagger, cuya composición era la del ácido glicerofosfóricodimetacrilato. En un medio húmedo, la unión era inestable y se descomponía. <sup>(1)</sup>

El comienzo real de la adhesión en odontología, tuvo lugar en 1955 cuando Michael Buonocore, usando técnicas de adhesión industrial, describió que el tratamiento de la superficie del esmalte con grabado ácido, que después se lavaba y secaba podría mejorar la duración de la adhesión. <sup>(1,2)</sup>

Hacia 1960 sugiere que la formación de las interdigitaciones de resina (*resintags*) era la causa principal de la adhesión de la resina al esmalte grabado. El grabado ácido en dentina permitió remover la capa superficial del *smearlayer* (capa de barrillo dentinario, que se crea durante el tratamiento de la dentina utilizando fresas) y acondicionar la capa superficial de la misma removiendo parte de contenido inorgánico, permitiendo exponer la malla de colágeno y aumentar la permeabilidad de los túbulos dentinarios, los cuales serán infiltrados con el sistema adhesivo formando la llamada capa híbrida, mecanismo fundamental en el proceso de adhesión de la resina a la dentina. <sup>(1,2,3)</sup>

Al hallazgo de Buonocore, se sumó Bowen con la obtención de una resina capaz de adherirse al diente grabado con ácido. Dicha “resina de Bowen” es el bisfenol-glicidil-metacrilato (Bis-GMA), cuya formulación contempla dentro de la molécula la presencia de tres zonas, una central que le

confiere la rigidez a la resina, dos áreas a lo largo de la cadena, que le proporcionan la viscosidad y dos extremos que le permiten establecer una reacción de polimerización.<sup>(1)</sup>

En 1965, Bowen propone el primer adhesivo dentinario comercial, con una molécula, el NPG-GMA (N-fenilglicina-glicidil Metacrilato) que tenía carácter bifuncional, de forma que el extremo del metacrilato se uniría a la resina compuesta como material restaurador y el otro extremo se uniría a la dentina. Este adhesivo se comercializó como Cervident de la S:S:White. Los resultados clínicos a los 3 años mostraban el 50% de fallos y más de estos se presentaban en los primeros seis meses de tratamiento. La causa se atribuye a las bajas propiedades de humectancia, cristalizando postsecado, reduciendo la superficie disponible para la unión con la resina compuesta.<sup>(1)</sup>

En 1978, se comercializa el primer adhesivo dentinario a base de fosfatos, llamado Clearfil Bond System de Kurakay, que contenía un monómero hidrófobo, el metacriloxietil-fenil-hidrógenofosfato, junto con un metacrilato hidrosoluble, HEMA (Hidroxietilmetacrilato) e incorporando activadores químicos, por lo que se presentó como un sistema de dos componentes, estos son los promotores de la reacción de polimerización y se repartían entre ambos componentes. La capacidad de adhesión era pobre debido a la poca capacidad de humectar la dentina, y se situaba alrededor de los 3 MPa, valores que mejoraron cuando fue utilizado junto a una técnica de grabado total.<sup>(1)</sup>

A finales de la década de los 70, el grabado ácido parcial de la dentina, se introduce para modificar parcialmente el *smearlayer*, incrementando la permeabilidad de la dentina. El uso de dos componentes como son: el imprimidor (*primer*) con moléculas de monómeros bifuncionales con un extremo hidrófilo y otro extremo hidrófobo (extremo carboxilo), que tienen la capacidad de transportar una molécula hidrófoba como son los

monómeros adhesivos a un tejido con humedad relativa como la dentina, la cual tiene capacidad de unirse por su extremo hidroxilo a los monómeros hidrófobos del adhesivo por su extremo carboxilo, permitiendo incremento significativo de la fuerza de adhesión a la dentina, lo que eliminó la necesidad de preparaciones cavitarias retentivas para las restauraciones adhesivas, disminuyendo de igual manera la sensibilidad posoperatoria. <sup>(1,2)</sup>

Hacia 1980, se introdujo la técnica de grabado total, que permite remover completamente el *smearlayer*, grabando simultáneamente esmalte y dentina con la utilización de ácido fosfórico; sin embargo, la principal preocupación era evitar el colapso de la red de fibras colágenas expuestas en la capa de dentina desmineralizada y favorecer la formación de las interdigitaciones de resina y ramificaciones laterales en los túbulos, lo que conforma la llamada “Capa Híbrida”, descrita por Nakabayashi en 1982.<sup>(2)</sup>

Nakabayashi justifica la imbricación (unión adhesiva retentiva del latín *retinere*: retener, conservar) de la resina del adhesivo entre la dentina, de forma que la resina se sitúa entre las redes de colágeno, imbricándose entre ellas y a su vez es capaz de introducirse en los túbulos dentinarios parcialmente mineralizados, para crear auténticos *tags* entre los mismos. El patrón del grabado ácido de los tejidos duros del diente, con sus microporosidades y zonas retentivas, posibilita posteriormente una imbricación íntima con los materiales de resina, creando la imagen histológica de la “Capa Híbrida”. <sup>(1,3)</sup>

Los pasos que recomienda Nakabayasahi para conseguir la hibridación son el grabado de la dentina con una solución del 10:3 de ácido cítrico al 10%, que elimina el *smearlayer* y graba la hidroxiapatita (entre 5-10 micras), junto con el grabado con cloruro férrico al 3% que crea la

desnaturalización y coagulación de las fibras de colágeno. A continuación del grabado, se debe proceder a la imprimación con un monómero hidrófilo capaz de infiltrarse en la dentina e incorporar en los haces de colágeno. <sup>(1)</sup>

En la década de los ochenta. Bowen y Cobb introdujeron los sistemas de unión con oxalatos. Describen un sistema de unión con una solución acuosa de oxalato férrico, que luego lo sustituyeron por el oxalato de aluminio para evitar la tinción del diente. El primer producto comercial fue el Tenure de Dent-Mat en 1982, que era un sistema de 8 pasos que posteriormente se simplificó y se presentaba como un acondicionador que contenía oxalato de aluminio al 3.5%, ácido nítrico al 2.5% y un 94% de agua, una solución A con NPG-GMA en acetona al 94% y una solución B que era un 10% de PM-DM. El mecanismo de acción despegaba el *smearlayer* para que la resina pudiera fluir por los túbulos dentinarios. <sup>(1,2)</sup>

Se comercializa en 1983 el Scotchbond (3M), un esterfosfato del Bis-GMA que se presentaba en dos componentes: la resina hidrofóbica formada por Diclorofosfato de BisGMA al 57%, un 43% de TEG-DMA (Trietilglicidildimetacrilato) y pequeñas cantidades del iniciador del peróxido de benzoilo y el otro componente, el líquido, constituido por un 98% de etanol. La unión al esmalte, llegó hasta los 5 MPa, pero la unión a dentina solo conseguía una séptima parte que la del esmalte. Algunos nombres comerciales pertenecientes a este grupo son: Bondlite (Kerr), Universal Bond (Caulk), DentinBondingagent (J&J), Synter Bond (TeledyneGetz), creation Bond (Dent Mat). <sup>(1,2)</sup>

Entre 1984 y 1989, se comercializa el Clearfil New Bond y el Clearfil Fotobond de Kurakay, que era un nuevo fosfato que contenía un grupo hidrofóbico largo (MDP- Metacriloxyetildihidrógeno fosfato) y un grupo hidrofílico con mayor humectancia (HEMA). Los resultados no eran mejores si no se grababa la dentina con ácido fosfórico. <sup>(1,2)</sup>

Munksgaard y Asmussen en 1985 crean el sistema Gluma, los autores promueven un adhesivo dentario que graba el esmalte con ácido fosfórico al 37%. Graba la dentina con EDTA al 17%, posteriormente se imprima la superficie del diente con glutaraldehído al 5% que reacciona con la dentina. Se produce después, una reacción de condensación con el HEMA al 35% y un 65% de agua junto con el glutaraldehído. El siguiente paso es colocar una resina fluida a la que se aplica la luz de polimerización. El sistema Gluma fue el adhesivo más vendido de 1985. Posee una corta vida de almacenamiento. Este sistema juntó a adhesivos dentarios como el Mirage Bond (Myros), Restbond (Lee).<sup>(1,2)</sup>

En la década de los noventa, con intención de utilizar adhesivos más hidrofílicos, para seguir las características de la dentina, y así mejorar la capacidad de unión, aparecen los adhesivos basados en primers acuosos. Estos constan de un acondicionador de dentina y esmalte (EDTA, ácido nítrico, polioxidina) que limpia la interfase dental y usualmente retiran el barrillo dentinario. Casi siempre son lavados después de aplicar el acondicionador. También constan del primer acuoso propiamente dicho, que humedece la superficie de la dentina, incrementa la permeabilidad del barrillo dentinario, proveen retención micromecánica de la superficie dentaria y provee de unión química, lo que mejora el potencial de interacción química entre el barrillo alterado y la superficie de la dentina. Los adhesivos dentinarios que utilizan este sistema de *primers* acuosos son: Scotchbond 2, XR Bond (Kerr), Primer Universal Bond 2 y Tripton (coE). La capacidad de unión de éstos, estaba alrededor de los 10-12 MPa.<sup>(1)</sup>

En la misma década, se inicia el “sistema de un frasco”, combinando el imprimador y el adhesivo dentro de una solución aplicada después del grabado del esmalte y dentina con ácido fosfórico al 35-37% por 15 a 20 segundos, permitiendo la formación de las interdigitaciones de resina y de la capa híbrida, creando una retención micromecánica de la resina al

sustrato desmineralizado, lo cual demostró valores de resistencia de unión tanto a esmalte como a dentina de aproximadamente 29 MPa. Permitted simplificar el procedimiento clínico de aplicación del sistema adhesivo, reduciendo relativamente el tiempo de trabajo, sin embargo, se debía evitar el colapso de la red de fibras de colágena durante el proceso de grabado total.

La evolución constante de los sistemas adhesivos enfocada a la simplificación de los procedimientos clínicos, tiempos de trabajo y sensibilidad de la técnica operatoria favoreció al desarrollo a mediados de la década de los noventa los sistemas adhesivos de sexta generación o sistemas autograbadores, estos permitieron eliminar el paso de grabado ácido, realizando el grabado simultáneo del sustrato dentario y su acondicionamiento para recibir el adhesivo, empleando imprimadores autograbadores y mezclas de adhesivos con imprimadores, generando retención micromecánica en los tejidos duros permitiendo la unión directamente sobre el *smearlayer* que cubre la dentina. Se reportan valores de resistencia de unión de aproximadamente 26 MPa, para los autograbadores de dos pasos. Los adhesivos autograbadores están compuestos de mezclas acuosas de monómeros funcionales acídicos hidrofílicos, generalmente ésteres del ácido fosfórico, con un pH de 1.5 a 2.5, un poco más alto que los geles del ácido fosfórico. <sup>(1)</sup>

Watanabe y Nakabayashi desarrollaron los imprimadores autograbadores a partir de soluciones de 2-hidroxietilmetacrilato (HEMA) al 30%, posteriormente se incorporó trietilenglicoldimetacrilato (TEGDMA) y metacriloxidecildihidrogenion fosfato (MDP). Las grandes ventajas de estos sistemas adhesivos autograbadores están en la simplificación del proceso adhesivo, tiempos de trabajo y disminución de la sensibilidad posoperatoria. <sup>(1)</sup>

En la actualidad, existen adhesivos autograbadores de un frasco y un solo paso *all in one*, en los cuales la técnica ha sido simplificada al máximo permitiendo mantener en una solución los componentes de monómeros acídicos hidrofílicos, solventes orgánicos y agua, indispensables para la activación del proceso de desmineralización de la dentina y el funcionamiento del sistema. Los solventes como acetona o alcohol son mantenidos en la solución, pero al ser dispensados se inicia la evaporación de los solventes, la cual dispara la reacción de la fase de separación, la formación de múltiples gotas de agua y la inhibición por el oxígeno, disminuye su grado de conversión, lo cual favorece la degradación hidrolítica, afectando la capacidad de unión en la interfase adhesiva. Se reportan valores de resistencia de aproximadamente 20 Mpa. Este sistema no es compatible con los cementos de resina de autocurado.<sup>(1)</sup>

En el 2001, Sanares y colaboradores observaron que sistemas adhesivos simplificados empleados con una resina activada químicamente mostraba valores de resistencia de unión menores que cuando eran utilizados en conjunto con una resina fotoactivada. Los autores lo atribuían a dos factores, el principal sería la acidez de los sistemas adhesivos simplificados, que degradaría la amina terciaria responsable por la activación del proceso de polimerización en la resina químicamente activada, el otro factor sería la inclusión de bolas de aire durante la manipulación de la resina químicamente activada, que favorecería fallas cohesivas en la resina.<sup>(4)</sup>

En el 2003, Pfeifer y colaboradores, compararon el uso de sistemas adhesivos simplificados con un sistema adhesivo convencional de 3 pasos (Scotchbond MP), empleados con cementos resinosos. Los cementos resinosos fueron utilizados en el modo de polimerización dual y auto-polimerizable. El Scotchbond MP fue el único sistema adhesivo que presentó resultados similares cuando fue asociado a cementos de curado

dual y químicamente activados. Para los otros adhesivos, las diferencias de resistencia de unión con los modos de activación de los cementos alcanzaron del 33% - 76%. Los autores concluyeron que los sistemas adhesivos simplificados pueden interactuar negativamente con cementos de curado dual usados en la ausencia de fotoactivación, resultando en una significativa caída de valores de resistencia de unión. <sup>(4)</sup>

En el 2009 Díaz-Romeral y colaboradores mencionan que el cementado adhesivo es el único tipo de cementado que se puede emplear para restauraciones con escasa retención dada a su elevada fuerza de unión. La capa de un adhesivo dentario tiene un grosor medio de 60-80 micras aproximadamente, pero en zonas cóncavas, como el ángulo interno de una línea de terminación puede ser de unas 200-300 micras. También describen que mientras más pasos tiene un sistema adhesivo, mayor será la fuerza de adhesión al diente aunque el sistema sea más complejo y sensible a la técnica, por otro lado, los sistemas de un solo paso son fáciles de manejar pero la fuerza de adhesión es menor a los sistemas multicomponentes. <sup>(5)</sup>

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ADHESIÓN

El término adhesión (del latín *adhaerere*: pegarse a algo, lindar con algo), describe la unión entre dos sustancias distintas. <sup>(3)</sup>

Se refiere a cualquier mecanismo que se emplea para mantener partes en contacto. La adhesión es un proceso de unión superficial, cuando dos sustancias se ponen en contacto, las moléculas de una se adhieren o son atraídas por las moléculas de otra, siendo estas moléculas de diferente tipo. El material o película empleado para la adhesión se denomina adhesivo y el material al que se aplica es el adherente.

De acuerdo con esto, la adhesión se puede clasificar en dos categorías según sea el mecanismo que se utilice para lograrla: mecánica y química (o específica). <sup>(6,7)</sup>

##### 2.1.1 Adhesión mecánica

Las partes se mantienen en contacto sobre la base de la penetración de una de ellas en las irregularidades (macroscópicas o microscópicas, naturales o inducidas) que presenta la superficie de la otra. Así quedan ambas trabadas, impidiendo ello su desplazamiento o separación.

La unión mecánica se basa en la penetración del adhesivo en irregularidades microscópicas en la superficie del sustrato. Para este procedimiento es mejor un adhesivo fluido o un adhesivo líquido ligeramente viscoso, porque penetra en estos defectos superficiales con

facilidad. Al endurecer, las numerosas proyecciones del adhesivo embebidas en la superficie del adherente proporcionan el anclaje para la unión mecánica. <sup>(6, 7)</sup>

### **2.1.2 Adhesión química**

Se produce cuando las partes se mantienen en contacto sobre la base de la fuerza lograda por la formación de uniones químicas entre ambas superficies involucradas, ya sean aquellas primarias o secundarias. Se busca que en la zona de unión se tenga el mismo mecanismo responsable de la cohesión dentro de cada una de las partes involucradas para lograr una continuidad absoluta en el conjunto, para esto es necesario que ambos sustratos cuenten con similares tipos de uniones químicas <sup>(6)</sup>

## **2.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ADHESIÓN**

### **2.2.1 Energía superficial**

Para que se produzca la adhesión, las interfases de las superficies deben atraerse entre sí. Esta situación se da independientemente de las fases (sólida o líquida).

Los átomos se unen entre sí para formar el estado sólido. Entre cada uno de esos átomos se ejerce atracción, pero si todos tienen vecinos a los cuales atraer en el interior de la masa de un cuerpo, la situación difiere en la superficie. La energía de la superficie de un sólido es muy superior a la de su interior. En la superficie de la estructura, la energía es mayor porque los átomos más alejados no se ven atraídos de la misma manera en todas las direcciones. Esto hace que en la superficie existan fuerzas o energía libre que se denomina energía superficial.

Los materiales con mayor energía superficial son aquellos en que las uniones son más fuertes. La menor energía superficial se encuentra en los materiales orgánicos, ya que en ellos el estado sólido está dado por uniones secundarias entre moléculas.

Aunque los términos tensión superficial y energía superficial son sinónimos, el primero se aplica a líquidos y el segundo a sólidos. En odontología, para facilitar la adhesión se necesita lograr alta energía superficial de la estructura que se va a unir y baja tensión superficial del líquido o adhesivo. <sup>(6, 7, 8)</sup>

### 2.2.2 Humectancia

Es difícil forzar la unión de dos superficies sólidas. Independientemente de lo lisas que parezcan las superficies, a nivel microscópico son rugosas y sólo entran en contacto las partes altas (que constituyen un pequeño porcentaje del área total). Esta dificultad puede resolverse si se coloca entre las dos superficies un líquido que fluya hacia todas las irregularidades y ponga así en contacto la mayor parte del área superficial. El líquido será el adhesivo, y la superficie sólida el adherente.

La efectividad de la adhesión depende de la capacidad del líquido para distribuirse en toda la superficie del sólido. Esta característica recibe el nombre de humectancia. Si el líquido no humecta la superficie del adherente, no se producirá la adhesión entre el líquido y el adherente.

Varios factores influyen en la capacidad de un adhesivo para humectar la superficie de un adherente. El primer factor, es la limpieza de la superficie, ya que será humectada y deberá estar libre de elementos que dificulten la distribución homogénea de éste.

Otro factor es la energía superficial, los sólidos con alta energía superficial como los metales, atraen con fuerza al líquido que los moja y de esa manera la adhesión que se logra es efectiva. Cuando en la superficie del sólido hay poca energía, el líquido colocado sobre ella no se esparce.

El último factor es la tensión superficial del líquido, cuando un líquido es elegido para adhesión, debe tener baja tensión superficial para que logre extenderse sobre la superficie colocada. Si tiene alta tensión superficial, cubrirá muy poca superficie y la adhesión será mínima. Los líquidos disolventes, como el alcohol y la acetona, tienen baja tensión superficial, además de gran volatilidad. Por lo que son elegidos como vehículos de moléculas adhesivas en algunos sistemas. <sup>(7, 8)</sup>

### **2.2.3 Ángulo de contacto de humectación**

El ángulo de contacto es el que se forma entre la interfase de un adhesivo y el adherente. Al medir este ángulo, se puede determinar hasta qué punto un adhesivo humecta la superficie de un adherente. Si las moléculas del adhesivo son atraídas por las del adherente igual o más de lo que se atraen entre sí, el adhesivo líquido se extenderá completamente sobre la superficie del sólido y no se formará ningún ángulo de contacto. Entonces mala humectación mayor ángulo de contacto, buena humectación menor ángulo de contacto. <sup>(7, 8)</sup>

## **2.3 CARACTERÍSTICAS DEL ADHESIVO**

### **2.3.1 Viscosidad**

Un adhesivo debe tener baja viscosidad cuando se aplica, de tal manera que sea capaz de adaptarse rápidamente y penetrar dentro de las irregularidades de la superficie. Los adhesivos viscosos pueden funcionar satisfactoriamente con más tiempo y aplicación a presión. Un líquido de baja viscosidad puede llenar las superficies de las cavidades en segundos, un adhesivo viscoso tardará minutos u horas en completar una superficie de contacto en las mismas estructuras. <sup>(9)</sup>

### **2.3.2 Contracción de polimerización**

El endurecimiento del adhesivo usualmente involucra contracción. Debido a que el adhesivo es comprimido por el substrato, se forman tensiones dentro de la unión, las cuales pueden ser suficientemente grandes como para causar un fracaso prematuro. <sup>(9)</sup>

### **2.3.3 Espesor del adhesivo**

Está en relación con la viscosidad. Las capas gruesas de adhesivos dan uniones más débiles que las capas delgadas. Esto puede deberse a imperfecciones o defectos en las capas gruesas o a la mayor deformación que puede tomar lugar bajo tensión. Las capas delgadas son comprimidas más fácilmente y deben resultar en una mayor distribución de tensión. <sup>(9)</sup>

## 2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS ADHESIVOS

### 2.4.1 Según el tipo y el número de componentes

Van Meerbeek y colaboradores propusieron una clasificación basada en la estrategia de adhesión de sistemas adhesivos a partir del tipo y el número de sus componentes, que están en uso actualmente en los sistemas adhesivos modernos. <sup>(2)</sup>

#### 2.4.1.1 *Etch-and-rise* (grabar y enjuagar)

Estos adhesivos son los denominados *etch-and-rise* (grabar y enjuagar) y podemos encontrarlos en cuatro o tres componentes.

Cuatro componentes:

- Ácido
- *Primer* imprimador
- Segundo imprimador
- Bond

Ejemplo: Syntac Classic de IvoclarVivadent, Liechtenstein

Tres componentes:

- Ácido
- Imprimador
- Bond

Ejemplo: el OptiBond FL de KerrHawe, Suizo

Todos los sistemas *etch-and-rise* tienen en común el grabado mediante un ácido independiente y separado como primer componente, generalmente, el ácido fosfórico en una concentración aproximada del 37%.

Después de la aplicación del ácido debe enjuagarse durante mínimo 10 segundos con chorro de agua (de ahí el nombre). Tras el secado posterior con aire, se produce el patrón del grabado con sus microporosidades y zonas retentivas.

En el caso del esmalte, a continuación se aplica otro componente, el denominado bond (adhesivo). El bond es fluido, se introduce perfectamente en las microporosidades y en las zonas retentivas del patrón del grabado ácido.

Tras la polimerización del bond (con luz azul) se establece la unión adhesiva, los monómeros hidrófobos del bond polimerizado pueden unirse en un siguiente paso a los materiales de resina igualmente hidrófobos.

Por otro lado, en el caso de la dentina, posterior al grabado ácido, debido al elevado contenido en agua de la dentina, es necesario uno o dos componentes adicionales en forma de líquido o líquidos imprimadores. Los imprimadores constan de denominados monómeros anfifilos (del griego *amphi*: ambos; y *philia*: amor), los cuales están disueltos en disolventes de distintos tipos. Estos monómeros poseen por una parte un componente hidrófilo que tolera el agua de la dentina y puede penetrar en ella, por otro lado, poseen una parte hidrófoba que se une a continuación a los monómeros hidrófobos del bond. El bond utilizado en la dentina es el mismo que el empleado en el esmalte dental. Tras polimerizar el bond se establece, gracias al imprimador, la unión adhesiva del bond a la dentina.

#### 2.4.1.2 *Selfetch* (autograbado)

Estos sistemas son denominados *selfetch* (autograbado) y los encontramos en dos o un componente.

Dos componentes:

- Ácido, imprimador
- Bond

Ejemplo: Clearfil SE de Kuraray, Japón

Un componente:

- Ácido, imprimador, y bond

Ejemplo: Xeno V de Dentsply De Trey, Alemania. <sup>(2, 3)</sup>

Los sistemas *selfetch* no contienen ácido independiente como primer componente. Pueden constar de dos componentes o de un único componente (*all-in-one* o todo en uno). En los sistemas *selfetch* con dos componentes, el grabado ácido superficial del esmalte tiene lugar mediante el primer componente en forma de un imprimador ácido especial. Estos imprimadores contienen monómeros ácidos o bien un ácido integrado en el imprimador. Así pues, el imprimador ácido de los sistemas *selfetch* se encarga del grabado ácido superficial del esmalte y de crear un patrón de grabado. Este patrón está considerablemente menos pronunciado que el logrado mediante el grabado con ácido fosfórico.

A continuación se aplica como segundo componente un bond, cuya composición y función coinciden con las del bond de los sistemas de grabado y enjuagado, también penetra en las microporosidades y las zonas retentivas del patrón del grabado ácido. Tras la polimerización se

establece una unión adhesiva retentiva y los monómeros hidrófobos del bond polimerizado pueden unirse a los materiales de resina hidrófobos.

En el caso de la dentina, el grabado ácido superficial tiene lugar mediante el primer componente en forma de ácido especial. En el proceso se disuelve completamente el barrillo dentinario o bien se altera su estructura, sin que queden expuestos los túbulos dentinarios y la red de fibras colágenas. Al mismo tiempo, los monómeros anfifilos de imprimador penetran en la dentina. Las porciones hidrófobas de los monómeros anfifilos del imprimador se unen a continuación a los monómeros hidrófobos del bond. El bond utilizado en dentina es el mismo que el empleado en el esmalte. Tras la polimerización del bond se establece la unión adhesiva retentiva y los monómeros hidrófobos del bond pueden unirse a los materiales de resina también hidrófobos.

En los sistemas *selfetch* todo en uno o de un solo componente, se combinan el grabado ácido, el imprimador y el bond. <sup>(2, 3)</sup>

#### **2.4.2 Según la cronología de aparición**

La clasificación de los sistemas adhesivos contemporáneos más comúnmente utilizada es la que se basa en el tratamiento dado a la dentina y la cronología de aparición de estos materiales en el mercado, separándolos en generaciones, esta clasificación fue propuesta por Kugel y colaboradores. <sup>(2)</sup>

### **2.4.2.1 Primera generación**

La unión se basaba por la quelación del agente adhesivo con el calcio componente de la dentina, si bien había penetración tubular, ésta contribuía poco a la retención de la restauración.

Contenían grupos ácidos diseñados para reaccionar con la porción mineral, específica del calcio de la hidroxiapatita. El primer producto, comercializado en los primeros años de la década de los cincuenta, contenía un agente activo, el dimetacrilato de ácido glicerofosfórico. Este material tuvo un éxito clínico reducido debido a la alta contracción y a la gran expansión térmica de las restauraciones de resina acrílica sin relleno usadas en este periodo.

El principal problema con estos materiales era su inestabilidad y sensibilidad a la presencia de humedad junto con la contracción a la polimerización. Cuando se usaban en dientes posteriores era común la sensibilidad postoperatoria. El agente adhesivo polimerizaba antes de obtener una unión con el material restaurador.

La resistencia a la unión era de entre 2 y 3 MPa, descendiendo en cuanto entraban en contacto con agua. <sup>(2, 7, 9)</sup>

### **2.4.2.2 Segunda generación**

Se pensaba que el desarrollo de la adhesión dentinaria podría revolucionar la práctica de la odontología conservadora, disminuyendo las extensiones por retención de las cavidades que se requerían para fijar las obturaciones directas.

Estos productos intentaban usar el *smear layer* como sustrato para la adhesión. Utilizaban agentes hidrófobos diseñados para promover una unión iónica a la hidroxiapatita como principal componente del *smearlayer*. En las restauraciones con márgenes en dentina existía exagerada microfiltración y las restauraciones en posteriores presentaban sensibilidad postoperatoria.

Los adhesivos de segunda generación más característicos son el NPG-GMA (N-fenil glicina y metacrilato de glicidilo).

Los valores de unión de estos sistemas fueron de entre 4 y 6 MPa. No hay evidencia de que ocurra una adhesión química significativa entre estos adhesivos y la estructura dentaria. <sup>(7, 9, 10)</sup>

#### **2.4.2.3 Tercera generación**

Los procedimientos de los adhesivos de tercera generación pretendían realizar un acondicionamiento de la dentina de dos formas: 1) modificando el barrillo dentinario para mejorar sus propiedades, 2) eliminando el barrillo dentinario sin alterar el material que tapaba los túbulos dentinarios. Había bastantes variaciones, pero el procedimiento en los adhesivos de tercera generación constaba de cuatro pasos:

- Aplicación de un acondicionador dentinario, que es un tipo de ácido que modifica o elimina el barrillo dentinario
- Aplicación del imprimador
- Aplicación del adhesivo, generalmente una resina sin relleno
- Colocación de una resina compuesta

La utilización de imprimadores para la preparación de la superficie de la dentina para obtener una mejor humectación del adhesivo, fue uno de los avances más importantes en esta generación.

Los agentes acondicionadores más representativos pueden ser el hidroetilmecrilato (HETA), una solución de ácido maleico como la usada en el Scotchbond II (3M) y el ácido nítrico en solución acuosa al 2% como el empleado en el Tenure (DentMat).

Durante este periodo se diseñaron otros sistemas de adhesión para reaccionar más con el colágeno que con la hidroxiapatita. En este sistema se empleó un acondicionador de EDTA acuoso mientras que el adhesivo consistía en un glutaraldehído al 35% en HEMA. La fuerza de adhesión a dentina era de 8 a 15 MPa. En la actualidad no hay evidencias que permitan demostrar que existe una unión química con el colágeno. <sup>(7, 9, 10)</sup>

#### **2.4.2.4 Cuarta generación**

Se asumía que el grabado ácido de la dentina estaba contraindicado. Esto se debía a la creencia de que la apertura de los túbulos dentinarios durante el grabado podía causar irritación pulpar, inflamación y hasta la muerte de los tejidos pulpares debido a la exposición de éstos a los componentes del ácido, a los adhesivos o a los materiales de relleno.

Se creó una nueva técnica utilizando el ácido fosfórico, ésta técnica fue nombrada "técnica de grabado total", lo que reducía la complejidad de la técnica. Utilizaban un imprimador y un adhesivo. La unión propuesta era tratamiento ácido de la dentina para remover la capa de desechos y desmineralizar la superficie. El imprimador penetraba y aumentaba el mojado de la capa de colágeno remanente creando una capa híbrida, se producían microporosidades en el esmalte y la resistencia de unión a dentina aumentaba. Esta hibridación es el reemplazo de la hidroxiapatita y

el agua de la superficie dentinaria por resina. La resina en combinación con las fibras de colágeno remanente, constituye la capa híbrida.

Se observó la disminución de sensibilidad postoperatoria. Los sistemas adhesivos de esta generación demostraron una similitud en su comportamiento, con una técnica de menor sensibilidad, demostrando valores de 12 a 22 MPa. <sup>(7, 9, 10)</sup>

#### **2.4.2.5 Quinta generación**

Esta generación se desarrolló al darse cuenta de que el éxito clínico era mayor si se reducía el número de pasos implicados. También utilizan ácido fosfórico para grabado total y son llamados sistemas de grabado y lavado, pero el imprimador viene mezclado con el adhesivo. Se designan como adhesivos de un solo frasco y de unión húmeda, no se mezcla y se dice que no hay sensibilidad posoperatoria.

Estos adhesivos se basan en una compleja combinación de retención micromecánica. Esta retención se produce gracias a diferentes procesos: 1) la penetración dentro de los túbulos dentinarios parcialmente abiertos, 2) la formación de una capa híbrida en la que los monómeros hidrofílicos penetran y se polimerizan para dar lugar a una red en conexión con el entramado de fibras de colágeno desmineralizado y 3) las interacciones que promueven una adhesión de primer y segundo orden.

La fuerza de retención a la dentina está en un rango de 20 a 25 MPa<sup>(7)</sup>

#### **2.4.2.6 Sexta generación**

Estos sistemas permitieron eliminar el paso de grabado ácido, realizando el grabado simultáneo del sustrato dentario y su acondicionamiento para recibir el adhesivo, empleando imprimadores autograbadores y mezclas de adhesivos con imprimadores, generando retención micromecánica en los tejidos duros permitiendo la unión directamente sobre el *smear layer* que cubre la dentina. Los adhesivos autograbadores están compuestos de mezclas acuosas de monómeros funcionales acídicos hidrofílicos, generalmente ésteres del ácido fosfórico, con un pH de 1.5 a 2.5, un poco más alto que los geles del ácido fosfórico. <sup>(1)</sup>

Estos sistemas a su vez, se clasifican de acuerdo con su técnica de aplicación. El tipo I es de 2 pasos, por lo que viene en dos frascos, uno con el acondicionador e imprimador acídico combinados y el adhesivo en un frasco separado, se coloca el imprimador acídico y luego el adhesivo. Su resistencia de unión es de 7-28 MPa en esmalte y de 16-35 MPa a dentina. El tipo II es de un paso y puede presentarse en dos frascos o uni dosis, usa agua como solvente, el adhesivo autograbador se mezclan con el adhesivo y luego se aplica <sup>(1, 9)</sup>

#### **2.4.2.7 Séptima generación**

Estos adhesivos son autograbadores de un frasco y un solo paso *all in one*, en los cuales la técnica ha sido simplificada al máximo permitiendo mantener en una solución los componentes de monómeros acídicos hidrofílicos, solventes orgánicos y agua, indispensables para la activación del proceso de desmineralización de la dentina y el funcionamiento del sistema. Los solventes como acetona o alcohol son mantenidos en la solución, pero al ser dispensados se inicia la evaporación de los solventes, la cual dispara la reacción de la fase de separación, la formación de múltiples gotas de agua y la inhibición por el oxígeno,

disminuye su grado de conversión, lo cual favorece la degradación hidrolítica, afectando la capacidad de unión en la interfase adhesiva. Se reportan valores de resistencia de aproximadamente 20MPa.

Este sistema no es compatible con los cementos de resina de autocurado.

(1, 9)

## 2.5 ADHESIÓN A TEJIDOS DENTARIOS

### 2.5.1 Adhesivo dentinario

Son materiales utilizados para adherir físicoquímicamente restauraciones al esmalte y dentina. Han evolucionado para evitar el uso de grabado ácido en la dentina, ya que existe posibilidad de irritar la pulpa dental, para minimizar la microfiltración y el consecuente manchado marginal y caries secundaria, también para dar resistencia a las estructuras dentarias, reducir la remoción del tejido dental sano evitando la preparación de retenciones mecánicas para el material de obturación, para disminuir la sensibilidad postoperatoria y para la penetración de bacterias y agentes colorantes. <sup>(9)</sup>

### 2.5.2 Esmalte

Es un tejido acelular que se forma a partir de un tejido conjuntivo, es un material mineralizado que deriva de un epitelio y cubre la corona del diente. Una vez formado ya no se puede reemplazar.

Las células secretoras del tejido adamantino, los ameloblastos (del latín *enamelum*: esmalte dental; así como del griego *blastos*: germen), tras completar la formación del esmalte, involucionan y desaparecen durante la erupción dentaria por apoptosis. Esto significa que no hay crecimiento ni nueva aposición de esmalte después de la erupción. El esmalte maduro no contiene células ni prolongaciones celulares. Las células que le dan origen no quedan incorporadas a él, produciendo una estructura acelular, avascular y sin inervación.

Los ameloblastos forman un armazón básico estructurado para la posterior mineralización densa del esmalte dental con calcio y fósforo. En

cuanto se concluye la construcción del armazón y se ha alcanzado el grosor predeterminado del esmalte dental, los ameloblastos pierden su función; así pues, el esmalte dental ya mineralizado no constituye por definición un tejido sino una estructura cristalina.

El esmalte dental es la sustancia más dura de todo el organismo; el 96 a 98% de su masa es hidroxapatita cálcica ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{HO})_2$ ). Posee un porcentaje elevado de material inorgánico 96%, 3% de agua y 1% de matriz orgánica, que en el esmalte dental consta de proteínas sencillas. (3, 11,12, 13)

### 2.5.3 Dentina

La dentina está situada bajo el esmalte dental y también está formada por células especializadas, denominadas odontoblastos (del griego *odous*: diente; *blastos*: germen). La dentina es el primer componente mineralizado que aparece en el diente y constituye la masa principal del mismo a diferencia del esmalte no es una estructura cristalina, sino un tejido vivo.

En un caso normal, los odontoblastos no pierden su función y pueden continuar formando dentina durante toda la vida de un diente. La dentina es secretada por los odontoblastos que forman una capa epitelial sobre la superficie dentinaria interna es decir, la superficie que está en contacto con la pulpa. La capa de odontoblastos retrocede a medida que se deposita la dentina pero deja esta última las prolongaciones odontoblásticas (fibrillas de Tomes) dentro de conductos estrechos llamados túbulos dentinarios, proporcionando a la dentina una estructura porosa. En los túbulos dentinarios se encuentran los procesos celulares de los odontoblastos y un líquido fisiológico denominado licor dentinario,

el proceso odontoblástico y el licor son los responsables de la vitalidad de la dentina.

La dentina es mucho menos mineralizada que el esmalte, contiene menos hidroxiapatita, alrededor del 70%, está formada por agua en un 10% de su peso y el 20% restante, corresponde a la matriz orgánica de la dentina y consta casi exclusivamente de colágeno. El colágeno es una proteína compleja formada por cadenas de proteínas individuales, las fibras colágenas. <sup>(3, 12, 13)</sup>

#### **2.5.4 Rol del agua**

El agua forma parte del substrato dentina ya que hidrata el tejido en el diente vital a través del fluido tubular; impregna el substrato debido a la humedad ambiental de los procedimientos de enjuague y de su misma presencia como solvente en algunos sistemas adhesivos. La cantidad de agua para que no se produzca un colapso de las fibrillas colágenas depende de la profundidad de desmineralización obtenida en la fase de grabado, al mismo tiempo está conectado con las propiedades del sustrato, agentes adhesivos con monómeros más o menos hidrófilos, solventes diferentes requieren de una mayor o menor hidratación de la superficie.

Un *primer* que contiene solventes alcohólicos no tiene capacidad de difundirse en una red de colágeno colapsada durante las maniobras de secado; por otra parte, los monómeros en solución acuosa pueden conducir a fenómenos de sobre humedad. Para que algunos compuestos con solventes acuosos puedan re-expandir una colágena colapsada, es necesario que el HEMA esté presente en una solución sin excederse de un 30-50%. La incorporación de agentes volátiles como acetona o alcohol, actúan levantando el agua por presión y favorecen la volatilización del

agua casi al nivel de ellos. La mezcla de acetona-resina o de alcohol-resina, al contacto con agua, reduce la tensión superficial de la dentina humectando el área cubierta por la humedad y empuja hasta afuera el agua al mismo tiempo que los monómeros actúan sobre la superficie. Este fenómeno se forma cuando se establece un equilibrio entre las funciones del imprimador, agua y la resina adhesiva.

El exceso de agua y del agente volátil en el imprimador, son eliminados por secado dejando una capa de imprimador sobre dentina que favorece el contacto de la resina adhesiva y evita la interacción con agua.

La presencia de agua en la dentina, se vuelve necesaria al utilizar estos sistemas adhesivos, ya que ayudan a estabilizar la superficie desmineralizada de dentina después del grabado con ácido y evita que el colapso de las fibras colágenas. Con estos sistemas adhesivos se debe evitar efectuar un secado muy agresivo.

Cuando se reseca la dentina acondicionada, se produce el colapso inmediato de las fibras de colágeno sellando las microporosidades y los canales abiertos por el grabado ácido, creando un sustrato que es difícil penetrar y de humectar por los agentes adhesivos.

Los sistemas adhesivos de autograbado han sido creados con el fin de resolver los problemas relacionados con la remoción del *smear layer* y la aumentada permeabilidad dentinaria. La infiltración de los sistemas de autograbado generan una interfaz menos gruesa pero más uniforme a nivel de la dentina intertubular, las digitaciones intertubulares si bien son menos profundas que las obtenidas con grabado total, demuestran la eficacia de grabado de los monómeros ácidos.

El *primer* de autograbado ácido se aplica directamente sobre la dentina recubierta por barrillo dentinario, que por lo tanto es menos húmeda que la tratada con ácido ortofosfórico. Al atravesar el *smear layer*, las

moléculas hidrófilas pierden su potencial ácido, estando cada vez más diluidas por el aumento de la concentración de agua. <sup>(10, 16, 17)</sup>

## **2.6 PREPARACIÓN DE SUPERFICIE**

### **2.6.1 Preparación de la dentina**

El principio de adhesión en la dentina se basa en el grabado superficial mediante un ácido. Dependiendo del sistema adhesivo, en el proceso se puede eliminar o disolver completamente el barrillo dentinario (los túbulos dentinarios y la red de fibras colágenas quedan expuestas) o se puede alterar su estructura (los túbulos dentinarios y la red de fibras colágenas no quedan expuestas en el proceso). En ambos casos se produce la penetración de ciertos componentes de los sistemas adhesivos en la dentina y se establece una unión adhesiva retentiva. <sup>(3)</sup>

#### **2.6.1.1 Técnica “*etch and rise*” (grabar y enjuagar)**

En este sistema tiene lugar el grabado ácido superficial de la dentina mediante ácido fosfórico en una concentración de 30–40%. La duración del grabado ácido en el caso de la dentina nunca debe superar los 15 segundos, una vez aplicado el ácido se debe lavar con abundante agua durante un mínimo de 10 segundos, es importante conocer qué tipo de solvente lleva el adhesivo para secar la dentina en mayor o menor medida. Mediante el grabado ácido de la dentina se elimina por completo el barrillo dentinario y se exponen los túbulos dentinarios y la red de fibras colágenas. Debido al elevado contenido de agua en la dentina, es necesario componentes adicionales en forma de líquido imprimador. Los imprimadores constan de monómeros anfifilos, los cuales están disueltos en disolventes de distintos tipos. Estos monómeros poseen por una parte un componente hidrófilo que tolera el agua de la dentina y puede penetrarla, por otro lado, poseen una parte hidrófoba que posteriormente se unen a los monómeros hidrófobos del bond o adhesivo.

En el momento de aplicación del adhesivo a la dentina es mejor dar dos capas de adhesivo para obtener una mejor impregnación y evitar puntos secos en dentina. El adhesivo se pincela durante 10–15 segundos, luego se aplica aire para evaporar el solvente y luego otra capa de adhesivo antes de polimerizar. Tras la polimerización del bond se establece, favorecida por el imprimador, la unión adhesiva retentiva del adhesivo a la dentina. Los monómeros hidrófobos del bond polimerizado pueden unirse posteriormente a los materiales de resina igualmente hidrófobos. <sup>(3, 8,14)</sup>

#### **2.6.1.2 Técnica “selfetch” (autograbado)**

En los sistemas *selfetch* no contienen ácido independiente separado como primer componente. Los sistemas de autograbado pueden constar de dos componentes o de un único componente (sistemas denominados *all in one* o todo en uno). En los sistemas con dos componentes, el grabado ácido superficial de la dentina tiene lugar mediante el primer componente en forma del imprimador ácido especial. En el proceso se disuelve completamente el barrillo dentinario o bien se altera su estructura, sin que queden expuestos los túbulos dentinarios y la red de fibras colágenas. Al mismo tiempo, los monómeros anfifilos del imprimador penetran la dentina. Las porciones hidrófobas de los monómeros anfifilos del imprimador se unen a los monómeros hidrófobos del bond.

El bond utilizado en la dentina es el mismo que el empleado en esmalte dental. Después de polimerizar el adhesivo se establece la unión adhesiva retentiva favorecida por el imprimador, y los monómeros hidrófobos del adhesivo polimerizado se pueden unir nuevamente a los materiales de resina hidrófobos. En los sistemas con un solo componente o todo en uno, se combinan en la dentina el grabado ácido, el imprimador y el bond o adhesivo. <sup>(3)</sup>

## 2.7 COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA ADHESIVO

### 2.7.1 Ácido acondicionador de esmalte y/o dentina

Por lo general es el ácido fosfórico (entre el 15% al 37%), que en esmalte tiene como objetivo principal, producir una desmineralización selectiva de éste, produciendo microrugosidades, dentro de las cuales puede penetrar un adhesivo que al endurecer la haga trabarse micromecánicamente.

En dentina, su objetivo, es provocar el retiro del *smear layer* y desmineralizar la estructura colágena intertubular.

El ácido fosfórico se presentó originalmente líquido, transparente y fluido, en cambio hoy son geles tixotrópicos coloreados, en donde en algún momento se utilizó el ácido maleico elaborado por 3M, que hoy está en desuso.

Se debe considerar que si un ácido no requiere ser lavado, ni secado, tendremos menos efectos sobre el equilibrio hídrico del complejo dentino pulpar, y si además, se disminuye el tiempo de un acondicionamiento ácido, se limita la acción negativa que sobre dentina pueda tener éste. <sup>(15)</sup>

### 2.7.2 Primer

Se entiende como *primer* o imprimador, a las resinas que se comportan como una molécula bifuncional (hidrófila e hidrófoba), por lo que a través de su actividad hidrófila se unen al colágeno de la dentina por traba micromecánica y por su extremo hidrófobo se incorporan al sistema resinoso de restauración mediante una reacción química.

Se compone de una resina hidrófila, de bajo peso molecular, como el HEMA o el PENTA, disueltos en un solvente como la acetona, etanol, agua o sin solventes.

El *primer* tiene como acciones básicas servir como enlace entre la dentina y el adhesivo y facilitar su unión, modificar químicamente la fibra colágena dentinaria, para hacerlos más receptivos a factibles uniones químicas con ella, también debe limpiar, activar o auto-activar superficialmente a la dentina a través de la incorporación de ácidos débiles en bajas concentraciones, debe disminuir el ángulo de contacto adhesivo/sustrato, humedecer y penetrar los túbulos dentinarios y la dentina intertubular y también ser capaz de modificar químicamente al *smear layer*.

Actualmente, a los *primers* se les han incorporado ácidos débiles en baja concentración, eficaces para autoactivar dentina. Un *primer* ácido tiene la función de limpiar y autocondicionar dentina, formar sales estables por reacción ácido-base y penetrar los espacios entre las fibrillas de colágeno. Estas funciones son obtenidas porque el *primer* no es lavado, sino solamente es secado para evaporar los solventes, las sales formadas permanecen y se integran con el tejido. <sup>(15)</sup>

### **2.7.3 Solvente**

Las resinas hidrófilas, de bajo peso molecular, como el HEMA o el PENTA, se encuentran disueltas en un solvente como acetona, etanol, agua o sin solventes.

Es importante conocer el tipo de solvente que lleva el adhesivo para secar la dentina en mayor o menor medida:

Acetona: Es un solvente muy volátil, requiere sustrato húmedo, no mojado pero con cierto grado de hidratación.

Etanol: Sustrato con humedad intermedia.

Agua: Rehidrata el colágeno que queda colapsado cuando se seca completamente la dentina, se emplea sobre un sustrato seco. <sup>(14,15)</sup>

## **2.8 SISTEMAS ADHESIVOS UTILIZADOS EN EL ESTUDIO**

### **2.8.1 Adhesivo Excite de IvoclarVivadent®**

Es un adhesivo de quinta generación que sirve para lograr adhesión tanto en esmalte como en dentina, es fotopolimerizable y debe utilizarse en conjunto con la técnica de grabado ácido para preparar la superficie dental.

Dentro de sus componentes se encuentra HEMA, dimetacrilatos, acrilato de ácido fosfónico, dióxido de silicio altamente disperso, iniciadores y estabilizadores en solución alcohólica.

Excite® está indicado para la restauración directa de composites fotopolimerizables, cerómeros y compómeros, también es un adhesivo para cementos de resina con fotoiniciadores utilizados en la cementación de restauraciones indirectas de cerámicas libres de metal. No debe ser utilizado con materiales que únicamente sean autopolimerizable. <sup>(18)</sup>

### **2.8.2 Adhesivo Tetric N-Bond Universal de IvoclarVivadent®**

Es un adhesivo de séptima generación de uso odontológico, monocomponente y fotopolimerizable, puede utilizarse tanto en esmalte como en dentina. Este sistema es compatible con diversas técnicas de preparación de la superficie dental como la técnica de auto-grabado, técnica de grabado selectivo del esmalte y técnica de grabado y enjuague.

Tetric N-Bond® contiene metacrilatos, etanol, agua, dióxido de silicio altamente disperso, iniciadores y estabilizadores. Puede utilizarse en

restauraciones directas de composite y compómeros fotopolimerizables, también para la reconstrucción de muñones con composites sin importar el tipo de polimerización, ya sean foto, auto o duo polimerizables, para la cementación adhesiva con restauraciones indirectas de composite con fotopolimerización y polimerización dual, por último, sirve como desensibilizante en áreas cervicales hipersensibles. <sup>(19)</sup>

### **2.8.3 Adhesivo ONE COAT BOND de Coltène®**

Es un agente de adhesión de quinta generación con base agua de uso odontológico fotopolimerizable, multifuncional. Este sistema debe utilizarse junto con alguna técnica de preparación de superficie ácida, ya sea la técnica de grabado selectivo del esmalte o la técnica de grabado y enjuague. Dentro de su composición podemos encontrar metacrilatos y polialkenoatometacrilizado.

Esta indicado como agente adhesivo para materiales de composite y compómero sobre dentina y esmalte, también como agente adhesivo de cerámica (inlays/onlays, carillas y coronas) y restauraciones de resina compuesta. Es recomendable en el caso de los composites, que el material restaurador sea compatible con el adhesivo, por lo que es recomendable que sea de la misma casa comercial. <sup>(20)</sup>

## **CAPITULO III**

### **3. DISEÑO EXPERIMENTAL**

#### **3.1 Planteamiento del problema**

Existen en el mercado muchas marcas comerciales que ofrecen diversos productos de sistemas adhesivos, el odontólogo muchas veces no tiene conocimiento de la manipulación e indicaciones, ni de la compatibilidad con el cemento o restauración que colocará, además es importante conocer la fuerza de adhesión que proporcionan estos sistemas adhesivos, para elegir el correcto para cada tratamiento. Se realizará un estudio comparativo de la fuerza de adhesión a dentina de adhesivos de quinta vs séptima generación, utilizando tres adhesivos, uno de quinta generación, el segundo de quinta generación base agua y un tercero de séptima generación. Por lo que nos surge la siguiente pregunta: ¿Cuál de los tres sistemas adhesivos obtendrá mayor fuerza de adhesión?

### **3.2 Justificación**

Con el paso del tiempo, el odontólogo ha tenido la necesidad de reducir el tiempo de trabajo en cada tratamiento por comodidad en la consulta, como consecuencia, se ha dado la evolución de los sistemas adhesivos, obligando a los fabricantes a cambiar la estructura química para poder lograr la reducción de pasos, para su fácil aplicación. También existen los adhesivos de quinta generación de varios pasos como son el grabado ácido y bond, por lo que es importante realizar un estudio comparativo de la fuerza de adhesión a dentina de adhesivos de quinta vs séptima generación utilizando tres adhesivos, uno de quinta generación, el segundo de quinta generación base agua y un tercero de séptima generación. La diversidad de materiales restauradores estéticos utilizados en la actualidad requiere de sistemas adhesivos específicos para poder lograr una unión adecuada y duradera.

### **3.3 Objetivos**

#### **3.3.1 Objetivo general**

Determinar la fuerza de adhesión a dentina de adhesivos de quinta vs séptima generación, utilizando tres adhesivos, uno de quinta generación, el segundo de séptima generación base agua y un tercero de séptima generación.

#### **3.3.2 Objetivos específicos**

Determinar la fuerza de adhesión a dentina de un adhesivo de quinta generación base alcohol.

Determinar la fuerza de adhesión a dentina de un adhesivo de quinta generación base agua.

Determinar la fuerza de adhesión a dentina de un adhesivo de séptima generación base alcohol.

### **3.4 Hipótesis**

#### **3.4.1 Hipótesis verdadera**

Los adhesivos de quinta generación obtendrán mayor fuerza de adhesión a dentina que los adhesivos de séptima generación.

#### **3.4.2 Hipótesis alterna**

Los adhesivos base alcohol presentan mayor fuerza de adhesión que los adhesivos de base agua.

#### **3.4.3 Hipótesis nula**

Los adhesivos de quinta generación no obtendrán mayor fuerza de adhesión a dentina que los adhesivos de séptima generación.

## **CAPITULO IV**

### **4. METODOLOGÍA**

#### **4.1 Criterios de inclusión**

- Terceros molares humanos de reciente extracción, hidratados y refrigerados.
- Dientes con esmalte sano, libres de caries, fracturas o defectos.
- Dientes con dentina sana y libre de caries.
- Dientes con no más de tres meses de extraídos.

#### **4.2 Criterios de exclusión**

- Dientes no hidratados.
- Dientes con presencia de caries, fracturas o defectos en esmalte.
- Dientes con presencia de caries en dentina.
- Dientes con más de tres meses de extraídos.

### **4.3 Variables dependientes**

Tensión por cizallamiento

### **4.4 Variables independientes**

Sistema adhesivo de quinta generación base alcohol

Sistema adhesivo de quinta generación base agua

Sistema adhesivo de séptima generación base alcohol

## 4.5 Material instrumental y equipo

### Material

- 30 dientes humanos de reciente extracción hidratados
- Ácido grabador Scotchbond Universal Etchant 3M<sup>®</sup> (ácido fosfórico al 32%)
- Adhesivo de quinta generación base alcohol Excite de IvoclarVivadent<sup>®</sup>
- Adhesivo de séptima generación base etanol Tetric N-Bond Universal de IvoclarVivadent<sup>®</sup>
- Resina Tetric<sup>®</sup>N-Ceram de IvoclarVivadent<sup>®</sup>
- Adhesivo de quinta generación base agua OneCoat Bond SL de Coltène<sup>®</sup>
- Resina BRILLIANT NG Coltène<sup>®</sup>
- Acrílico autopolimerizable Nic-tone<sup>®</sup>
- Vaselina
- Plastilina
- Bolitas de espuma Pele Tim de VOCO<sup>®</sup>

## **Instrumental**

- Anillos de tubo de PVC
- Frasco de vidrio
- Espátula de metal
- Godete
- Lija de agua de grano 600
- Loseta de vidrio
- Espátula de teflón para manipular resina HuFriedy®
- Disco de diamante para pieza de mano de baja velocidad

## **Equipo**

- Pieza de baja velocidad
- Pulidor metalográfico
- Lámpara de fotocurado LED Bluephase C8, IvoclarVivadent® con una irradiancia de 600 mw/cm<sup>2</sup>
- Radiómetro Demetron®
- Cronómetro
- Vernier digital Mitutoyo®
- Máquina universal de pruebas mecánicas INSTRON®, Modelo 5567
- Estufa de temperatura controlada a 37 °C Felisa®

## 4.6 Muestreo

Se utilizaron 30 terceros molares humanos de reciente extracción, hidratados y refrigerados con un tiempo de uno a tres meses para que no sufrieran cambios degenerativos.

Los dientes se lavaron con agua corriente para eliminar residuos, como sangre, saliva o cualquier otro tejido adherido. Posteriormente, se almacenaron en agua y se mantuvieron en refrigeración a 5 °C.

Se dividieron en tres grupos de diez muestras cada uno, siendo un total de 30 muestras que se describen en el siguiente cuadro.

<b>GRUPO</b>	<b>N°. DE MUESTRAS</b>	<b>MATERIAL</b>
Grupo A	10 terceros molares	Adhesivo de quinta generación Excite de IvoclarVivadent®
Grupo B	10 terceros molares	Adhesivo de séptima generación Tetric N Bond Universal de IvoclarVivadent®
Grupo C	10 terceros molares	Adhesivo de quinta generación base agua ONE COAT BOND de Coltène®

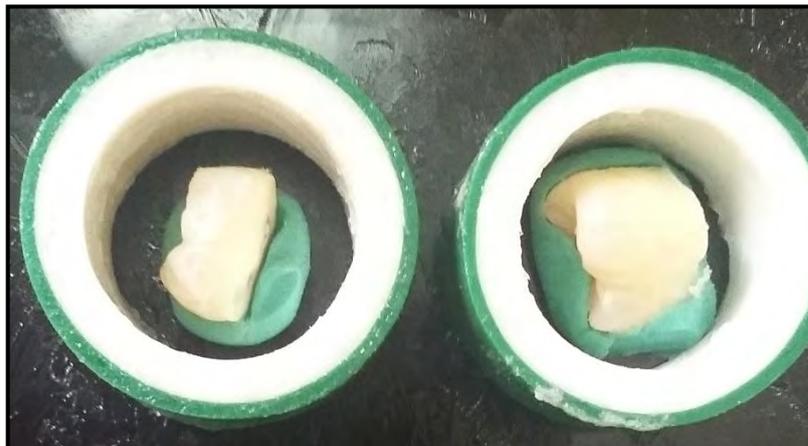
#### 4.7 Preparación de las muestras

Se cortaron las raíces de los treinta dientes con pieza de mano de baja velocidad y disco de diamante conservando únicamente las coronas.



*Figura 1. Disco de carburo cortando el órgano dental*

Las coronas fueron montadas en una base de acrílico. Se colocó plastilina para fijar las coronas a la loseta de vidrio, de tal manera que la cara más amplia (vestibular, palatina o lingual) estuviera paralela y en contacto con la loseta, con el fin de garantizar posteriormente la exposición uniforme de la dentina.



*Figura 2. Fijación de las coronas*

A continuación se colocaron los anillos de PVC, centrando cada una de las muestras, se realizó la mezcla de acrílico autopolimerizable en un godete y se vertió dentro de cada anillo. Este procedimiento se realizó de la misma manera en las 30 muestras utilizando acrílico de diferente color para cada grupo.

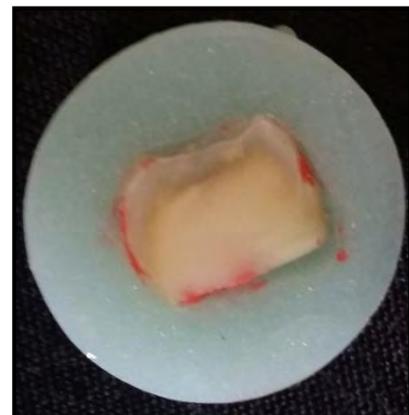


*Figura 3. Acrílico vertido dentro de los anillos de PVC*

Una vez polimerizado el acrílico, se retiraron las muestras del tubo de PVC y se procedió a desgastar la superficie expuesta de la corona en el pulidor metalográfico con papel de carburo de silicio de grano 600 bajo irrigación, se expuso la dentina para obtener un área de 4mm<sup>2</sup>.



*Figura 4. Pulidor metalográfico*



*Figura 5. Exposición de dentina*

Se procedió a aplicar el sistema adhesivo correspondiente a cada grupo siguiendo las instrucciones del fabricante.

#### 4.7.1 Grupo A Adhesivo de quinta generación base alcohol Excite de IvoclarVivadent® y la resina Tetric N-Ceram de IvoclarVivadent®

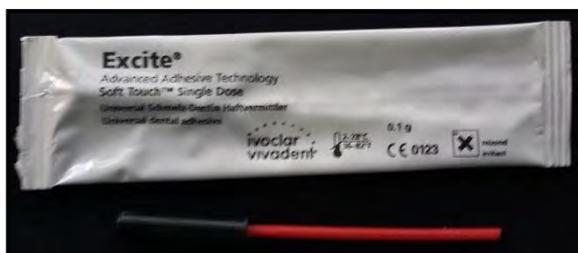


Figura 6. Adhesivo Excite de IvoclarVivadent®



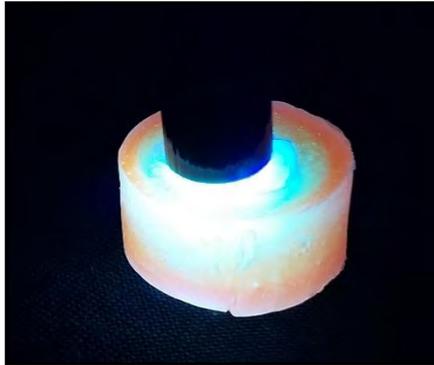
Figura 7. Resina Tetric N-Ceram de IvoclarVivadent®

Se aplicó el ácido grabador Scotchbond Universal Etchant 3M® al 32% sobre la dentina expuesta, durante 15 segundos. Se eliminó el grabador con agua en spray durante 10 segundos, luego se eliminó el exceso de agua con un Pele Tim de VOCO®, dejando la superficie húmeda y brillante.



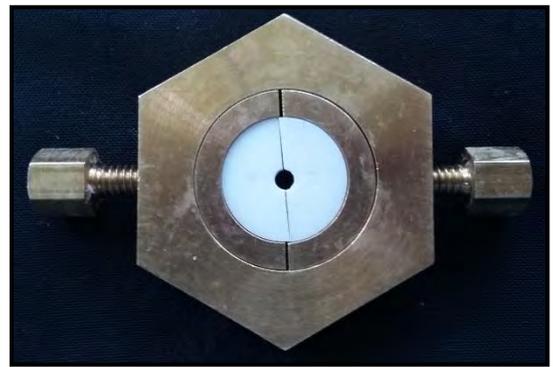
Figura 8. Aplicación del ácido grabador

Se aplicó el adhesivo Excite en dentina con su aplicador, frotándolo suavemente sobre la superficie, durante 10 segundos, al finalizar se observó una apariencia brillante, uniforme y libre de disolvente, para evitar encharcamiento o insuficiente recubrimiento del adhesivo se aplicó aire de forma indirecta, posteriormente se fotopolimerizó Excite con lámpara de fotocurado LED Bluephase C8 de IvoclarVivadent® con una irradiancia de 600 mw/cm<sup>2</sup> por 20 segundos.



*Figura 9. Fotopolimerización del adhesivo*

Posteriormente se colocó la muestra en un aditamento específico para la prueba de fuerza de adhesión desarrollado por el Dr. Jorge Guerrero Ibarra, teniendo cuidado de ubicar el orificio de teflón de 4mm de diámetro en el centro del área de dentina expuesta, para colocar el material de restauración directo TetricCeram<sup>®</sup> siguiendo las instrucciones del fabricante.



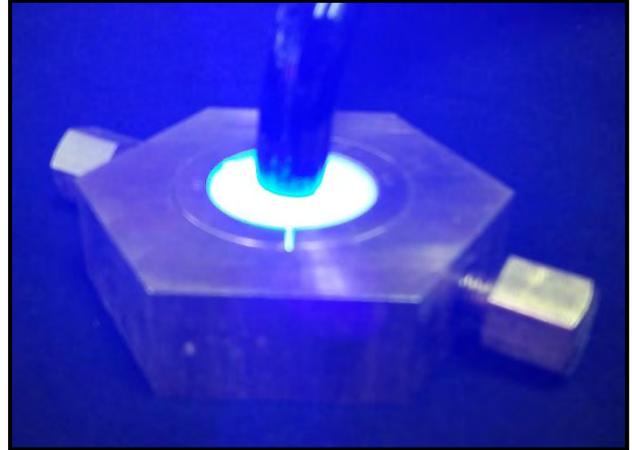
*Figura 10 y 11. Aditamento desarrollado por el Dr. Jorge Guerrero Ibarra*

Se obturo el orificio de teflón de 4mm con Tetric N-Ceram cuidando que no quedaran espacios vacíos, se fotopolimerizó con lámpara de

fotocurado LED Bluephase C8 de IvoclarVivadent® con una irradiancia de  $600 \text{ mw/cm}^2$ , por 20 segundos.



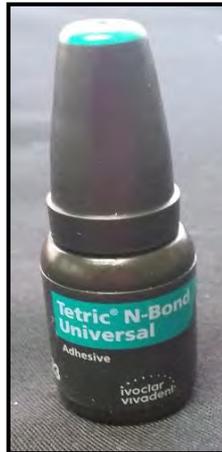
*Figura 12. Obturación del orificio con resina*



*Figura 13. Fotopolimerización de la resina*

Se retiró el aditamento y las muestras fueron almacenadas en la estufa de temperatura controlada Felisa® a  $37 \text{ °C}$  por 24 horas.

**4.7.2 Grupo B Adhesivo de séptima generación base alcohol Tetric N-Bond Universal de IvoclarVivadent® y la resina Tetric N-Ceram de IvoclarVivadent®**



*Figura 14. Adhesivo de séptima generación*

Se eliminó el exceso de agua con un Pele Tim de VOCO®, dejando la superficie húmeda y brillante.



*Figura 15. Eliminación del exceso de agua*

Se aplicó el adhesivo Tetric N-Bond Universal en dentina con microbrush, frotándolo suavemente sobre la superficie, durante 20 segundos, al finalizar se observó una apariencia brillante, uniforme y libre de disolvente, para evitar encharcamiento o insuficiente recubrimiento del adhesivo se aplicó aire de forma indirecta. Se fotopolimerizó Tetric N-Bond Universal con lámpara de fotocurado LED Bluephase C8 de IvoclarVivadent® con una irradiancia de 600 mw/cm<sup>2</sup> por 10 segundos.

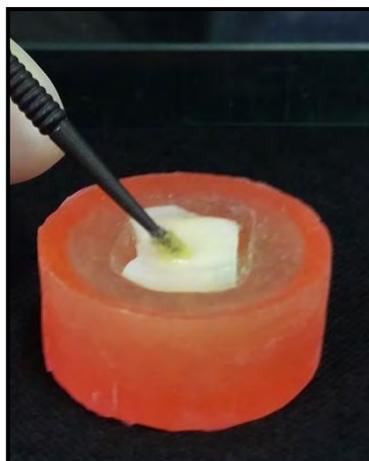


Figura 16. Colocación del adhesivo

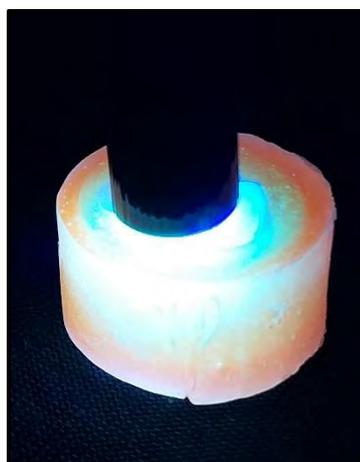


Figura 18. Polimerización del adhesivo

Posteriormente se colocó la muestra en un aditamento específico para la prueba de fuerza de adhesión desarrollado por el Dr. Jorge Guerrero Ibarra, teniendo cuidado de ubicar el orificio de teflón de 4mm de diámetro en el centro del área de dentina expuesta, para colocar el material de restauración directo Tetric N-Ceram® siguiendo las instrucciones del fabricante.

Se obturo el orificio de teflón de 4mm con Tetric N-Ceram cuidando que no quedaran espacios vacíos, se fotopolimerizó con lámpara de fotocurado LED Bluephase C8 de IvoclarVivadent® con una irradiancia de 600 mw/cm<sup>2</sup>, por 20 segundos.

Se retiró el aditamento y las muestras fueron almacenadas en la estufa de temperatura controlada Felisa<sup>®</sup> a 37 °C por 24 horas.

#### 4.7.3 Grupo C Adhesivo de quinta generación base agua ONE COAT BOND de Coltène<sup>®</sup> y resina Coltène<sup>®</sup>

Se aplicó el ácido grabador Scotchbond Universal Etchant 3M<sup>®</sup> al 32% sobre la dentina preparada, durante 15 segundos. Se eliminó el grabador con agua en spray vigorosa durante al menos 10 segundos, luego se eliminó el exceso de agua con un Pele Tim de VOCO<sup>®</sup>, dejando la superficie húmeda y brillante.



Figura 19. Grabado ácido

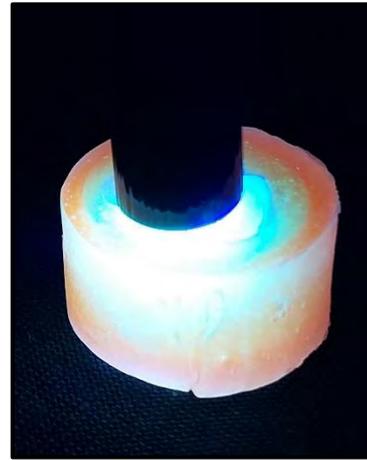


Figura 20. Eliminación de exceso de agua

Se aplicó el adhesivo ONE COAT BOND en dentina con microbrush, frotándolo suavemente sobre la superficie, al menos durante 20 segundos, al finalizar se observó una apariencia brillante y uniforme, para evitar encharcamiento o insuficiente recubrimiento del adhesivo se aplicó aire de forma indirecta. Se fotopolimerizó ONE COAT BOND con la lámpara de fotocurado LED Bluephase C8 de IvoclarVivadent<sup>®</sup> con una irradiancia de 600 mw/cm<sup>2</sup>, por 30 segundos.



*Figura 21. Colocación del adhesivo*



*Figura 22. Fotopolimerización del adhesivo*

Posteriormente se colocó la muestra en un aditamento específico para la prueba de fuerza de adhesión desarrollado por el Dr. Jorge Guerrero Ibarra, teniendo cuidado de ubicar el orificio de teflón de 4mm de diámetro en el centro del área de dentina expuesta.

Se obturo el orificio de teflón de 4mm con resina BRILLIANT NG de Colténe® cuidando que no quedaran espacios vacíos, Se fotopolimerizó con la lámpara de fotocurado LED Bluephase C8 de IvoclarVivadent® con una irradiancia de  $600 \text{ mw/cm}^2$ , por 30 segundos.

Se retiró el aditamento, y las muestras fueron almacenadas en la estufa de temperatura controlada a  $37 \text{ °C}$  por 24 horas.

#### 4.8 Prueba de fuerza de adhesión

Después de almacenar las muestras durante 24 horas se realizó la prueba de fuerza de adhesión por cizalla. Para poder realizarla, se midió el diámetro mediante un vernier digital Mitutoyo® obteniendo tres medidas y se sacó un valor promedio, posteriormente se calculó el área de contacto de la muestra de resina con el diente, utilizando la siguiente fórmula:  $A = \pi r^2$

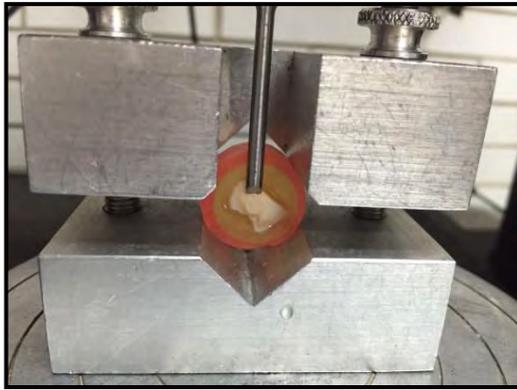
Las muestras fueron montadas en un aditamento específico para realizar la prueba de cizalla en la máquina universal de pruebas mecánicas INSTRON modelo 5567 la cual se aplicó la carga a una velocidad de 1mm por minuto.



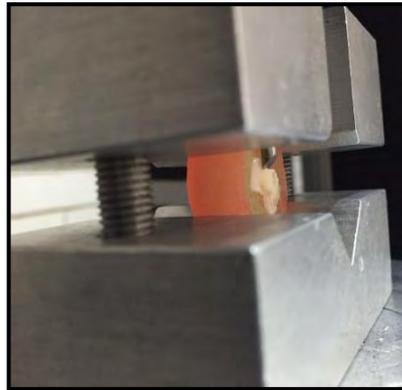
Figura 23. Obtención del diámetro con vernier digital



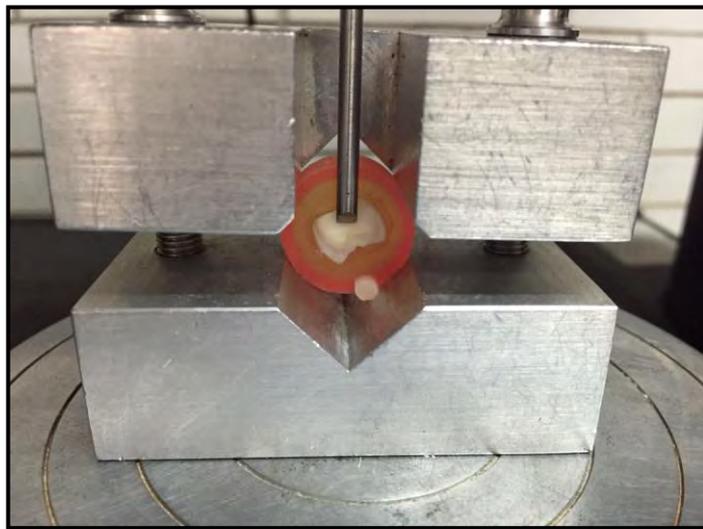
Figura 24. Máquina universal de pruebas mecánicas



*Figura 25. Prueba de fuerza de adhesión*



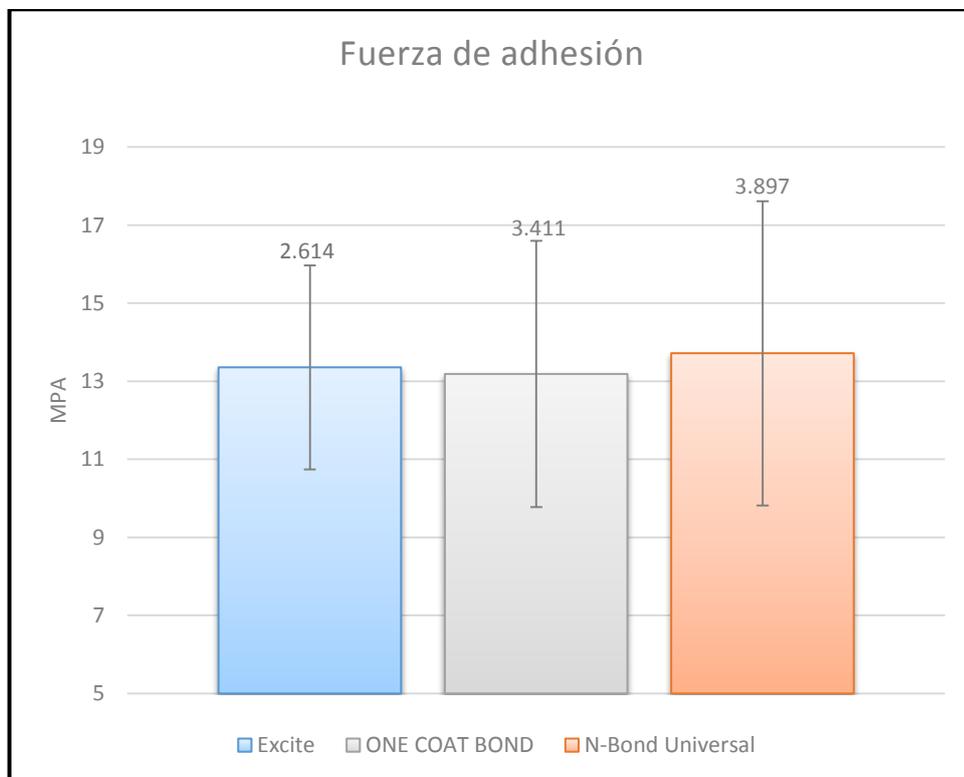
*Figura 26. Prueba de fuerza de adhesión*



*Figura 27 Prueba de fuerza de adhesión.*

## RESULTADOS

Para la interpretación de los resultados, se realizó un análisis ANOVA de una vía y se compararon los grupos con un Post ho (TUKEY), donde obtuvimos la media y desviación estándar de cada grupo. El sistema adhesivo con mayor fuerza de adhesión a dentina fue el grupo B con una media de 13.717 y desviación estándar de 3.897, posteriormente el grupo A tuvo una media de 13.356 y desviación estándar de 2.614 y el grupo C con una media de 13.186 y desviación estándar de 3.411, siendo éste grupo el sistema adhesivo con menor fuerza de adhesión. La desviación estándar de los tres grupos nos demuestra que el estudio es confiable ya que en todos los casos el valor es menor a la mitad de la media, como se puede observar en la gráfica 1. Según la muestra podemos observar que la diferencia entre grupos no es estadísticamente significativa ya que la diferencia entre ellos tiene un valor de  $P=0.937$  con confiabilidad del 95%.



Gráfica 1

## DISCUSIÓN

La evolución de los sistemas adhesivos en la actualidad ha producido reducción de los pasos en las técnicas adhesivas, con el objetivo de disminuir los tiempos de trabajo en la consulta. La reducción de pasos en los sistemas adhesivos de las últimas generaciones se ha logrado gracias a la unión del ácido, *primer* y adhesivo en un solo componente, haciendo más fácil su aplicación, según la literatura, mientras más pasos tenga un sistema adhesivo se aumenta el riesgo de cometer algún error en la técnica durante la aplicación, para obtener los mejores resultados es importante conocer el sistema adhesivo que se está utilizando, así como las instrucciones del fabricante, el solvente y la compatibilidad con el sistema restaurador. Díaz-Romeral y colaboradores en 2009, mencionan que mientras más componentes tienen los sistemas adhesivos, mayor será la fuerza de adhesión al diente aunque el sistema sea más complejo y sensible a la técnica. Por otro lado, los sistemas de un solo paso son fáciles de manejar pero la fuerza de adhesión es menor a los sistemas multicomponentes. <sup>(5)</sup>

Parra Lozada y Garzón Rayo, reportan que los sistemas adhesivos autograbadores o todo en uno, no se han desempeñado adecuadamente en estudios de laboratorio, reportan bajas fuerzas de adhesión a dentina. Mencionan que la mayoría de los estudios realizados a adhesivos convencionales multicomponentes o de grabado y lavado, reportan altos niveles de resistencia de unión. Concluyeron que la fuerza de adhesión de los adhesivos autograbadores comparados con los convencionales, disminuía debido a la formación de vesículas de agua en la interfase adhesiva creando espacios de nanofiltración y fracaso de la restauración. <sup>(2)</sup>

Monsalves Bravo y colaboradores describen la fuerza de adhesión a dentina comparando un sistema de grabado y lavado contra un sistema autograbante. En su estudio realizaron la prueba de resistencia al cizallamiento y se observó que no existía una diferencia estadística significativa entre la fuerza de adhesión a dentina del sistema convencional de grabado y lavado, Adper Single Bond 2<sup>®</sup> (3M/ESPE) pues el valor de la media fue de 15.2133 y el sistema autograbante AdperScotchbond SE<sup>®</sup> (3M/ESPE) que obtuvo una media de 12.8417. <sup>(21)</sup>

Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con los descritos por Monsalves Bravo y colaboradores, pues la prueba de resistencia al cizallamiento para determinar la fuerza de adhesión a dentina de los tres sistemas adhesivos, demostró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los adhesivos de quinta generación comparados con los de séptima generación, ya que el sistema adhesivo con mayor fuerza de adhesión a dentina fue el grupo B Tetric N-Bond Universal de Ivoclar Vivadent<sup>®</sup> con una media de 13.717, posteriormente el grupo A Excite Ivoclar Vivadent<sup>®</sup> con una media de 13.356 y el grupo C ONE COAT BOND Colténe<sup>®</sup> con media de 13.186, siendo éste grupo el sistema adhesivo con menor fuerza de adhesión. Es importante comentar que en cada estudio se utilizaron sistemas adhesivos de diferente casa comercial, por lo que los componentes pueden ser diferentes entre ellos, además de su manipulación y el control de los materiales, sobre los grupos de prueba.

Neyra Colchado y colaboradores utilizaron tres agentes adhesivos de acondicionamiento total, con diferentes solventes en su composición: Etanol (Single Bond, 3M); Acetona (Solo Bond M, VOCO); y Agua (ONE COAT BOND, COLTENE). Se determinó la penetración de cada uno de ellos, observando que el adhesivo con etanol en su composición obtuvo resultados de adhesión significativamente mayores comparados con los

otros solventes. Los adhesivos solvente agua y acetona, no demostraron resultados significativos. <sup>(22)</sup>

Respecto al solvente, en nuestro estudio los adhesivos base alcohol presentaron mayor fuerza de adhesión que los adhesivos base agua, aunque es importante mencionar que no se observaron diferencias significativas en la fuerza de adhesión entre los tres adhesivos, concordando con el reporte de Neyra Colchado y colaboradores. Por lo tanto la hipótesis nula fue aceptada ya que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas adhesivos de quinta generación y los sistemas adhesivos de séptima generación.

Es importante comentar que en cada estudio influyen diferentes condiciones para la prueba tales como: humedad, temperatura, almacenaje, composición y manipulación de los materiales.

## **CONCLUSIONES**

Con este estudio, se concluye que la fuerza de adhesión a dentina de los sistemas adhesivos utilizados de quinta y séptima generación no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos, por lo que la generación de los sistemas adhesivos no influye en la resistencia al cizallamiento, así mismo, con respecto al solvente, no es un factor para aumentar o disminuir la fuerza de unión a dentina.

Es importante resaltar que los sistemas adhesivos de séptima generación a pesar de disminuir el tiempo de la técnica de aplicación, es necesario conocer las instrucciones del fabricante y seguir la técnica específica de manipulación para obtener los resultados esperados, también es de vital importancia conocer la compatibilidad de cada sistema adhesivo con el material restaurador, pues algunos sistemas no son compatibles con cementos a base de resina y resinas autopolimerizables o de polimerización dual.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Camps Alemany. La evolución de la adhesión a dentina. Avances en Odontoestomatología. 2004. Vol.20 N°1
2. Parra M, Garzón H. Sistemas adhesivos autograbadores, resistencia de unión y nanofiltración: una revisión. Rev. Fac. Odontología Universidad de Antioquia. 2012. Vol. 24 N°1
3. Flury S. Principios de adhesión y de la técnica adhesiva. Quintessenz Team-Journal. 2011. Vol. 25 N° 10
4. Carlos C, Rocha C, Peixoto J, Montes M, Braz R, Santa Cruz V.M. Restauraciones cerámicas: ¿Cómo cementarlas? Acta Odontológica Venezolana. 2010. Vol. 248 N° 1
5. Díaz P, Orejas J, López E, Veny T. Cementado adhesivo de restauraciones totalmente cerámicas. Cient. Dent. 2009. Vol. 26 N°2
6. Macchi R. Materiales dentales. 4ª ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2009. Pp. 42-45
7. Anusavice K.J. Phillips Ciencia de los materiales dentales. 11ª ed. Madrid, España. Editorial ELSEVIER, 2004. Pp. 34-40
8. Barceló F.H, Palma J.M. Materiales dentales: Conocimientos básicos aplicados. 3ª ed. México: Editorial Trillas, 2008.Pp. 28-31
9. Cova J. L. Biomateriales Dentales. Editorial AMOLCA, 2010. Pp. 193-213
10. Carrillo C. Dentina y adhesivos dentinarios. Conceptos actuales. Revista ADM. 2006. Vol. 63 N°2
11. Reyes-Gasga J. Observación del esmalte dental humano con microscopía electrónica. Revista Tamé. 2013 Vol. 1 N°3
12. Ross M, Pawlina W. Histología: Texto y atlas color con biología celular y molecular. . 6ª ed. Editorial Medica Panamericana. 2014. Pp 536-537, 539-542

13. Gómez M<sup>a</sup> E, Campos A. Histología, embriología e ingeniería tisular bucodental. 3<sup>a</sup> ed. México: Editorial Medica Panamericana. 2009. Pp. 259, 292-293
14. Díaz-Romeral P, Orejas J. Cementado adhesivo de restauraciones totalmente cerámicas. Revista Cient. Dent. 2009. Vol. 6 N°2
15. Steenbecker O. Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética adhesiva. Chile. Editorial Universidad de Valparaíso. 2006. Pp. 303-305
16. Re D, Cerutti A, Mangani F, Putignano A. Restauraciones estéticas-adhesivas indirectas parciales en sectores posteriores. Editorial AMOLCA, 2009. Pp. 108-112
17. Dourado A, Reis A. Sistemas adhesivos. Revista de operatoria dental y biomateriales. 2006. Vol. 1 N°2
18. Ficha técnica Excite de IvoclarVivadent<sup>®</sup>
19. Ficha técnica Tetric N Bond Universal de IvoclarVivadent<sup>®</sup>
20. Ficha técnica ONE COAT BOND de Coltène<sup>®</sup>
21. Monsalves S, Astorga C, Bader M. Evaluación del grado de adhesión a la dentina de dos tipos de adhesivos de uso clínico actual. Revista dental de Chile. 2011
22. Neyra O, Perez H, Iturri I. Capacidad de penetración de los agentes adhesivos con acondicionamiento total que utilizan diferentes solventes. KIRU. 2004. Vol. 1 N°2