



**Universidad Autónoma del Estado de México**

**COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO  
EN DENTINA DE 6 SISTEMAS ADHESIVOS UNIVERSALES,  
MULTIMODO O MULTIPROPÓSITO”**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**CIRUJANO DENTISTA**

**PRESENTAN**

P.C.D. JOSÉ FERNANDO TERRÓN GARCÍA DE LEÓN

P.C.D. EFRÉN RICARDO FLORES FERNÁNDEZ

**DIRECTOR(ES) DE TESIS**

DR. EN O. ROGELIO JOSÉ SCOUGALL VILCHIS

DRA. EN C. S. EDITH LARA CARRILLO

**REVISOR(ES) DE TESIS**

E. EN O. ANA MIRIAM SANTILLAN REYES

M.C.O.O. BRENDA JAZMIN VALDEZ VARGAS



TOLUCA, MÉXICO

JUNIO 2018

**FO**

Facultad de Odontología

**COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO EN  
DENTINA DE 6 SISTEMAS ADHESIVOS UNIVERSALES, MULTIMODO O  
MULTIPROPÓSITO**



## DEDICATORIAS

Quiero dedicar este trabajo a todas las personas que directa o indirectamente estuvieron involucradas en la culminación de este trabajo de investigación. Lo dedico principalmente a mi padre que siempre me ha apoyado incondicionalmente y a mi familia, amigos, compañeros, profesores, colegas y en general al gremio odontológico pues el principal propósito de toda investigación es la difusión de la misma y con ello lograr enaltecer nuestra ciencia odontológica.

Lo dedico a todos aquellos estudiantes de odontología que, como nosotros, sentimos una pasión muy grande por la odontología restauradora. Y también a muchos de los cirujanos dentistas de talla mundial que han sido piedra angular en el interés que en mi han despertado.

*José Fernando Terrón García de León*

Esta tesis la dedico a todas aquellas personas que contribuyeron en mi formación profesional a Dios, a mi madre, a mi padre, a mis hermanos, a mi familia, a mis amigos, a mis profesores.

Dedico esta investigación a toda la comunidad odontológica, colegas y estudiantes de odontología para que enriquezcan sus conocimientos y estén mejor informados y preparados con el fin de brindar una atención profesional de calidad a los pacientes.

De igual manera mi dedicatoria es para aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron en la realización de este proyecto.

*Efrén Ricardo Flores Fernández*

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por darme la sabiduría, fortaleza y estar conmigo en cada momento y por haberme permitido hacer realidad este sueño.

A **mi madre**, una gran mujer valiente y esforzada a quien admiro por su superación personal, agradezco su apoyo moral, cariño, dedicación, empeño, comprensión que desde pequeño me ha brindado y por darme la herencia más valiosa que pudiera recibir.

A mi **padre**, por ser un hombre noble, cuidarme y guiarme desde mi infancia hasta mi adolescencia.

A mis **hermanos** Karen Isabel y José Miguel, por todo su apoyo brindando y cariño.

A mi **tío** Enrique Martínez Orta Flores por todos sus buenos consejos, apoyo, cariño. Una gran persona y ejemplo a seguir.

A **toda mi familia** por su apoyo moral y cariño.

A mis **amigos** que han estado conmigo a lo largo de mi vida, por su apoyo incondicional y animarme a continuar siempre hacia adelante.

A mi **alma máter**, la Universidad Autónoma del Estado de México, por abrirme sus puertas y permitirme haber estado en tan grandiosa universidad y formarme profesionalmente.

A todos mis **maestros y asesores** por compartirme sus conocimientos, que Dios los bendiga, y les de sabiduría para que continúen formando profesionales.

Al **Dr. Rogelio José Scougall Vilchis** por ser un excelente maestro y amigo que me ha permitido formar parte de su equipo de trabajo para llevar a cabo esta tesis.

A mi **compañero** de tesis José Fernando Terrón García de León por haber formado un excelente equipo de trabajo y por la oportunidad de compartir este logro.

*Efrén Ricardo Flores Fernández*

Siempre me he sentido eternamente agradecido con las personas que sin condición alguna me han apoyado en todos los proyectos que he emprendido a lo largo de mi trayectoria académica. Y es que sin el apoyo de estos tres pilares no habría sido posible tal meta.

Primeramente, agradezco a mi familia, que con su soporte incondicional tanto moral y económico me sentí apoyado en todo momento. A mis profesores, que de alguna u otra manera me han motivado y en particular al Dr. Scougall por haber aceptado el formar parte de este equipo de trabajo, que sin duda nos hemos concatenado de una muy buena manera.

Y a mi compañero Efrén, con el cual hemos formado un excelente equipo de trabajo para la realización de esta tesis de pregrado.

*José Fernando Terrón García de León*

## ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	9
Introducción.....	11

### PARTE I: MARCO TEÓRICO

<b>Capítulo 1.- Adhesión en Odontología .....</b>	<b>13</b>
1.1 Definición y objetivos de la adhesión.....	13
1.2 Historia de la adhesión .....	15
1.3 Tipos de adhesión .....	17
1.4 Adhesivos dentinarios.....	19
1.5 Adhesivo y adherente .....	21
<b>Capítulo 2.- Principios generales de adhesión .....</b>	<b>23</b>
2.1 Energía superficial.....	23
2.2 Tensión superficial.....	23
2.3 Humectancia, mojado o mojamiento.....	24
2.4 Ángulo de contacto de humectación .....	24
2.5 Adsorción, absorción y sorción.....	25
2.6 Factores clínicos que favorecen la adhesión .....	25
2.6.1 Dependientes de las superficies.....	25
2.6.2 Dependientes del adhesivo .....	26
2.6.3 Dependientes del biomaterial .....	27
2.6.4 Del profesional y del personal auxiliar .....	27
2.6.5 De los fabricantes.....	27
<b>Capítulo 3.- Sustratos dentarios .....</b>	<b>28</b>
3.1 Esmalte.....	29
3.1.1 Propiedades físicas .....	30

3.1.2 Composición química .....	31
3.1.3 Características morfológicas físico-químicas.....	32
3.2 Dentina .....	32
3.2.1 Propiedades físicas .....	34
3.2.2 Composición química .....	35
3.2.3 Características morfológicas físico-químicas.....	35
3.3 Cemento .....	36
3.3.1 Propiedades físicas .....	36
3.3.2 Tipos de cemento .....	36
3.3.3 Composición química .....	37
<b>Capítulo 4.- Mecanismos de adhesión a estructuras dentarias .....</b>	<b>38</b>
4.1 Adhesión a esmalte .....	38
4.1.1 Interdigitaciones de resina (resin tags) en esmalte .....	39
4.1.2 Barreras mecánicas ante la adhesión adamantina.....	39
4.1.3 Patrones de grabado .....	40
4.2 Adhesión a dentina.....	42
4.2.1 Hibridación de la dentina .....	44
4.2.2 Interdigitaciones de resina (resin tags) en dentina .....	46
4.2.3 Barro dentinario o smear layer .....	48
<b>Capítulo 5.- Técnicas de adhesión a sustratos dentarios.....</b>	<b>52</b>
5.1 Grabado ácido de esmalte y dentina (Grabado Total) .....	52
5.1.1 Descripción de la técnica.....	54
5.2 Grabado autoacondicionante (Autograbado) .....	55
5.2.1 Descripción de la técnica.....	59
5.3 Grabado ácido del esmalte (Grabado Selectivo) .....	60
5.3.1 Descripción de la técnica.....	60
<b>Capítulo 6.- Clasificaciones de sistemas adhesivos dentales .....</b>	<b>62</b>
6.1 Basada en la estrategia de adhesión .....	62
6.1.1 Sistema convencional o de grabado/lavado .....	62

6.1.2 Sistema autoacondicionante o autograbante.....	63
6.2 Basada en el sistema de activación .....	64
6.2.1 Adhesivos de foto activación o fotopolimerizables .....	64
6.2.2 Adhesivos autopolimerizables, de reacción química o químicamente activados .....	64
6.2.3 Adhesivos de polimerización dual .....	64
6.3 Basada en la cronología de aparición .....	65
<b>Capítulo 7.- Adhesivos Universales.....</b>	<b>68</b>
7.1 Definición.....	68
7.2 Composición química general .....	69
7.3 10-MDP (Metacriloxidecil-dihidrogenion-fosfato) .....	74
7.4 HEMA (Metacrilato de 2-hidroxietilo) .....	75
7.5 Técnicas de aplicación de los adhesivos universales.....	77
7.6 Indicaciones.....	77
7.7 Modo de Empleo.....	79
7.8 Marcas disponibles en el mercado vs a nivel mundial.....	80
 <b>PARTE II: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</b>	
1. Planteamiento del problema.....	84
2. Hipótesis.....	85
3. Objetivos.....	86
4. Justificación .....	87
 <b>PARTE III: MARCO METODOLÓGICO</b>	
1. Diseño de la investigación .....	89
2. Material y métodos .....	92
 <b>PARTE IV: ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
1. Resultados y análisis.....	106

2. Discusión .....	110
3. Conclusiones .....	115
Perspectivas futuras .....	116
Referencias .....	117
Anexos .....	120





## RESUMEN

En la actualidad existe un amplio desconocimiento sobre el empleo de los sistemas adhesivos universales que han sido recientemente lanzados al mercado odontológico y junto con ello han surgido inquietudes acerca del uso, formulación química, indicaciones, y cuál es el adhesivo que muestra mejores niveles de adhesión.

**Objetivo:** Comparar la resistencia *in vitro* al cizallamiento en dentina de 6 sistemas adhesivos universales, multimodo o multipropósito.

**Material y métodos:** Los adhesivos universales que se utilizaron para el estudio fueron Scotchbond Universal (3M ESPE), All-Bond Universal (Bisco), Gluma Bond Universal (Heraeus Kulzer), Tetric N-Bond Universal (Ivoclar-Vivadent), Futurabond U (VOCO), Peak Universal Bond (Ultradent) y un adhesivo convencional de cuarta generación OptiBond FL (Kerr) que se utilizó como grupo control, todos disponibles en México. Para el estudio se obtuvieron y almacenaron en agua destilada 70 órganos dentarios posteriores de dentición permanente de ser humano libres de caries, a los cuales se les realizaron dos cortes con un disco de diamante, primero se cortaron en sentido transversal, dividiendo a los dientes en dos partes; coronas y raíces, después a las coronas se les realizó un corte longitudinal de mesial a distal para obtener dos mitades de las coronas, las cuales fueron insertadas en resina poliéster, después se recortaron y pulieron, se lijó la superficie de la dentina durante un minuto realizando movimientos en forma de ocho, posteriormente se realizaron los procedimientos adhesivos según las indicaciones de cada fabricante, continuando con los procedimientos restauradores para esto se colocó un fragmento de resina compuesta (Filtek™ Z350 XT, 3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA) con la ayuda de un molde de plástico de forma “bite ramp” (rampa de mordida). Dichas muestras se almacenaron en agua destilada durante 24 horas en una incubadora a 37.5°C, antes de someterlas a la prueba de laboratorio en la maquina universal de ensayos (Autograph AGS-X, Shimadzu Co, Tokio, Japón).

**Resultados:** Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) de un factor con el fin de determinar si existen diferencias significativas entre los diferentes grupos tratados con diferentes sistemas adhesivos universales. El análisis ANOVA con un  $p$ -valor  $<0.05$  mostró que existen diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes grupos rechazando la hipótesis nula planteada en este estudio. Posteriormente con el fin de determinar cuáles grupos son diferentes estadísticamente, se realizó el test *a posteriori*, llamada "prueba de Scheffé", el cual realizó la comparación múltiple de promedios entre los distintos grupos para encontrar las diferencias estadísticamente significativas. Todos los sistemas adhesivos universales analizados en la prueba de resistencia no mostraron diferencias estadísticamente significativas con respecto al adhesivo control OptiBond FL (Kerr). Los adhesivos Scotchbond Universal (3M ESPE) y All-Bond Universal (Bisco) mostraron una resistencia significativa mayor con respecto al adhesivo universal Gluma Bond Universal (Heraeus Kulzer).

**Conclusiones:** La presente investigación mostró que no existe diferencia significativa en la resistencia obtenida en los sistemas adhesivos universales cuando son comparados con respecto al adhesivo control OptiBond FL (Kerr). El adhesivo universal Gluma Bond Universal (Heraeus Kulzer) mostró una diferencia significativamente menor al ser comparado con los adhesivos universales Scotchbond Universal (3M ESPE) y All-Bond Universal (Bisco). De todos los adhesivos universales analizados en esta investigación el adhesivo universal que mostró los mejores resultados en promedio de resistencia fue el Scotchbond Universal (3M ESPE) y el que mostró los resultados más bajos fue Gluma Bond Universal (Heraeus Kulzer).

## INTRODUCCIÓN

En este trabajo de investigación cuyo tema central es la adhesión en odontología, se ahondó encarecidamente en el tema de los “adhesivos universales” que es el tema medular de esta tesis. Por ello, es importante que el lector primeramente se familiarice acerca de todo lo que a adhesión se refiere para que posteriormente comprenda en su totalidad cual es el mecanismo por el cual los adhesivos universales se caracterizan.

Este trabajo se realizó con la finalidad de que los cirujanos dentistas conozcan todas las características que poseen estos adhesivos, ya que como son relativamente nuevos en el mercado, existe poco conocimiento acerca de los usos, indicaciones, composición y forma de empleo de estos adhesivos de última generación.

Es importante dar a conocer si existe o no, diferencia significativa de la resistencia a la fractura de los adhesivos universales que se pueden obtener para que el odontólogo tome buenas decisiones en el tratamiento odontológico de sus pacientes.

Por lo que se realizó un estudio *in vitro* en dentina donde se evaluaron 6 sistemas adhesivos universales disponibles en México; Scotchbond Universal (3M ESPE), All-Bond Universal (Bisco), Gluma Bond Universal (Heraeus Kulzer), Tetric N-Bond Universal (Ivoclar-Vivadent), Futurabond U (VOCO), Peak Universal Bond (Ultradent) con el objetivo de comparar la resistencia al cizallamiento. Así mismo se empleó un grupo control que se realizó con un adhesivo convencional de cuarta generación, el estándar de oro OptiBond FL (Kerr), el cual ha sido objeto de comparación en muchas investigaciones.

## **PARTE I. MARCO TEÓRICO**



## CAPÍTULO 1.- ADHESIÓN EN ODONTOLOGÍA

Sin duda uno de los grandes hitos que marcó la diferencia en cómo se realizaba la odontología hace unas décadas atrás es indubitablemente el fenómeno fisicoquímico llamado “adhesión química o específica” y es que; sin ella, hoy en día hubiera sido impensable el poder unir químicamente a la estructura dentaria, diversos materiales, siendo el principal de ellos los composites o resinas compuestas.<sup>1</sup> Cualquier material que se quiera unir a la estructura dentaria por medio de alguna técnica o método deberá incluir la adhesión. Y es que con la adhesión específica se dió inicio a otra gran rama de la odontología contemporánea, la odontología estética,<sup>2</sup> pues sin ella no nos sería tan cotidiano ver restauraciones altamente estéticas colocadas día con día en la boca de nuestros pacientes.

### 1.1 DEFINICIÓN Y OBJETIVOS DE LA ADHESIÓN

Es importante hacer una revisión bibliográfica sobre el significado de “adhesión”, ya que nos encontraremos muchas definiciones al respecto.<sup>3</sup> Desde definiciones pragmáticas e incluso hasta etimológicas:

- Unir un sustrato sólido el biomaterial a aplicar, manifestándose la adhesión como tal en la interfaz diente – restauración.<sup>1</sup>
- Proceso de unión de dos materiales por medio de la solidificación de un adhesivo.<sup>2</sup>
- Es el proceso de unir íntimamente dos superficies con la mayor fuerza y por el mayor tiempo posible.<sup>4</sup>
- La Real Academia Española la define como: “la fuerza física de atracción que mantiene unidas moléculas de distinta especie química”.<sup>1</sup>
- De acuerdo con Guzmán H. (1999), citado por Joubert R., tiene su origen en el vocablo latino *adheoesio* que significa unir o juntar dos o más partes.<sup>3</sup>
- Según Machi R. (1988), también citado por Joubert R., es el mecanismo que mantiene dos o más partes unidas.<sup>3</sup>

Con estos conceptos antes descritos podemos darnos un panorama más amplio acerca de lo que adhesión se refiere, ya que ahora sabemos que este fenómeno se da entre moléculas de diferente naturaleza y la *cohesión*, que es un concepto con el que llega a haber confusiones pero que tiene relación, se da entre moléculas de la misma naturaleza química y lo llegamos a observar cuando dos gotas de agua o de mercurio se unen para formar una de mayor tamaño o en el caso de la odontología cuando condensamos diferentes porciones de amalgama en una cavidad éstas se unen para formar la totalidad de la restauración o también en el caso similar del oro cohesivo.<sup>3</sup>

La adhesión ha sido menester de muchos investigadores en todo el mundo a lo largo de la historia, ya que, logrando una verdadera adhesión entre los materiales y las estructuras dentarias, se podrían alcanzar cinco objetivos de suma importancia, Fig.1.

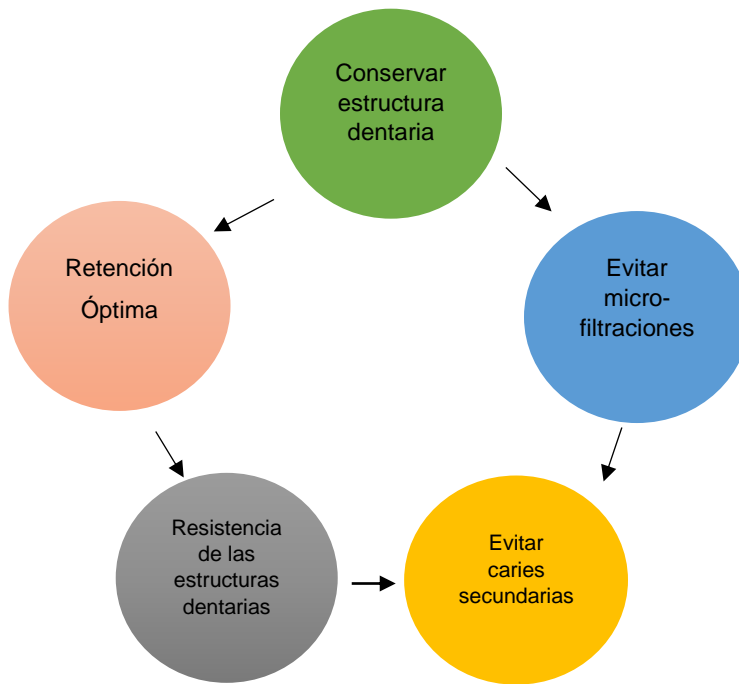


Figura 1. Objetivos de la adhesión.<sup>1,5</sup>

## 1.2 HISTORIA DE LA ADHESIÓN

No cabe duda de que en la odontología contemporánea a la que estamos acostumbrados a realizar, muy pocas cosas tuvieron gran repercusión en los procedimientos clínicos, siendo una de ellas la adhesión. Y es que la adhesión en odontología no tiene nada nuevo, prueba de ello son los antecedentes históricos y personajes claves que la introdujeron en nuestra ciencia, y que gracias al desarrollo científico y tecnológico que ha tomado lugar a partir de la segunda mitad del siglo XX y principios de siglo XXI la han llevado a su ulterior desarrollo.

El primer intento por lograr adhesión a los tejidos dentales se le atribuye al químico suizo Oscar Hagger según Mclean (2000), quien en 1949 patentó en su país un producto basado en dimetacrilato del ácido glicerofosfórico, juntamente con una resina acrílica restauradora autopolimerizable.<sup>1</sup>

Michael Buonocore (Fig.2) fue un gran científico que fue piedra angular en el desarrollo de la adhesión en odontología, en 1955 realizó el primer avance significativo sobre la adhesión intraoral, ya que propuso el tratamiento de la superficie del esmalte con ácido fosfórico (originalmente al 85%) para promover adhesividad adamantina, práctica que ya era común en la industria naviera consistente en realizar un acondicionamiento ácido a las superficies metálicas, con la finalidad de aumentar la retención de pinturas o barnices sobre ellas.<sup>1,2</sup> En odontología el grabado ácido provoca disolución parcial de los prismas del esmalte y del esmalte inter-prismático formando un patrón; este patrón consta de una superficie de microporosidades e innumerables zonas retentivas.<sup>6</sup>



**Figura 2.** Michael Buonocore.<sup>1</sup>

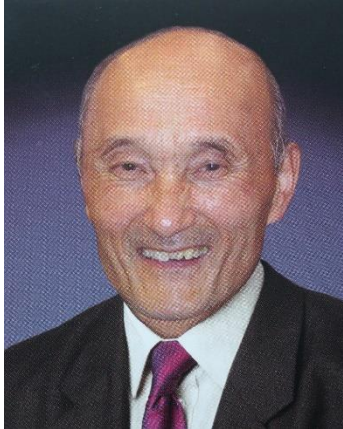
En 1962 Rafael Bowen patentó su célebre resina bisfenol glicidil metacrilato (BIS-GMA) provocando de esa manera el inicio al desarrollo de materiales poliméricos capaces de adherirse al esmalte. Posteriormente para lograr dicha meta en 1966 Newman y Sharpe modificaron la consistencia del BIS-GMA eliminando virtualmente su relleno cerámico a fin de producir una resina de muy baja viscosidad, ésta fue la primera en lograr adherirse al esmalte. Fue así como nació el adhesivo dental originario de la gran mayoría de los sistemas adhesivos de uso actual.

A Boyde y cols., en 1963 se les atribuye la denominación de *smear layer* o *barrillo dentinario*, siendo ésta una capa de desecho de alrededor de 1 a 2 $\mu$ m de espesor que se forma como consecuencia de la preparación dentaria la cual consiste primordialmente de detritus y dentina desorganizada. Esta capa juega un papel muy importante para el desarrollo ulterior de sistemas adhesivos universales, pero este tema será tratado con más profundidad más adelante.

En 1980 Takao Fusayama fue el primero en preconizar que el tratamiento de ácido de la superficie dentinaria, lejos de perjudicarla, favorecía la adhesividad, denominando a este procedimiento *grabado total* para destacar que es favorable grabar no solo el esmalte sino también extenderlo a la dentina, para así eliminar el smear layer y permitir el ingreso del adhesivo en los túbulos dentinarios, quedando trabada mecánicamente dentro de ellos después de su polimerización. Contrario a los dogmas o principios de aquellos años en los que había una posición cerrada a su remoción por sus propiedades de protección del complejo dentino-pulpar.



En 1982 Nobuo Nakabayashi (Fig.3), describe a la *capa híbrida o dentina hibridizada*, dicha capa mide alrededor de 3 a 6µm, y está constituida de fibras colágenas y adhesivo, como resultado de la infiltración de este último en estado fluido y su posterior endurecimiento en los espacios que se forman debido a la denudación de las fibras colágenas, merced a que la sustancia mineral que las envuelve queda disuelta por el tratamiento previo con ácido fosfórico.<sup>1</sup>



**Figura 3.** Nobuo Nakabayashi.<sup>1</sup>

### 1.3 TIPOS DE ADHESIÓN

La adhesión puede ser de dos tipos:

- a) *Física*: por enfrentamiento de superficies; por ejemplo, con las restauraciones en amalgama (Fig.4), donde el material restaurador enfrenta las paredes cavitarias, crea fricción y se retiene en la cavidad.

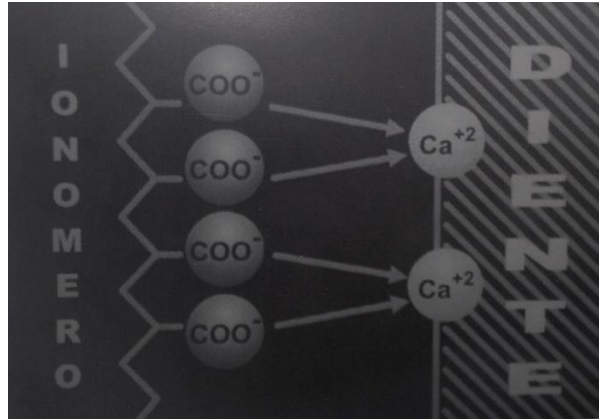
La *adhesión física o retención mecánica* puede ser visible al ojo humano como ocurre al preparar una cavidad para amalgama, donde vemos las paredes cavitarias enfrentarse al material restaurador, y así evitar, que luego de que cristalice, se salga o disloque de la cavidad, produciendo de esta forma una adhesión al material, llamada *macromecánica*.



**Figura 4.** Restauración de amalgama.<sup>3</sup>

Por otro lado, cuando utilizamos la técnica de grabado ácido adamantino y obtenemos en este tejido millones de microporos, donde más tarde se alojará y endurecerá el adhesivo, se produce allí una retención mecánica no visible al ojo humano, la cual es llamada adhesión *física micromecánica*.

- b) *Química*: por intercambio iónico-molecular entre las dos partes; por ejemplo, el cemento de ionómero de vidrio se adhiere al diente por verdaderos puentes químicos. Esta unión se da gracias a un real intercambio iónico-molecular entre la parte ácida del cemento y la estructura dura y blanda del diente. Existe unión química tanto a la hidroxiapatita como al colágeno dental. La adhesión a la parte dura del diente es a través de un mecanismo de quelación al calcio, mientras que la unión al colágeno es a la radical amida ( $\text{NH}_2$ ) de las proteínas de este (Fig.5). Inicialmente se forma un puente de hidrógeno entre ionómero y la estructura dental, el cual va siendo reemplazado por uno de calcio y más tarde de aluminio. Se forman así sales de policarboxilato de calcio y aluminio que serán las responsables del endurecimiento del cemento. De esta forma aparece un nuevo mecanismo de unión de los materiales dentales al diente. Esta adhesión es la llamada adhesión química, específica o verdadera. Aquí la unión depende de un intercambio iónico molecular y no de enfrentamiento o fricción mecánica entre las superficies.<sup>3</sup>



**Figura 5.** Mecanismo químico de unión ionómero-dentina.<sup>1</sup>

#### 1.4 ADHESIVOS DENTINARIOS

El hablar de adhesión ocupa tener un conocimiento extenso acerca de los fenómenos físicos y químicos que ocurren en las estructuras involucradas en ello, tanto en las superficies sólidas que son las estructuras dentarias (esmalte, dentina y cemento) llamadas adherentes y como en los materiales o películas pudiendo ser líquidos, semilíquidos o sólidos empleados para la adhesión llamados adhesivos.<sup>3</sup>

En el caso de ser líquido, se trata de los agentes adhesivos y no de la restauración misma.<sup>1</sup> He aquí donde empleamos los “adhesivos dentinarios”, los cuales son finas capas de resina que se encuentran entre la dentina grabada o no grabada y la matriz de resina compuesta.<sup>2</sup>

Los componentes fundamentales que forman un sistema adhesivo moderno son los que se mencionan a continuación:

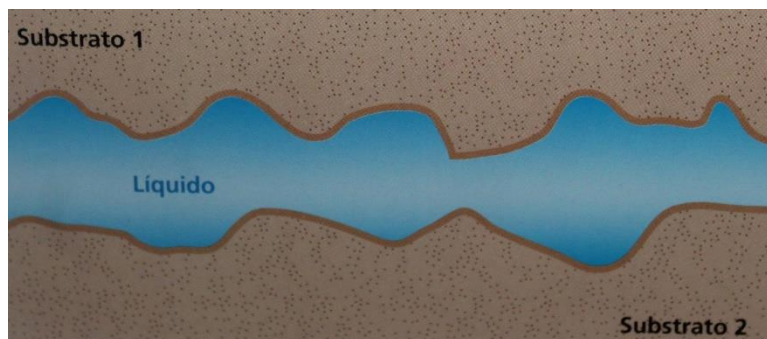
1. *Agente grabador:* los más frecuentemente usados son ácidos fuertes, por mencionar al más conocido es el ácido orto-fosfórico con una concentración del 35 al 40%. También se siguen usando en la composición de los imprimadores los llamados ácidos débiles, por ejemplo, el cítrico y el maleico, y por último, nos encontramos con monómeros ácidos los cuales fueron introducidos a partir de 1980, lo más comunes son el Fenil-P (fenil-fosfato) y

- MDP (10- metacriloxidecil-dihidrogeno-fosfato) los cuales actúan como agentes grabadores en los modernos adhesivos autograbantes.
2. *Resinas hidrofílicas:* estas son las encargadas de conseguir la unión a dentina impregnando la dentina grabada y formando "tags" aprovechando precisamente la humedad de la dentina. Son resinas como PENTA (dipentaeritrol-penta-acrilato-acido-éster-monofosforado), HEMA (hidroxietil-metacrilato), BPDM (bifenil-dimetacrilato), TEGDMA (triethylenglicol-dimetacrilato), GPDM (glicerol-fosfato-dimetacrilato), y 4-META (4 metacriloxi-etil-trimelitato-anhídrido).
  3. *Resinas hidrofóbicas:* son las primeras que formaron parte de los materiales adhesivos y aunque son poco compatibles con el agua su función en los sistemas adhesivos es doble; por un lado, conseguir una buena unión a la resina compuesta que también es hidrofóbica y por otro conseguir que la capa de adhesivo tenga un grosor suficiente para que nuestra interfase dentina/resina soporte el estrés a las que va a ser sometida, ya que suelen ser más densos que las resinas hidrofílicas. Un ejemplo de resina hidrofóbica es el Bis-GMA (bisfenol-glicidilmetacrilato) introducida por Bowen a mediados de los años 50, la cual posee una característica bipolar, hidrofílica por un polo e hidrofóbica por el otro, para causar adhesión.
  4. *Activadores:* son los encargados de iniciar la reacción en cascada de la polimerización. Básicamente nos encontramos con dos principales, una de ellas son las canforoquinonas o el PPD (fenilpropanodiona) las cuales reciben un estímulo de luz y las quimio-activadores como el complejo amina/peróxido. En algunas ocasiones se encuentran asociados ambos tipos de activadores y estamos entonces ante un adhesivo de fraguado dual.<sup>7</sup>
  5. *Relleno inorgánico:* este componente no aparece en todos adhesivos, pero en los que lo hace pretende reforzar la resina, este refuerzo lo logra a través de la adición de diferentes tamaños de partícula agregada, pudiendo ser de macro relleno, micro relleno, híbridas o actualmente ya las hay de nano relleno. De esta manera se mejoran las propiedades mecánicas y estéticas.<sup>2,7</sup>

6. *Disolventes*: en la mayoría de los productos que usamos el solvente es un vehículo del producto que facilita la imprimación, pero en los sistemas adhesivos este es uno de los componentes fundamentales para conseguir una adecuada hibridación dentinaria. Por otro lado, los solventes muy volátiles como la acetona o el etanol pueden tener problemas en su manipulación debido a que, si por error u omisión no se cierra el contenedor del adhesivo, este se evapora con facilidad y la proporción resina/ solvente se altera y con ella las propiedades del producto. Es por ello que se están desarrollando nuevos adhesivos en botes monodosis. Los solventes que utilizan nuestros adhesivos son agua, etanol y acetona.<sup>7</sup>

## 1.5 ADHESIVO Y ADHERENTE

Debe recordarse que el *adhesivo* es la sustancia capaz de unir dos cuerpos a través de un fenómeno que se llama *adhesión* (Fig.6). Otra definición más completa sería la siguiente: material que colocado en capa fina sirve para adherir el material restaurador al diente, tanto a esmalte como a dentina.<sup>7</sup> Por su parte el *adherente* es el cuerpo al que el adhesivo o material dental se une.



**Figura 6.** Un compuesto líquido interpuesto entre dos materiales sólidos garantiza la congruencia entre las superficies. El contacto íntimo entre dos materiales es un requisito esencial para la adhesión.<sup>8</sup>

Para lograr una buena adhesión, el adhesivo debe cumplir las siguientes características:

- Baja tensión superficial.
- Un ángulo de contacto bajo, cerca de 0.
- Buena capacidad de humectancia.
- Gran capacidad de capilaridad.

Por otro lado, la superficie adherente debe contar con:

- Alta energía superficial.
- Composición homogénea.
- Superficie lisa y libre de contaminación.

Algunas condiciones de las requeridas para la adhesión se pueden obtener o mejorar mediante la preparación de las superficies, por ejemplo, el grabado ácido optimiza el esmalte, aumentando la superficie por la aparición de miles de microporos y la energía superficial adamantina, lo que mejora significativamente la unión.<sup>3</sup>

## CAPÍTULO 2.- PRINCIPIOS GENERALES DE ADHESIÓN

Primeramente, vamos a describir algunos conceptos químicos que son importantes para poder comprender como es que se lleva a cabo la unión de dos superficies por medio de un adhesivo intermedio, y que sin la previa comprensión de cada uno de ellos no sería posible poder entender y por ende explicar cuál es el mecanismo que les permite llevar a cabo el fenómeno adhesivo. Los conceptos de los cuales nos debemos valer a la hora de hablar de adhesión son de los que citaremos a continuación.

### 2.1 ENERGÍA SUPERFICIAL

Es la fuerza de atracción de los átomos y moléculas en la superficie de los sólidos, y ésta se manifiesta por un campo eléctrico electrostático, el cual es capaz de atraer a las moléculas libres del medio que tengan un campo eléctrico contrario. Los átomos superficiales de un sólido tienden a formar uniones con otros átomos próximos a la superficie. Tienen alta energía superficial los cuerpos cristalinos (esmalte, cerámica) o los de naturaleza metálica, caso contrario los cuerpos orgánicos como la dentina, el cemento o los polímeros. En el caso del esmalte logramos aumentar la energía superficial gracias al grabado ácido, ya que eliminamos cualquier sustrato que se encuentre adherido a la superficie de la misma, pudiendo ser placa dentobacteriana, saliva o sangre.<sup>1,3</sup>

### 2.2 TENSION SUPERFICIAL

Es la fuerza de atracción que los átomos y moléculas ejercen hacia el centro del material gracias a que las fuerzas cohesivas se manifiestan, y ello determina que, en un ambiente sin gravitación, las moléculas de un líquido tiendan a formar una esfera. Las moléculas libres de dicha esfera tienen campos electrostáticos que tenderán a esparcirse con facilidad o dificultad sobre un sólido dependiendo de la energía de su superficie, cuanto más fuerte es la energía de unión de una sustancia mayor es su energía superficial. Un ejemplo claro de ello es una gota de mercurio la cual se aprecia que no se expande sobre un sólido, en cambio una gota de aceite se extiende sobre la superficie, por ello el mercurio tiene mayor tensión superficial

que el aceite. También se entiende por tensión superficial a la atracción que las moléculas internas de un líquido ejercen sobre las que se encuentran en su superficie.<sup>1,3</sup>

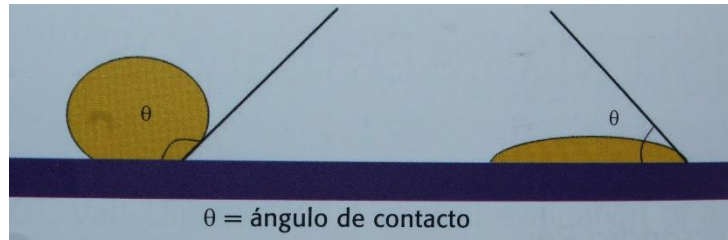
### **2.3 HUMECTANCIA, MOJADO O MOJAMIENTO**

Se le llama así a la capacidad de un líquido de mojar un sólido, y este concepto va de la mano con los de energía y tensión superficial, pues a mayor energía superficial de un sólido y a menor tensión superficial de un líquido mayor será la capacidad de este de poder mojar o humectar una superficie. La formación de una gota en una superficie sólida es verificativa de la mayor o menor capacidad humectante de un líquido. Un ejemplo muy claro de este fenómeno es cuando se colocan dos superficies de vidrio pulidas y es muy fácil separar ambas superficies, pero si se coloca agua entre estas dos superficies se vuelve muy complicado separarlas, esto es debido primeramente a la alta energía superficial del vidrio para atraer las moléculas de agua y después por la capacidad humectante del agua de discurrir sobre las superficies del vidrio y funcionar como un agente adhesivo. Los metales interaccionan fuertemente con los adhesivos líquidos debido a su gran energía superficial. De la humectancia depende el éxito que un adhesivo puede tener sobre la superficie dentaria, para poder medir la capacidad de mojado de un líquido se puede medir el ángulo de contacto.<sup>1,2,4,5</sup>

### **2.4 ÁNGULO DE CONTACTO DE HUMECTACIÓN**

Es el ángulo que se forma entre la superficie del sólido y una línea tangente trazada desde el lugar de contacto de la gota con el sólido, de esta manera se puede evaluar o medir el grado de humectancia de un líquido, mientras más pequeño es el ángulo de contacto mayor es la humectancia, y si el ángulo de contacto es muy grande menor será la capacidad de mojado de un líquido. Por lo tanto, las fuerzas de adhesión son más fuertes que las de cohesión, que unen las moléculas del adhesivo. Con un ángulo de contacto de  $0^\circ$  se produce la humectación total, mientras que con uno de  $180^\circ$  no se produce la humectación (Fig.7).<sup>1,3,4</sup>





**Figura 7.** Dibujo mostrando el ángulo de contacto formado entre líquidos y un sólido. Cuanto menor este ángulo (derecha), mayor es el humedecimiento del substrato y mayor probabilidad de conseguir una adhesión efectiva.<sup>9</sup>

## 2.5 ADSORCIÓN, ABSORCIÓN Y SORCIÓN

La adsorción es un fenómeno físico de acción superficial, por el cual una sustancia penetra en las primeras capas con espesor mono-molecular por adosamiento y se da en la superficie de sólidos o líquidos. La absorción es un fenómeno físico donde ingresan al interior de un cuerpo sólido donde se difunden o penetran.<sup>2</sup> La sorción se utiliza cuando están presentes ambos fenómenos físicos (adsorción y absorción) y no se sabe cuál de ellos predomina.<sup>3</sup>

## 2.6 FACTORES CLÍNICOS QUE FAVORECEN LA ADHESIÓN

Existen diferentes categorías en las que se pueden clasificar los factores de los que depende la adhesión, vamos a hacer una revisión de cada una de ellas:

### 2.6.1 DEPENDIENTES DE LAS SUPERFICIES

- a) *Limpias y secas*: las superficies tienen que estar limpias y secas, en el caso de adhesión a estructuras dentarias, el esmalte es fácil de limpiar y secar; en cambio, en la dentina se encuentran dificultades para realizar ambas cosas. Resulta difícil de limpiar por su misma naturaleza y difícil de secar, de un lado por la presencia de líquido que exuda constantemente de los túbulos dentinarios cortados; y por otro, que de hacerlo significaría modificar el equilibrio hídrico del túbulo, lo cual es causa desde dolor postoperatorio hasta una mortificación pulpar.
- b) *En contacto íntimo*: lo mejor que se adapta a un sólido es un líquido; por lo tanto, el biomaterial restaurador o su medio adhesivo deberían serlo. Si no

hay íntimo contacto, las reacciones químicas y las trabas mecánicas no se producirán.

- c) *Con alta energía superficial*: mientras más alta sea esta energía, mayor será la potencialidad de atraer hacia su superficie tanto biomateriales restauradores adherentes como sus sistemas adhesivos.
- d) *Potencialmente receptivos a uniones químicas*: el esmalte y la dentina lo son. El primero a través de los radicales hidroxilos de la hidroxiapatita, y la segunda a través de los mismos, además de los radicales presentes en las fibras colágenas: carboxilos, aminos y cálcicos.
- e) *Superficies lisas vs. rugosas*: desde el punto de vista de la adhesión física es indispensable que la superficie sea irregular para que el adhesivo se trabe al endurecer en contacto con ella. En cambio, desde el punto de vista de la adhesión química es preferible una superficie lisa en donde un adhesivo pueda correr y adaptarse sin dificultad.<sup>1</sup>

## 2.6.2 DEPENDIENTES DEL ADHESIVO

Hay varias características que hay que tomar en cuenta:

- a) *Con baja tensión superficial*: mientras menor sea ésta, mejor posibilidad habrá de que el adhesivo humecte (moje) a los tejidos dentarios, logrando con ello un mejor contacto que favorezca uniones físicas y químicas.
- b) *Con alta humectación o capacidad de mojado*: mientras más humectante sea el biomaterial por aplicar o sus sistemas adhesivos, mejor será el contacto favoreciendo con ello sus potenciales uniones físicas y químicas.
- c) *Con bajo ángulo de contacto*: mientras menor sea éste, mejores posibilidades de humectancia, de contacto físico y de reactividad química.
- d) *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.
- e) *Con alta resistencia mecánica química adhesiva-cohesiva*: que lo hagan soportar las fuerzas de oclusión funcional y el medio oral.

- f) *Biocompatibilidad*: este es un requisito para todos los materiales que se aplican en odontología, es importante que se dé la compatibilidad biológica con el diente, así como con los tejidos bucales y el paciente en sí mismo.<sup>1</sup>

### **2.6.3 DEPENDIENTES DEL BIOMATERIAL**

- a) De fácil manipulación y aplicación.
- b) Con técnicas adhesivas confiables.
- c) Compatible con los medios adhesivos a utilizar.<sup>1</sup>

### **2.6.4 DEL PROFESIONAL Y DEL PERSONAL AUXILIAR**

El profesional debe tener conocimiento del material que vaya a utilizar. Esto implica la identificación de cómo funciona, qué elementos requiere para su uso, la capacitación del personal involucrado en su manejo y el entrenamiento necesario para su correcta manipulación.

Existe un factor de gran importancia y muchas veces no es tomado en cuenta por el odontólogo: la presencia de aceite en el spray de sus turbinas y la presencia de aceite y/o agua en el aire de sus jeringas, puesto que con ello se contamina seriamente las superficies dentarias en tratamiento, impidiendo que sean receptivas de todo sistema adhesivo, y consecuentemente disminuyendo e incluso anulando la adhesión que se pretende lograr.<sup>1</sup>

### **2.6.5 DE LOS FABRICANTES**

Con productos probados (tanto en el laboratorio como clínicamente), de alta durabilidad, con instrucciones claras y precisas, de bajo costo, fácil almacenamiento y prolongada vida útil. También es importante registrar su aprobación por los institutos encargados de su certificación y aprobación de uso.<sup>3</sup>

### CAPÍTULO 3.- SUSTRATOS DENTARIOS

Los dientes están formados por cuatro tejidos dentales, cada uno de ellos cumple diferentes funciones, existen tres tejidos duros: esmalte, dentina y cemento dentario, y un tejido blando: la pulpa dental (Fig.8).

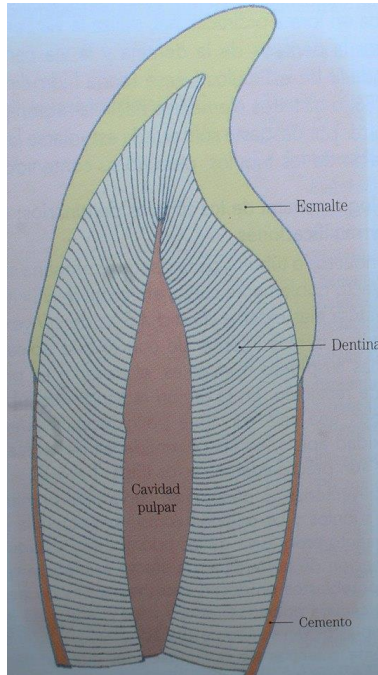


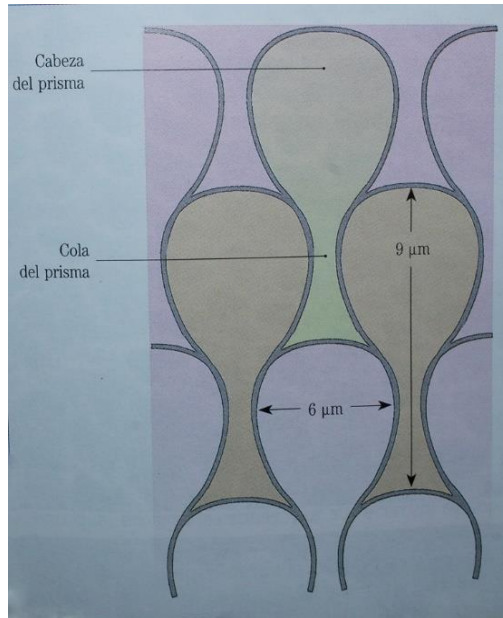
Figura 8. Tejidos dentales.<sup>10</sup>

El esmalte y la dentina que son los tejidos en los cuales nos vamos a enfocar principalmente, son tejidos de derivación embriológica diferente, constitución química y micro morfológica desiguales, diferentes características funcionales y mecánicas. Conocer el módulo de elasticidad de la dentina, la dureza del esmalte, la distribución de los túbulos dentinarios y la orientación de los primas del esmalte es una condición esencial para alcanzar el éxito adhesivo, y aún más cuando hablamos de sistemas adhesivos autograbantes.<sup>8</sup> Por ello consideramos imperativo el conocer a profundidad la naturaleza del tejido sobre el cual se está realizando un procedimiento de adhesión para que nuestro método clínico sean más predecible.

### 3.1 ESMALTE

Llamado también tejido adamantino o sustancia adamantina, cubre a manera de casquete a la dentina en su porción coronaria, ofreciendo protección al tejido conectivo del complejo tisular subyacente formado por el iso-sistema dentino-pulpar.<sup>10</sup>

Es la sustancia biológica más dura del organismo humano, ya que está constituido por un componente orgánico y por otra inorgánico, el componente mineral o inorgánico (95 al 96%) en peso está compuesta por fosfato de calcio que forman cristales hexagonales de hidroxiapatita desde la conexión amelodentinaria (CAD), a la superficie externa o libre en contacto con el medio bucal, juntos, ordenados y uniformemente orientados los cristales dan origen a estructuras en forma de bastoncillos, denominados prismas del esmalte, que poseen un diámetro o espesor de 3 a 6µm y un largo de 9µm (Fig.9). Los prismas están separados uno del otro por una muy delgada película orgánica y por esmalte interprismático, la unidad estructural de esmalte fue descrita durante mucho tiempo como un elemento prismático de 5 o 6 caras, hoy en día sabemos que esa unidad estructural adamantina no es un prisma geoméricamente hablando, sino un elemento alargado en forma de ojo de cerradura que presenta tres elementos; una cabeza, un cuello y una cola. Algunos autores han acuñado los términos de varillas, cañas y/o bastones para referirse a esta estructura. Las cabezas de dichos prismas adamantinos son los que deben ser expuestas a la acción del ácido grabador. Los ejes longitudinales de los prismas están dispuestos perpendicularmente (90°) a la superficie oclusal del diente en proximidad de la misma.<sup>3,8,10</sup>



**Figura 9.** Esquema con las dimensiones de los prismas en un corte transversal.<sup>10</sup>

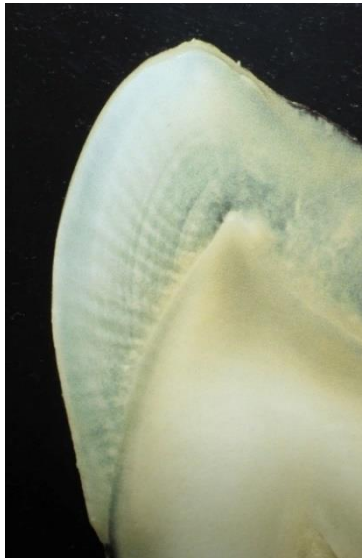
Este es el tejido visible del diente, es el responsable de la estética y es el encargado de resistir los impactos físicos, su espesor máximo de 2 a 3mm y se encuentra en las cúspides de molares y premolares y en el borde libre de caninos e incisivos, zonas de grandes impactos masticatorios.<sup>10</sup>

### 3.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS

- a) *Dureza*: es la resistencia superficial de una sustancia a ser rayada o a sufrir deformaciones de cualquier índole, motivadas por presiones. El esmalte tiene una dureza que corresponde a cinco en la escala de Mohs (escala de uno a diez que determina la dureza de ciertas sustancias) y equivale a la apatita. Su extrema dureza esta atribuida a su alto contenido mineral, mientras que la fragilidad del mismo depende del elevado módulo de elasticidad y de su baja resistencia a la tracción.<sup>8,10</sup>
- b) *Elasticidad*: es muy escasa, pues la cantidad de agua y de sustancia orgánica que posee es muy reducida. Es un tejido frágil con tendencia a las macros y microfracturas, cuando no tiene un apoyo dentinario normal, que es el que le

aporta la elasticidad y le permite realizar pequeños micromovimientos sobre la misma sin fracturarse.

- c) *Color y Transparencia*: el esmalte es translúcido, su color varía entre un blanco-amarillento a un blanco-grisáceo, pero este color no es propio del esmalte, sino que depende de las estructuras subyacentes en especial de la dentina (Fig.10).
- d) *Permeabilidad*: es extremadamente escasa. El esmalte puede actuar como una membrana semipermeable, permitiendo la difusión de agua y de algunos iones presentes en el medio bucal.
- e) *Radioopacidad*: es muy alta en el esmalte, que es la estructura más radiopaca del organismo humano por su alto grado de mineralización.<sup>10</sup>



**Figura 10.** Imagen donde se visualiza esmalte dentina y unión amelodentinaría.<sup>11</sup>

### 3.1.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA

El esmalte está constituido, químicamente por una matriz orgánica (1%), una matriz inorgánica (96%) cuyo componente inorgánico principal es la apatita que se presenta como hidroxapatita, carbonatoapatita, y fluorapatita, otras estructuras cerámicas que forman el esmalte son componentes cálcicos y los fosfatos. También

elementos como aluminio, hierro, estroncio, vanadio, magnesio y entre otros. El elemento restante es agua (3%). El componente orgánico más importante es de naturaleza proteica (no colágena).<sup>3</sup>

### 3.1.3 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Es un cuerpo cristalino, con alta energía superficial, posee reducido contenido de agua en su composición (96% tejido mineral y 4% incluyendo proteínas y agua) y, por lo tanto, es relativamente fácil de limpiar y secar. Embriológicamente tiene características disímiles según la dentición a la que pertenezca (primaria o secundaria). Es capaz de absorber en su interior y adsorber en su superficie fluidos que la rodeen. Si se encuentra limpio y seco se comportará como un cuerpo hidrófilo y esto se observa cada vez que se realiza el aislamiento absoluto del campo operatorio.<sup>1</sup>

La separación cohesiva del substrato adamantino cuando se emplea una fuerza transversal o paralelamente con respecto a la orientación de los prismas es de aproximadamente 11.5MPa (Megapascales), caso contrario cuando la acción es ejercida a lo largo del eje mayor o longitudinalmente de los prismas se alcanzan valores iguales a 42.2MPa.<sup>8</sup>

### 3.2 DENTINA

El conocer a profundidad el substrato dentinario es determinante para poder comprender el gran desarrollo que han tenido a lo largo de los años las tecnologías adhesivas.<sup>8</sup>

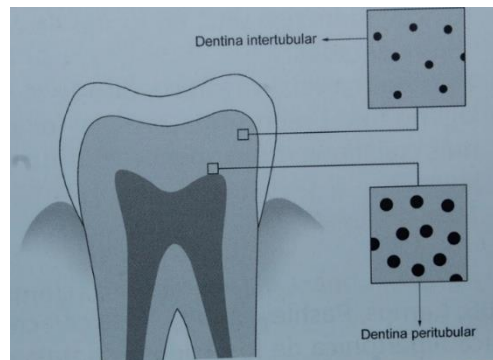
La dentina, llamada también sustancia ebúrnea o marfil, es el eje estructural del diente y constituye el tejido mineralizado que conforma el mayor volumen de la pieza dentaria. La porción coronaria de la dentina está recubierta a manera de casquete por el esmalte, mientras que la región radicular esta tapizada por el cemento. Interiormente, la dentina delimita una cavidad, denominada cámara pulpar, que contiene la pulpa dental (único tejido blando del diente).<sup>10</sup> Es importante recalcar que mientras la función de la dentina es dar el color al diente, la función de la pulpa



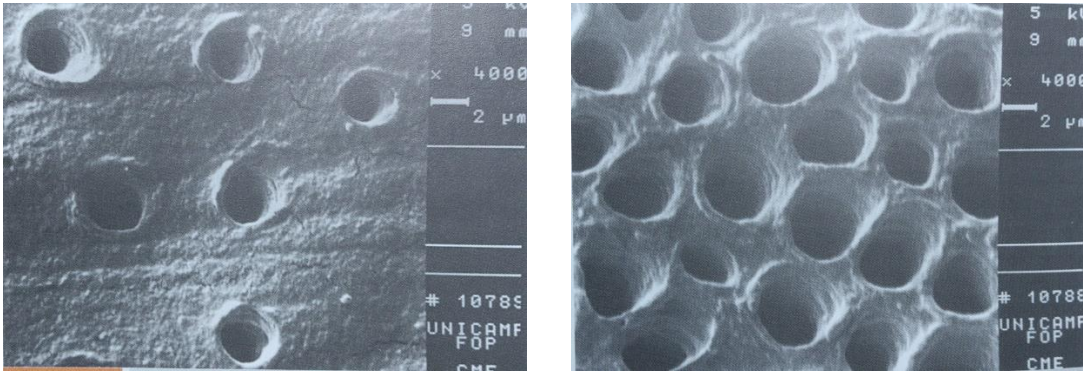
dental es irrigar e inervar al diente por lo tanto es la responsable de la sensibilidad dentaria.

La parte mineral de la dentina está constituida por cristales de apatita más pequeños en comparación con los del esmalte. Las estructuras más características del tejido dentinario son los *túbulos dentinarios*, las cuales representan las huellas dejadas por los odontoblastos en el recorrido de la unión amelodentinaria hacia la cámara pulpar.<sup>8</sup> Existen unos 20,000-30,000 túbulos por mm<sup>2</sup> en el tejido superficial, mientras que en el profundo se presentan en mayor cantidad 45,000-60,000 por mm<sup>2</sup>.<sup>3</sup> La presencia de más túbulos implicaría el aumento de la permeabilidad del substrato mismo, cambiando radicalmente el abordaje del protocolo adhesivo. La variación de permeabilidad dentinaria se debe también al diámetro de los túbulos, que es mayor en la cercanía a la pulpa.<sup>8</sup>

En la nomenclatura de la estructura dentinaria frecuentemente son confundidos los términos dentina intratubular y dentina intertubular (Fig.11). La dentina intratubular o peritubular es un capuchón que envuelve circunferencialmente a la luz tubular y esta tiene gran contenido mineral (alrededor de 95%), mientras que en la dentina intertubular es menor el contenido mineral (30%). La dentina intertubular está compuesta principalmente por matriz de colágeno tipo I reforzada por apatita. Los mejores resultados de adhesión son observados en la dentina superficial más que en la profunda y esto pareciera ser causado por la disminución de características mecánicas intrínsecas de la dentina profunda y de las dificultades en el control de la humedad producida por la difusión de líquido intratubular (Fig.12).<sup>3,8</sup>



**Figura 11.** Dibujo esquemático mostrando la diferencia en el número y diámetro de los túbulos dentinarios en la dentina superficial y profunda.<sup>9</sup>



A

B

**Figura 12.** Microscopia electrónica de barrido de dentina superficial (A) y otra profunda (B). Observe el diámetro mayor y número de túbulos dentinarios en la dentina profunda. Consecuentemente, el área de dentina intertubular para formar la capa híbrida también es reducida.<sup>9</sup>

El interior de los túbulos está ocupado por las prolongaciones citoplasmáticas de los odontoblastos (proceso odontoblasticos o fibrillas de tomes), los cuales reciben los estímulos ya sea mecánicos, térmicos o químicos. Entre dicha prolongación y la pared del túbulo existe un espacio estrecho llamado espacio periprocesal ocupado por un líquido tisular (fluido o licor dentinario) rico en sodio y pobre en potasio. El fluido dentinario es un filtrado del plasma sanguíneo pulpar.<sup>10</sup>

### 3.2.1 PROPIEDADES FÍSICAS

- a) *Color:* la dentina presenta un color blanco amarillento, puede variar de un individuo a otro y, también, a lo largo de la vida. Como el esmalte es translúcido, por su alto grado de mineralización, el color del diente lo aporta generalmente, la dentina.
- b) *Translucidez:* la dentina es menos translúcida que el esmalte, debido a su menor grado de mineralización, pero en las regiones apicales, donde el espesor de la dentina es mínimo, puede verse por transparencia el conducto radicular.
- c) *Dureza:* está determinada por su grado de mineralización. Es mucho menor que la del esmalte y algo mayor que la del hueso y el cemento. En dientes de

personas jóvenes, la dureza de la dentina es similar a la de la amalgama de plata.

- d) *Radiopacidad*: depende del contenido mineral y es menor que la del esmalte y algo superior a la del hueso y el cemento. Por su baja radiopacidad, la dentina aparece en las placas radiográficas sensiblemente más oscura que el esmalte.
- e) *Elasticidad*: la elasticidad propia de la dentina tiene gran importancia funcional, ya que permite como estar la rigidez del esmalte, amortiguando los impactos masticatorios. La elasticidad varía en función del porcentaje de sustancia orgánica y al agua que contiene.
- f) *Permeabilidad*: la dentina tiene más permeabilidad que el esmalte debido a la presencia de los túbulos dentarios, que permiten el paso a distintos elementos o solutos (colorantes, medicamentos, microorganismos), que la atraviesan con relativa facilidad.<sup>10</sup>

### 3.2.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA

La composición química de la dentina es aproximadamente la siguiente: 70% de materia inorgánica (principalmente cristales de hidroxiapatita), 18% de materia orgánica (casi todo el contenido orgánico está bajo la forma de colágeno tipo I y existe algo del tipo V, estando ausente el tipo III) y 12% de agua que se encuentra fundamentalmente en la matriz y el fluido dentinario.<sup>3,8,10</sup>

### 3.2.3 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Es un cuerpo mesomorfo (con contenido cristalino correspondiente a la materia mineral y otra amorfa, correspondiente al contenido orgánico tubular), con baja energía superficial, difícil de limpiar, no conveniente de secar (para no alterar su equilibrio hídrico). Tiene una importante proporción de agua, por lo que debe ser considerado como un cuerpo húmedo. Morfológicamente tiene características diferentes según sea la dentición a la que pertenezca (primaria o secundaria), y más aún, diferentes de acuerdo con la profundidad de determinada zona en particular. Es fácil comprender que puede perder o captar agua con mucha facilidad. Lo

anterior implica una potencialidad de comportarse como un sólido permeable, difusible y penetrable.<sup>1</sup>

### 3.3 CEMENTO

El cemento es un conjunto conectivo mineralizado, derivado de la capa celular ectomesenquimática del saco o folículo dentario que rodea al germen dentario. A semejanza del esmalte, cubre la dentina, aunque solo en la porción radicular. Tiene como función principal anclar las fibras del ligamento periodontal a la raíz del diente y además presenta características más similares a la dentina que al esmalte.<sup>1,10</sup>

Su espesor varía entre 20µm en el cuello a 90µm en el área radicular y alcanza su mayor espesor por depósitos secundarios en la zona apical e interradicular, pudiendo llegar a en estos casos a 3.5mm.<sup>10</sup>

#### 3.3.1 PROPIEDADES FÍSICAS

- a) *Color*: el cemento presenta un color blanco, más oscuro y opaco que el esmalte, pero menos amarillento que la dentina.
- b) *Dureza*: la dureza del cemento es menor que la de la dentina y del esmalte.
- c) *Permeabilidad*: el cemento es menos permeable que la dentina, a pesar de su mayor contenido de sustancia orgánica y su menor densidad.
- d) *Radioopacidad*: es semejante a la del hueso compacto; por lo tanto, en las radiografías presentan el mismo grado de contraste.
- e) *Elasticidad*: el cemento tiene un módulo elástico de Young (capacidad elástica de un material o deformación que sufre al incidir sobre él, una fuerza) de  $18,7 \pm 2,5 \text{ GPa}$  (Gigapascales).<sup>10</sup>

#### 3.3.2 TIPOS DE CEMENTO

- a) Cemento acelular o primario; que se forma hasta que el diente entre en erupción
- b) Cemento celular o secundario: que se deposita a partir que el elemento dentario entra en oclusión funcional y continua su sedimentación durante toda la vida del individuo.<sup>1</sup>

### 3.3.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA

El cemento contiene, aproximadamente, 46 a 50% de materia inorgánica, 22% de materia orgánica y 32% de agua. El principal componente inorgánico está representado por fosfato de calcio, que se presenta como cristales de hidroxiapatita. La matriz orgánica está formada por fibras de colágeno, principalmente de tipo I, que constituyen el 90% de la fracción proteica de este tejido.<sup>10</sup> A continuación se ilustra en la Tabla 1 el resumen de la composición de los tejidos dentarios: esmalte, dentina y cemento.

**Tabla 1.** Composición de esmalte, dentina y cemento.<sup>10</sup>

Esmalte	Dentina	Cemento
96 % cristales inorgánicos de hidroxiapatita	70% cristales inorgánicos de hidroxiapatita	46% - 50% materia inorgánica (hidroxiapatita o fosfato octocálcico)
3 % agua	12% agua	32% agua
1% matriz orgánica de naturaleza proteica	18% matriz de fibras de colágeno tipo I, glicosaminoglicanos, u otras proteínas	22% materia orgánica (matriz de fibras de colágeno tipo I)

## **CAPÍTULO 4.- MECANISMOS DE ADHESIÓN A ESTRUCTURAS DENTARIAS**

Consideramos que el conocer a cabalidad el fundamento químico y físico para poder lograr adhesión a los sustratos dentarios es piedra angular para lograr, primeramente, una adhesión más predecible y duradera con el paso del tiempo y segundo para comprender que técnica adhesiva hay que utilizar dependiendo de la situación clínica a la que nos enfrentemos en un momento dado. En este capítulo abordaremos ampliamente cuales son los mecanismos por los cuales se vale la adhesión tanto en tejido adamantino, como el complejo que ocurre en dentina.

### **4.1 ADHESIÓN A ESMALTE**

La adhesión al esmalte se produce a través del grabado ácido del sustrato mineralizado, el cual aumenta exponencialmente la superficie disponible para un contacto íntimo con la resina, esta técnica conocida como técnica de grabado ácido fue iniciada por el profesor M. Buonocore en 1955 al descubrir en vivo como el grabado ácido con ácido orto fosfórico al 85% originalmente, durante 2 minutos podría amplificar la retención de pequeñas digitaciones de polimetilmetacrilato, pero respecto a la concentración originalmente utilizada del ácido fosfórico, esta disminuyó de un 85% a un intervalo entre 35 y 40% debido a que se comprobó que altas concentraciones producían precipitados de sales como fosfatos mono cálcicos y que a concentraciones menores a 27% generaban precipitados de sales como fosfatos dicálcicos que eran difíciles de remover posteriormente de la superficie y que interferían con la adhesión, aceptando que en la actualidad el uso rutinario de ácido fosfórico al 37% que ha demostrado ser la más eficiente para lograr superficies de esmalte con micro retenciones adecuadas para una buena adhesión,<sup>12</sup> poco después en las décadas de los años 70 y 80 grupos de investigación liderados por Silverston, Simonsen, Gwinnet, entre otros, demostraron que el ácido fosfórico hay que dejarlo actuar durante unos 10-30 segundos sobre el tejido en cuestión para obtener de esta forma un patrón de grabado creando microporosidades.<sup>9</sup>

#### 4.1.1 INTERDIGITACIONES DE RESINA (RESIN TAGS) EN ESMALTE

El grabado ácido transforma la superficie lisa y pulida del esmalte en un substrato irregular, permitiendo de esta forma, a una resina líquida acrílica, no rellena y de baja viscosidad infiltrarse en las anfractuosidades formando lo que se conoce como interdigitaciones de resina o *resin tags* conformando así la retención micromecánica.

El enlace entre esmalte y material de restauración se establece a través de la polimerización de los monómeros insinuados entre las porosidades creadas por el ácido grabador y la copolimerización de los remanentes dobles enlaces carbono-carbono con la matriz de las resinas compuestas.

La enorme influencia sobre el grabado está dada por la condición del substrato mismo antes de la aplicación del agente grabador; el tipo de instrumentación utilizado sobre la superficie, la contaminación química y/o física durante las fases clínicas anteriores al tratamiento pueden invalidar la acción del ácido orto fosfórico.<sup>8</sup>

#### 4.1.2 BARRERAS MECÁNICAS ANTE LA ADHESIÓN ADAMANTINA

Hay que recordar que el diente que está en cavidad bucal presenta obstáculos (barreras físicas) que pueden impedir un correcto grabado adamantino. Estos obstáculos pueden ser:

- a) Factores contaminantes (saliva, sangre, etc.).
- b) Biofilm (película orgánica).
- c) Placa dentobacteriana.
- d) Capa aprismática del esmalte.

La desproteínización del esmalte es una técnica indispensable para el odontólogo por la cual se puede alcanzar un grabado de ácido del esmalte, este grabado sobre la superficie del esmalte dará una mayor condición retentiva generalizada en la superficie del esmalte. La desproteínización del esmalte es la eliminación de proteínas, los ameloblastos (células de la etapa embrionaria) son los responsables de producir las proteínas adamantinas. Estas proteínas son producidas y excretadas a la parte del tejido en su fase embrionaria. Este proceso genera la formación de

una capa externa de esmalte amorfo. Bateriai L y cols., en 1998 señalaron que esta capa externa tiene una cobertura de alto contenido de elementos orgánicos que deben ser eliminados para lograr una buena unión al diente. Esta capa “aprisimática” es difícilmente grabable con ácidos, por lo que se recomienda su eliminación mecánica, para luego realizar el ataque químico (grabado ácido) al esmalte durante dos ocasiones, ya que esta capa amorfa o aprismática de esmalte cubre toda la corona clínica de los dientes deciduos.<sup>9</sup>

#### E) Esmalte altamente mineralizado.

En los dientes permanentes que han estado presentes en boca por mucho tiempo, presentan una capa altamente mineralizada de esmalte superficial, la cual también es difícil de grabar por lo que esta debe ser eliminada físicamente.

Todos estos elementos limitan el grabado por lo que deben ser eliminados, de aquí se deriva que antes de hacer un ataque ácido a la estructura del esmalte, debemos hacer una preparación física del mismo, la cual se puede lograr mediante abrasión mecánica con:

- a) Pastas abrasivas.
- b) Bicarbonato de sodio.
- c) Óxido de aluminio.
- d) Puntas diamantadas.
- e) Otros.<sup>3</sup>

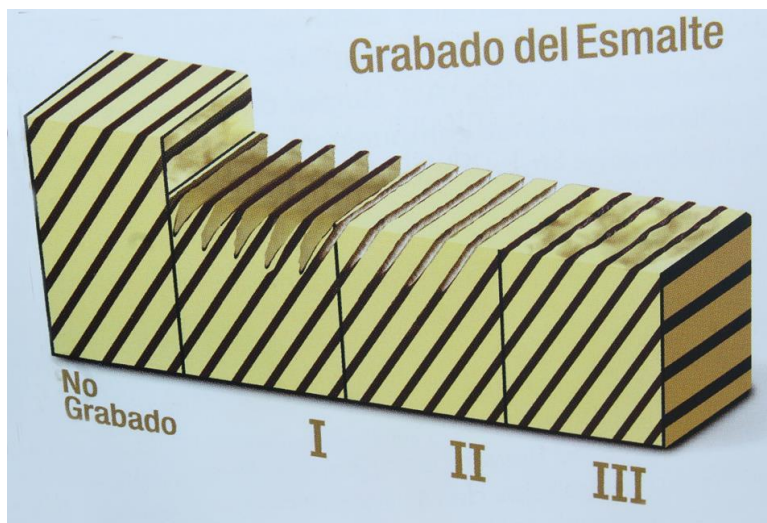
### 4.1.3 PATRONES DE GRABADO

El grabado ácido remueve un espesor igual a  $10\mu\text{m}$  y crea una capa microporosa profunda de 5 a  $50\mu\text{m}$ ,<sup>8</sup> esta superficie irregular presenta una mayor energía de superficie libre aproximadamente  $72\text{dyn}/\text{cm}^2$ , dos veces mayor que la superficie del esmalte no grabado.<sup>6</sup> Dependiendo de la estructura del esmalte, del tipo de ácido y de su concentración, así como del tiempo que lo dejemos actuar obtendremos diferentes patrones de grabados. Silverstone L. en 1975 clasificó los patrones de grabado adamantino en tres grupos diferentes (Fig.13):



- a) Tipo 1: El ácido graba el centro de la varilla adamantina generando el mejor tipo de grabado para la adhesión.
- b) Tipo II: El ácido graba el área Inter prismática generando un patrón de grabado aceptable para la adhesión.
- c) Tipo III: Se produce un ataque desordenado del esmalte. No es bueno para la adhesión.

Para Retief D. (1978) existe también un patrón tipo IV, el cual es aquel que se forma al grabar esmalte aprismático, este no es adecuado para la adhesión.<sup>3</sup>



**Figura 13.** Esquema que representa los patrones de grabado en esmalte.<sup>1</sup>

A finales de los años 80 y principios de la década de los años 90 la sustitución del ácido fosfórico para el acondicionamiento del esmalte, como el ácido nítrico, ácido cítrico, ácido maleico, ácido pirúvico, ácido láctico, EDTA (ácido-etoxi-diamino tetracético), e incluso el mismo ácido orto fosfórico en bajas concentraciones (10%) no han producido resultados significativa y clínicamente importantes.<sup>3,8</sup>

## 4.2 ADHESIÓN A DENTINA

El hablar de la adhesión a dentina difiere significativamente de la adhesión a esmalte, pues la primera resulta ser más compleja dada la naturaleza biológica de este tejido.

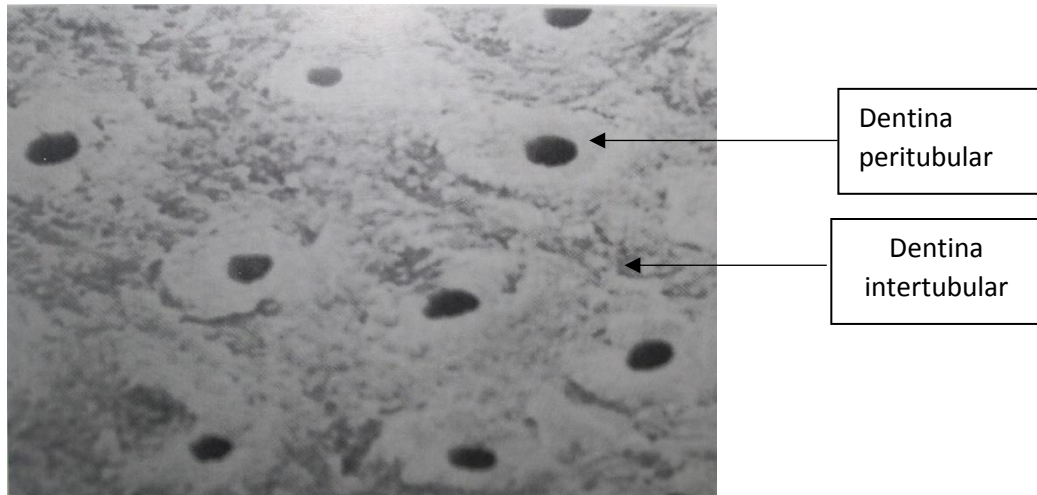
La heterogeneidad estructural y la presencia de fluidos dentarios en el interior de los túbulos hacen de la dentina un sustrato que ofrece particularidades especiales para los mecanismos de adhesión. Estructuralmente este tejido presenta dos zonas bien diferenciadas; la dentina intertubular y la dentina intratubular o peritubular que ya han sido explicadas en el capítulo anterior.<sup>8</sup>

La dentina intertubular está formada por fibras colágenas, glicosaminoglicanos, proteoglicanos, osteonectina, osteopontina, osteocalcina, factores de crecimiento, fibronectina, fosfoproteínas, fosfopurinas, heparina, condroitina sulfato y cristales de hidroxiapatita. Las fibras colágenas constituyen las fibras principales del tejido conectivo. Los glicosaminoglicanos y proteoglicanos constituyen un grupo de glicoproteínas que forman parte de la sustancia fundamental del tejido conectivo dentario, estas proteínas participan activamente en los mecanismos de adhesión:

- a) El colágeno oponiéndose a las fuerzas de tracción y torsión.
- b) Glicosaminoglicanos y proteoglicanos oponiéndose a las fuerzas de compresión desarrolladas durante el acto masticatorio.

La dentina peritubular o intratubular constituyen un anillo hipermineralizado que rodea a los túbulos dentinarios caracterizándose por su riqueza en cristales de hidroxiapatita y por la ausencia de fibras colágenas.<sup>8</sup>

Por lo antes mencionado podemos inferir que a menor cantidad de dentina intertubular y a mayor cantidad de dentina intratubular, menor será la capacidad del adhesivo para la formación de la capa híbrida y por ende los valores de adhesión serán menores (Fig.14).



**Figura 14.** Dentina peritubular observada en corte mediante microscopía electrónica.<sup>3</sup>

Otro factor importante por considerar a la hora de realizar algún procedimiento adhesivo corresponde con la dirección de los túbulos dentinarios, ya que se encuentran en diferentes direcciones dependiendo la pared cavitaria, otorgando al sustrato dentario propiedades adhesivas variables. Priotto y cols., en 1995 determinaron que:

1. El número de los túbulos dentinarios aumenta en las áreas profundas de dientes jóvenes y adultos.
2. La amplitud de los túbulos dentinarios aumenta en las preparaciones profundas y disminuye con la edad del paciente.
3. La morfología de los túbulos dentinarios varía según la dirección y la zona de la pared cavitaria.
  - a) Las paredes pulpares y axiales de las preparaciones investigadas mostraron a los túbulos seccionados perpendicularmente, de esta manera el sustrato adhesivo participa parcialmente en los fenómenos de unión.
  - b) Las paredes bucales y linguales de las preparaciones de las preparaciones de clase I y 2, mostraron los túbulos seccionados longitudinalmente con forma de canales, de esta manera el sustrato adhesivo participa totalmente en los mecanismos de adhesión.<sup>1</sup>

Fundamentalmente existen dos mecanismos de unión entre dentina y adhesivo; la unión química que tiene mucha menor importancia cuantitativa y la unión física o micromecánica que parece ser la más importante para mantener la adhesión.

La unión micromecánica es basada en dos estructuras muy importantes, la “capa híbrida” o “hibridación dentinaria” y los “tags intratubulares” o “tags de resina” (resin tags) o interdigitaciones de resina los cuales estudiaremos a continuación.<sup>7</sup>

#### 4.2.1 HIBRIDACIÓN DE LA DENTINA

El grabado ácido, elimina el smear layer o barro dentinario permitiendo el ingreso de los solventes presentes en el primer, desalojan el fluido, penetran en los microporos del tejido, participan de la evaporación del agua presente y dejan los monómeros hidrofílicos en contacto con las fibrillas de colágeno. Al polimerizarse el monómero, este envuelve las fibrillas y forma la capa híbrida.<sup>13</sup>

La capa híbrida fue un hallazgo microscópico por Nakabayashi en 1982 y confirmado con posterioridad por infinidad de autores. Nakabayashi N y Wang T en 1991 plantearon que el ácido es capaz de remover el barro dentinario y mineral de la dentina, dejando allí una malla de colágeno sin sostén mineral, donde más tarde entrara el complejo primer adhesivo, y luego de que polimerice, se forma una capa de dentina infiltrada por resina. A esta nueva capa se le ha llamado capa híbrida de Nakabayashi, capa de interdifusión o capa de resina-dentina infiltrada. Esta capa de hibridación es la responsable de la adhesión micromecánica de la resina a la dentina.<sup>3</sup>

Esta capa constituye una zona intermedia entre la dentina y la restauración, mide aproximadamente de 3-6µm, está constituida por fibras colágenas y adhesivo como resultado de la infiltración de éste en estado fluido y su posterior endurecimiento por polimerización, estableciendo una adhesión retentiva micromecánica (Fig.15).<sup>1</sup>

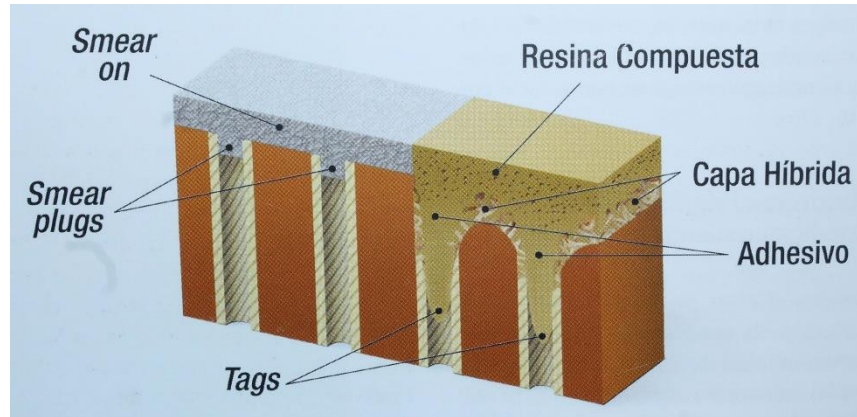


Figura 15. Hibridación dentinaria.<sup>1</sup>

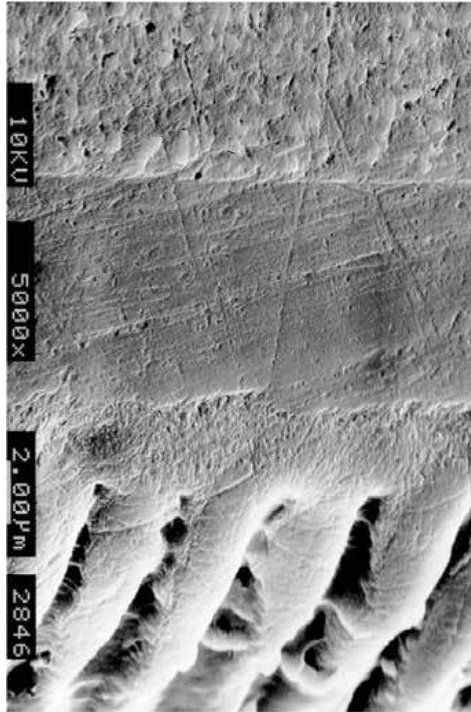
La correcta formación y funcionamiento de la capa híbrida depende de factores tales como:

1. Impregnación adecuada de las fibras de colágeno.
2. Adecuado grosor de la capa de adhesivo que permita amortiguar en cierto modo las fuerzas que sobre él se van a ejercer.<sup>7</sup>

En la adecuada impregnación del colágeno por la resina intervienen varios factores:

- a. Grosor de la capa desmineralizada: las resinas adhesivas son capaces de infiltrar mejor una dentina totalmente desmineralizada que una dentina parcialmente desmineralizada.<sup>7</sup>
- b. Colapso de las fibras colágenas: algunos autores señalan que la malla de colágena sin sostén mineral podría colapsar como resultado de la presión física que le genera el spray de agua cuando se está eliminando el ácido, las fibras de colágeno dejan de “flotar” en el agua y se colapsan formando una capa superficial de colágeno muy compactado que aun dificulta más la adhesión de la resina.<sup>3,7</sup>
- c. Capacidad de difusión intrínseca de los adhesivos: ésta va a depender fundamentalmente del peso molecular de los monómeros del adhesivo y por tanto de su composición química.
- d. Tiempo: es el más importante para conseguir una adecuada adhesión. Para que se produzca una buena impregnación del colágeno y unos “tags” de longitud es necesario que el adhesivo este colocado el tiempo suficiente

sobre el sustrato sin que lo sequemos o polimericemos (Fig.16). La mayoría de los fabricantes sugieren frotar por 15 segundos.<sup>7</sup>



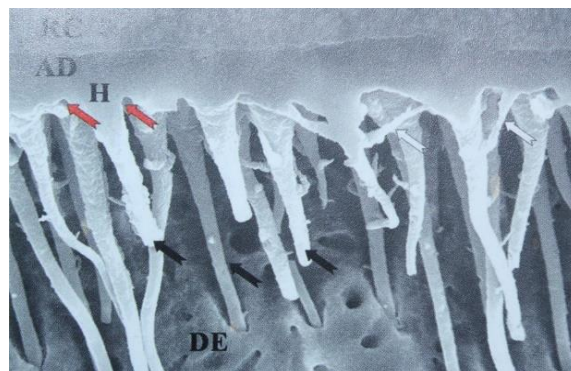
**Figura 16.** La capa híbrida y la asociación de interdigitaciones de resina forman la base de la interfaz adhesiva y representa la primera de una serie de enlaces que juntos forman un conjunto unido entre los tejidos del diente y las restauraciones y cementos a base de resina.<sup>14</sup>

#### 4.2.2 INTERDIGITACIONES DE RESINA (RESIN TAGS) EN DENTINA

Gwinnett J (1994,1995) postuló que el ácido fosfórico es capaz de abrir los túbulos dentinarios y facilitar la penetración del sistema primer-adhesivo. Cuando este endurezca en el interior de los túbulos, los bastones intratubulares (tags o interdigitaciones) de resina serán los responsables de la adhesión micromecánica del adhesivo a la dentina.<sup>3</sup>

En otras palabras, los tags de resina son el segundo mecanismo de unión a la dentina y son prolongaciones resinosas que aprovechan los túbulos dentinarios para conseguir micro retención.<sup>7</sup>

Sin embargo, algunos difieren de este autor señalando que la parte periférica de los tags intratubulares no polimeriza ya que entran en contacto con oxígeno y la humedad de la zona, lo que podría permitir que los monómeros libres lleguen a la pulpa y la irriten.<sup>3</sup> Los radicales libres producidos durante la polimerización tienen la particularidad de mostrarse más reactivos con el oxígeno del aire que con los monómeros en el momento de su activación. De esta forma, el oxígeno se comporta como un inhibidor o retardador de la polimerización, dando lugar a la formación de una capa parcialmente polimerizada, despolimerizada o inhibida de la superficie del sistema adhesivo que se encuentra en contacto, primeramente, con el aire atmosférico, y segundo por el oxígeno que se halla en el interior del substrato dentinario, lo que perjudica substancialmente la unión a dentina por formación de una capa híbrida. Es muy importante tomar en cuenta esta capa inhibida ya que los monómeros libres que se encuentran en la profundidad son los responsables de la difusión a través del fluido dentinario de partículas dislocadas de resina y de algunos monómeros citotóxicos al interior del sistema iso-pulpar (Fig.17).<sup>1</sup>



**Figura 17.** Vista lateral de la region interfaz adhesiva (AD) entre lo que era la dentina (DE) y la restauracion de resina compuesta (RC). En las flechas rojas la region de formacion de la capa hibrida (H). Los tags resinosos indicados con flechas negras y las anastomosis intertubulares por flechas blancas.<sup>15</sup>

Tomando en cuenta todos estos factores podemos tomar mejores decisiones acerca del protocolo de adhesión del cual nos vamos a valer dependiendo de la situación clínica y de la profundidad a la cual se encuentre alguna cavidad o preparación y así, brindarles la mejor atención a nuestros pacientes.

Dell Acquia y Novero (2006) plantearon que la entrada de la resina en el túbulo es la responsable del 25% al 40% de la fuerza adhesiva resina-diente, el resto del valor adhesivo lo da la capa híbrida.<sup>3</sup>

#### 4.2.3 BARRO DENTINARIO O SMEAR LAYER

La dentina cuando es instrumentada con fresas y/o piedras no presenta los túbulos dentinarios abiertos como se creía, sino que está cubierta por una capa muy especial denominada “barrillo dentinario”, “capa estirada”, “capa untuosa”, “residuo dentinario”, “lodo”, “elemento de desecho”, entre otros, y fue primeramente por Boyde et al., en el año de 1963 (Fig.18).<sup>1,3</sup> Eick y cols., en el año de 1970 describieron por primera vez la composición del barrillo dentinario, pero hoy sabemos que está formada por:

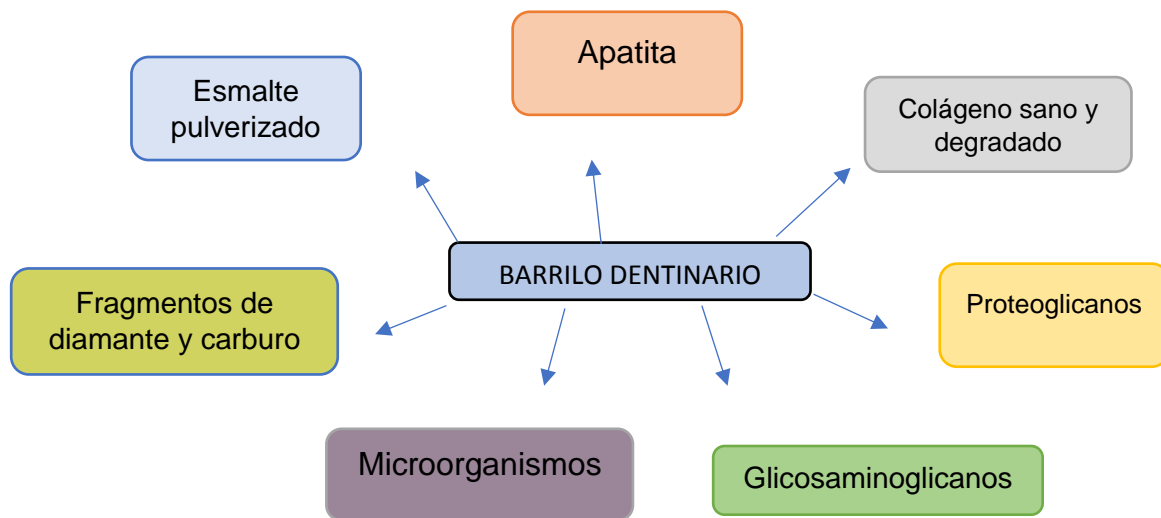


Figura 18. Composición del barro dentinario o smear layer.<sup>1,3</sup>

El espesor de esta capa de barro, según Uribe (2000), varía de 0.5 a 6.5µm. Brannstrom en 1994 divide al smear layer en dos capas muy bien diferenciadas, la externa o *smear on* que es amorfa ya que contiene varillas adamantinas desprendidas por el tallado cavitario, restos orgánicos, minerales adamantinos y



dentinarios, hidroxiapatita y microorganismos, las partículas contenidas en ella son grandes y sueltas mayores a 5 micras que no se adhieren a las paredes de la preparación y es fácilmente removida con agua y/o spray de agua, que antes era conocida como *polvo dentinario*, la cual únicamente se produce cuando el tallado se realiza en campo seco. La otra que es interna también llamada deformada, estirada o *smear in* que está formada por partículas menores que son forzadas en el interior de los túbulos dentinarios y que solamente es posible eliminarla con ácidos en alta o baja concentración, monómeros acídicos, enzimas o quelantes, su composición es la misma que se presenta en la dentina como, colágeno, glicosaminoglicanos, proteoglicanos desnaturalizados, restos de origen odontoblastico, hidroxiapatita, bacterias y minerales o partículas pequeñas de 0.3 a 2µm.

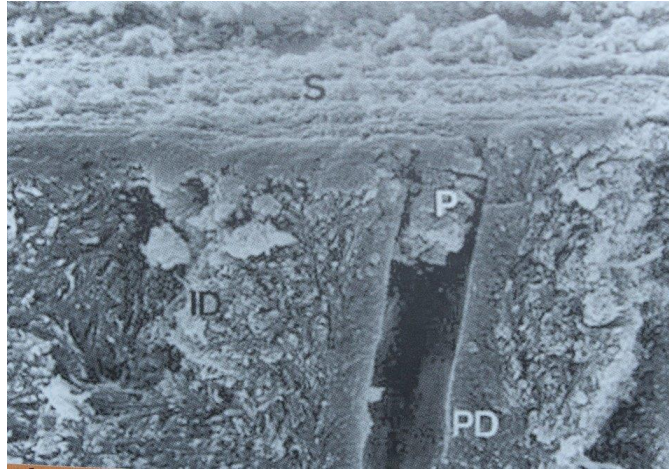
Esta capa está siempre presente cuando se efectúa una preparación, obliterando los túbulos dentinarios total o parcialmente como un verdadero tapón biológico, desempeñando un papel preponderante en la unión de los sistemas adhesivos y la estructura dentaria.

Hoy existen dos grandes tendencias en operatoria dental adhesiva con resinas:

- a) Eliminar el barrillo dentinario totalmente.
- b) La que no lo elimina, sino lo integra.

Si el barro dentinario se elimina entonces se verá aumentada la permeabilidad dentinal según preconizaron Michael y Kehl en 1981. Pashley D. en 1989 planteó que la eliminación de los “smear plugs” aumenta la permeabilidad entre unas 5 a 20 veces, y el promedio de valores adhesivos cuando la dentina es preparada con ácidos es de 15 a 30Mpa. Para Eick y colaboradores en 1996 la presencia de la capa untuosa y los smear plugs disminuyen la permeabilidad del tejido dentario hasta un 86%. Si el barrillo se va a conservar para integrarlo a la capa adhesiva, debemos tratarlo y desinfectarlo con sustancias específicas, para esto se ha propuesto el uso de clorhexidina y de flúor (Fig.19).<sup>1-3</sup>

Al utilizar adhesivos autograbadores o autoacondicionantes (sexta y séptima generación) no se elimina el barro dentinario, sino pasa a formar parte de la capa híbrida, denominado por Uribe-Echeverría como capa integrada; el objetivo es reducir la profundidad de la capa desmineralizada formando una capa más homogénea, regular y delgada favoreciendo una penetración completa del adhesivo.<sup>1</sup>



**Figura 19.** Vista lateral de un túbulo dentinario. En detalle, la dentina peritubular (PD) y el smear plug (P) obliterando el túbulo. En la parte superior, hay smear layer (S).<sup>15</sup>

Algunos investigadores plantean que el grabado ácido no es necesario, ya que sus imprimadores (primers) tienen potenciales de hidrógeno muy bajos, lo que podría producir un autograbado dentinal, el tratamiento del barro y la precipitación de este, para más tarde integrarlo a la capa adhesiva

Con los primers ácidos contenidos en los adhesivos de autograbado podemos:

1. Realizar una autolimpieza de la dentina, facilitando la penetración de resinas hidrófilas (adhesión micromecánica).
2. Generar reacción ácido-base con la creación de uniones químicas del imprimador a la dentina, de esta manera se forman sales que producirán una unión química resina/dentina.<sup>3</sup>

Más adelante trataremos con más detalle los adhesivos autoacondionantes, para que se pueda comprender de mejor manera el mecanismo adhesivo por el cual se adhieren químicamente a la estructura dentaria.



## CAPÍTULO 5.- TÉCNICAS DE ADHESIÓN A SUSTRATOS DENTARIOS

Siempre que se ha de realizar algún procedimiento de adhesión a las estructuras dentarias, es importante tener en mente cual es la técnica adhesiva por ejecutar, tomando en cuenta el sustrato, la restauración y el sistema adhesivo con el que se cuenta en ese momento. Una adecuada selección de la técnica teniendo en cuenta estos factores nos llevaran a un resultado restaurador más confiable.

Tratar las superficies dentarias mediante el acondicionamiento con un agente ácido permitirá convertir las estructuras dentarias receptoras a la adhesión, esto se logra mediante diferentes técnicas que son, a saber:

1. Grabado total, grabado ácido de esmalte y dentina o *total etch*.
2. Grabado autoacondicionante, autograbado o *self etch*.
3. Grabado selectivo o *selective enamel etch*.

### 5.1 GRABADO ÁCIDO DE ESMALTE Y DENTINA (GRABADO TOTAL)

La nueva era de la odontología adhesiva comenzó con el Dr. Buonocore en 1955. Como un visionario el Dr. propuso el grabado del esmalte al 85% de ácido fosfórico para incrementar la retención de resinas acrílicas en las fosas y fisuras.

La técnica de grabado total fue creada por Fusayama y colaboradores en 1979, quienes con la aplicación de esta técnica concluyeron que el grabado ácido aumenta considerablemente la adhesión de la resina compuesta, no solo al esmalte sino también a la dentina.<sup>12</sup> Inicialmente los fabricantes recomendaban limitar el acondicionamiento ácido solo al esmalte, por su renuencia a aceptar el grabado total, pero ante los niveles de adhesión superiores a los 25 o 30MPa que se alcanzaron con el acondicionamiento ácido de la dentina y a la constatación clínica de que su uso prudente no ocasiona injuria pulpar, finalmente fue vencida dicha resistencia y consecuentemente desde mediados de la década de 1990 se popularizó el grabado total (Fig.20).<sup>1</sup>

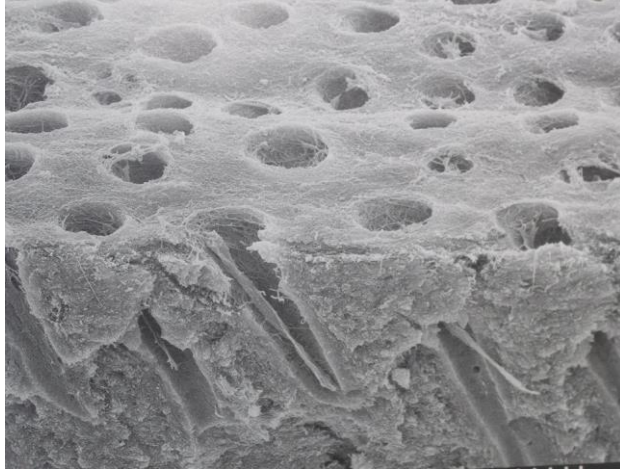
Cuando el ácido fosfórico es aplicado sobre una superficie de esmalte cortado y no cortado, la hidroxiapatita se disuelve selectivamente creando macro y microporosidades después los monómeros se infiltran a las porosidades del esmalte, a través de atracción capilar, la polimerización hace que la resina se enclave dentro de las porosidades. Este es el mecanismo responsable para la formación de micro y macro interdigitaciones de resina o resin tags.<sup>16</sup>

El principal mecanismo utilizado para retener los sistemas adhesivos actuales y de uso corriente, se basa en la infiltración de monómeros resinosos por la capa superficial de dentina y esmalte previamente desmineralizados y posterior polimerización. Esta zona forma un substrato de naturaleza compuesta que fue denominado capa híbrida por Nakabayashi y cols., en 1982. Para estos adhesivos es sugerida la total remoción de la smear layer durante el procedimiento operatorio con el uso de ácidos.<sup>17</sup>

Este grupo está constituido por los sistemas adhesivos de grabado total. Estos sistemas adhesivos de grabado y lavado requieren de una fase previa de acondicionamiento del tejido con ácido, como el ácido orto fosfórico al 37%, el cual proporciona una superficie porosa e irregular que permite la penetración de monómeros de resina polimerizables, y así brindar la retención micromecánica a través de los “tags” de resina. Este proceso de grabado elimina la capa de barrillo dentinario, lo cual facilita la interacción del adhesivo con la red colágena expuesta, garantizando la infiltración del adhesivo y sellado de los túbulos dentinarios.

Las primeras versiones de estos sistemas adhesivos convencionales fueron y son aún comercializados en tres frascos:

1. Ácido: cuya función es preparar el substrato para la adhesión.
2. Primer: que es la solución hidrofílica compatible con la dentina húmeda y que posee solventes en su composición.
3. Adhesivo: parte hidrofóbica, compatible con la resina compuesta.<sup>15</sup>



**Figura 20.** Acondicionamiento del sustrato dentinario con técnica de grabado total mediante la utilización de ácido ortofosfórico al 37%.<sup>11</sup>

### 5.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

La técnica que se va a describir a continuación sigue una secuencia ordenada, y se recomienda al clínico el aislamiento absoluto., en la mayor medida posible, con dique de goma para evitar la contaminación del sustrato con saliva, sangre o microorganismos.

Pasos a seguir:

1. Limpiar el diente, de las diferentes barreras físicas que se encuentran en ellas.
2. Grabado con ácido fosfórico del 35 al 37%, esmalte y dentina durante 15 a 20 segundos (Fig.21).
3. Lavar durante 15 segundos para asegurar la total remoción del ácido.
4. Secar sin desecar la superficie, logrando un aspecto de tiza a nivel del esmalte y un poco más opaco a nivel de la dentina.
5. Se puede aplicar una capa de clorhexidina al 0.12% en solución acuosa y se aspira o se enjuaga., ya que favorece la humectación de la maya colágena, disminuye sensibilidad y proporciona una correcta capa híbrida, este paso puede ser omitido a consideración del clínico.
6. Colocar el adhesivo, esperar o inducir su polimerización.<sup>1,3</sup>



**Figura 21.** Imagen que ilustra el paso de grabado total (grabado ácido de esmalte y dentina).<sup>11</sup>

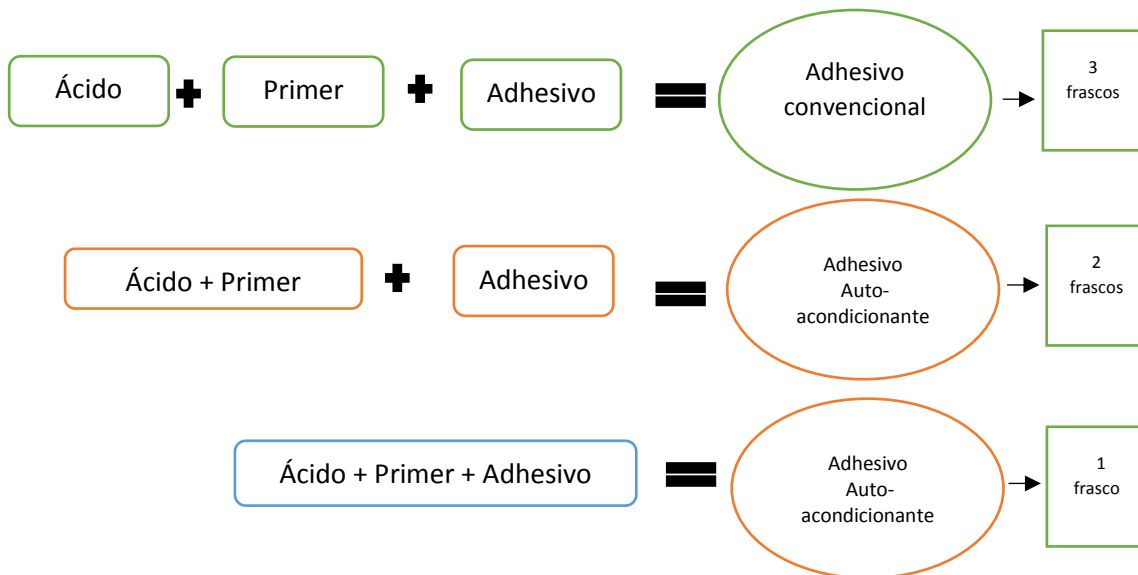
## 5.2 GRABADO AUTOACONDICIONANTE (AUTOGRABADO)

Fue creada en 1994 por Chigiray y Watanabe en 1994 para solucionar los problemas de la complejidad de la técnica anterior y de la sensibilidad postoperatoria asociada a los sistemas adhesivos con grabado total. Fue así como aparecieron los sistemas autograbantes, que consisten en un sistema que no requiere grabado ácido previo a su aplicación, por lo que no requieren de lavado, debido a que la fase de acondicionamiento con ácido y de imprimación se realizan en una sola etapa. Otra de las grandes diferencias con que tiene esta técnica comparada con la técnica de autograbado es que esta incluye dentro de la capa híbrida al barrillo dentinario. Es una técnica mucho más sencilla, con un ahorro considerable de pasos clínicos, con muy bajo riesgo de sensibilidad postoperatoria, permitiendo además un sellado marginal y una resistencia adhesiva acorde a los requerimientos funcionales. Dentro de las desventajas se señala su pH, muy superior al del ácido fosfórico, ya que no logra un patrón de grabado adamantino similar al logrado por este y por ello presentarían una baja resistencia adhesiva al esmalte, por ello se ha propuesto el uso de la técnica de grabado selectivo, que más adelante hablaremos de ella a profundidad.<sup>18</sup>

En la actualidad existen cambios progresivos en los biomateriales encaminados al mejoramiento de su composición, funcionamiento y la reducción de pasos en las

técnicas de los procedimientos clínicos odontológicos con el propósito de obtener mejores resultados en menor tiempo; si bien hacemos una revisión bibliográfica sobre los adhesivos encontraremos que los primeros adhesivos intentaron unirse a la dentina, preservando la smear layer y estableciendo una unión con esta capa. No obstante, fallaron debido a la baja resistencia cohesiva de esta capa y/o su baja adhesión con la dentina subyacente, transformándola en el eslabón débil de unión.<sup>15</sup>

En estos sistemas, los pasos de grabado ácido previo de la dentina y posterior lavado y secado son eliminados. La presencia del ácido fue incorporada al primer, tornando a éste autoacondicionante (Fig.22). Así, el primer autoacondicionante es responsable por la creación de su propia vía de acceso a los tejidos mineralizados. Esto es posible gracias a la adición de monómeros resinosos ácidos que, simultáneamente a la desmineralización, se infiltran en la intimidad de la dentina y copolimerizan después de la fotoactivación.



**Figura 22.** Ejemplos de sistemas adhesivos autoacondicionantes presentes en el mercado<sup>15</sup>

Obsérvese en la Fig.22 que pueden ser de dos pasos o de paso único. El primer de aquellos de dos pasos puede ser comercializado en frasco único o en dos frascos que deben ser mezclados antes de la aplicación.



Genéricamente, los sistemas adhesivos autoacondicionantes, principalmente aquellos de dos pasos, poseen el mismo potencial para promover retención y sellado que los adhesivos convencionales.<sup>15</sup>

Estos sistemas adhesivos autograbadores son caracterizados por monómeros ácidos que no requieren lavado, estos sistemas adhesivos se han popularizado debido a su simplicidad técnica, que requiere menos pasos y elimina la necesidad de juicio clínico acerca de la humedad residual de la dentina (Fig.23). Estos sistemas actúan acondicionando, desmineralizando e infiltrando esmalte y dentina de forma simultánea, la capa de barrillo se altera, pero no se elimina y no está indicado el lavado. La eliminación del paso de grabado y lavado puede disminuir el riesgo de sobre acondicionamiento de la dentina, minimizando el problema de la inadecuada penetración de los monómeros adhesivos y reduciendo el riesgo de sensibilidad postoperatoria.<sup>17</sup>



**Figura 23.** Acción muy poco desmineralizante de un adhesivo de autograbado. La débil acidez de estos compuestos no permite la remoción del lodo dentinario, el cual recubre toda la superficie ocluyendo las entradas tubulares.<sup>11</sup>

Los sistemas de primers de autograbado utilizan una solución de un polímero ácido que penetra a través del agua que rodea las partículas del barro dentinario. Los componentes reactivos de los primers de autograbado son ésteres de alcoholes

bivalentes con ácido metacrílico o fosfórico o derivados. Todos tienen monómeros hidrofílicos ácidos y deben ser capaces de grabar y penetrar esmalte y dentina.

Hay evidencia de cierta actividad antimicrobiana de algunos primers de autograbado, estudios recientes muestran actividad contra *Streptococcus mutans* y *Actinomyces viscosus*, de los primers Fluorobond y Liner Bond 2, mientras que el Mac Bond sólo es activo contra el *Actinomyces viscosus*, pero con una marcada actividad antibacteriana.<sup>19</sup>

De acuerdo con el potencial ácido expresado en valores de potencial de hidrogeno (pH), los primers pueden ser clasificados en leves ( $\text{pH} > 2$ ), moderados ( $1,1 < \text{pH} < 2$ ) y agresivos ( $\text{pH} < 1$ ).

Los monómeros ácidos presentes en los sistemas autocondicionantes pueden ser monómeros derivados del ácido carboxílico 4-META, Fenil-P, 10-MDP y PENTA.<sup>20</sup>

Su mecanismo de acción se basa en incorporar una resina ácida que al ser aplicada sobre el substrato dental disuelve el barrillo dentinario y crea un pequeño frente de desmineralización. Tras actuar unos segundos (entre 15 a 30), la propia resina se desactiva debido a que los radicales ácidos se neutralizan con los cristales de hidroxiapatita que ha desmineralizado. El resultado es un tejido desmineralizado e infiltrado simultáneamente con el adhesivo. Con este tratamiento se evita la dificultad del control del agua en el diente grabado, el riesgo de dañar las fibras de colágena y la posibilidad de no infiltrar y sellar completamente el frente de desmineralización. Todo esto que clínicamente se manifiesta como sensibilidad postoperatoria, se evita con este mecanismo novedoso. Además, hoy día existen resultados clínicos a corto plazo que avalan la eficacia de los sistemas auto grabadores, determinándose resultados similares a los obtenidos con los sistemas convencionales e incluso observándose menor sensibilidad postoperatoria con los sistemas autograbadores.<sup>21</sup>

### 5.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

La técnica que se va a describir a continuación sigue una secuencia ordenada, y se recomienda al clínico el aislado absoluto., en la mayor medida posible, con dique de goma para evitar la contaminación del sustrato con saliva, sangre o microorganismos.

Pasos a seguir:

1. Limpiar el diente, de las diferentes barreras físicas que se encuentran en ellas.
2. Esta técnica prescinde del grabado ácido, del lavado y del secado.
3. Se coloca con un micro cepillo o un aplicador el adhesivo autoacondicionante en toda la cavidad, frotando durante 20 segundos de dos capas a una capa dependiendo del fabricante (Fig.24).
4. Se foto polimeriza durante 10 segundos o se deja actuar si es de



**Figura 24.** Aplicación de adhesivo Scotchbond Universal en técnica de autograbado.<sup>22</sup>

### 5.3 GRABADO ÁCIDO DEL ESMALTE SELECTIVO (GRABADO SELECTIVO)

Esta técnica básicamente busca tratar por separado el esmalte y la dentina debido a que presentan estructuras diferentes buscando optimizar cada enlace químico. El esmalte se graba de manera selectiva con el ácido orto fosfórico sin tocar la dentina de 15 a 20 segundos, se lava y se seca para obtener la exposición de los prismas del esmalte. La dentina es prepara a través de un sistema autograbador de primer y adhesivo, ya sea en una sola botella o dos botellas, este paso sustituye el uso del ácido orto fosfórico por un primer acido. De esta manera la manipulación de la malla de colágeno y la creación de la capa hibrida presentan menos probabilidades de fracaso.<sup>18</sup>

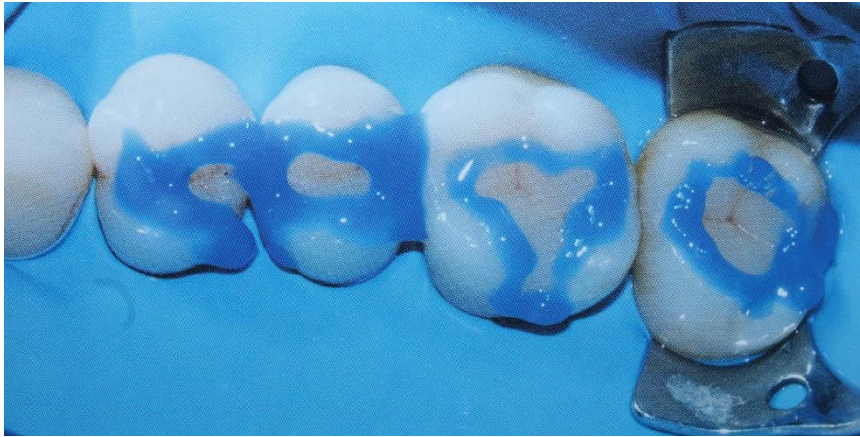
#### 5.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

La técnica que se va a describir a continuar sigue una secuencia ordenada, y se recomienda al clínico el aislado absoluto en la mayor medida posible, con dique de goma para evitar la contaminación del sustrato con saliva, sangre o microorganismos.

Pasos a seguir:

1. Limpiar el diente, de las diferentes barreras físicas que se encuentran en ellas.
2. Grabado con ácido fosfórico del 35 al 37%, únicamente esmalte durante 15 a 20 segundos (Fig.26).
3. Lavar durante 15 segundos para asegurar la total remoción del ácido.
4. Secar sin desecar la superficie, logrando un aspecto de tiza a nivel del esmalte y la superficie de la dentina se tiene que observar húmeda mas no mojada.
5. Se puede aplicar una capa de clorhexidina al 0.12% en solución acuosa y se aspira o se enjuaga., ya que favorece la humectación de la maya colágena, disminuye sensibilidad y proporciona una correcta capa hibrida, este paso puede ser omitido a consideración del clínico.

6. Colocar el adhesivo, esperar o inducir su polimerización.<sup>18</sup>



**Figura 25.** Imagen que ilustra el paso de grabado selectivo (grabado ácido del esmalte).<sup>11</sup>

## CAPÍTULO 6.- CLASIFICACIONES DE SISTEMAS ADHESIVOS DENTALES

### 6.1 BASADA EN LA ESTRATEGIA DE ADHESIÓN

La evolución de los sistemas adhesivos ocurrió básicamente en función del substrato dentinario y de la interacción con el smear layer. Así se optó por clasificar los sistemas adhesivos en dos grandes grupos: 1) aquellos que preconizan el grabado previo con ácido fosfórico, actualmente denominados como *sistemas convencionales o de grabado/lavado* y; 2) los sistemas *autocondicionantes o autograbantes*.<sup>15</sup>

#### 6.1.1 SISTEMA CONVENCIONAL O DE GRABADO/LAVADO

La estrategia de grabado y lavado incluye dos tipos de adhesivo de acuerdo con el número de pasos involucrados como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Sistema de grabado y lavado o convencional.<sup>16</sup>

Tres pasos			Dos pasos	
Grabado ácido	Primer	Adhesivo	Grabado ácido	Primer + Adhesivo
Después del grabado ácido y el lavado con agua, un primer rico en solvente es aplicado (monómero hidrofílico funcional) y secado, seguido por un adhesivo de resina (resina hidrofóbica) el cual debe ser polimerizado.			Después de grabar con ácido fosfórico y su posterior lavado, la dentina y el esmalte son simultáneamente imprimados y adheridos (el primer hidrofílico y la resina hidrofóbica son mezclados en una solución) seguidos por secado con aire y polimerizados.	

### 6.1.2 SISTEMA AUTOACONDICIONANTE O AUTOGRABANTE

Para superar los problemas asociados con la desmineralización profunda ácida de la dentina y la infiltración de adhesivos convencionales, fueron introducidos con un enfoque más amigable y menos sensitivo para los tejidos dentarios llamado sistemas autoacondicionantes o autograbantes.

Esta estrategia tiene como objetivo la simplificación de pasos y reduce el tiempo de aplicación. La estrategia adhesiva autograbante incluye dos tipos de adhesivos de acuerdo con el número de pasos involucrados ya sea de un paso o de dos pasos como se describe a continuación en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Sistema autoacondicionante o autograbante.<sup>16</sup>

Dos pasos		Un paso
Adhesivo	Primer	Primer + Adhesivo
El esmalte y dentina se acondicionan simultáneamente y se imprimen con un primer ácido de autograbado, seguido de la aplicación de una resina adhesiva (hidrófoba), que debe polimerizarse.		En los que el primer ácido y la resina adhesiva hidrofóbica se combinan en una única solución de autograbado. Al parecer esta solución única imprime e infiltra el sustrato antes de la polimerización.

## **6.2 BASADA EN EL SISTEMA DE ACTIVACIÓN**

Con el paso de los años se han desarrollado diferentes mecanismos de activación de los sistemas adhesivos poliméricos, y actualmente ya contamos con tres diferentes; foto activados o fotopolimerizables, químicamente activados, autopolimerizables o de reacción química, y de activación dual o de polimerización dual.<sup>1,2</sup>

### **6.2.1 ADHESIVOS DE FOTO ACTIVACIÓN O FOTOPOLIMERIZABLES**

La fotopolimerización ocurre gracias a la activación de compuestos como la canforoquinonas por medio de la longitud de onda específica de la luz, alrededor de 470nm. Tiene la ventaja de que se pueden foto activar cuando resulte conveniente o lo decida el operador, permitiendo un mejor control del tiempo de trabajo. Los adhesivos fotopolimerizables son más estables en cuanto a las alteraciones de color ya que no se forman compuestos químicos que con el tiempo pueden ocasionar cambios de color. Otro beneficio de los adhesivos foto activados es que se suministran en menos frascos, a diferencia de los duales o de polimerización química que por cada etapa requieren dos frascos.<sup>1,23</sup>

### **6.2.2 ADHESIVOS AUTOPOLIMERIZABLES, DE REACCIÓN QUÍMICA O QUÍMICAMENTE ACTIVADOS**

En este tipo de adhesivos la polimerización se desencadena por la reacción de los compuestos peróxido-amina cuando se mezclan, por ello son menos estables en la variación del color debido a la degradación de las aminas que no reaccionan. Estos adhesivos están prácticamente en desuso.<sup>1,23</sup>

### **6.2.3 ADHESIVOS DE POLIMERIZACIÓN DUAL**

La reacción de activación es llevada a cabo por los dos sistemas antes descritos, por luz (canforoquinona) para controlar en parte la polimerización y de forma



química (peróxido-amina) para completar la activación en aquellas zonas en donde no alcanza la luz, por ejemplo, las cavidades para resina de clase II.<sup>23</sup>

### 6.3 BASADA EN 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>

Debido al crecimiento tan exponencial de productos adhesivos, particularmente a partir de mediados de 1970 los fabricantes ingeniosamente empezaron a denominar a sus productos como de “última generación”.<sup>1</sup> En la Tabla 4 podemos observar cómo fueron modificándose generación tras generación algunas características de dichos adhesivos, además también se añaden tanto nombres de algunos productos junto con sus casas comerciales, así como los valores que muestran en megapascales (MPa) algunos de ellos, a mayores valores de MPa mejores valores de adhesión presenta dicho adhesivo. A lo largo de toda la historia en el desarrollo de los sistemas adhesivos se han lanzado al mercado 7 generaciones diferentes con características o componentes disimiles, con lo que la casa comercial pregona que tiene mejores niveles de adhesión y, además, con cada adhesivo desarrollado se ha buscado la simplificación de pasos. Los últimos adhesivos que han lanzado al mercado las empresas de todo el mundo dedicadas al desarrollo de estos productos son los adhesivos universales, multimodo o multipropósito, caracterizados por tener múltiples aplicaciones con diversos materiales para restauración odontológica (Fig.26).



Figura 26. Diferentes sistemas adhesivos.<sup>3</sup>

En la Tabla 4 se muestran algunos de los adhesivos que se han lanzado al mercado odontológico con el pasar de los años, gracias a los avances en la investigación tanto de las estructuras dentarias, así como de los productos químicos que se han desarrollado con el pasar de los años, hoy es posible unir diferentes materiales a los dientes ya sean metálicos, cerámicos, resinosos, entre otros, y lo más importante es que sean estables a través del tiempo.



**Tabla 4.** Generaciones de adhesivos a través de la historia.<sup>1,24,25</sup>

Generación / Año		Características	Nombres Comerciales	Pre-tratamiento de la superficie	Niveles de adhesión en MPa
1era Generación	1960's	No se graba dentina. Monómeros hidrofóbicos	-Sevriton (Amalgated/De Tray, Suiza)	Grabado de esmalte	1-3 MPa
2ª Generación	1970's	Adherencia química a la dentina y a la smear layer, por adición de monómeros	Scotch Bond 3M (3M ESPE) -Prisma Universal Bond (Dentsply)	Grabado de esmalte	4 – 7 MPa
3ª Generación	1980's	Adición de monómeros hidrófilos 2 hidroxi-etil-metacrilato (HEMA)	-Scotch Bond 2(3M) -Gluma (Bayer)	Grabado Total	8- 15 MPa
4ª Generación	Inicios de los años 1990's	Tercer compuesto denominado "primer"	-All Bond 2 (Bisco)	Grabado Total	25 – 30 MPa
5ª Generación	Mediados de los años 90's	Primer y adhesivo en un solo frasco	-Opti Bond FL (Kerr) -Adper Single Bond y Single Bond 2 (3M)	Grabado total	25 – 29 MPa
6ª Generación	Finales de 1999 y principios de los años 2000's	Tipo I: Primer autograbador y adhesivo sin mezclarse	-Clearfill Liner Bond 2 (Kuraray) - SE Bond (Coltene) - One Touch Bond (Kuraray)	Auto Grabado	25 - 30 MPa
		Tipo II: Imprimador y adhesivo que deben ser mezclados.			
7ª Generación	Mediados de los 2000's	All in one (todo en uno)	-G Bond (GC) -AdheSe one (Ivoclar Vivadent)	Auto Grabado	25 a 30 MPa
Universales, multimodo o multipropósito	2011	Adhesión a todos los sustratos dentarios: esmalte y dentina y a todos los materiales de restauración	- All Bond Universal (Bisco) -Scotch Bond Universal (3M ESPE)	Auto Grabado	Mas de 30 MPA

## CAPÍTULO 7.- ADHESIVOS UNIVERSALES

Actualmente no se ha llegado a un consenso claro para poder definir a lo que hoy se denominan adhesivos universales, pero hay ciertas características que los hacen fácilmente identificables. Aunque hay muchas similitudes entre estos adhesivos y los llamados de séptima generación, sigue habiendo pequeñas diferencias cruciales entre estos dos grupos de adhesivos para poder clasificarlos en uno u otro grupo.

### 7.1 DEFINICIÓN

Una de las novedades más recientes, en odontología adhesiva, fue la introducción de adhesivos universales, que se han estado utilizando desde el año 2011 en la práctica clínica de los odontólogos a nivel mundial. Estos nuevos productos también se conocen como adhesivos "multi modo" o "multi propósito" porque se pueden usar como adhesivos autograbantes (self-etch), adhesivos de grabado y lavado (etch-and-rinse), o como adhesivos autograbantes en dentina y adhesivos de grabado y lavado sobre el esmalte (una técnica comúnmente conocida como "grabado selectivo del esmalte").<sup>24</sup>

No parece haber ninguna definición "oficial" de lo que describe a un adhesivo universal. En cualquier caso, los adhesivos universales no deberían ser confundidos con los adhesivos de una botella autograbante de séptima generación o sistemas "All in one", como; IBond® (Heraeus Kulzer) Xeno® IV (Dentply Caulk), Clearfil™ S3 Bond (Kuraray) y OptiBond® All-In-One (Kerr Corporation). Por un lado, los adhesivos universales tienen aplicaciones mucho más amplias que los sistemas de séptima generación.

Los adhesivos universales han sido descritos por algunos fabricantes y líderes de opinión como:

- Idealmente una sola botella.
- Sin necesidad de mezclar los componentes.
- Pueden ser usados con las diferentes técnicas adhesivas; grabado total, autograbante o grabado selectivo.
- Pueden ser utilizados tanto para restauraciones directas como indirectas.

- Son compatibles con cementos basados de resina de curado dual, autocurado y foto curado.
- No solo se adhieren al esmalte, lo hacen de igual manera a la dentina y cemento radicular.<sup>14,22</sup>
- Pueden ser usados como primers adhesivos en sustratos no dentarios como; zirconia, metales nobles, metales no preciosos, composites, y varias cerámicas basadas en sílice.
- Algunos adhesivos universales pueden contener silano en su formulación, omitiendo el paso de silanización cuando se unen a materiales cerámicos de vidrio.<sup>14</sup>

Aunque no haya un censo mundial o ya estandarizado de lo que podría definir a un adhesivo universal, es importante tomar en cuenta estas características o la versatilidad de su uso para poder definirlo como un adhesivo universal antes de decidir adquirir cualquier producto que pregone estas características y que salga al mercado en los años venideros.

Sin duda los adhesivos universales además de la versatilidad de su uso en las diferentes técnicas de adhesión llegaron para facilitar el trabajo del cirujano dentista ya que se ahorra mucho tiempo en los procedimientos restauradores actuales.

Una de las virtuales desventajas de aplicar adhesivos universales a la dentina y el esmalte, es su incapacidad de grabar el esmalte a la misma profundidad que el ácido fosfórico.<sup>24</sup> Esto obviamente se traduce en menores niveles de adhesión al esmalte. Por ello muchos profesionales recomiendan previo a la aplicación del adhesivo autograbante, realizar grabado selectivo en esmalte con ácido ortofosfórico al 37% durante 15 segundos.

## **7.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA GENERAL**

Los adhesivos universales idealmente deben de ser lo suficientemente ácidos para ser efectivos en el modo de autograbado, pero no tan ácidos como para que se degraden los iniciadores necesarios para la polimerización de los cementos de resina de curado dual y autocurado. Los adhesivos universales también deben

contener agua ya que es requerida para la disociación de los monómeros acídicos funcionales que hacen posible el autograbado. Uno de tantos dilemas que enfrentan los químicos que desarrollan adhesivos universales, es que mientras que un poco de agua es necesaria en su formulación, demasiada agua puede degradar la química de estos sistemas, ya que contribuye a la separación de fase de los monómeros, disminuye la vida útil de almacenamiento y es difícil de evaporar por completo durante el paso de secado. El agua residual después del secado podría resultar en polimerización incompleta del adhesivo, aumentando la hidrólisis después de la polimerización y a un compromiso generalizado de la interfase adhesiva.<sup>14</sup>

A grandes rasgos la composición básica de estos sistemas adhesivos consiste en una solución acuosa con monómeros acídicos funcionales conocidos también como monómeros bifuncionales, solventes orgánicos como etanol o acetona, monómeros de metacrilatos convencionales, ácido polialquénico, relleno y en algunos casos silano.<sup>27</sup>

Existen diferencias en la formulación química de un fabricante comparado con otro, como el pH, iniciadores y solventes, tipos de monómeros específicos.<sup>14</sup>

Estos adhesivos poseen en su fórmula química diversos componentes que cumplen una función en el sistema adhesivo<sup>14</sup>. Si analizamos la función específica de cada uno de los componentes en los adhesivos universales, podemos establecer criterios racionales de uso y obtener el máximo potencial de cada uno para sus diferentes usos clínicos:

- a) Solventes orgánicos: Agregan etanol, agua o acetona en sus formulaciones adhesivas universales que mejora la humectación y la infiltración en los tejidos del diente, también ayuda en la eliminación del agua y la evaporación durante el paso de secado.<sup>14</sup> Los solventes se mantienen en la solución hasta el momento de ser dispensados sobre la superficie dentaria se inicia la evaporación de los solventes.<sup>27</sup>

- b) Agua: Al ser adhesivos de base acuosa, el agua es indispensable para ionizar los monómeros ácidos y guiar el proceso de desmineralización del sustrato. En oposición a los adhesivos de grabado y lavado, la importante presencia de agua en su composición hace que estos adhesivos sean menos susceptibles a la variación en el grado de humedad en el sustrato.<sup>27</sup>
- c) Ácido polialquenoico: este ácido débil (que también forma parte del líquido presente en la formulación de los ionómeros vítreos) le confiere al adhesivo universal la característica de formar uniones químicas confiables con la dentina por la unión de los grupos carboxílicos del ácido con los iones de calcio del tejido dentario; las sales así obtenidas son de baja resistencia mecánica, no obstante, ésta es suficiente para resistir estrés masticatorio de baja intensidad.<sup>22</sup>
- d) Vinyl-silano: también llamado silano o ceramic primer, es una molécula bifuncional con un extremo órgano-funcional y un extremo silico-funcional, lo que le confiere la propiedad de unir químicamente sustratos cerámicos con resinosos.<sup>22</sup> Permite una mejor unión a superficies inorgánicas especialmente con contenido de silica, como cerámicas vítreas, postes de fibra de vidrio, permitiendo también la reparación de restauraciones directas e indirectas.<sup>27</sup>

Los fabricantes de algunos adhesivos universales han incorporado silano directamente dentro de su fórmula adhesiva con la idea de que el adhesivo universal pueda usarse en lugar de una solución de silano aplicada por separado. El silano más comúnmente usado en la odontología es 3-metacriloxipropiltrimetoxisilano.

Esto tiene sentido mientras que todos los otros químicos encontrados en los adhesivos universales no interfieran con la estabilidad y rendimiento del silano. Otros fabricantes de adhesivos universales han optado por no agregar silano en sus formulaciones debido a la interrogativa de la estabilidad del silano en el ambiente ácido de los adhesivos universales. En efecto, algunos estudios han encontrado que la incorporación de bis-GMA o 10-MDP en soluciones con silano reduce

sustancialmente la eficiencia imprimante e interacción química del silano con la superficie del disilicato de litio comparado con la aplicación del silano puro.<sup>14</sup>

- e) Monómeros metacrilatos convencionales: están encargados de la formación del polímero más resistente mecánicamente y la interacción con resinas compuestas y cementos resinosos. Son añadidos para proveer fuerza a la unión micromecánica al tejido dentario, formado por la matriz monomérica. El monómero de metacrilato de resina hidrofílica HEMA actúa como un co-solvente, para aquellos monómeros acídicos con dificultad de disolverse en agua.<sup>27</sup>

Los monómeros metacrilatos son usados como base de resina entre ellos se encuentran a:

- Bisfenol A glicidilmetacrilato (BISGMA)
- Oligómero de uretano de BISGMA
- Dimetacrilato de uretano (UDMA)
- Monómero 2- hidroxietil metacrilato (HEMA)
- Dimetacrilado de glicerol (GDMA)
- Trientilenglicol dimetacrilato (TEGDMA)
- Rimetrilpropano trimetacrilato (TMPTMA).<sup>28</sup>

- f) Monómeros acídicos: conocidos también como monómeros bifuncionales o self-etching primers (primers auto-condicionantes), son ésteres fosfatados con pH ácido lo que les permite actuar como agentes grabadores e imprimantes o solo como imprimantes, según sea la estrategia adhesiva elegida. Inicialmente formulados como agentes de unión para lograr adhesión química a metales no nobles a través de la unión a sus óxidos, recientemente se han visto revisitados respecto a su acción sobre los sustratos dentarios. Recientes publicaciones dan cuenta del mecanismo íntimo de adhesión involucrado en la unión de uno de estos monómeros (10-MDP o 10-metacriloidecilo-dihidrogenion-fosfato) a las estructuras dentarias, demostrando la formación de sales de muy baja solubilidad y alta resistencia



mecánica, lo que explica la gran estabilidad de la interfase adhesiva observada en el tiempo cuando se usa este tipo de adhesivos.<sup>22</sup>

Los monómeros ácidos bifuncionales o monómeros ácidos funcionales presentan un pH relativamente mayor que el ácido fosfórico cuya función es promover el grabado ácido y facilitar la infiltración en dentina. Estos actúan mediante interacción química y/o disolución de la superficie del sustrato durante la adhesión, formando sales.<sup>27</sup>

Los monómeros ácidos funcionales desmineralizan y facilitan la adhesión a la superficie del diente. Son predominantes los monómeros metacrilatos, entre ellos tenemos:

- Grupos ácidos carboxilo: anhídrido trimelítico 4-metacriloxietil (4-META) y dimetacrilato glicerol piromelítico (PMGDM).
- Grupos de ácidos fosfórico: metacriloxietil hidrógeno fosfato fenilo (Fenil-P), 10 metacriloxietil dihidrógeno fosfato (MPD), bis (2 metacriloxietil) ácido fosfato (BMP) y dipentaeritritol monofosfato penta acrilato (PENTA-P).<sup>28</sup>

La cantidad de monómero ácido debe ser balanceado, si es excesivo produce un ambiente hidrofílico y compromete la resistencia mecánica y estabilidad dimensional. Por otro lado, si es poca cantidad no proporciona un buen grabado ácido y por lo tanto perjudica la adhesión de la dentina y esmalte.

El material inicialmente es hidrofílico facilitando su humectación y adaptación de la superficie del diente, seguidamente el material se hace hidrófobo consumiéndose el ácido funcional por una reacción del calcio del diente y iones lixiviables del relleno.<sup>28</sup>

g) Relleno: son partículas de carga que actúan como refuerzo mecánico de la capa del adhesivo.<sup>27</sup>

h) Fotoiniciador: es el gran desafío, ya que debe permitir polimerización de diferentes especies moleculares sin separación entre fase hidrofóbicas e hidrofílicas, por esto es que muchos fabricantes usan más de un foto

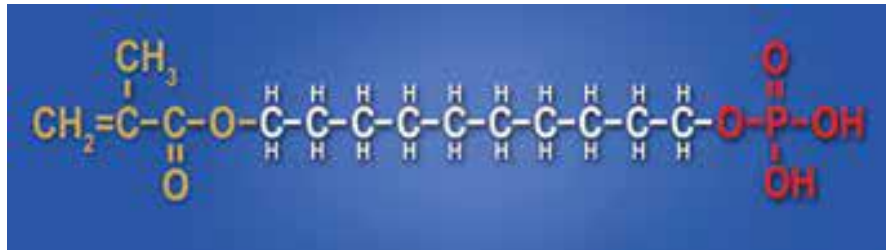
iniciador, no solo canforoquinona. Hay que tener en cuenta que no todos los adhesivos universales poseen la misma fórmula.<sup>27</sup>

### 7.3 10-MPD (10-METACRILOXIDECIL-DIHIDROGENION-FOSFATO)

La mayoría de los adhesivos universales usan ésteres de fosfato ( $R-O-PO_3-H_2$ ) como su monómero funcional adhesivo primario. De hecho, los ésteres de fosfato forman la columna vertebral de prácticamente todos los actuales sistemas adhesivos universales y les permiten hacer mucho de lo que ellos hacen. Estos monómeros tienen muchos atributos positivos, que incluye el potencial para unirse químicamente a metales, zirconia y a los tejidos dentales, mediante la formación de sales de calcio ( $CA_2$ ) no solubles. Además, su naturaleza ácida (ésteres de ácido fosfórico) les provee del potencial de grabar y desmineralizar los tejidos dentales que los hace buenos candidatos para su uso con adhesivos que requieren autograbado, grabado selectivo o grabado total.<sup>14</sup>

Un éster de fosfato muy práctico y probado que también es usado en las formulaciones de muchos adhesivos universales fue sintetizado hace más de 30 años por los químicos de la empresa japonesa Kuraray a principios de los años de 1980, llamado 10-MPD (metacrylodecildihidrogenofosfato). Este monómero tiene muchos atributos positivos que lo hacen práctico para usarse en un adhesivo universal. Es un monómero funcional anfifílico versátil, con un grupo de metacrilato hidrofóbico en un extremo (capaz de unirse químicamente a restauraciones y cementos a base de metacrilato) y un grupo de fosfato hidrofílico por otro lado (capaz de unirse químicamente a los tejidos del diente, metales y zirconia), este único atributo hace que sea deseable para su uso en un adhesivo universal. 10-MDP es el monómero más hidrofóbico de todos los adhesivos dentales utilizados, esto puede ser importante en términos de durabilidad, sorción de agua, y ruptura hidrolítica de la interfase adhesiva a través del tiempo, ya que ha sido implicada como una de las principales causas primarias de falla adhesiva. La naturaleza hidrofóbica de 10-MDP también lo hace relativamente estable en la solución, lo cual

es importante en términos de almacenamiento. Además, este monómero es uno de los pocos utilizados en la odontología adhesiva que ha sido demostrado que realmente se une a los tejidos dentales a través del enlace iónico con el calcio que se encuentra con la hidroxiapatita ( $\text{Ca}_{10}[\text{PO}_4]_6[\text{OH}]_2$ ). Se forman sales de MDP-calcio estables durante esta reacción y se depositan en nano-capas auto ensambladas de diferentes grados y calidad según el sistema adhesivo. Este tipo de interacción molecular y auto organización junto con la naturaleza hidrofóbica de 10-MDP ayuda a explicar por qué este monómero parece ser tan efectivo en la



creación de interfases adhesivas que son resistentes a la bio-degradación (Fig. 27). Además de 10-MDP otros ésteres de fosfato tales como dipenta-eritrol-pentacrilato-monofosfato (PENTA-P) y glicerol-fosfato-dimetacrilato (GPDM) parecen ser alternativas viables.<sup>14</sup>

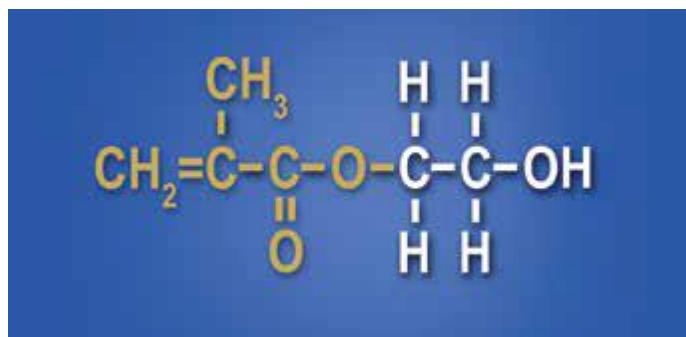
**Figura 27.** El monómero 10-MDP utilizado en muchos sistemas adhesivos universales consiste en un grupo de fosfato versátil (rojo) en un extremo capaz de unirse a los tejidos del diente y una variedad de sustratos restauradores, y un grupo de metacrilato (oro) en el otro extremo capaz de unirse a materiales restauradores y cementos basados en metacrilato.<sup>14</sup>

#### 7.4 HEMA (METACRILATO DE 2-HIDROXIETILO)

Los fabricantes de los adhesivos universales compensan el problema del adecuado equilibrio hidrofóbico/hidrolítico mezclando algunos conocidos y ampliamente utilizados monómeros tales como Bis-GMA (hidrofóbico) y metacrilato de 2-hidroxi-etilo (HEMA, hidrofílico). Uno de los objetivos después de colocar, secar y curar un adhesivo universal debe ser la creación de una altamente matriz polimérica hidrofóbica cruzada que este bien adherida a los tejidos del diente en un extremo y a materiales restaurativos como composites, por el otro. Casi todos los sistemas

adhesivos, incluidos los sistemas universales, utilizan HEMA en sus formulaciones. HEMA es un monómero hidrofílico de bajo peso molecular que es particularmente experto en infiltración y humectación de sustratos de dentina, es extremadamente soluble en agua, etanol y acetona, por lo tanto, fácil de incorporar a formulaciones adhesivas. La hidrofiliidad de HEMA lo convierte en un excelente monómero promotor de adhesión que se ha demostrado que mejora la fuerza de unión inmediata de los sistemas adhesivos mejorando la difusión monomérica dentro de la dentina y facilitando la formación de la capa híbrida. HEMA se agrega frecuentemente a los adhesivos, no solo para asegurar una buena humectación, sino también por su naturaleza como disolvente. Esto mejora la estabilidad y ayuda a mantener los monómeros hidrofóbicos e hidrofílicos en solución al minimizar la separación de fases en presencia de agua (los adhesivos libres de HEMA pueden tener problemas con la separación de fases).

Mientras que HEMA tiene muchos atributos positivos también hay un lado negativo, HEMA tanto en estado polimerizado y no polimerizado absorbe agua, una vez polimerizado puede aumentar, descolorar y contribuir a la hidrólisis de interfase adhesiva. Grandes cantidades de HEMA pueden disminuir las propiedades mecánicas del polímero resultante. HEMA no polimerizada tiene el potencial para disminuir la presión de vapor de agua y puede ser más difícil de evaporarla durante el paso de secado. Mientras que la concentración de HEMA usada en los adhesivos universales varía de fabricante en fabricante, la meta sería optimizar la concentración de HEMA (usar la menor cantidad posible) para tomar ventaja de los beneficios de este monómero, pero minimizando las propiedades indeseables (Fig. 28).<sup>14</sup>



**Figura 28.** Monómero HEMA que consiste en un grupo metacrilato en un extremo (oro) y un grupo hidroxilo (-OH) capaz de formar enlaces de hidrógeno por el otro.<sup>14</sup>

## 7.5 TÉCNICAS DE APLICACIÓN DE LOS ADHESIVOS UNIVERSALES

Dependiendo de la técnica adhesiva a utilizar será la aplicación del sistema adhesivo, es decir, si será utilizado con grabado total, grabado selectivo de esmalte o como autograbante, esto dependerá de la situación clínica y del criterio del profesional.

- a) Técnica de autograbado: aplicar el sistema adhesivo con un microaplicador desechable sobre esmalte y dentina sin grabar, frotar sobre la superficie durante 20 segundos, soplar suavemente con aire durante 5 segundos, hasta que quede una capa uniforme, polimerizar el adhesivo por 10 segundos.
- b) Técnica de grabado selectivo: aplicar ácido fosfórico sobre esmalte por 15-30 segundos, para luego lavar con agua por el mismo tiempo de grabado, secar ligeramente con aire de la superficie, sin desecar la dentina y aplicar el sistema adhesivo sobre esmalte grabado y dentina no grabada de igual manera que en la técnica de autograbado.
- c) Técnica de grabado total: aplicar el ácido fosfórico de manera simultánea sobre superficie de esmalte y dentina por el mismo tiempo. Lavar la superficie con agua por el mismo tiempo de grabado, secar ligeramente con aire de la superficie, sin desecar la dentina y aplicar el sistema adhesivo sobre esmalte y dentina grabada de igual manera que en la técnica de autograbado.<sup>27</sup>

## 7.6 INDICACIONES

Dada la composición química de los adhesivos universales y su versatilidad en el empleo de estos, existen múltiples indicaciones en las cuales nos podemos valer del uso de los adhesivos universales. Por lo tanto, los adhesivos universales tienen aplicaciones mucho más amplias que los sistemas de séptima generación. Además, los fabricantes suelen afirmar que los adhesivos universales pueden utilizarse para la colocación de restauraciones directas e indirectas y son compatibles con cementos autocurados, fotopolimerizables y de curado dual con resinas y unión a metales, zirconia, porcelana y compuestos. Mientras tanto, los fabricantes de algunos adhesivos universales todavía recomiendan el uso separado de un

"activador" y primers dedicados para optimizar la resistencia de la unión a sustratos como porcelana y zirconia.

En la Fig.29 se observan las diversas indicaciones de los adhesivos universales.

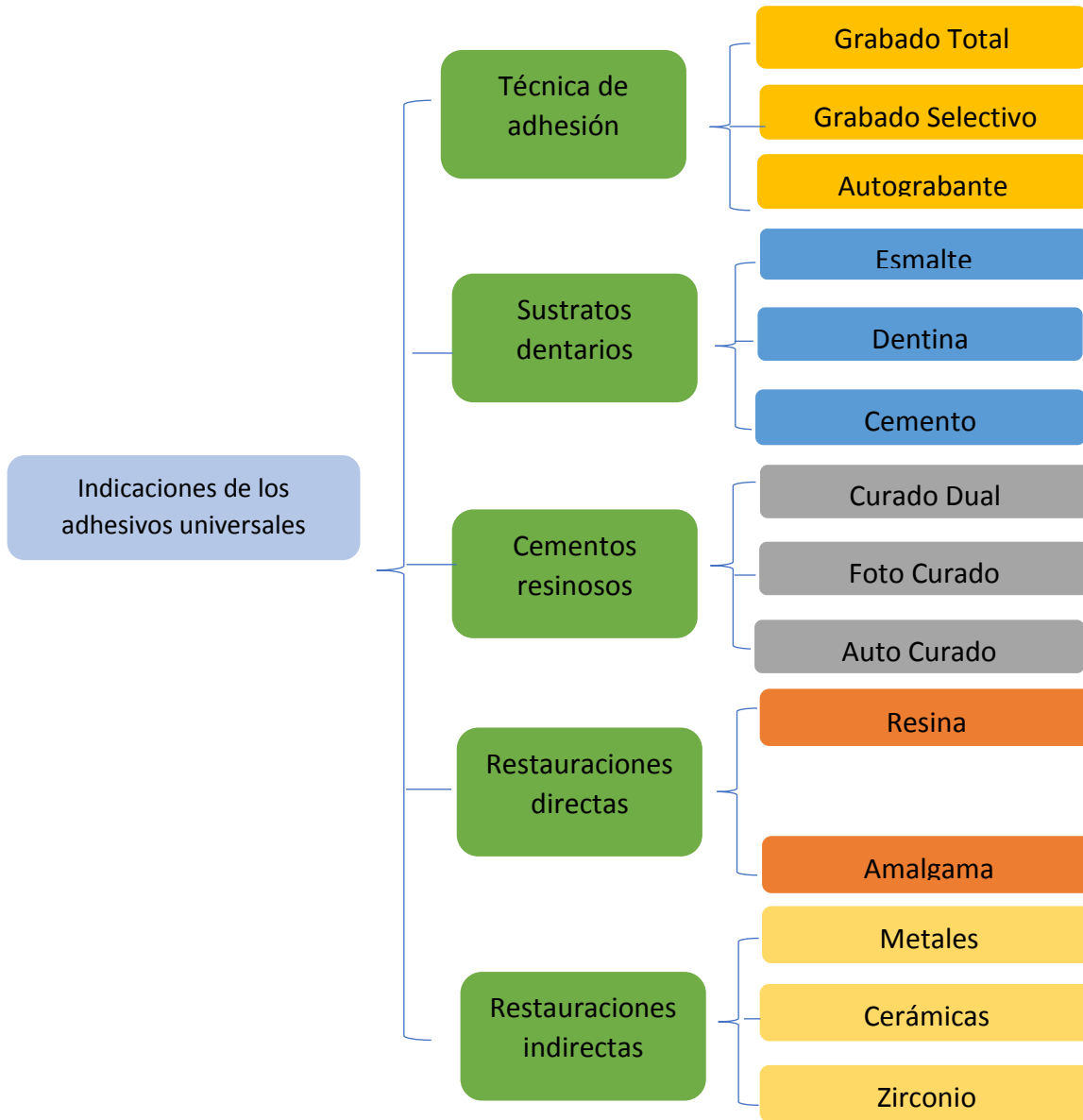


Figura 29. Indicaciones de los adhesivos universales.<sup>22</sup>

## 7.7 MODO DE EMPLEO

Esta nueva y versátil filosofía de adhesión aboga por el uso de la opción más simple de cada estrategia, es decir, un paso de autograbado o de dos pasos de grabado y lavado utilizando la misma botella de solución adhesiva, que es definitivamente mucho más desafiante para los sustratos dentales de diferentes naturalezas (es decir; dentina sana, cariada, esclerótica, así como esmalte). Es recomendable grabar el esmalte con ácido fosfórico, en particular cuando se une al esmalte que no es cortado o preparado.<sup>24</sup>

Los adhesivos universales tienen la ventaja de que se pueden usar con todas las diferentes técnicas adhesivas con las cuales contamos hoy en día en nuestra práctica clínica. Se pueden usar tanto con grabado total, grabado selectivo y autoacondicionante. Es importante que una vez que se ha adquirido el producto revisar cuales son las indicaciones de aplicación particulares de cada casa comercial para seguirlas al pie de la letra. Ya que mientras unos fabricantes recomiendan frotar durante 15 segundos otros recomiendan dejar actuar, o mientras que unos recomiendan una capa otros lo hacen por dos capas, por ello es imperativo seguir indicaciones de fabricante para poder aprovechar al máximo el adhesivo que se esté usando en ese momento. En el capítulo de técnicas adhesivas se trata a profundidad este apartado y el protocolo que se menciona es el que se usa en la mayoría de los sistemas adhesivos.

En relación con el modo de aplicación, los sistemas adhesivos de autograbado reducen la posibilidad de una mala manipulación iatrogénica inducida durante el acondicionamiento ácido, el lavado y el secado, que pueden ocurrir cuando se utilizan sistemas de grabado y lavado.<sup>24</sup>

El rendimiento a largo plazo de los adhesivos simplificados de un paso es inferior en términos de durabilidad del adhesivo en particular cuando se compara con el estándar de oro de enfoque de tres pasos de grabado y lavado para superar la debilidad de las generaciones anteriores de adhesivos auto grabables de un solo

paso, se han desarrollado adhesivos universales que permiten la aplicación del adhesivo con pre grabado químico con ácido fosfórico en los métodos de grabado total o de grabado selectivo con el fin de lograr una unión duradera al esmalte y ha sido aceptado al mostrar buenos resultados *in vitro* e *in vivo*.

## **7.8 MARCAS DISPONIBLES EN MÉXICO VS A NIVEL MUNDIAL**

Existen alrededor de 16 marcas de adhesivos universales a nivel mundial, sin embargo no todos están disponibles en nuestro país. En la Tabla 5 se indica la composición, casa comercial, nombre, pH, curado y si se encuentra en el mercado nacional.



**Tabla 5.** Adhesivos universales disponibles en el mercado nacional vs mercado mundial.<sup>14</sup> Dípticos de casas comerciales obtenidos de su página web oficial

Nombre	Casa Comercial	Composición	Curado	pH	Disponible en México
Optibond Universal	<b>Kerr</b>	Acetona, metacrilato de 2-metacrilato, dimetacrilato de glicerol, etanol, dimetacrilato de glicerol fosfato, agua	Fotocurable	No disponible	No
All-Bond Universal	<b>Bisco</b>	10-MDP, resinas de dimetacrilato, HEMA, etanol, agua, iniciadores	Fotocurable	3.2	Si
G-Premio Bond	<b>GC</b>	Acetona, dimetacrilato, éster monomérico de ácido fosfórico, dimetacrilato foto iniciador, butilhidroxitolueno.	Fotocurable	1.5	No
Scotchbond Universal Adhesive Activador: Scotchbond Universal DCA)	<b>3M ESPE</b>	10-MDP, resinas de dimetacrilato, HEMA, etanol, agua, copolímero de ácido poliacrílico, silano, rellenos e iniciadores	Fotocurable	2.7	Si
Futurabond U	<b>VOCO</b>	10-MDP" modificado", resinas de dimetacrilato, HEMA, etanol, agua, éster de ácido carboxílico, iniciadores	Dual	2.3	Si
Futurabond M+ (DCA activador)		Monómeros adhesivos ácidos, metacrilatos funcionales, componente amino orgánico, canforoquinona, etanol y agua, butilhidroxitolueno	Fotocurable	No disponible	Si
Clearfill Universal Bond Quick (Activador)	<b>Kuraray</b>	HEMA, BIS-GMA,10-MDP, monómeros hidrofílicos de amida, sílice coloidal, silano, floruro de sodio, CQ, etanol y agua	Fotocurable	2.3	No
Clearfill Universal Bond (Activador)			Dual		
Peak Universal Bond (Clorhexidina)	<b>Ultradent</b>	Bis-GMA, alcohol etílico, acetato al 0.2% clorhexidina, ácido metacrílico, HEMA, 7.5% rellenos	Fotocurado	1.2	Si

Adhesivos Universales

Prelude One	<b>Danville Materials</b>	10-MDP, resinas de dimetacrilato, HEMA, etanol, agua, iniciadores	Fotocurable	2.8	No
iBOND Universal	<b>Heraeus Kulzer</b>	Monómeros de metacrilato foto activables en una base de acetona y agua	Fotocurable	1.6-1.8	No
Gluma Bond Universal (Primer para ceramica)		Monómeros de metacrilato foto activables en una base de acetona y agua	Fotocurable	1.6-1.8	Si
One Coat 7 Universal (One Coat 7.0 Universal activator)	<b>Coltene</b>	10-MDP, poliácido de metacrilato, HEMA, dimetacrilato de uretano, foto iniciadores, relleno, etanol, agua	Fotocurable	2.0 – 2.8	No
Prime & Bond elect (Activador)	<b>Dentsply Caulk</b>	PENTA-P, resinas de dimetacrilato, HEMA, acetona, agua, iniciadores	Fotocurable Dual	2.5	No
Xeno Select		Resina acrílica bifuncional, ácido alquilsulfónico acrilamida, éster de ácido fosfórico funcionalizado, CQ, bencenodiol butilado, agua, tert-butanol	Fotocurable	1.6	No
AdheSe Universal	<b>Ivoclar Vivadent</b>	10-MDP, HEMA, resinas de dimetacrilato, etanol, agua, MCAP (polímero de ácido carboxílico metacrilado), rellenos, iniciadores, Bis-GMA y D3MA	Fotocurable	2-5	Si
Tetric N-Bond Universal		10-MDP, MCAP, HEMA, Bis-GMA, D3MA, etanol iniciador de canforoquinona, agua, dióxido de silicio, estabilizadores	Fotocurable	2.5-3.0	Si
Ambar Universal	<b>FGM</b>	Monómeros de metacrilato (UDMA y 10-MDP), foto iniciadores, co-iniciadores, estabilizadores, nanopartículas de sílice inertes y etanol	Fotocurable	2.6 – 3.0	No

## **PARTE II: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

## 1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la Facultad de Odontología de la UAEMex consideramos que existe amplio desconocimiento acerca del empleo de los sistemas adhesivos universales que fueron lanzados al mercado odontológico a partir del año 2011 y junto con ello han surgido muchas interrogantes acerca de su uso, formulación química e indicaciones clínicas. Por ello es importante que el odontólogo conozca a cabalidad toda esta información que rodea a estos adhesivos, para poder obtener así, el mejor rendimiento clínico en los tratamientos dentales.

Uno de los estudios claves para poder valorar cual es el rendimiento clínico de un adhesivo, se llama “resistencia al cizallamiento” ya que con ella se pueden medir los valores de adhesión de un sinfín de materiales y entre ellos están los adhesivos dentales universales. Por ello tal estudio muestra cual tiene mayores niveles de adhesión, es decir, cual es más estable con el paso del tiempo.

Por lo tanto, el presente trabajo pretende responder a la comunidad odontológica la siguiente pregunta:

**¿Cuáles son los valores de resistencia al cizallamiento de los adhesivos universales disponibles en nuestro país?**

## **2.- HIPÓTESIS**

### Hipótesis de trabajo

La resistencia al cizallamiento de 6 adhesivos universales presenta diferencias estadísticas significativas.

### Hipótesis nula

La resistencia al cizallamiento de 6 adhesivos universales no presenta diferencias estadísticas significativas.

### **3.- OBJETIVOS**

Objetivo General:

Comparar la resistencia in vitro al cizallamiento en dentina de 6 sistemas adhesivos universales, multimodo o multipropósito.

Objetivos Específicos:

-Obtener los niveles de adhesión de seis diferentes adhesivos universales disponibles en el mercado nacional.

-Demostrar cual es el adhesivo universal que muestra mejores resultados.

-Analizar los niveles de adhesión obtenidos en las pruebas de laboratorio.

-Comparar los valores de adhesión de los adhesivos universales vs los valores del adhesivo del grupo control.



#### **4.- JUSTIFICACIÓN**

Existen diversos adhesivos que a través de la historia han intentado mejorar su composición con la finalidad de mejorar su fuerza de adhesión y aumentar su resistencia, sin embargo, no se cuenta con estudios comparativos acerca de los adhesivos universales que son comercializados en nuestro país y que nos mencionen cuál es su resistencia al cizallamiento de cada uno de ellos cuando realizamos una restauración directa de resina y así poder elegir el que más le convenga al profesional dependiendo de las cualidades de dicho adhesivo.

Desde hace varios años se han estado realizando estudios científicos para poder simplificar el número de pasos durante la aplicación de los adhesivos universales, pero la coyuntura ante tal simplificación sería preguntarnos si esta reducción de pasos pudiese influir en el éxito de las restauraciones. En la actualidad existen pocos adhesivos universales disponibles en nuestro país, por lo que resulta muy significativo evaluar cuál de ellos brinda mayores niveles de adhesión a diferentes sustratos dentarios.

### **PARTE III: MARCO METODOLÓGICO**



## 1.- DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### Tipo de estudio

El presente proyecto de investigación es de tipo comparativo, analítico, experimental, cuantitativo.

### Universo

El proyecto de investigación se realizó con 70 órganos dentarios sanos y 6 adhesivos universales, siendo las 6 marcas disponibles en México, y un grupo control que se realizó con un adhesivo convencional de cuarta generación, el estándar de oro OptiBond FL de la casa comercial Kerr.

### Tipo de muestreo

No probabilístico, intencional.

### Unidades de observación

Los siguientes sistemas adhesivos universales:

1. *Scotchbond Universal (3M ESPE).*
2. *All-Bond Universal (Bisco).*
3. *Gluma Bond Universal (Heraeus Kulzer).*
4. *Tetric N-Bond Universal (Ivoclar-Vivadent).*
5. *Futurabond U (VOCO).*
6. *Peak Universal Bond (Ultradent).*

### Criterios de inclusión

- a) Órganos dentarios permanentes.
- b) Órganos dentarios libres de caries dental.
- c) Órganos dentarios con tejido dentinario sano.
- d) Órganos dentarios libres de restauraciones.
- e) Órganos dentarios del sector posterior.

### Criterios de exclusión y eliminación

- a) Órganos dentarios temporales.
- b) Órganos dentarios con pigmentaciones extrínsecas e intrínsecas.
- c) Órganos dentarios con caries.
- d) Órganos dentarios con alteraciones de desarrollo.
- e) Órganos dentarios del sector anterior.

### Variables

- a) Dependiente: Niveles de adhesión.
- b) Independiente: Adhesivos universales y adhesivo convencional de cuarta generación.

### Procedimiento

La muestra fue formada por 140 coronas seccionadas de 70 órganos dentarios permanentes posteriores de seres humanos a las cuales se les realizó primeramente un corte transversal para dividir la corona de la raíz, y posteriormente un corte longitudinal en sentido de mesial a distal para obtener dos mitades por corona dental, divididos en 7 grupos con 20 mitades de coronas seccionadas en forma aleatoria, en seis de estos grupos se utilizó un adhesivo universal de diferente casa comercial y en el séptimo grupo se empleó un adhesivo de cuarta generación. Los materiales utilizados se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Distribución de materiales por grupos

Grupos	Adhesivo Empleado	Composite
G1	<i>Scotchbond Universal (3M-ESPE, Minnesota, USA)</i>	<i>Resina compuesta Filtek™ Z350 XT, (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA)</i>
G2	<i>All-Bond Universal (Bisco, Chicago, USA)</i>	<i>Resina compuesta Filtek™ Z350 XT, (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA)</i>
G3	<i>Gluma Bond Universal (Heraeus Kulzer, Hanau, Alemania)</i>	<i>Resina compuesta Filtek™ Z350 XT, (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA)</i>
G4	<i>Tetric N-Bond Universal (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein)</i>	<i>Resina compuesta Filtek™ Z350 XT, (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA)</i>
G5	<i>Futurabond U (VOCO, Dannemarie, Francia)</i>	<i>Resina compuesta Filtek™ Z350 XT, (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA)</i>
G6	<i>Peak Universal Bond (Ultradent, Múnich, Alemania)</i>	<i>Resina compuesta Filtek™ Z350 XT, (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA)</i>
G7	<i>Optibond FL (Kerr, Detroit, USA)</i>	<i>Resina compuesta Filtek™ Z350 XT, (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA)</i>

## 2.- MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio dental particular "Belem" ubicado en calle Benito Juárez esquina con Francisco Villa No. 32 en Toluca, Estado de México, en el laboratorio de prótesis dental de nivel licenciatura y en el laboratorio del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología "Dr. Keisaburo Miyata" (CIEAO) ambos ubicados en la facultad de odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM).

El procedimiento por realizar comenzó con la sección longitudinal de 70 órganos dentarios, para ello se utilizó un motor de banco para laboratorio dental, marca Ray Foster (Huntington Beach, California, USA) (Fig.30).



**Figura 30.** Motor de banco Ray Foster.

Se montó con un disco de diamante de grano fino y abundante agua para prevenir el sobrecalentamiento de la dentina. El corte se realizó primeramente en sentido transversal, dividiendo la corona de la raíz (Fig.31), hasta seccionar y obtener las coronas de los 70 órganos dentarios (Fig.32). Durante todo el procedimiento ambos investigadores portamos equipo de protección ocular y vestimenta especial para evitar la contaminación por el polvo dentinario que se desprende a la hora de realizar los cortes, también cubre bocas y gorro quirúrgico.



**Figura 31.** Corte transversal que divide la corona de la raíz.



**Figura 32.** Coronas obtenidas en el corte transversal.

Posteriormente se realizó un corte longitudinal de únicamente de las coronas de los 70 órganos dentarios, en sentido de mesial a distal (Fig.33), de esta manera se expuso la mayor cantidad de tejido dentinario, obteniendo dos mitades de especímenes por cada corona seccionada (Fig.34) dando un total de 140 especímenes. Hay que recalcar que en ninguna muestra se expuso la cámara pulpar, ya que únicamente se buscó exponer dentina sana. Una vez seccionados se almacenaron en agua destilada, para evitar la deshidratación del tejido dentinario.



**Figura 33.** Corte longitudinal de la corona en sentido de mesial a distal.



**Figura 34.** Especímenes obtenidos en el corte longitudinal de las coronas seccionadas.

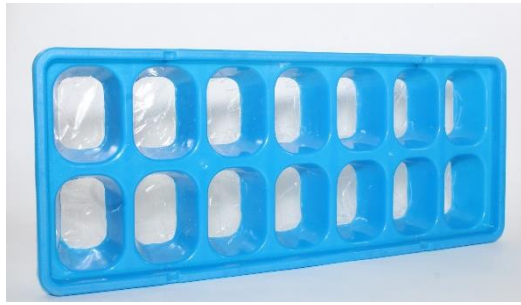
Para la prueba de laboratorio fue imperativo el encontrar una manera de manipular los órganos dentarios individualmente y hacer tanto la aplicación de los adhesivos como de la resina compuesta y las pruebas de cizallamiento, por lo que se confeccionó un cubo de resina poliéster en forma de hielo a través de moldes para hacer hielo (Fig.35), a los cuales se les realizó un corte de la base de cada espacio (Fig.36), y se selló con cinta adhesiva (Fig.37) para dejar inmobilizados los especímenes de las coronas seccionadas y no se movieran de lugar a la hora de colocar el material que las encapsularía.



**Figura 35.** Molde para hacer cubos de hielo.



**Figura 36.** Molde recortado en la base de cada espacio.



**Figura 37.** Molde recortado con cinta adhesiva en la base de cada espacio.

El material elegido para encapsular o insertar los especímenes de las coronas seccionadas fue una resina poliéster (Fig.38), a la cual se realizó una mezcla de 1kg de base por 330 gotas de catalizador (Fig.39), con esta cantidad de resina se podían encapsular hasta 50 muestras. Al molde se le colocó un separador especial (Fig.40) para que fuera fácil su remoción del molde.



**Figura 38.** Resina poliéster.



**Figura 39.** Catalizador.



**Figura 40.** Separador.

Se colocaron los especímenes de las coronas seccionadas en los espacios de los moldes (Fig.41) y se vertió la mezcla de la resina poliéster con el catalizador (Fig.42), una vez realizado esto se esperó durante 20 minutos a que terminara la reacción química.



**Figura 41.** Especímenes de las coronas seccionadas colocadas sobre la cinta adhesiva en los espacios de los moldes para hacer hielo.



**Figura 42.** Especímenes de las coronas seccionadas con resina poliéster sobre el molde para hacer hielo.

Una vez finalizada la reacción química de la resina poliéster se retiraron los especímenes de las coronas seccionadas ya encapsulados de los moldes, así se obtuvieron 140 muestras las cuales se recortaron y se pulieron con lija de agua del número 1500-2000 de diamante de grano extrafino. Obteniendo este resultado en cada una de las muestras (Fig.43).





**Figura 43.** Ejemplo de la muestra obtenida, donde se observa la exposición del tejido dentinario.

Para poder emular la capa de desecho dentinario ó *smear layer* se lijó la superficie de la dentina de las muestras con una lija de agua del número 3-20 durante un minuto realizando un movimiento en forma de ocho (Fig.44), este procedimiento se realizó minutos antes de colocar cada uno de los adhesivos sobre las muestras con los especímenes de tejido dentinario expuesto. Dichas muestras se colocaron en un envase de plástico con tapa y con agua destilada conteniendo 20 muestras en forma aleatoria (Fig.45). Así se colocó un total de 140 muestras en 7 envases de plástico con tapa rotulados cada uno de estos envases con el nombre del adhesivo a emplear en dichas muestras.



**Figura 44.** Emulación de la capa de desecho dentinario ó smear layer.







**Figura 45.** Ejemplo de envase de plástico con tapa y con agua destilada que contiene las muestras con exposición del tejido dentinario.

Una vez listas las 20 muestras se realizó el procedimiento adhesivo para ello se procedió a la aplicación del adhesivo respetando las indicaciones a cabalidad del fabricante, teniendo cuidado de realizarlo rápidamente para evitar la deshidratación de las muestras. En la Tabla 7, se describen las indicaciones que se siguieron del fabricante de cada adhesivo utilizado para su aplicación sobre las muestras.

**Tabla 7.** Instrucciones de cada adhesivo universal utilizado en las muestras.

Adhesivo	Instrucciones
 <p>Scotchbond Universal (3M ESPE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aplicar el adhesivo con el aplicador desechable friccionando durante 20 segundos en tejido dentinario.</li> <li>-Soplar durante aproximadamente 5 segundos.</li> <li>-Polimerizar el adhesivo durante 10 segundos.</li> </ul>
 <p>All-Bond Universal (Bisco)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Durante 1-2 segundos eliminar el exceso de agua (no desecar)</li> <li>-Dispense 1 o 2 gotas del adhesivo en un pocillo limpio.</li> <li>-Aplicar dos capas separadas de adhesivo, raspando la preparación con un micro cepillo durante 10 a 15 segundos por capa. No fotopolimerizar entre capas.</li> <li>-Con una jeringa de aire evapore el exceso de disolvente durante por lo menos 10 segundos.</li> <li>-Fotopolimerizar durante 10 segundos</li> </ul>
 <p>Peak Universal Bond (Ultradent)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Enjuague la preparación y déjela húmeda.</li> <li>-Dispense de 1-3 gotas de adhesivo en un pocillo.</li> <li>-Utilizando un microaplicador dispense una capa generosa de adhesivo en la preparación y frote suavemente por 10 segundos.</li> <li>-Seque por 10 segundos.</li> <li>-Fotopolimerizar por 10 segundos.</li> </ul>

 <p>Tetric N-Bond Universal (Ivoclar-Vivadent)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cubrir generosamente la superficie de los dientes a tratar con el adhesivo</li> <li>-Frotar el adhesivo sobre la superficie del diente durante al menos 20 segundos.</li> <li>-Dispersar el adhesivo con aire, hasta conseguir capa inmóvil y brillante.</li> <li>-Fotopolimerizar el adhesivo durante 10 segundos.</li> </ul>
 <p>Gluma Bond Universal (Heraeus Kulzer)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mediante un micro cepillo aplique sin demora el adhesivo de forma abundante en una sola capa.</li> <li>-Frote ligeramente el adhesivo durante 20 segundos.</li> <li>-Seque cuidadosamente con un chorro suave de aire.</li> <li>-Polimerizar el adhesivo durante 10 segundos.</li> </ul>
 <p>Futurabond U (VOCO)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aplicar el adhesivo en una capa durante 20 segundos.</li> <li>-Secar por lo menos 5 segundos.</li> <li>-Fotopolimerizar por 10 segundos.</li> </ul>
 <p>Optibond FL (Kerr)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Grabar la dentina/esmalte con ácido grabador al 37.5% por 15 segundos</li> <li>-Lavar por 15 segundos</li> <li>-Secar por 3 segundos, no desecar.</li> <li>-Aplicar primer con micro cepillo frotando por 15 segundos</li> <li>-Secar por 5 segundos.</li> <li>-Usando el mismo aplicador, aplicar adhesivo frotando por 15 segundos.</li> <li>-Adelgazar con aire por 3 segundos</li> </ul>

	-Fotocurar por 20 segundos.
--	-----------------------------

Una vez preparadas las 20 muestras con el adhesivo se realizó el procedimiento restaurador para ello colocó la resina compuesta (Filtek™ Z350 XT, 3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA) siguiendo las instrucciones del fabricante. Esta resina compuesta se activa con luz visible y está diseñada para restauraciones anteriores y posteriores, la resina se colocó sobre un molde de plástico de forma “*bite ramp*” (trampa de mordida) y se compactó con una espátula de teflón para resina. Esta resina compuesta dentro del molde de plástico se confrontó con las muestras de los especímenes del tejido dentinario expuesto, después se fotopolimerizó la resina durante 20 segundos como lo indica el fabricante (Fig.46). La altura de la resina que se obtuvo de dicho molde fue 4 mm y una base de 4 mm. Así se preparó el resto de las muestras con los especímenes de tejido dentinario expuesto junto con su respectivo adhesivo universal y resina compuesta, dando un total de 140 muestras.



**Figura 46.** Ejemplo de la muestra con el espécimen de tejido dentinario expuesto junto con el adhesivo universal y la resina compuesta.

Las 20 muestras preparadas con adhesivo universal y resina compuesta como se observa en la Fig. 46, se almacenaron nuevamente en agua destilada en envases

de plástico con tapa y se mantuvieron durante 24 horas en una incubadora a 37.5°C (Fig.47) antes de someterlas a la prueba de laboratorio.



**Figura 47.** Incubadora a 37.5°C.

Transcurridas 24 horas de almacenamiento cada muestra fue fijada en un dispositivo metálico que los mantuvo estáticos y posicionados en la máquina universal de ensayos (Fig.48). Así se midió y comparó *in vitro* el nivel de resistencia adhesiva al cizallamiento de cada adhesivo universal en las 20 muestras por cada uno de los 6 grupos de adhesivos universales y el grupo control con el adhesivo de cuarta generación.



**Figura 48.** Máquina universal de ensayos (Autograph AGS-X, Shimadzu Co, Tokio, Japón).

La resistencia a las fuerzas de cizalla se midió en la maquina universal de ensayos, montando las muestras verticalmente en la máquina, orientándolos de modo que la terminación biselada del vástago metálico incidiera en la zona entre el tejido

dentinario con el adhesivo y la resina compuesta ejerciendo una fuerza paralela a la superficie del diente en dirección incisivo cervical u ocluso cervical (Fig.49).

Los valores de la resistencia al cizallamiento son medidos a una velocidad constante de 1 mm/min (International Organization for Standardization, 2013), la carga ejercida sobre las muestras ocurrió paulatinamente hasta la fractura de la muestra, obteniendo así los valores registrados en MPa.



**Figura 49.** Detalle del vástago incidiendo sobre la zona entre tejido dentinario con adhesivo y la resina compuesta.

El diseño estadístico fue realizado en todos los grupos, para calcular la media, desviación estándar, valores máximos y mínimos. Del mismo modo, la prueba ANOVA de un factor con significancia predeterminada a  $p < 0,05$  fue aplicada.

#### Implicaciones bioéticas

Este estudio no trató con animales ni directamente sobre humanos, se trabajó con dientes extraídos de seres humanos del grupo molar y premolar, los cuales fueron retirados por diferentes problemas de salud bucodental; a los pacientes se les realizó una historia clínica general y odontológica, además se les dio un diagnóstico y previo a su tratamiento recibieron y firmaron un consentimiento informado de donación donde se les informaba el manejo de estudio al cual fue sujeto su(s) órgano(s) dentario(s).

#### Diseño estadístico

Los datos fueron analizados en el paquete estadístico SPSS y en la prueba ANOVA de un factor con significancia predeterminada a  $p < 0,05$ . Se realizó un test *a posteriori* “prueba de Scheffé” de comparaciones múltiples en el nivel de 0.05 para averiguar y ubicar donde se encontraron las diferencias estadísticas significativas.

Diagrama experimental





## **PARTE IV: ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN**



## 1.- RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) de un factor con el fin de determinar si existen diferencias significativas entre los diferentes grupos tratados con diferentes adhesivos. La Tabla 8 muestra un nivel de significancia de 0.000, valor menor a 0.05, lo que indica que los grupos estudiados presentan diferencias significativas rechazando la hipótesis nula presente en esta investigación, sin embargo, no se determina aún entre que grupos en estudio existe o no dicha diferencia.

**Tabla 8.** ANOVA.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1874.517	6	312.420	4.911	.000
Within Groups	8460.726	133	63.614		
Total	10335.243	139			

En el test *a posteriori* se cotejan los resultados de cada grupo en estudio y se determina entre cuales existen o no diferencias significativas de sus valores. La tabla 9. Presenta un test *a posteriori* “prueba de Scheffé”, con el cual se realizó la comparación múltiple de medias entre los distintos grupos en el nivel de 0.05 para encontrar los grupos con diferencias estadísticamente significativas. Todos los sistemas adhesivos universales analizados en la prueba de resistencia no mostraron diferencias estadísticamente significativas con respecto al adhesivo control OptiBond FL (Kerr); es decir, demostraron una resistencia similar. El adhesivo universal Gluma Bond Universal (Heraeus Kulzer) demostró tener diferencia significativa cuando es comparado con los adhesivos universales Scotchbond Universal (3M ESPE) y All-Bond Universal (Bisco) al mostrar valores menores a 0.05.

**Tabla 9.** Prueba de Scheffé para comparaciones múltiples.

(I) GRUPOS	(J) GRUPOS	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
3M	BISCO	1.91450	2.52219	.997	-7.1810	11.0100
	KULSER	11.89850*	2.52219	.002	2.8030	20.9940
	IVOCLAR	4.16550	2.52219	.841	-4.9300	13.2610
	VOCO	8.20750	2.52219	.111	-.8880	17.3030
	ULTRADENT	4.26700	2.52219	.824	-4.8285	13.3625
	KERR	5.46300	2.52219	.586	-3.6325	14.5585
BISCO	3M	-1.91450	2.52219	.997	-11.0100	7.1810
	KULSER	9.98400*	2.52219	.020	.8885	19.0795
	IVOCLAR	2.25100	2.52219	.992	-6.8445	11.3465
	VOCO	6.29300	2.52219	.404	-2.8025	15.3885
	ULTRADENT	2.35250	2.52219	.990	-6.7430	11.4480
	KERR	3.54850	2.52219	.920	-5.5470	12.6440
KULSER	3M	-11.89850*	2.52219	.002	-20.9940	-2.8030
	BISCO	-9.98400*	2.52219	.020	-19.0795	-.8885
	IVOCLAR	-7.73300	2.52219	.162	-16.8285	1.3625
	VOCO	-3.69100	2.52219	.905	-12.7865	5.4045
	ULTRADENT	-7.63150	2.52219	.174	-16.7270	1.4640
	KERR	-6.43550	2.52219	.375	-15.5310	2.6600
IVOCLAR	3M	-4.16550	2.52219	.841	-13.2610	4.9300
	BISCO	-2.25100	2.52219	.992	-11.3465	6.8445
	KULSER	7.73300	2.52219	.162	-1.3625	16.8285
	VOCO	4.04200	2.52219	.859	-5.0535	13.1375
	ULTRADENT	.10150	2.52219	1.000	-8.9940	9.1970
	KERR	1.29750	2.52219	1.000	-7.7980	10.3930
VOCO	3M	-8.20750	2.52219	.111	-17.3030	.8880
	BISCO	-6.29300	2.52219	.404	-15.3885	2.8025
	KULSER	3.69100	2.52219	.905	-5.4045	12.7865
	IVOCLAR	-4.04200	2.52219	.859	-13.1375	5.0535
	ULTRADENT	-3.94050	2.52219	.873	-13.0360	5.1550
	KERR	-2.74450	2.52219	.977	-11.8400	6.3510
ULTRADENT	3M	-4.26700	2.52219	.824	-13.3625	4.8285
	BISCO	-2.35250	2.52219	.990	-11.4480	6.7430
	KULSER	7.63150	2.52219	.174	-1.4640	16.7270

	IVOCLAR	-.10150	2.52219	1.000	-9.1970	8.9940
	VOCO	3.94050	2.52219	.873	-5.1550	13.0360
	KERR	1.19600	2.52219	1.000	-7.8995	10.2915
KERR	3M	-5.46300	2.52219	.586	-14.5585	3.6325
	BISCO	-3.54850	2.52219	.920	-12.6440	5.5470
	KULSER	6.43550	2.52219	.375	-2.6600	15.5310
	IVOCLAR	-1.29750	2.52219	1.000	-10.3930	7.7980
	VOCO	2.74450	2.52219	.977	-6.3510	11.8400
	ULTRADENT	-1.19600	2.52219	1.000	-10.2915	7.8995

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

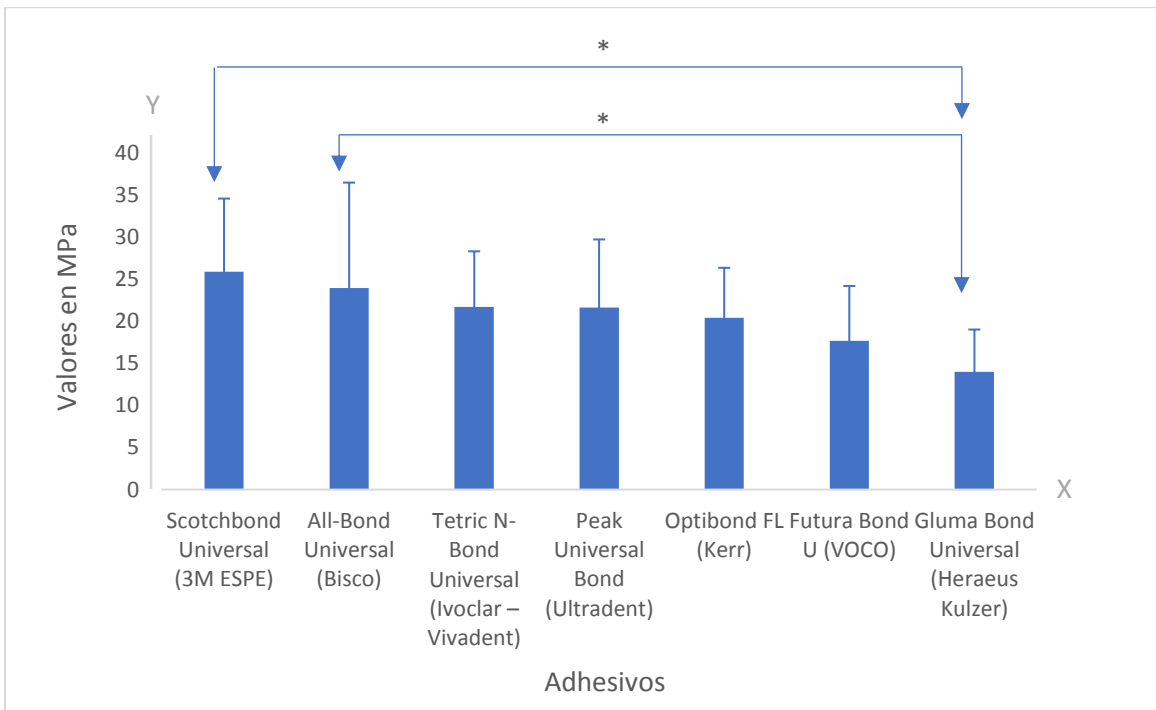
En la Tabla 10 se muestra los resultados en MPa de la prueba al cizallamiento. Obsérvese que los resultados de las medias están ordenados de mayor a menor. Esta tabla también presenta los valores de la desviación estándar, el valor máximo y mínimo de cada uno de los adhesivos sometidos a la prueba.

**Tabla 10.** Resultados obtenidos de la prueba al cizallamiento expresados en MPa.

Adhesivo	Media o promedio	Desviación típica o estándar	Máximo	Mínimo
Scotchbond Universal (3M ESPE)	25.9	8.7	42.98	4.58
All-Bond Universal (Bisco)	23.98	12.52	55.68	6.94
Tetric N-Bond Universal (Ivoclar–Vivadent)	21.73	6.6	32.39	7.58
Peak Universal Bond (Ultradent)	21.63	8.11	42.16	6.49
Optibond FL (Kerr)	20.44	5.93	30.42	10.9
Futura Bond U (VOCO)	17.69	6.52	28.6	5.85
Gluma Bond Universal (Heraeus Kulzer)	14	5.03	23.14	3.53

N=20

En la Fig.51 se resume las medias o promedios ordenados de mayor a menor y la desviación típica o estándar que se obtuvieron de los grupos de adhesivos que fueron probados en este trabajo de investigación, así mismo muestra los grupos que presentaron diferencia estadísticamente significativa. Así mismo se puede observar en la misma figura que todos los sistemas adhesivos universales analizados en la prueba de resistencia no mostraron diferencias estadísticamente significativas con respecto al adhesivo control OptiBond FL (Kerr), sin embargo, aunque no presentaron diferencia estadística se puede observar que los adhesivos universales Scotchbond Universal (3M ESPE), All-Bond Universal (Bisco), Tetric N-Bond Universal (Ivoclar–Vivadent) y Peak Universal Bond (Ultradent) tienen una ligera mayor resistencia en promedio que el adhesivo OptiBond FL (Kerr). Los adhesivos Scotchbond Universal (3M ESPE) y All-Bond Universal (Bisco) mostraron una resistencia significativa mayor con respecto al adhesivo universal Gluma Bond Universal (Heraeus Kulzer).



**Figura 50.** Grafica de medias y desviación típica para comparar grupos de adhesivos universales versus grupo control que fueron sometidos a prueba de cizallamiento. \* Diferencia significativa

## 2.- DISCUSIÓN

La gran mayoría de los estudios sobre los sistemas de adhesión han sido evaluados a través de pruebas *in vitro*, mientras que los estudios sobre adhesión *in vivo* son escasos. Pese a que los estudios *in vivo* pueden considerarse los más apropiados para evaluar y estudiar el comportamiento de los adhesivos no es posible tener un control adecuado de los materiales para llevar a cabo el estudio.

Este estudio *in vitro* ha evaluado la resistencia al cizallamiento en dentina de 6 sistemas adhesivos universales. En un estudio *in vivo* no hubiéramos podido someter a la prueba de resistencia al cizallamiento la exposición del tejido dentinario con el adhesivo universal y resina compuesta en la maquina universal de ensayos.

En un estudio realizado por Rivas K y cols., en el 2017 en 75 dientes de bovinos que fueron cortados con exposición de la dentina e incluidas las coronas en bases de acrílico transparente (15x10mm) distribuidos aleatoriamente y agrupados en 3 grupos (n=25) a los cuales se les realizo procedimientos adhesivos y restauradores con micro-cilindros de resina compuesta Filtek™ Z350XT-A2 (3M ESPE) siguiendo las instrucciones de los fabricantes, se evaluó *in vitro* la resistencia adhesiva en dentina de tres sistemas adhesivos universales Scotchbond Universal (3M ESPE), Peak Universal Bond (Ultradent) y Tetric N-Bond Universal (Ivoclar-Vivadent) donde no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de la resistencia adhesiva en dentina utilizando los sistemas adhesivos evaluados<sup>29</sup>. Al igual que en el presente trabajo tampoco se encontró diferencia significativa entre estos grupos de adhesivos universales. Los resultados de los promedios de la resistencia adhesiva para estos tres grupos de adhesivos universales observados en el estudio de Rivas K y cols., fueron para el Scotchbond Universal (3M ESPE) de 14.91MPa, para Peak Universal Bond (Ultradent) de 16.90MPa y para Tetric N-Bond Universal (Ivoclar-Vivadent) de 17.34MPa.<sup>29</sup> Estas cifras son menores a las que se obtuvieron con la presente investigación donde se obtuvieron promedios más altos, para el Scotchbond Universal (3M ESPE) fue de 25.9MPa, para Peak Universal Bond (Ultradent) fue de 21.63MPa y para Tetric N-Bond Universal (Ivoclar-Vivadent) fue de 21.73MPa. La presente investigación fue realizada en órganos dentarios de

seres humanos a diferencia del estudio realizado por Rivas K y cols., que fue en dientes de bovinos; sin embargo, a pesar que los órganos dentarios de los bovinos presentan características de composición histológica y de forma anatómica similar a los de los dientes de los seres humanos existen ciertas diferencias en la dentina de los bovinos como las que reporta un artículo publicado por Posada M y cols.,<sup>30</sup> lo que nos hace pensar que si queremos tener resultados más confiables en un estudio sobre odontología adhesiva tendremos que recurrir a la obtención de órganos dentarios de seres humanos.

El desarrollo en la composición química de los sistemas adhesivos universales aumenta la capacidad de unión de estos a los diferentes sustratos. La mezcla de monómeros hidrofóbicos (Bis GMA, UDMA) e hidrofílicos (HEMA, BPDM, 4 META) junto a partículas de carga, solventes (alcohol, etanol, cetonas), agua, entre otros, han hecho que estos nuevos adhesivos estén conformados por una estructura más compleja.<sup>31</sup>

En un estudio realizado por Jayasheel y cols., en el 2017 se verificó que el éxito de la resistencia adhesiva en sistemas adhesivos universales está relacionada a la unión química que se forma entre los monómeros funcionales del adhesivo universal y la hidroxiapatita (HAp) del sustrato dental. De igual manera, diversos autores indican que el elemento clave en la adhesión es el enlace entre el adhesivo y el sustrato.<sup>32</sup>

En base al tipo de composición, en el presente estudio los adhesivos universales Scotchbond Universal (3M ESPE), All-Bond Universal (Bisco), Tetric N-Bond Universal (Ivoclar-Vivadent), Futurabond U (VOCO), Peak Universal Bond (Ultradent) no presentaron diferencia significativa en la prueba de resistencia al cizallamiento. Esto podría radicar en que cada adhesivo universal posee una composición química similar de solventes orgánicos (etanol, agua o acetona), ácido polialquénico (que crea unión química con la dentina confirmando resistencia mecánica), monómeros metacrilatos convencionales (que son usados como base de resina entre ellos BISGMA, UDMA, HEMA, TEGDMA), y algunos con vinyl-silano (que permite unir sustratos cerámicos con resinosos) o monómeros acídicos (10-

MDP capaz de unirse a estructuras dentarias)<sup>14, 22</sup>, así interpretamos por ende que usar cualquiera de los cinco adhesivos anteriormente mencionados podría darnos resultados similares.

El adhesivo Gluma Bond Universal (Heraeus Kulzer) si presentó diferencia significativa al ser comparado con los adhesivos universales Scotch Bond Universal (3M ESPE) y All-Bond Universal (Bisco), esto quizá es debido a que su composición química es más sencilla basada en monómeros de metacrilato foto-activables en una base de acetona y agua a diferencia de Scotch Bond Universal (3M ESPE) que contiene una composición más compleja a base 10-MDP, resinas de dimetacrilato, HEMA, etanol, agua, copolímero de ácido poliacrílico, silano, rellenos e iniciadores y de All-Bond Universal (Bisco) que incorpora 10-MDP, resinas de dimetacrilato, HEMA, etanol, agua, iniciadores en su fórmula<sup>14</sup>.

En una investigación realizada por Poggio y cols., en el año 2017 se comparó la resistencia adhesiva en dentina de cinco adhesivos donde los valores máximos y mínimos obtenidos en la prueba de la resistencia adhesiva fue similar para los cinco adhesivos los resultados fueron para Futurabond M+ (VOCO)  $11.42 \pm 3.66$ MPa, para Scotchbond Universal (3M ESPE)  $11.68 \pm 2.41$ MPa, para Clearfil Universal Bond (Kuraray)  $7.13 \pm 4.64$ MPa, para G-Premio BOND (GC Corporation)  $10.61 \pm 1.86$ MPa y para Peak Universal Bond (Ultradent)  $11.74 \pm 2.26$ MPa.<sup>33</sup> Sin embargo, en un estudio realizado por Sharafeddin y cols., en el año 2015 compararon los adhesivos Clearfil SE Bond (Kuraray) con una resistencia de  $11.21 \pm 2.16$ MPa y Adper Single Bond (3M ESPE) con una resistencia de  $10.24 \pm 1.69$ MPa.<sup>32</sup> Los resultados de los estudios mencionados anteriormente muestran ciertas similitudes y diferencias en los resultados obtenidos en los niveles máximos y mínimos de resistencia en la presente investigación donde se hallaron resistencias adhesivas de  $42.98 \pm 4.58$ MPa para Scotchbond Universal (3M ESPE), de  $55.68 \pm 6.94$ MPa para All-Bond Universal (Bisco), de  $32.39 \pm 7.58$ MPa para Tetric N-Bond Universal (Ivoclar-Vivadent), de  $42.16 \pm 6.49$ MPa para Peak Universal Bond (Ultradent), de  $30.42 \pm 10.9$ MPa para Optibond FL (Kerr), de  $28.6 \pm 5.85$ MPa para Futurabond U (VOCO), de  $23.14 \pm 3.53$ MPa para Gluma Bond Universal (Heraeus Kulzer).



Con la presente investigación se considera que esta diferencia encontrada en los niveles de adhesión que son más altos comparada con los estudios anteriormente mencionados que muestran valores más bajos, se debe a que las casas comerciales se han preocupado por desarrollar componentes químicos que han mejorado la formulación de los adhesivos universales en comparación con adhesivos de generaciones pasadas o quizás a la inclusión de la capa de desecho, la cual fue incorporada en este estudio. La capa de desecho reacciona químicamente con los componentes de los adhesivos universales confiriéndole más resistencia.<sup>14</sup>

A través de estudios se ha podido corroborar como el MDP presente en la mayoría de los adhesivos universales realmente funciona uniéndose a los tejidos dentales a través del enlace iónico con el calcio que se encuentra con la hidroxiapatita. Moncada y cols., evidenciaron en su trabajo de investigación que la unión con el Ca-MDP se da clínicamente después de frotar la superficie a adherir entre 20 a 30 segundos, seguida de la aplicación de aire para eliminar las partes volátiles<sup>34</sup>, al igual que en esta investigación los protocolos de adhesión realizados en la presente investigación se siguieron de acuerdo a las instrucciones de cada uno de los fabricantes coincidiendo en el tiempo de frotamiento del adhesivo y después con la colocación de aire como es mencionando por Moncada y cols., en su estudio.

De igual manera no carece de importancia el mencionar la relación costo-beneficio de cada uno de los adhesivos utilizados en este estudio, ya que es una inversión significativa que se realiza a la hora de adquirir un producto de esta naturaleza y que mejor que tener en cuenta esta relación para decidir una compra inteligente. Por su desempeño clínico equiparable de la marca 3M ESPE e Ivoclar-Vivadent tienen un bajo costo en comparación con VOCO o Bisco pues su costo asciende a los \$2000 pesos, mientras que 3M e Ivoclar-Vivadent no sobrepasan los \$900 pesos. La casa comercial de Ultradent resulta ser la opción más económica en comparación con todos los adhesivos utilizados en este estudio y su desempeño clínico no tiene diferencias estadísticas significativas. Heraeus Kulzer tiene un costo moderado en comparación con las demás casas comerciales pero su desempeño clínico si tiene diferencias significativas al ser comparado con 3M ESPE y Bisco.

**Tabla 11.** Costo aproximado de los adhesivos utilizados en esta prueba.

Adhesivo	Casa Comercial	Costo (Año 2018)
Scotchbond Universal	(3M ESPE)	\$660.00-790.00 MX
All-Bond Universal	(Bisco)	\$2000.00 MX
Tetric N-Bond Universal	(Ivoclar–Vivadent)	\$866.41 MX
Peak Universal Bond	(Ultradent)	301.72 MX
Optibond FL	(Kerr)	\$1435.35 MX
Futura Bond U	(VOCO)	\$ 2500-3000 MX
Gluma Bond Universal	(Heraeus Kulzer)	\$1095.81 MX

En cuanto a la técnica de aplicación de estos adhesivos universales, no presentan dificultades clínicas ya que los fabricantes se han preocupado por la simplificación de la misma, y todos parecen haber unificado su protocolo de adhesión teniendo similitudes y pocas diferencias. Únicamente difieren en el tiempo de aplicación del adhesivo sobre la superficie dentaria, número de capas, en el adelgazamiento de la capa adhesiva y en la exposición a la luz halógena o led.

El tema de adhesivos universales requiere aún más de evidencia científica y clínica que apoye su efectividad en las diferentes situaciones clínicas de adhesión y diferentes sustratos tanto dentarios como no dentarios, ya que a pesar de que los fabricantes indican que su uso es posible para todas las técnicas restauradoras directas e indirectas y parezcan seguros, el odontólogo debe conocer bien el material y corroborar si realmente son efectivos antes de adquirirlos, por lo que sería necesario continuar haciendo estudios *in vitro* e *in vivo*.

### 3.- CONCLUSIONES

En base a las comparaciones realizadas entre los seis sistemas adhesivos universales y el adhesivo control OptiBond FL (Kerr) se puede concluir:

- El adhesivo universal que mostró los mejores resultados fue el Scotchbond Universal (3M ESPE) al dar sus valores de resistencia el promedio más alto con 25.9MPa.
- El adhesivo universal que mostró los más deficientes resultados fue Gluma Bond Universal (Heraeus Kulzer) al dar sus valores de resistencia el promedio más bajo con 14MPa.
- No existe diferencia significativa en la resistencia mostrada en los sistemas adhesivos universales cuando son comparados con respecto al adhesivo control OptiBond FL (Kerr); sin embargo, los adhesivos universales Scotchbond Universal (3M ESPE), All Bond Universal (Bisco), Tetric N-Bond Universal (Ivoclar–Vivadent) y Peak Universal Bond (Ultradent) tienen en promedio una ligera mayor resistencia que el adhesivo OptiBond FL (Kerr).
- El adhesivo universal Gluma Bond Universal (Heraeus Kulzer) demostró tener en la resistencia una diferencia significativamente menor al ser comparado con los adhesivos universales Scotchbond Universal (3M ESPE) y All-Bond Universal (Bisco).
- Los niveles máximos y mínimos de resistencias adhesivas de los adhesivos universales fueron para Scotchbond Universal (3M ESPE) de  $42.98 \pm 4.58$  Mpa, para All-Bond Universal (Bisco) de  $55.68 \pm 6.94$  MPa, para Tetric N-Bond Universal (Ivoclar-Vivadent) de  $32.39 \pm 7.58$  MPa, para Peak Universal Bond (Ultradent) de  $42.16 \pm 6.49$  MPa, para Futurabond U (VOCO) de  $28.6 \pm 5.85$  MPa, para Gluma Bond Universal (Heraeus Kulzer) de  $23.14 \pm 3.53$  MPa y para el adhesivo control Optibond FL (Kerr) de  $30.42 \pm 10.9$  MPa.

## **PERSPECTIVAS FUTURAS**

Los descubrimientos en la presente investigación brindan evidencia sobre los niveles de resistencia adhesiva que se pueden obtener en dentina de dientes humanos; por lo que, si se desea continuar con este tema de adhesión en sustratos dentarios de la manera en que se desarrolló la metodología de esta investigación, sería conveniente realizar pruebas de diferente naturaleza histológica; por ejemplo, en esmalte o cemento, o con diferentes técnicas de acondicionamiento ácido.



## REFERENCIAS

1. Henostroza G. *Adhesión en Odontología Restauradora*. 2ª Edición. Brasil: Maio;2010. 447
2. Anusavice KJ. *Phillips Ciencia de los materiales dentales*. 11ª Edición. España: Elsevier;2004.805
3. Joubert H y cols. *Odontología adhesiva y estética*. Madrid, España: Ripano; 2010
4. Barceló-Santana FH. *Materiales dentales: Conocimientos básicos aplicados*. 4ª Edición. México: Trillas, 2015.272
5. Cova N. *Biomateriales Dentales*. 2ª Edición. Venezuela: Amolca, 2010. 374
6. Flury S. *Principios de la adhesión y de la técnica adhesiva*. Quintessenz. Team-Journal. 2011;41: 595-600.
7. Hernández M. *Aspectos prácticos de la adhesión a dentina*. Revista Avances en Odontostomatología. 2004; 20-1:19-32
8. Re Dino, Curetti Antonioi, Magnani Francesco, Putignano A. *Restauraciones estéticas-adhesivas y directas parciales en sectores posteriores*. 1ª Edición. Italia: Amolca;2009.230
9. Reis A, Dourado A. *Materiales dentales directos de los fundamentos a la aplicación clínica*. 1ª Edición, São Paulo; Santos. 2012. 44
10. Gómez de Ferraris M, Campos Muñoz A. *Histología, embriología e ingeniería tisular bucodental*. 3ª Edición. España: Médica Panamericana; 2009.
11. Dietschi D, Spreafico. *Restauraciones adhesivas no metálicas*. 1ª Edición. España: Masson;1998.215
12. Zamora P. Bader M. *Resistencia adhesiva de restauraciones de resina compuesta realizadas con un adhesivo universal con y sin grabado ácido*. Revista de Biomater. 2015; 2(1): 94-115
13. Hashimoto M y cols. *The effect of hybrid layer thickness on bond strength: demineralized dentin zone of the hybrid layer*. Dent Mater. 2000;16 (6):406-11.
14. Alex G. *Universal Adhesives: The next evolution in adhesive dentistry?* Rev. Compendium of continuing education in dentistry.2015; 36(1): 15-25

15. Dourado A, Reis A. *Sistemas adhesivos*. Revista de operatoria dental y biomateriales. 2006; 1(2): 13-28.
16. Sezinando A. *Looking for the ideal adhesive – a review*. Revista Portuguesa de estomatología, medicina dentaria y cirugía maxilofacial. 2014;55(4):194-206
17. Mandri MN y cols. *Sistemas adhesivos en Odontología Restauradora*. Odontoestomatología. 2015; 17 (26): 50-56
18. Jiménez M. Adhesivo Dental. *Técnicas y procedimientos*. 2016. Universidad Nacional Autónoma de México [Blog] 29/03/2016 Disponible en: <http://www.odonto.unam.mx/index.php?IDPagina=blog&id=1338> [acceso: 01/02/2018]
19. Aguilera A, Guachalla J, Urbina G, Sierra M, Valenzuela V. *Sistemas Adhesivos de Autograbado*. Revista Dental de Chile. 2001; 92 (2): 23- 28
20. Carillo I. *Comparación de la resistencia al descementado de brackets metálicos adheridos con una resina fluida, una bioresina y una resina convencional* [Tesis de especialidad]. Toluca, Estado de México. Universidad Autónoma del Estado de México; 2017.
21. Watanabe I., Nakabayashi N. Pashley DH. *Bonding to ground dentin by a fenil-P-self etching primer*. Revista Dent Res. 1994b;73: 1212-1220.
22. Gaete M, Cabrera L. *Los adhesivos universales*. Dental Tribune Hispanic & Latin América. 2014; Sec. Adhesión & Estética: 32
23. Diaz-Romeral P, Orejas Pérez J, López E, Veny T. *Cementado adhesivo de restauraciones totalmente cerámicas*. Cient Dent 2009;6 (2):137-151
24. Sofan E, Sofan A, Palaia E y cols. *Classification Review of dental adhesive systems from the IV generation to the universal type*. Revista Annali di stomatologia.2017;8(1):1-17
25. Parra M, Garzón H. *Sistemas adhesivos autograbadores, resistencia de unión y nano-filtración: Una revisión*. Revista de la facultad de odontología Universidad de Antioquia. 2012;24 (1):133-150
26. Calvacanti A., Melo T., Maia A., Souza R., Salazar-Silva J. *Resistencia al cizallamiento de dos sistemas adhesivos autocondicionantes en dientes*

- decíduos -estudio in vitro*. Acta Odontológica Venezolana. 2007 [citado 26 de noviembre de 2017];46 (2):1-6. Disponible en: [https://www.actaodontologica.com/ediciones/2008/2/resistencia\\_cizallamiento\\_sistemas\\_adhesivos.asp](https://www.actaodontologica.com/ediciones/2008/2/resistencia_cizallamiento_sistemas_adhesivos.asp)
27. Paz P. *Comparación in vitro de la resistencia adhesiva microtraccional en dentina usando 4 sistemas adhesivos*. [Tesis de pregrado para optar al título de cirujano dentista] Chile: Universidad Andrés Bello; 2016
28. Li J. *Evaluación “in vitro” de la discrepancia marginal y microfiltración de cuatro cementos de resina usados en cementado de coronas de óxido de circonio*. [Tesis de maestría] Madrid; Universidad Complutense de Madrid; 2011
29. Rivas K y cols. *Comparación in vitro de la resistencia adhesiva en dentina utilizando tres sistemas adhesivos universales* Tesis de pregrado para optar al título de cirujano dentista] Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas;2017
30. Posada C y cols. *Dientes de bovino como sustituto de dientes humanos para su uso en la odontología*. Rev. CES Odontología. 2006; 19 (1): 63-68
31. Chen C y cols. *Bonding of universal adhesives to dentine – Old wine in new bottles?* J Dent 2015; 43: 525–36.
32. Jayasheel A y cols. *Comparative evaluation of shear bond strength of universal dental adhesive – an in vitro study*. J Clin Exp Dent. 2017; 9(7): 892-6
33. Antoniazzi BF y cols. *Selective acid etching improves the bond strength of universal adhesive to sound and demineralized enamel of primary teeth*. J of Adhes Dent. 2016: 18(4): 311-6p
34. Moncada Gustavo, García Fonseca Renata, de Oliveira Osmir B, Fernández Eduardo, Martín Javier, Vildósola Patricio. *Rol del 10-metacriloxideilfosfato dihidrogenado en el cambio de paradigma de los sistemas adhesivos integrados en la dentina*. Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil.Oral. 2014 Dic; 7( 3 ):194 199.

## ANEXOS

### CONSENTIMIENTO INFORMADO DE ODONTÓLOGO PARA LA DONACIÓN DE ÓRGANOS DENTARIOS CON FINES DE INVESTIGACIÓN

Yo Dr(a). \_\_\_\_\_ con especialidad en \_\_\_\_\_ con número de cédula profesional \_\_\_\_\_ dono \_\_\_\_\_ órganos dentarios recolectados en \_\_\_\_\_ ubicada en \_\_\_\_\_ colonia \_\_\_\_\_ en la ciudad \_\_\_\_\_.

Declarando que estos órganos dentarios fueron extraídos por indicaciones terapéuticas, como consta en la historia clínica de cada paciente, las cuales se encuentran bajo mi responsabilidad. Estoy consciente de que estos dientes serán utilizados por los pasantes en cirujano dentista José Fernando Terrón García de León y Efrén Ricardo Flores Fernández de la Universidad Autónoma del Estado de México para el desarrollo de investigación que para obtener el título de cirujano dentista presentarán la realización de la tesis titulada “Comparación *in vitro* de la resistencia al cizallamiento en dentina de 6 sistemas adhesivos universales, multimodo o multipropósito”.

Firma del Dr(a). \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_



## CONSENTIMIENTO INFORMADO DE PACIENTE PARA LA DONACIÓN DE ÓRGANOS DENTARIOS CON FINES DE INVESTIGACIÓN

### Parte 1. Hoja informativa

La facultad de odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México, además de brindar atención necesaria para diagnosticar y dar tratamiento a enfermedades bucodentales, realiza también investigación, parte de algunas investigaciones que se realizan, utilizan los dientes por indicación del dentista o por que el diente no se puede mantener en boca.

A través de este documento, queremos solicitar la donación de su (s) diente (s) para utilizarlo (s) en una investigación.

El tipo de investigación que se realizará con el diente o dientes que usted done incluye estudios de biomateriales que se refiere al estudio materiales utilizados para realizar las tapaduras o restauraciones de los dientes.

El propósito de esta investigación es comparar la resistencia al cizallamiento de seis adhesivos universales en órganos dentarios permanentes naturales de ser humano extraídos de boca por indicación terapéutica.

La presente investigación es conducida por los pasantes de cirujano dentista José Fernando Terrón García de León y Efrén Ricardo Flores Fernández de la Universidad Autónoma del Estado de México que para obtener el título de cirujano dentista presentarán la realización de la tesis titulada “Comparación *in vitro* de la resistencia al cizallamiento en dentina de 6 sistemas adhesivos universales, multimodo o multipropósito”.

1. Este (estos) órgano (s) dentario (s) fue (fueron) extraído (s) por indicación terapéutica, tal como consta en su historia clínica.
2. Este diente (s) será (n) utilizado (s) en investigación. Toda investigación que se realice con su diente contará con la revisión del Comité de Ética de Investigación con Seres Humanos de la Facultad de Odontología que se encarga de revisar todas las investigaciones que se realizan con seres humanos y se preocupa por que se protejan los derechos de quienes participan en la investigación, así mismo será resguardada su identidad.

3. Usted acepta y comprende la necesidad de donar su diente que ha perdido por enfermedad bucodental e indicaciones terapéuticas para la realización de estudios de tipo odontológico.
4. La donación del diente será anónima, es decir, no se podrá identificar de quien es el diente. A sí mismo, no se pagará ni se dará otro incentivo por el o los dientes que sean entregados para la investigación, se puede almacenar por un tiempo indefinido.

**Parte 2. Certificado de consentimiento para autorización de donación de diente extraído.**

Marque con una X según sea su elección.

Acepta usted participar voluntariamente en este estudio por lo que desea donar su órgano dentario: si \_\_\_ no\_\_\_

He sido informado (a) de la necesidad de utilizar órganos dentarios con fines de investigación, exposiciones y análisis odontológicos.

He leído la información, o se me ha leído y he comprendido las explicaciones que se me han facilitado en un lenguaje claro y sencillo. He tenido la oportunidad de hacer preguntas y realizar todas las observaciones y se me ha aclarado todas las dudas que he planteado de manera satisfactoria. Consiento de manera voluntaria a disponer de mi diente de la manera y para los propósitos indicados previamente en este documento.

Se me ha entregado una copia de este consentimiento informado y puedo pedir información sobre los resultados de este estudio.

Nombre del donante \_\_\_\_\_ Firma del donante \_\_\_\_\_

Nombre del testigo \_\_\_\_\_ Firma del testigo \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

## CONSENTIMIENTO INFORMADO DE PACIENTE MENOR DE EDAD PARA LA DONACIÓN DE ÓRGANOS DENTARIOS CON FINES DE INVESTIGACIÓN

### Parte 1. Hoja informativa

La facultad de odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México, además de brindar atención necesaria para diagnosticar y dar tratamiento a enfermedades bucodentales, realiza también investigación, parte de algunas investigaciones que se realizan, utilizan los dientes por indicación del dentista o por que el diente no se puede mantener en boca.

A través de este documento, queremos solicitar la donación de su (s) diente (s) de su hijo menor de edad para utilizarlo (s) en una investigación.

El tipo de investigación que se realizará con el diente o dientes que usted done incluye estudios de biomateriales que se refiere al estudio materiales utilizados para realizar las tapaduras o restauraciones de los dientes.

El propósito de esta investigación es comparar la resistencia al cizallamiento de seis adhesivos universales en órganos dentarios permanentes naturales de ser humano extraídos de boca por indicación terapéutica.

La presente investigación es conducida por los pasantes de cirujano dentista José Fernando Terrón García de León y Efrén Ricardo Flores Fernández de la Universidad Autónoma del Estado de México que para obtener el título de cirujano dentista presentarán la realización de la tesis titulada “Comparación *in vitro* de la resistencia al cizallamiento en dentina de 6 sistemas adhesivos universales, multimodo o multipropósito”.

1. Este (estos) órgano (s) dentario (s) fue (fueron) extraído (s) por indicación terapéutica, tal como consta en su historia clínica.
2. Este diente (s) será (n) utilizado (s) en investigación. Toda investigación que se realice con el diente de su hijo menor de edad contará con la revisión del Comité de Ética de Investigación con Seres Humanos de la Facultad de Odontología que se encarga de revisar todas las investigaciones que se realizan con seres humanos y se preocupa por que se protejan los derechos de quienes participan en la investigación, así mismo será resguardada la identidad del menor de edad.

3. Usted acepta y comprende la necesidad de donar el diente de su hijo que ha perdido por enfermedad bucodental e indicaciones terapéuticas para la realización de estudios de tipo odontológico.
4. La donación del diente será anónima, es decir, no se podrá identificar de quien es el diente. A sí mismo, no se pagará ni se dará otro incentivo por el o los dientes que sean entregados para la investigación, se puede almacenar por un tiempo indefinido.

**Parte 2. Certificado de consentimiento para autorización de donación de diente extraído.**

Marque con una X según sea su elección.

Acepta usted (**menor de edad**) participar voluntariamente en este estudio por lo que desea donar su órgano dentario: si \_\_\_ no\_\_\_

Acepta usted (**padre o tutor del menor de edad**) participar voluntariamente en este estudio por lo que desea donar el órgano dentario del menor de edad: si \_\_\_ no\_\_\_

He sido informado (a) de la necesidad de utilizar órganos dentarios con fines de investigación, exposiciones y análisis odontológicos.

He leído la información, o se me ha leído y he comprendido las explicaciones que se me han facilitado en un lenguaje claro y sencillo. He tenido la oportunidad de hacer preguntas y realizar todas las observaciones y se me ha aclarado todas las dudas que he planteado de manera satisfactoria. Consiento de manera voluntaria a disponer de mi diente de la manera y para los propósitos indicados previamente en este documento.

Se me ha entregado una copia de este consentimiento informado y puedo pedir información sobre los resultados de este estudio.

Nombre del padre o tutor \_\_\_\_\_ Firma del padre o tutor \_\_\_\_\_

Nombre del donante menor de edad \_\_\_\_\_

Nombre del testigo \_\_\_\_\_

Firma del testigo \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

