

# **Análisis de la Capa Híbrida Producida por Diferentes Técnicas de Aplicación de los Sistemas Adhesivos**

Dr. David Lafuente, MS\*, Dra. Katalina Zúñiga\*\*

## **RESUMEN**

La presente investigación evaluó por medio de métodos observacionales y mediciones en imágenes de microscopía electrónica, las diferencias en la capa híbrida de piezas dentales obturadas con tres diferentes sistemas adhesivos de uso actual: ONE UP Bond de Tokuyama Dental, Optibond Solo Plus de la casa Kerr y PQ1 de la casa Ultradent, aplicados con tres técnicas diferentes: pincelado, restregado y pincelado más restregado, grabadas con el mismo ácido fosfórico al 37.5% Ultraetch de Ultradent Prods y obturadas con la resina A 3.5 de Vita l escence. Se encontró que cada adhesivo producía una capa híbrida de diferentes dimensiones y además la técnica con la que se aplica también produce resultados diferentes

## **ABSTRACT**

This research evaluated by means of observation and measurement, the hybrid layer appearance under SEM. Three different dentin adhesives: ONE UP bond (Tokuyama Dental), Optibond Solo Plus (Kerr) and PQ1 from Ulrtadent Prods were applied in three different ways: brushed, rubbed and rubbed then brushed over the dentin surface. All dentin surfaces were etched using Ultraetch (Ultradent Prods) and the cavities were filled with composite Vita l essence, shade A3. It was found that all three adhesives produced a hybrid layer with different dimensions, also the application technique with which it was applied, produced different results.

\*Catedrático, Facultad de Odontología, Universidad de Odontología

\*\*Odontóloga General, Práctica Privada

## INTRODUCCION

En la actualidad, la preservación de la estructura dental sana define el éxito de las restauraciones dentales. La odontología tradicional se basó durante muchos años en preceptos predicados por el Dr. G.V. Black, como la extensión por prevención, teoría que implicaba la destruir de estructura dental sana para lograr remover pequeñas porciones de estructura dental no sana, esto con el fin de que los materiales restauradores en uso logran ajustarse y permanecer en las piezas dentales. Además, porque se pensaba que cuantas más restauraciones se tuvieran en boca, más protegidos estarían los dientes. Esta destrucción causó un daño irreversible en la integridad estructural de las piezas dentales<sup>1</sup>

Gracias a estas evidencias, se han experimentado grandes avances en tecnología dental durante los últimos 25 años, los cuales incluyen la introducción de nuevos materiales dentales, técnicas de utilización de éstos y equipos cada vez más exactos.<sup>2</sup>

Al mismo tiempo, los requerimientos de mayor precisión, tanto en la preparación de las piezas dentales como en la colocación final de los materiales restaurativos, ha tomado cada día mayor importancia,<sup>2</sup> no solamente para los odontólogos, como una manera de garantizar y perfeccionar su trabajo, sino también para los pacientes, quienes cada día se preocupan más por obtener un costo justo, un trabajo duradero, garantizado y rápido.

En los años 80, la odontología restauradora se basaba en cuatro principios básicos, los cuales son biocompatibilidad de los materiales, mínimo daño a los tejidos, duración de las restauraciones y consideraciones estéticas. Tomando como base estos principios, diferentes estudios han sido realizados y entre ellos se ha logrado analizar la capa híbrida con microscopía electrónica, debido a que su formación es fundamental en el selle dentinal y en lograr una adhesión exitosa a dentina de los materiales resinosos.<sup>3</sup>

En la actualidad, existe gran cantidad de sistemas adhesivos en el mercado con diferentes composiciones y tipos de solventes; así mismo se han descrito diversas técnicas para aplicarlos. Lafuente en el 2004<sup>4</sup>, encontró que la forma en que se aplicaban los adhesivos dentinales a dentina, afectaba significativamente la fuerza de adhesión y que cuando este material era restregado sobre la superficie y se dejaba actuar por más tiempo del que el fabricante recomendaba, la fuerza de adhesión se incrementaba.<sup>4</sup>

Con el fin de comprender la naturaleza biológica, estructura y formación específica de la capa híbrida en la cual se basa esta investigación y tomando en cuenta su detallada observación con el microscopio electrónico, resulta necesario ahondar en el mecanismo propio de la adhesión, y como este ha evolucionado a lo largo de los años.

Durante más de medio siglo, la retención de los materiales restauradores de elección, como lo fue la amalgama de plata, dependía de socavados mecánicos que se efectuaban al preparar las cavidades. Este material a su vez lograba mantenerse gracias a la formación de capas de corrosión autosellantes que se formaban en la interfase entre el diente y la restauración debido a que entre ellas no se da una alineación microscópica perfecta y como producto de ello, en muchas ocasiones esta llegaba a ser tan grande como para permitir que la saliva, los iones salivales y las bacterias penetraran entre la restauración y el diente.<sup>1</sup>

Es por ello que a partir de la década de los cincuenta, Bonocuore inicia una nueva era en la odontología con el descubrimiento del grabado ácido, con lo cual logra producir una óptima retención micromecánica entre la resina y el esmalte grabado como mecanismo favorecedor de la adhesión.<sup>5</sup>

*La definición etimológica de adhesión es: la unión de dos sólidos, los cuales necesitan usualmente de un medio adhesivo que en la mayoría de los casos es líquido para lograr humedecer las superficies sólidas y unirlos.*<sup>1</sup>

La adhesión además requiere de ciertas condiciones específicas que complican aún más su logro en la cavidad oral, por ejemplo<sup>1</sup>:

1. superficies lisas,
2. secas,
3. limpias y
4. homogéneas.

En contraste, nos encontramos con que la superficie dental es:

1. irregular,
2. húmeda y
3. cubierta de bacterias, restos de alimentos, saliva y barro dentinario.

Desde un inicio, la adhesión al esmalte resultó ser un reto más sencillo que la adhesión a la dentina, ya que el esmalte grabado resulta ser mucho mejor sustrato para la adhesión, al punto de que en la actualidad sea considerado como un procedimiento clínico predecible y duradero.<sup>6</sup>

Entre las razones se encuentran que el esmalte grabado es un sustrato mineralizado e hidrofóbico; por el contrario la dentina es un sustrato más heterogéneo, hidrofílico, con una composición 40% orgánica; en sí una combinación de colágeno, hidroxiapatita y agua.<sup>7</sup>

Debido a esto, a partir del trabajo inicial de Buonocore, uno de los grandes retos para los investigadores fue comprender cómo acondicionar la dentina para lograr una buena adhesión de la resina a las paredes de las cavidades, minimizando las microfiltraciones, logrando la mayor estabilidad de las restauraciones y evitando causar daños irreversibles a la pulpa dental.<sup>8</sup>

Para lograr esto se partió del hecho de que la dentina es un tejido compuesto por túbulos dentinarios que van desde la unión amelo-dentinaria hasta la pulpa y que cerca de esta, los túbulos contienen prolongaciones protoplasmáticas de los odontoblastos. Además cuanto más cercano se esté al tejido pulpar, los túbulos tienen un mayor diámetro y se encuentran en mucha mayor cantidad.<sup>9,10</sup>

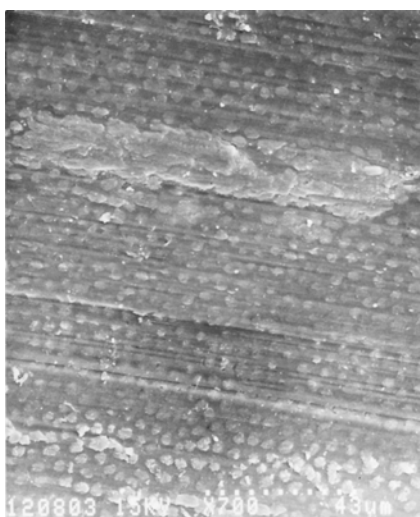
El mecanismo de adhesión a la dentina consiste en tres pasos fundamentales:

1. Acondicionamiento, con el grabado ácido.
2. Aplicación del primer o imprimador.
3. Aplicación del adhesivo, el cual consiste en un conjunto de monómeros que se encuentran disueltos en agua o en algún solvente orgánico, cuya función es re-hidratar las fibras de colágeno y mantenerlas bajo una condición favorable para los procedimientos posteriores.

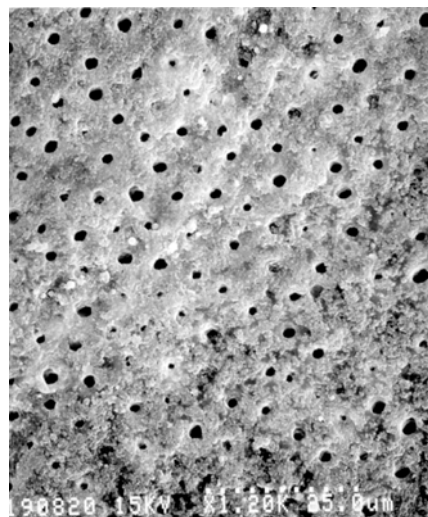
El grabado ácido produce una rugosidad microscópica de la superficie con la cual se logra:

- a. Aumentar el área de superficie disponible para la adhesión, eliminando la superficie mineralizada sin dañar la red de colágeno.
- b. Aumentar la energía superficial.
- c. Producir irregularidades microscópicas adecuadas para el engranaje micromecánico (incorporación del adhesivo líquido a las irregularidades y socavamientos de la superficie sólida).

**Figura 1** Barro dentinario sobre los túbulos



**Figura 2** Túbulos dentinales descalcificados



El hecho de desecar la dentina después del grabado puede producir el colapso de la red de colágeno y limitar la correcta penetración de la resina, ya que la tensión superficial de la superficie grabada, al ser alterada, puede adquirir características hidrofóbicas, lo cual desfavorecería completamente la adhesión a la dentina, que es hidrofílica.<sup>7,11</sup>

La red de colágeno que ha sido acondicionada debe cubrirse con el adhesivo, produciéndose una muy buena humidificación, la adhesión requiere de la máxima difusión dentro de las estructuras desmineralizadas, y del buen estado de las fibras de colágeno<sup>12</sup>, motivo por el cual el adhesivo debe preservar al máximo la integridad de estas, para multiplicar las zonas en las que la resina pueda penetrar y además lograr que este se fije por polimerización sobre la superficie y en el interior de los socavamientos microscópicos, dando lugar al engranaje micromecánico adecuado.<sup>10</sup>

Independientemente del tipo de adhesión que se dé y de la naturaleza de su enlace, todas las nuevas resinas adhesivas incluyen un grupo hidrofílico que es atraído hacia la superficie dentinaria acondicionada.

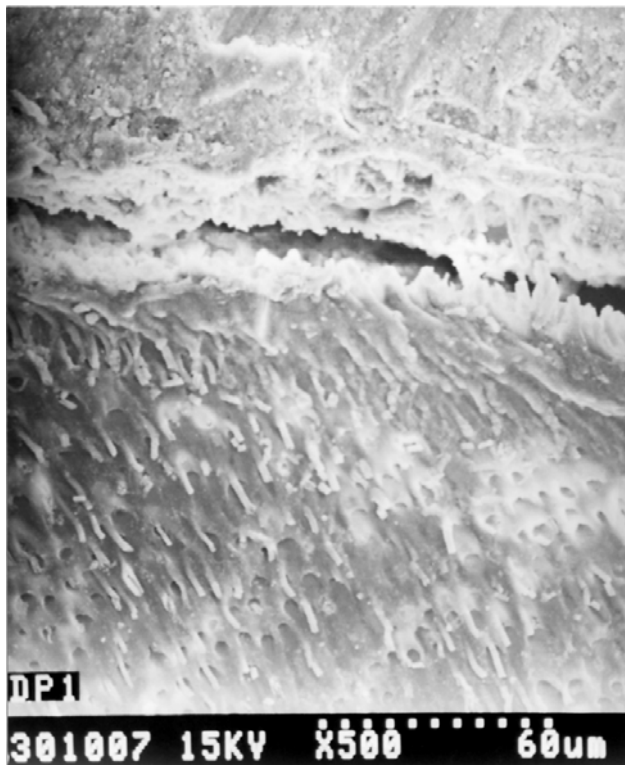
Nakabayashi y otros <sup>15,17</sup> identificaron por primera vez que la adhesión a la dentina se encontraba basada en una capa que lograba un adecuado engranaje micromecánico, resultante de la infiltración del adhesivo en la dentina desmineralizada, la cual dieron a conocer con el nombre de *Zona Híbrida*, y la describieron detalladamente como:

Una capa formada en la superficie de la dentina cuando el META/MMA TBB resina era aplicada a la dentina que había sido acondicionada con 10% de ácido cítrico y con un 3% de cloruro de hierro. <sup>15,17</sup>

Esta unión biomecánica en la dentina se dio a conocer finalmente con el nombre de *capa híbrida*.

La interfase resina - colágeno constituye, según muchos investigadores, el principal mecanismo de adhesión. Nakabayashi se encargó de demostrar que la dentina grabada funcionaba como un sustrato adecuado para la adhesión, y que gracias a esto se lograba un verdadero selle de los túbulos de dentina, limitando la entrada de bacterias, evitando la inflamación pulpar y la subsecuente sensibilidad postoperatoria.<sup>14</sup>

**Figura 3** Capa híbrida y prolongaciones de resina



Con el pasar del tiempo, otros investigadores se han referido a esta como la capa impregnada de resina, zona de interdifusión de la resina o zona de interdifusión dentina resina.

La utilización de microscopía electrónica ha logrado evidenciar la formación de una zona que difiere de la resina adhesiva y de la dentina adyacente, la cual corresponde indiscutiblemente a esta zona de interdifusión<sup>6</sup>. No se ha logrado determinar si el enlace perteneciente a esta capa es químico o covalente; la mayoría de los investigadores creen que la naturaleza del enlace es más bien secundaria o micromecánica.

Debido a la gran importancia de lograr una correcta adhesión entre la resina y la superficie dentinal, varias generaciones de adhesivos junto con sus mecanismos han sido elaboradas a lo largo de los años. Los primeros sistemas adhesivos eran hidrofóbicos, y no lograban adaptarse adecuadamente ya que la presencia de agua resulta necesaria para re-hidratar la superficie dentinaria y evitar el colapso de las fibras de colágeno, al mismo tiempo permitir que los monómeros hidrofílicos difundan correctamente y penetren en el medio acuoso que esta les brinda<sup>13</sup>

Luego de los sistemas adhesivos de tres pasos que incluían un agente desmineralizante, el primer y el adhesivo los fabricantes introdujeron en el mercado sistemas que combinaban el primer y el adhesivo en una sola botella, con lo cual se lograba simplificar el procedimiento, pero la meta

primordial en la actualidad ha sido lograr comprobar su efectividad. A estos adhesivos se les conoce como adhesivos dentinales de quinta generación.

Diversos estudios han comprobado que la capa híbrida creada por los sistemas adhesivos de un paso, son similares en su morfología y profundidad a los convencionales de tres pasos, siempre y cuando el grabado ácido sea hecho con una misma concentración y con una misma técnica de aplicación.<sup>6,14,15</sup>

Los sistemas adhesivos más modernos, además de contener monómeros hidrofílicos que permiten su aplicación en el medio oral, (que es 100% húmedo), se diferencian principalmente en la forma como se realiza la aplicación del ácido sobre la estructura dental remanente; estos se dividen en dos<sup>16</sup>:

1. Grabado total:

El cual incluye la aplicación de ácido fosfórico con una concentración de 30% a 40%, que se encarga de grabar la dentina y el esmalte removiendo el barro dentinario y disolviendo superficialmente la hidroxiapatita, permitiendo la apertura de los túbulos dentinales y dejando las fibras superficiales de colágeno expuestas. Además de la aplicación del adhesivo como tal, un ejemplo de este es el OptiBond Solo Plus o el PQ1, utilizados en la presente investigación<sup>5,17</sup> (ver tabla 1).

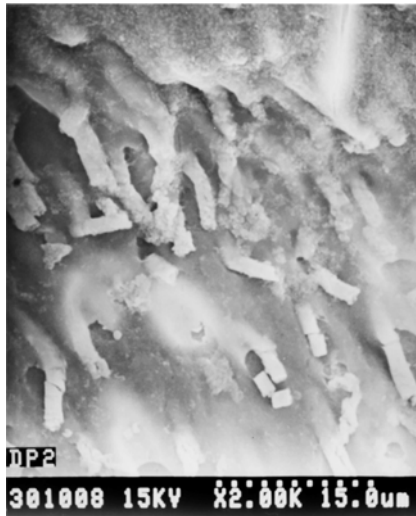
Este tipo de adhesivos han despertado una gran controversia acerca de los alcances que logra el grabado ácido en la dentina, ya que algunas investigaciones afirman que este se limita a unos pocos micrones superficiales, con lo que se descarta la posibilidad de que exista un daño potencial a la pulpa, pero afectando el hecho de que una incompleta penetración de la red de colágeno desmineralizada por la resina implique el desarrollo de una zona altamente susceptible en el diente sujeta a una continua degradación.<sup>5</sup> Las diferentes profundidades a las que se pueda llegar varía en función de la concentración del ácido utilizado<sup>10</sup>.

Otro aspecto importante es que los sistemas adhesivos que contienen un solvente volátil (acetona o etanol) deben utilizar una técnica húmeda, ya que por el contrario los monómeros hidrofílicos encargados de continuar con el proceso de adhesión no lograría penetrar en la superficie grabada, pues ocurriría un colapso de la superficie dentinal, si esto llegara a ocurrir, sería preferible rehumedecer la dentina.<sup>18</sup>

2. Autograbado.

Este sistema no requiere de la aplicación del ácido por sí solo, ya que consiste en dos dispensadores diferentes que se mezclan antes de ser aplicados en la cavidad, por lo que no remueve completamente el barro dentinario, ya que mezcla ambos componentes en uno solo, ahorrándose el

paso de lavar el ácido. Al ser una solución hidrofílica resulta muy efectiva al humidificar la superficie dental.



**Figura 4** Prolongaciones de resina en los túbulos dentina

Este tipo de sistema adhesivo activa un proceso con el cual desmineralizan y promueven la penetración de los monómeros de adhesivo y la resina simultáneamente tanto en los túbulos como en la dentina peritubular, seguido inmediatamente de la polimerización.<sup>19</sup>

Además, posee la característica de disolver parcialmente la hidroxiapatita, dejando una zona en la que el residuo de esta se incorpora a la capa híbrida<sup>18</sup>. A su vez, este sistema se conoce como “todo en uno”, como el One Up Bond F, utilizado en esta investigación (Ver tabla 1).

Los adhesivos “todo en uno” contienen una concentración elevada de monómeros de resina ácidos, lo cual les permite grabar a través del barro dentinario logrando así difundir una pequeña distancia para formar la capa híbrida sobre la dentina subyacente.<sup>20</sup> Sin embargo, muchos investigadores hacen notar que los sistemas autograbables no logran grabar de la misma forma como cuando se utiliza el ácido fosfórico al 37.5%, y notan las diferencias principalmente en el ph (0.42 a 0.02 para el ácido fosfórico y de 1.5 a 3 para los sistemas de autograbado).

Debido a esto, se cree que las fuerzas de adhesión de este sistema pueden verse afectadas en las diferencias en la calidad del barro dentinario residual debido a las bajas concentraciones ácidas<sup>15</sup> a pesar de que sea generalmente aceptado que el barro dentinario debe ser removido o al menos alterado con los acondicionadores ácidos para promover una buena adhesión entre el sustrato de dentina desmineralizada y la aplicación del sistema adhesivo.<sup>3</sup>

El agua es también un componente esencial de este sistema, ya que facilita la disociación de los iones de hidrógeno que son necesarios para lograr una efectiva desmineralización del barro dentinario y de los tejidos duros del diente.<sup>20</sup>

**Tabla 1** Sistemas adhesivos utilizados en esta investigación.

Sistema/ Adhesivo	Fabricante	Composición	Solvente
One Up Bond F	Tokuyama	Agente adhesivo A	agua
	Dental, Tokio Japan	Agente adhesivo B	
Optibond	Kerr	BIS GMA	etanol
Solo Plus	USA	GPDM HEMA	
PQ1	Ultradent Prods.	TEGDMA	etanol
	USA	HEMA	

Se cree que una de las ventajas de los sistemas autograbables es que al no remover completamente el barro dentinario y al dejar los túbulos dentinarios parcialmente cubiertos, resulta ser una técnica menos sensitiva. Como desventaja se tiene que este sistema no debe ser utilizado con resinas autocurables o duales, ya que su acidez incorporada al sistema adhesivo inhibe la polimerización de estas.<sup>16</sup>

En la actualidad contamos con sistemas de adhesión capaces de producir 15 MPa de adhesión y más; estos se basan en la eliminación total o parcial del barro dentinario junto con la aplicación de promotores de adhesión a la dentina, los cuales logran una mejor humidificación de la superficie. Diferentes estudios han evidenciado que no existe correlación directa entre el grosor de la capa híbrida y la fuerza de adhesión.<sup>19</sup>

El propósito del presente es observar por medio de microscopía electrónica la capa híbrida de restauraciones CII preparadas en molares y premolares recientemente extraídas sin caries ni restauraciones, por medio de la utilización de tres diferentes sistemas de adhesión a dentina y tres técnicas de aplicación.

## METODOLOGIA

Se tomaron, 10 piezas dentales recientemente extraídas, libres de caries y restauraciones, todas premolares y se les preparó una cavidad MOD, tratando de llegar el fondo de la preparación justo

por debajo del límite amelo-cemento. Luego las piezas recibieron tratamiento con un sistema adhesivo y fueron obturadas en 5 incrementos con resina compuesta Vita 1 esence, cada uno fotocurado por 40 segundos. Posteriormente, las piezas dentales fueron seccionadas utilizando una cortadora tipo Isomed low speed saw, por medio de un disco de diamante. Se realizaron dos cortes: uno a nivel de la unión cemento esmalte UCE, y otra en sentido mesiodistal, atravesando la restauración colocada.

Se rotularon nuevamente cada una de las muestras seleccionadas y se colocaron en recipientes separados con agua.

Cada una de las superficies fue grabada nuevamente con ácido fosfórico al 37.5%.

Posteriormente, utilizando grados ascendentes de alcohol (80%,90%,95% y 100%, este último dos veces) por 20 minutos, se deshidrataron las muestras.

Luego se colocaron en Terbutanol por 30 min, durante cuatro ciclos, para eliminar el alcohol. Luego del cuarto ciclo las muestras se colocaron en un sublimador marca Eiko modelo ID 2 y se sometieron al ciclo lento, durante toda la noche, para lograr eliminar el terbutanol.

Finalmente, se les colocó un recubrimiento de oro y posteriormente fueron llevadas al microscopio electrónico para ser observadas.

Se buscó el punto a lo largo de la unión entre la resina y la dentina que fuera el más representativo de lo que se observaba en general y fue en ese lugar en el que se tomó la fotografía. Debido al altísimo costo de los servicios de microscopía electrónica que significaría el realizar varias repeticiones del mismo adhesivo, solo se realizó una medición de cada material y a pesar de que se pudieron tomar mediciones del grosor de la capa híbrida en la zona donde se tomó la fotografía, no se pueden realizar comparaciones estadísticas de los resultados.

Es por este motivo que el estudio se considera meramente observacional.

A continuación se describen las técnicas de aplicación que recibió cada una de las piezas del estudio.

K1:

1. Ácido fosfórico al 37.5% aplicado con miniesponjas en toda la superficie por 12 a 15 seg.
2. Lavado abundante con agua, por 45 seg.
3. Secado de excesos con aire y secado específico de la cavidad con miniesponjas sin desecar la dentina, la cual siempre mantuvo el brillo del agua, evidencia de que la dentina se mantenía humectada.

4. Primera aplicación de adhesivo con miniesponja, pincelado, aplicación ligera de aire con el fin de lograr una mayor distribución de este.
5. Segunda aplicación de adhesivo con la misma miniesponja, pincelado y fotocurado por 20 seg.
6. Aplicación de la resina en incrementos de 2mm, iniciando en el cajón mesial, luego el distal y, por último, la cavidad oclusal.
7. Fotocurado por 40 seg. entre cada uno de los incrementos.
8. La pieza dental fue puesta en agua nuevamente al finalizar la obturación.

**Tabla 2** Técnicas de aplicación valoradas en los sistemas adhesivos utilizadas en esta investigación con su respectivo código.

Sist.adhesivo	PQ1	Optibond Solo Plus	One Up Bond f
Técnica de aplicación			
Pincelado + fotocurado 20`s.	<b>U1</b>	<b>K1</b>	<b>T1</b>
Restregado +fotocurado 20`s	<b>U2</b>	<b>K2</b>	<b>T2</b>
Restregado y Pincelado +fotocurado 20 seg.	<b>U3</b>	<b>K3</b>	<b>T3</b>
Restregado y Pincelado sin grabado ácido + fotocurado 20 seg.			<b>T4</b>

K2:

1. Ácido fosfórico al 37.5% aplicado con miniesponjas en toda la superficie por 12 a 15 seg.
2. Lavado abundante con agua, por 45 seg.
3. Secado de excesos con aire y secado específico de la cavidad con miniesponjas sin desecar la dentina, la cual siempre mantuvo el brillo del agua, evidencia de que la dentina se mantenía humectada.
4. Primera aplicación de adhesivo con miniesponja, restregado y aplicación ligera de aire con el fin de lograr una mayor distribución de este.

5. Segunda aplicación de adhesivo con la misma miniesponja, restregado y fotocurado por 20 seg.
6. Aplicación de la resina en incrementos de 2mm, iniciando en el cajón mesial, luego el distal y, por último, la cavidad oclusal.
7. Fotocurado 40 seg. entre cada uno de los incrementos.
8. La pieza dental fue puesta en agua nuevamente al finalizar la obturación.

#### K3:

1. Ácido fosfórico al 37.5% aplicado con miniesponjas en toda la superficie por 12 a 15 seg.
2. Lavado abundante con agua, por 45 seg.
3. Secado de excesos con aire y secado específico de la cavidad con miniesponjas sin desecar la dentina, la cual siempre mantuvo el brillo del agua, evidencia de que la dentina se mantenía humectada.
4. Primera aplicación de adhesivo con miniesponja, restregado, aplicación ligera de aire con el fin de lograr una mayor distribución de este.
5. Segunda aplicación de adhesivo con la misma miniesponja, pincelado y fotocurado por 20 seg.
6. Aplicación de la resina en incrementos de 2mm, iniciando en el cajón mesial, luego el distal y, por último, la cavidad oclusal.
7. Fotocurado por 40seg. entre cada uno de los incrementos.
8. La pieza dental fue puesta en agua nuevamente al finalizar la obturación.

#### U1:

1. Ácido fosfórico al 37.5% aplicado con miniesponja,s en toda la superficie por 12 – 15 seg.
2. Lavado abundante con agua, por 45 seg..
3. Secado de excesos con aire y secado específico de la cavidad con miniesponjas sin desecar la dentina, la cual siempre mantuvo el brillo del agua, evidencia de que la dentina se mantenía humectada.
4. Primera aplicación de adhesivo con miniesponja, pincelado, aplicación ligera de aire con el fin de lograr una mayor distribución de este.
5. Segunda aplicación de adhesivo con la misma miniesponja, pincelado y fotocurado por 20 seg..

6. Aplicación de la resina en incrementos de 2mm, iniciando en el cajón mesial, luego el distal y, por último, la cavidad oclusal.
7. Fotocurado por 40seg. entre cada uno de los incrementos.
8. La pieza dental fue puesta en agua nuevamente al finalizar la obturación.

U2:

1. Ácido fosfórico al 37.5% aplicado con miniesponjas en toda la superficie por 12 a 15 seg.
2. Lavado abundante con agua, por 45 seg.
3. Secado de excesos con aire y secado específico de la cavidad con miniesponjas sin desecar la dentina, la cual siempre mantuvo el brillo del agua, evidencia de que la dentina se mantenía humectada.
4. Primera aplicación de adhesivo con miniesponja, restregado, aplicación ligera de aire con el fin de lograr una mayor distribución de este.
5. Segunda aplicación de adhesivo con la misma miniesponja, restregado y fotocurado por 20 seg.
6. Aplicación de la resina en incrementos de 2mm, iniciando en el cajón mesial, luego el distal y, por último, la cavidad oclusal.
7. Fotocurado por 40seg. entre cada uno de los incrementos.
8. La pieza dental fue puesta en agua nuevamente al finalizar la obturación.

U3:

1. Ácido fosfórico al 37.5% aplicado con miniesponjas en toda la superficie por 12 a 15 seg.
2. Lavado abundante con agua, por 45 seg.
3. Secado de excesos con aire y secado específico de la cavidad con miniesponjas sin desecar la dentina, la cual siempre mantuvo el brillo del agua, evidencia de que la dentina se mantenía humectada.
4. Primera aplicación de adhesivo con miniesponja, restregado, aplicación ligera de aire con el fin de lograr una mayor distribución de este.
5. Segunda aplicación de adhesivo con la misma miniesponja, pincelado y fotocurado por 20 seg.
6. Aplicación de la resina en incrementos de 2mm, iniciando en el cajón mesial, luego el distal y, por último, la cavidad oclusal.
7. Fotocurado por 40seg. entre cada uno de los incrementos.

8. La pieza dental fue puesta en agua nuevamente al finalizar la obturación.

#### T1

1. Ácido fosfórico al 37.5% aplicado con miniesponjas en toda la superficie por 12 a 15 seg.
2. Lavado abundante con agua, por 45 seg.
3. Secado de excesos con aire y secado específico de la cavidad con miniesponjas sin desecar la dentina, la cual siempre mantuvo el brillo del agua, evidencia de que la dentina se mantenía humectada.
4. Primera aplicación de adhesivo con miniesponja, pincelado, aplicación ligera de aire con el fin de lograr una mayor distribución de este.
5. Segunda aplicación de adhesivo con la misma miniesponja, pincelado y fotocurado por 20 seg.
6. Aplicación de la resina en incrementos de 2mm, iniciando en el cajón mesial, luego el distal y, por último, la cavidad oclusal.
7. Fotocurado por 40seg. entre cada uno de los incrementos.
8. La pieza dental fue puesta en agua nuevamente al finalizar la obturación.

#### T2:

1. Ácido fosfórico al 37.5% aplicado con miniesponjas en toda la superficie por 12 a 15 seg.
2. Lavado abundante con agua, por 45 seg..Secado de excesos con aire y secado específico de la cavidad con miniesponjas sin desecar la dentina, la cual siempre mantuvo el brillo del agua, evidencia de que la dentina se mantenía humectada.
3. Primera aplicación de adhesivo con miniesponja, restregado, aplicación ligera de aire con el fin de lograr una mayor distribución de este.
4. Segunda aplicación de adhesivo con la misma miniesponja, restregado y fotocurado por 20 seg.
5. Aplicación de la resina en incrementos de 2mm, iniciando en el cajón mesial, luego el distal y, por último, la cavidad oclusal.
6. Fotocurado por 40seg. entre cada uno de los incrementos.
7. La pieza dental fue puesta en agua nuevamente al finalizar la obturación.

#### T3:

1. Ácido fosfórico al 37.5% aplicado con miniesponjas en toda la superficie por 12 a 15 seg.

2. Lavado abundante con agua, por 45 seg.
3. Secado de excesos con aire y secado específico de la cavidad con miniesponjas sin desecar la dentina, la cual siempre mantuvo el brillo del agua, evidencia de que la dentina se mantenía humectada.
4. Primera aplicación de adhesivo con miniesponja, restregado, aplicación ligera de aire con el fin de lograr una mayor distribución de este.
5. Segunda aplicación de adhesivo con la misma miniesponja, pincelado y fotocurado por 20 seg.
6. Aplicación de la resina en incrementos de 2mm, iniciando en el cajón mesial, luego el distal y, por último, la cavidad oclusal.
7. Fotocurado por 40seg. entre cada uno de los incrementos.
8. La pieza dental fue puesta en agua nuevamente al finalizar la obturación.

#### T4:

1. No se realizó aplicación de ácido fosfórico al 37.5%.
2. Se lavó abundantemente la dentina con agua.
3. Se secaron los excesos con aire y la cavidad se secó con miniesponjas.
4. Este adhesivo, por ser autograbable, consta de dos botellas que deben mezclarse antes de aplicarlos.
5. Se colocó una gota de la botella A y una de la botella B y se mezclaron con una miniesponja.
6. Primera aplicación de adhesivo con miniesponja, restregado, aplicación ligera de aire con el fin de lograr una mayor distribución de este.
7. Segunda aplicación de adhesivo con la misma miniesponja, pincelado y fotocurado por 20 seg.
8. Aplicación de la resina en incrementos de 2mm, iniciando en el cajón mesial, luego el distal y, por último, la cavidad oclusal.
9. Fotocurado por 40seg. entre cada uno de los incrementos.
10. La pieza dental fue puesta en agua nuevamente al finalizar la obturación.

## RESULTADOS

Después de haber visualizado todos los especímenes de estudio bajo el microscopio electrónico, las imágenes más representativas de cada muestra fueron fotografiadas.

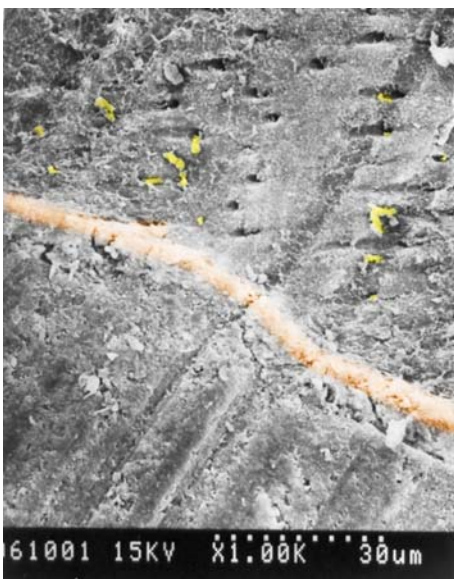
La penetración de la resina dentro de los túbulos dentinales, y la formación de la zona de interdifusión entre la resina y la dentina conocida como capa híbrida fue observada en cada una de las muestras.

El grosor de la capa híbrida varió dependiendo del sistema adhesivo utilizado y la técnica de aplicación llevada a cabo en cada espécimen.

Se utilizó la misma magnificación para todas las fotografías, la cual corresponde a X1.00K.

A continuación se describe cada una de las fotografías.

**Figura 5** One Up Bond: Pincelado



Zona superior: se aprecian múltiples túbulos dentinales seccionados transversalmente.

Franja blanca en zona central: corresponde a la capa híbrida.

Zona inferior: corresponde a la resina

Capa híbrida de aproximadamente 3.6  $\mu\text{m}$ .

En la parte superior derecha de la capa híbrida se aprecia una zona en la que esta aparenta ser más ancha que el resto. Esta misma corresponde a dos puntos en los que se localizan prolongaciones de resina (resin tags).

**Figura 6** One Up Bond Restregado



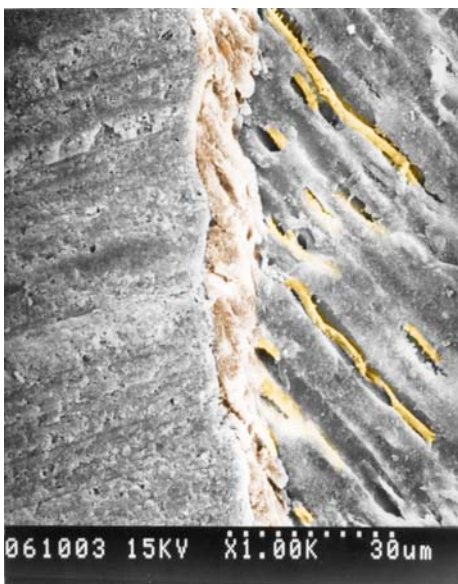
Zona derecha: corresponde a la dentina; se observan pocas aberturas de los túbulos dentinales.

Franja blanca intermedia: corresponde a la capa híbrida.

Grosor de la capa híbrida: 8.18  $\mu\text{m}$ .

Zona izquierda: corresponde a la resina.

**Figura 7** One Up Bond Restregado y pincelado



Zona derecha: corresponde a la dentina.

Múltiples prolongaciones de resina.

Túbulos dentinales seccionados transversalmente.

Dentina peritubular.

Dentina interbular.

Franja blanca central: corresponde a la capa híbrida.

Grosor de la capa híbrida: 11.81  $\mu\text{m}$ .

Zona izquierda: corresponde a la resina.

**Figura 8** One Up Bond: sin grabado ácido, restregado y pincelado



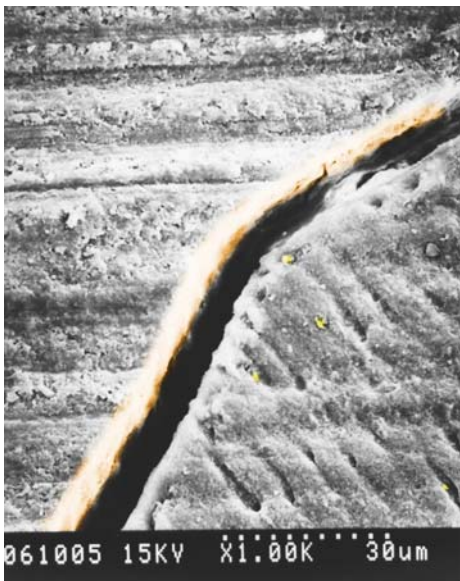
Capa híbrida con un grosor de 2.72  $\mu\text{m}$ .

Zona derecha: corresponde a la resina.

Zona izquierda: corresponde a la dentina.

En esta fotografía se observan gran variedad de artefactos, por lo que fue difícil identificar las estructuras pertinentes.

**Figura 9** Optibond Solo Plus: Pincelado



La franja negra en la zona central representa la separación de la dentina con la resina, debido a la contracción por polimerización de la misma.

La zona inferior corresponde a la dentina; podemos apreciar en ella gran cantidad de túbulos dentinales seccionados transversalmente.

La capa híbrida se encuentra unida a la dentina.

Capa híbrida con un grosor de 4.54  $\mu\text{m}$

Zona izquierda: corresponde a la resina.

**Figura 10** Optibond Solo Plus: Restregado



Prolongaciones de resina de aproximadamente de 11.81  $\mu\text{m}$ , por lo cual se presume que la capa híbrida posee un ancho similar o menor a este.

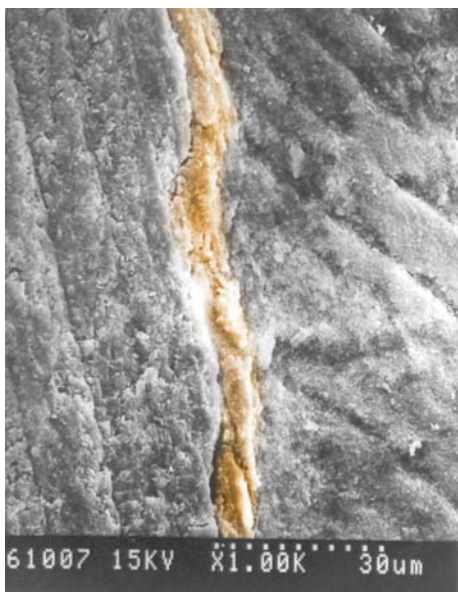
La zona superior corresponde a la resina.

La zona inferior corresponde a la dentina, en la que logran apreciarse los túbulos dentinales.

Dentina peritubular.

Dentina intertubular.

**Figura 11** Optibond Solo Plus: Restregado y Pincelado



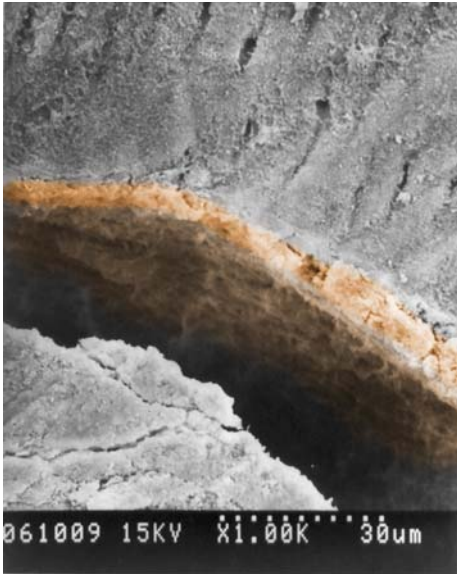
Zona derecha: dentina.

Franja blanca: capa híbrida.

Zona izquierda: resina.

Grosor de la capa híbrida: 10.9  $\mu\text{m}$  aproximadamente.

**Figura 12** PQ1: Pincelado



Zona superior: corresponde a la dentina.

Zona inferior: corresponde a la resina.

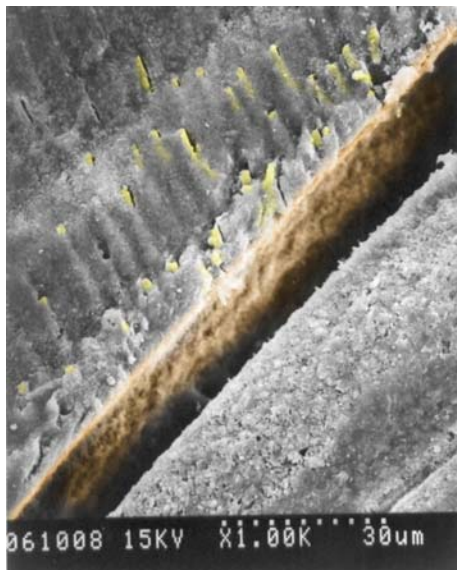
Franja negra: corresponde a una abertura debido a la contracción por polimerización de la resina al ser fotocurada.

La capa híbrida posee un grosor de 10.9  $\mu\text{m}$ .

Se observan múltiples prolongaciones de resina seccionadas transversalmente.

Las prolongaciones poseen una longitud de aproximadamente 25.45  $\mu\text{m}$ .

**Figura 13** PQ1: Restregado



Zona superior: dentina.

Se observan en ella múltiples túbulos seccionados transversalmente.

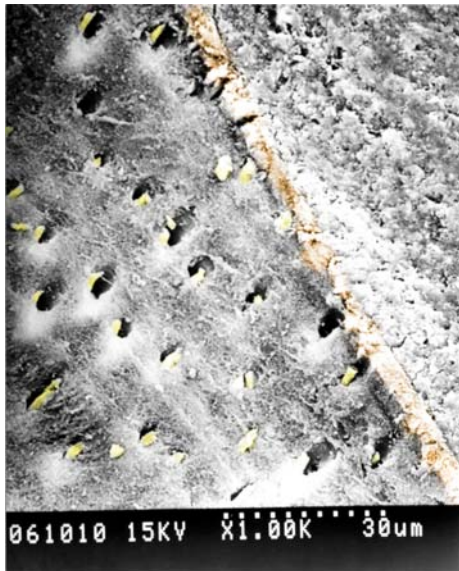
Capa híbrida unida a ella.

Capa híbrida de aproximadamente 6.36  $\mu\text{m}$ .

Franja negra: gran separación de la resina debido a la contracción por polimerización.

Zona de la esquina inferior izquierda: corresponde a la resina, la cual posee varias grietas, posiblemente atribuibles al corte.

**Figura 14** PQ1: Restregado y Pincelado



Zona superior: corresponde a la resina.

Zona inferior: corresponde a la dentina.

Capa híbrida de aproximadamente 14.54  $\mu\text{m}$

Se observan múltiples prolongaciones de resina en la entrada de los túbulos dentinales.

En comparación con Optibond Solo Plus, las diferencias en el grosor de la capa híbrida variaron en 1  $\mu\text{m}$  en la técnica de pincelado, 3.6  $\mu\text{m}$  en la técnica de restregado y en 1  $\mu\text{m}$  de ventaja en la técnica de pincelado y restregado.

Asimismo la técnica en la que no se utilizó grabado ácido previo, como lo indica el fabricante, creó la capa híbrida más delgada de todas las técnicas y sistemas adhesivos utilizados.

En cuanto a su análisis con respecto a PQ1, la diferencia en la técnica de pincelado varió en poco más de 7  $\mu\text{m}$ , en alrededor de 2  $\mu\text{m}$  más en la técnica de restregado y en la técnica de restregado y pincelado PQ1 lo superó en casi 3  $\mu\text{m}$ .

En la técnica de pincelado, Optibond Solo Plus obtuvo el valor más bajo de todas sus aplicaciones, que corresponde a 4.54  $\mu\text{m}$ ; PQ1 lo superó en 6.36  $\mu\text{m}$ , sin embargo logró 1  $\mu\text{m}$  más que One Up Bond F.

Finalmente, PQ1 logró obtener los valores más altos en las mediciones efectuadas, tanto en la técnica de pincelado (10.9  $\mu\text{m}$ ) como en la técnica de pincelado y restregado (14.54  $\mu\text{m}$ ); sin embargo, obtuvo la medición de menor grosor de su capa híbrida en la técnica de restregado, donde One Up Bond lo superó en 5.45  $\mu\text{m}$  y Optibond Solo Plus en 3.63  $\mu\text{m}$ . (Tabla 3)

**Tabla 3** Valores obtenidos en el grosor de la capa híbrida de acuerdo a la técnica de aplicación y sistema adhesivo utilizado.

Técnica de aplicación	Sistema Adhesivo	Sigla	Medición de la capa híbrida
Pincelado	PQ1	U1	10.9um
	Optibond Solo Plus	K1	4.5um
	One Up Bond F	T1	3.6um
Restregado	Optibond Solo Plus	K2	11.81um
	One Up Bond F	T2	8.1um
	PQ1	U2	6.3um
Pincelado y Restregado	PQ1	U3	14.5um
	One Up Bond F	T3	11.8um
	Optibond Solo Plus	K3	10.9um
Pincelado y restregado sin grabado ácido.	One Up Bond F	T4	2.7um

## DISCUSION

La adhesión a la dentina tiene sus bases en la penetración en la dentina intertubular luego de que el enrejado superficial de las fibras colágeno ha sido expuesto por la desmineralización ácida.<sup>21</sup> Una adecuada infiltración y retención son necesarias para evitar separación de la resina compuesta debido a la contracción por polimerización.<sup>22</sup>

En este estudio, One Up Bond F creó, en las diferentes aplicaciones capas híbridas más delgadas en comparación con los otros dos sistemas adhesivos. Las técnicas de aplicación que más favorecieron su grosor fueron el pincelado y el restregado del sistema adhesivo antes de ser fotocurado. Este sistema es de autograbado, con una acidez inferior a la que tiene el ácido fosfórico utilizado en el grabado convencional, es por esto que la disolución de la dentina será menor que en los adhesivos de 4<sup>ta</sup> o 5<sup>ta</sup> generación<sup>18,20</sup>.

Los hallazgos de la imagen al microscopio electrónico, concuerdan con los hallazgos por Lafuente<sup>4</sup>, en los cuales la fuerza de adhesión del One Up Bond F aumento de 8 MPa cuando era

pincelado a la dentina, 16.4 MPa cuando fue restregado y 27.8 MPa cuando fue aplicado primero restregado y luego pincelado.

La disolución ácida de los adhesivos de 5<sup>ta</sup> generación de este estudio, si produjo una capa híbrida más uniforme dentro de cada adhesivo, pero la imagen observada comprueba que no existió separación de la restauración de resina compuesta en aquellas restauraciones que recibieron el adhesivo de manera restregada y pincelada. El ácido permite una mejor disolución de la dentina inter y peritubular, lo que promueve una mejor penetración del adhesivo para formar la capa híbrida y las prolongaciones de resina.<sup>23</sup>

Las capas híbridas más gruesas se observaron con la técnica de restregado seguido de pincelado, para todos los sistemas adhesivos excepto en el caso de Optibond Solo Plus, el cual logró formar la capa híbrida de mayor grosor con la técnica de restregado solamente, con una diferencia de solo 1  $\mu\text{m}$  con su aplicación restregada y pincelada.

El observar o no prolongaciones de resina en los túbulos no significa que se deba de hacer una conclusión a ciencia cierta de la capacidad del adhesivo de penetrar, pues en microscopía, puede ocurrir que justo la zona donde se hizo el corte no lleve la misma dirección de los túbulos dentinales. Esta misma es la razón por la cual en algunas fotografías puede observarse prolongaciones excesivamente largas. Estas no pertenecen necesariamente a la capa híbrida que se observa en la foto.

Importante sería el notar que en las fotografías observadas, cuando la resina compuesta se separó de la dentina, la capa híbrida se mantuvo adherida a la dentina. Esto significa que aunque pueda existir filtración, la dentina siempre estará protegida y sellada. La presencia de sensibilidad post-operatoria sería siempre posible pues esa pequeña separación puede producir flexión de la resina compuesta y esto produciría el dolor al masticar.

Las estructuras observadas en el microscopio electrónico variaron no solamente entre cada espécimen, sino también de una área a otra dentro de una misma muestra, por lo que fue muy importante detallar en cada espécimen cuál era la mejor zona por observar y fotografiar.

Resulta importante denotar que los cortes realizados a las piezas dentales no se hicieron de manera perpendicular a la interfase resina-dentina o capa híbrida, por lo que esta en la mayoría de las muestras puede parecer más angosta de lo que realmente es, debido a estas angulaciones.

En la mayoría de las imágenes de microscopía electrónica se visualizaron gran cantidad de grietas en las muestras que muchas veces interferían con la identificación de la capa híbrida; en algunos casos se identificó que estas pertenecían al efecto de contracción por polimerización de la resina, pero al mismo tiempo, grietas localizadas en otras zonas que no pertenecían a los márgenes internos

de la preparación permiten hacer un esfuerzo por identificar en qué momento del proceso de preparación de las muestras, estas pudieron haberse realizado.

## CONCLUSIONES

Las técnicas de aplicación de los sistemas adhesivos utilizados en esta investigación y su estudio por medio de microscopía electrónica permiten concluir lo siguiente.

Los mayores valores obtenidos en cuanto al grosor de la capa híbrida se encontraron para los tres sistemas adhesivos implementados en esta investigación, mediante la utilización de la técnica de restregar y posteriormente pincelar el adhesivo sobre la superficie dentinal previamente grabada.

Esta misma técnica de aplicación fue la única que mantuvo consistentemente la resina compuesta adherida a la capa híbrida e impidió que la contracción de polimerización produjera una grieta entre la dentina y la resina.

## BIBLIOGRAFIA

1. Touati B, Miara P, Nathanson D. Odontología estética y restauraciones cerámicas. Masson SA Barcelona, Española. 2000 Cap.2
2. Van As G. Magnification and the alternatives for Microdentistry. *Compendium* 2001; 22:1008-16
3. Rainey JT. Understanding the applications of microdentistry. *Compendium* 2001; 22:1018-24
4. Efecto de la técnica de aplicación del adhesivo dentinal en la fuerza de adhesión. Lafuente, JD *Ventana Odontológica*, 2004; 1:29-34
5. Perdigao J, May KN, Wilder AD, Lopez M. The effect of depth of dentin demineralization on bond strength and morphology of the hybrid layer. *Oper Dent* 2000; 25:186-94
6. Miyazaki M, Iwasaki K, Onose H. Adhesión of single application bonding systems to bovine enamel and dentin *Oper Dent* 2002; 27:88-94
7. Gregoire GL, Akon BA, Millas A Interfacial micromorphological differences in Hybrid layer formation between water and solvent based dentin bonding systems *J Prosthet Dent* 2002; 87:633-41
8. Al-Turki M, Akpata ES. Penetrability of dentinal tubules in adhesively lined cavity walls *Oper Dent* 2002; 27:124-31

9. Sakoolnamarkka R, Burrow MF, Tyas MJ. Micromorphological study of resin-dentin interface in non-cariou cervical lesions. *Oper Dent* 2002; 27:493-99
10. Andia-Merlin RY, Garona-Netto N, Arana-Chavez VE. SEM evaluation of the interaction between a three-step adhesive and dentón *Oper Dent* 2001; 26:440-44
11. Spencer P, Wang Y, Walter MP, Wieliczka DM, Swafford JR. Interfacial chemistry of the dentin-adhesive bond *J Dent Res* 2000; 79:1458-63
12. Vargas MA, Cobb DS, Armstrong SR. Resin-Dentin shear bond strength and interfacial ultrastructure with and without a hybrid layer. *Oper Dent* 1997; 22: 159-166
13. Suzuki K, Nishiyama N, Remoto K, Torri Y, Inoue K. Effect of N-methacryloyl amino acid applications on hybrid layer formation at the interface of intertubular dentin. *J Dent Res* 1998; 77: 1881-88
14. Cox CF, Kim K, Stevenson RG, Hafez AA Histological evaluation of a self-priming etchant adhesive system *Compendium* 2003; 24: 17-20
15. Ogata M, Harada N, Yamaguchi S, Kakayima M, Tagami J. Effect of self-etching primer vs phosphoric acid etchant on bonding to bur-prepared dentin *Oper Dent* 2002; 27: 447-54
16. Suh BI Study of the compatability of adhesives with composites *Compendium* 2003; 24: 4-9
17. Perdigao J, Duarte S, Lopes MM Advances in dentin adhesión *Compendium* 2003; 24: 10-16
18. Nakaoki Y, Nikaido T, Burrow MF, Tagami J Effect of residual water on dentin bond strength and hybridization of a one-bottle adhesive system. *Oper Dent* 2000; 27: 563-69
19. Kubo S, Li H, Burrow MF, Tyas MJ. Nanoleakage of dentin adhesive systems bonded to Carisolv-treated dentin *Oper Dent* 2002; 27: 387-95
20. Tay FR, King NM, Suh BI, Pashley DH. Effect of delayed activation of Light cured resin composites on bonding in all-in-one adhesives. *J Adhesive Dent* 2001; 3: 207-25
21. Van Meerbeek B, Inokoshi S, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Morphological aspects of resin-dentin interdifusion zone with different dentin adhesive systems *J Dent Res* 1992; 71-1530-40
22. Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM, Wei SH, Structural evidence of a seal tissueinterface with a total etch wet bonding technique in vivo *J Dent Res* 1994; 73:629-36
23. Perdigao J, Lambrechts P, Van Meerbeek B.; The interactions of adhesive systems with human dentón *Am J Dent* 1996; 9:167-73