UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE ODONTOLOGIA
E.A.P DE ODONTOLOGIA

Fuerza de adhesión In Vitro de cinco sistemas adhesivos y un cemento autograbador - autoadhesivo sobre la dentina del canal radicular y coronal superficial

TESIS Para Obtener el Título Profesional de: CIRUJANO DENTISTA

AUTOR:
Gabriel Nima Bermejo

LIMA – PERÚ 2006

Jurado de sustentación

Presidente: Mg. Justiniano Sotomayor Camayo

Secretario: Mg. Doris Salcedo Moncada

Vocal: CD. Nidia Fernández Diez

Vocal: CD. Hernán Horna Palomino

Asesor

CD. Hernán Horna Palomino.

Consultor

Mg. Miguel A. Saravia Rojas.

« A todos aquellos que están

dispuestos a entregar su vida por

alcanzar una estrella »

« A mis Papas y Hermanos, mi familia, de todo corazón

por su cariño extremo, apoyo, confianza y motivación

constantes durante toda la vida »

… Mi eterna gratitud

A la Dra. Dora Falconi, por hacerme

conocer la Odontología.

Al Dr. Hérnan Horna, por su apoyo y orientación

en la realización de este trabajo.

Al Dr. Miguel A. Saravia, por su apoyo y

orientación en esta investigación, por los

conocimientos transmitidos y por su amistad

verdadera.

A la Dra. Nidia Fernández, por su

disponibilidad y ayuda desinteresada en la

elaboración de esta investigación.

A Ana Miranda, mi amiga de siempre, por

su apoyo incondicional y por hacerme saber

que siempre se puede.

A todos aquellos que de alguna u otra manera

contribuyeron a la realización de este trabajo.

… Gracias

SUMARIO

	Pág.
I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes	4
2.2 Bases teóricas	9
2.2.1 Adhesión	9
2.2.1.1 Parámetros que afectan la adhesión al tejido dentario	10
A. Cambios de la estructura dentinaria	11
B. La capa de desecho dentinario	11
C. Humedad dentinaria externa e interna	12
D. Humectación del adhesivo	13
E. Contracción de polimerización en las resinas restauradoras	14
F. Compensación para la contracción por polimerización	14
a. Flujo	14
b. Expansión higroscópica	15
c. Elasticidad	16
G. Sitio de polimerización inicial	16
H. Coeficiente de expansión térmica y conductividad térmica	16
I. Transmisión de esfuerzos a través de la interfase restauración – diente	16
J. Biocompatibilidad	17
2.2.1.2 Adhesión a la dentina	18
A. Clasificación de los adhesivos contemporáneos	19
a. Sistemas adhesivos convencionales	19

1. Sistemas multicomponentes 20

2. Sistemas monocomponentes 22

b. Sistemas adhesivos autograbadores 23

B. Acondicionamiento de la dentina 27

C. Imprimadores 27

D. Resina adhesiva 28

E. Estrategias de adhesión 29

a. Hibridización 29

b. Formación de proyecciones de resina 30

2.2.2 Histología de la dentina 31

2.2.3 Adhesión a la dentina radicular 33

2.2.4 Test mecánicos para la evaluación de los sistemas adhesivos 35

2.2.4.1 Test de microtensión 37

2.3 Planeamiento del problema 38

2.4 Justificación 38

2.5 Objetivos de la investigación 39

2.6 Hipótesis 40

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipo de estudio 41

3.2 Muestra 41

3.3 Hipótesis de trabajo 41

3.4 Operacionalización de variables 42

3.5 Materiales y métodos 45

3.5.1 Procedimientos y técnicas 45

3.5.1.1 Obtención de la muestra 45

3.5.1.2 Preparación de la muestra 45

A.- Preparación de la muestra de dentina radicular 46

B.- Preparación de la muestra de dentina coronal 50

3.5.1.3 Obtención de los especímenes 54

A.- Obtención de los especímenes de dentina radicular 54

B.- Obtención de los especímenes de dentina coronal 54

3.5.1.4 Medición de la fuerza de adhesión 54

3.5.2 Recolección de datos 55

IV.- RESULTADOS 56

V.- DISCUSIÓN 68

VI.- CONCLUSIONES 75

VII.- RECOMENDACIONES 76

RESUMEN 77

SUMARY 78

BIBLIOGRAFIA 79

ANEXOS 86

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla I: Composición de los adhesivos utilizados en este estudio.	46
Tabla II: Materiales utilizados.	53
Tabla III: Media de los grupos experimentales.	56
Tabla IV: Fuerza de adhesión en la dentina radicular.	57
Tabla V: Fuerza de adhesión en la dentina radicular cervical.	58
Tabla VI: Fuerza de adhesión en la dentina radicular media.	59
Tabla VII: Fuerza de adhesión en la dentina coronal superficial.	60
Tabla VIII: Fuerza de adhesión en la dentina radicular y coronal superficial	61
Tabla IX: Fuerza de adhesión para All Bond 2.	62
Tabla X: Fuerza de adhesión para One Coat Bond.	63
Tabla XI: Fuerza de adhesión para Excite.	64
Tabla XII: Fuerza de adhesión para Stae.	65
Tabla XIII: Fuerza de adhesión para G-Bond.	66
Tabla XIV: Fuerza de adhesión para MaxCem.	67
Tabla XV: Ficha de Recolección de datos para dentina radicular	87
Tabla XVI: Ficha de Recolección de datos para dentina coronal superficial	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura I: Esquema de la secuencia de preparación de los especímenes a nivel radicular para el test de microtensión. 49

Figura II: Esquema de la secuencia de preparación de los especímenes a nivel coronal para el test de microtensión. 54

Figura III: Fuerza de adhesión de los grupos experimentales. 56

Figura IV: Fuerza de adhesión en la dentina radicular. 57

Figura V: Fuerza de adhesión en la dentina radicular cervical. 58

Figura VI: Fuerza de adhesión en la dentina radicular media. 59

Figura VII: Fuerza de adhesión en la dentina coronal superficial. 60

Figura VIII: Comparación entre la fuerza de adhesión en la Dentina Radicular y Coronal Superficial 61

Figura IX: Fuerza de adhesión para All Bond 2. 62

Figura X: Fuerza de adhesión para One Coat Bond. 63

Figura XI: Fuerza de adhesión para Excite. 64

Figura XII: Fuerza de adhesión para Stae. 65

Figura XIII: Fuerza de adhesión para G-Bond. 66

Figura XIV: Fuerza de adhesión para MaxCem. 67

Figura XV: Preparación de los especímenes 89

Figura XVI: Especímenes de prueba 89

Figura XVII: Vernier digital – medición de especimenes 90

Figura XVIII: Máquina de microtensión 90

Figura XIX: Test de microtensión 91

I.- INTRODUCCIÓN

Las piezas tratadas endodónticamente que han sufrido una pérdida excesiva de estructura coronal, requieren un poste para ser rehabilitadas con una corona. Factores como caries extensas, trauma en dientes inmaduros, patología pulpar o procedimientos iatrogénicos en el canal pulpar, son los causantes de un canal radicular con paredes delgadas, los que pueden ser responsables de una fractura radicular luego de la cementación de un poste metálico, durante su uso [1, 2]. En los últimos años muchas investigaciones han demostrado que los postes colados metálicos mejoran la retención de las restauraciones protéticas pero no protegen la raíz, indican además, que durante la preparación de la raíz para recibir un poste se puede perder sustrato dentario adicional, debilitando la estructura y disminuyendo la resistencia a las fuerzas oclusales [3], aumentando las posibilidades de una fractura radicular, especialmente cuando el poste es cementado ajustadamente creando un efecto de cuña en las paredes de la raíz [1]. Además las pobres propiedades estéticas juegan un papel importante durante la restauración de una pieza [4, 5].

Para superar estos problemas, recientemente se ha propuesto el uso de postes de fibra de vidrio en combinación con materiales adhesivos [1, 5], esta técnica además de reforzar la estructura remanente ofrece al diente depulpado un módulo de elasticidad similar al de la dentina, una mejor estética y adecuada retención del poste y de la restauración final, convirtiéndolos en un procedimiento restaurador atractivo [6, 7].

Sin embargo, seleccionar el material apropiado para adherir un poste representa un desafío. Los grandes avances en la odontología adhesiva, en técnicas como en materiales son muy grandes, hoy contamos con una amplia gama de sistemas adhesivos que pueden

ser utilizados en combinación con los cementos resinosos, pudiéndose usar sistemas adhesivos convencionales, autograbadores y los recientes cementos resinosos autograbadores-autoadhesivos.

La adhesión en la dentina del canal radicular es probablemente la situación clínica más desfavorable en lo que a adhesión se refiere, debido a la disposición, nivel y densidad de los túbulos dentinarios; el tratamiento endodóntico anteriormente recibido; el tiempo transcurrido entre este tratamiento y la restauración final; el uso de eugenol; la contracción de polimerización y del difícil acceso al canal radicular entre otros factores [4]. No obstante, las investigaciones acerca de la adhesión a la dentina radicular son bastante limitadas, los sistemas adhesivos son extremadamente sensibles a los cambios en el sustrato sobre el que son aplicados [1].

Existen diferencias histológicas entre la dentina del canal radicular y la dentina oclusal, de la misma manera la dentina radicular presenta variaciones en sus tres niveles [9]. Es necesario realizar pruebas para evaluar el comportamiento de este sustrato con los diferentes adhesivos, lo que permitiría optimizar este tipo de tratamientos.

Tradicionalmente los adhesivos han sido evaluados sobre dentina coronal, utilizando test de cizallamiento o de tensión, evaluando áreas con diámetros entre 3 y 10 mm, superficie que solamente se puede encontrar en la dentina coronal. Por otro lado, el test de Push-Out ha sido usado para medir la retención de postes e indirectamente la adhesión en la dentina radicular, esta prueba se encuentra fuertemente influenciada por defectos en la adhesión y una adhesión no uniforme. Recientemente, se ha desarrollado la técnica de microtensión, que permite evaluar pequeñas áreas, identificando fallas exclusivamente adhesivas, lo que resulta altamente ventajoso en sustratos muy variables como la dentina radicular [2].

El objetivo este estudio fue comparar la fuerza de adhesión de cinco sistemas adhesivos y un cemento autograbador-autoadhesivo en la dentina del canal radicular y coronal superficial, mediante microtensión, buscando determinar como es la adhesión en este sustrato en comparación con la dentina coronal, para encontrar que sistema adhesivo brinda una mejor adhesión en este sustrato.

II.- MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Yoshiyama M; Carvalho R; Sano H; Horner J; Brewer P; Pashley D. (1996)[10] Evaluaron la fuerza de adhesión en dentina coronal y radicular, y analizaron la interfase adhesiva con microscopía electrónica. Prepararon una cavidad desde la mitad de la corona hasta el ápice de premolares, en las que colocaron la resina Protect Liner, usando All Bond 2 (Sistema convencional) e Imperva Bond (Sistema autograbador). Obtuvieron una alta adhesión (23.5 MPa) con All Bond 2 en dentina coronal y apical, sin embargo en dentina cervical la adhesión fue significativamente baja. Con Imperva Bond la adhesión fue adhesión relativamente alta en todas las áreas. La microscopía mostró que el espesor de la capa híbrida formada por All Bond 2 en la dentina radicular era menor a la coronal. La infiltración con Imperva Bond fue siempre de 0.5 mm. Los resultados sugieren que se pueden obtener altos valores de adhesión con una mínima infiltración en dentina radicular.

Ferrari M; Mannocci F; Vichi A; Cagidiaco M; Mjör I. (2000)[11] Realizaron un estudio *In Vitro* para evaluar la densidad, orientación tubular y el aumento del área de superficie luego del grabado ácido en la dentina radicular, mediante microscopía según la ubicación de la dentina radicular. Las observaciones revelaron una variabilidad en la densidad y orientación de los túbulos dentinarios, en las diferentes áreas. Estadísticamente se encontraron diferencias significativas en la densidad tubular dependiendo del área, en el tercio cervical aumento 202% después de grabar, 156% en el medio tercio y 113% en el tercio apical. El espesor de la capa híbrida dependió de la densidad tubular. En los sectores con baja densidad de tubular, la capa híbrida estaba significativamente disuelta en

comparación con las áreas de alta densidad. Concluyeron que el aumento del área puede ser la responsable del aumento de la fuerza de adhesión luego del grabado ácido, sin embargo no todas las áreas respondieron de igual manera frente al grabado.

Bouillaguel S; Gysi P; Wataha J; Ciucchi B.; Cattani M; Godin Ch; Meyer J. (2001) [12] Compararon la fuerza de adhesión de ocho sistemas adhesivos: dos convencionales (Scotchbond Multipurpose Plus y OptiBond FL), cuatro monocomponentes (Scotchbond 1, Asba, Prime and Bond NT y Excite) y dos autograbadores (Clearfil Liner Bond 2 V y Prompt L-Pop) en dentina bovina mediante microtensión. Los niveles de adhesión obtenidos de mayor a menor fueron Opitbond FL (22.4 $\pm$ 4.3); Scotchbond 1(18.9 $\pm$ 3.2); Clearfil Liner Bond 2 V (18.9 $\pm$ 3.0); Prime and Bond NT (18.3 $\pm$ 6.9); Asba (14.4 $\pm$ 2.9); Excite (13.8 $\pm$ 3.7) y Prompt L-Pop (9.1 $\pm$ 3.3), concluyeron que los adhesivos multicomponentes ofrecen una mejor adhesión frente a los sistemas monocomponentes y autograbadores con excepción de un material para cada grupo, en este sustrato.

Mannocci, F.; Sherriff, M.; Ferrari, M.; Watson, TF. (2001) [13] Evaluaron la fuerza de adhesión de dos sistemas adhesivos en la dentina radicular. En piezas tratadas endodónticamente, pero no obturadas, se expuso el canal radicular y se aplicaron los adhesivos All Bond 2 y Panavia F. No encontraron diferencias significativas entre ambos grupos, en la mayoría de los especímenes se observó que la fractura ocurrió en la capa híbrida. Los resultados indican que la fuerza de adhesión de los sistemas adhesivos en dentina radicular es ligeramente más baja que los valores obtenidos en la dentina coronal.

Gastón B; West L; Liewehr F; Fernández C; Pashley D. (2001) [14] Evaluaron la fuerza de adhesión de dos cementos resinosos en los tres tercios de la dentina radicular, mediante microtensión. Las piezas fueron preparadas para recibir un poste, el espacio se rellenó con

cemento resinoso Panavia 21 y C&B Metabond. Los resultados indicaron que ambos cementos produjeron fuerzas de adhesión altas (12-23 MPa), esas fuerzas eran significativamente mayores en el tercio apical en comparación con los otros dos tercios, con cualquier cemento.

Rocha De Oliveira M; Reis A; Loguercio A; Rodrigues L (2002)[15] Evaluaron la resistencia adhesiva de cuatro sistemas adhesivos (Single Bond, Bond 1, Prime & Bond NT y Prime & Bond 2.1) composicionalmente distintos sobre dentina coronal superficial, mediante microtensión. Concluyeron que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. El adhesivo Single Bond presentó la mayor fuerza de adhesión y un menor índice de fallas prematuras.

Foxton RM; Nakajima M; Tagami J; Miura H (2003) [16] Evaluaron la fuerza de adhesión en la dentina radicular usando adhesivos fotoactivados y duales, con diferentes modos de polimerización. Utilizaron el adhesivo autograbador (Clearfil Liner Bond) y el Adhesivo (Clearfil Liner Bond 2V Bond A) para dos de los grupos, fotocurados por 20 segundos. El cemento dual (Clearfil Liner Bond 2V Bond A+B, Kuraray Co Médico, Japón) fue aplicado a los otros tres, uno de ellos fue fotoactivado. El canal radicular fue llenado con resina (DC Core) y fotocurados por 60 segundos en dirección coronal. Para las diferentes estrategias de curado no se observaron diferencias significativas en ninguno de los dos test (microtensión y microdureza entre las regiones apical y coronal. La exposición a la luz del adhesivo y de la resina produjo una fuerza de adhesión más alta que el autocurado. La exposición a la luz aumentó la dureza significativamente en las regiones coronal y apical. Cuando se curaron químicamente el adhesivo y el cemento dual, se observaron fallas adhesivas. La polimerización fotoiniciada del adhesivo y del cemento

dual es necesaria para lograr una buena adhesión a la dentina radicular independientemente de la región apical.

Ari H; Yasar E; Belli S (2003) [17] El propósito de este estudio fue evaluar la fuerza de adhesión de cuatro sistemas adhesivos en la dentina radicular. Los dientes fueron preparados con y sin irrigación de NaOCl (5%), los conductos se rellenaron con C&B Metabond, Panavia F, Variolink II o Rely-X según sea el grupo. Encontraron diferencias significativas entre los grupos tratados y no tratados con NaOCl. El C&B Metabond obtuvo la mayor fuerza de adhesión entre los grupos de control y una adhesión significativamente más alta al ser comparado con Panavia F y Variolink II en los grupos que fueron tratados con NaOCl.

Bouillaguet S; Troesch S; Wataha J; Krejci I; Meyer J; Pasley D. (2003) [2]**.** Evaluaron la fuerza de adhesión en la dentina del canal radicular, la cual se reduciría en función del factor de configuración y a la cercanía al ápice de la pieza. Usaron Single Bond/Relay-X ARC, ED Primer/Panavia F, C&B Metabond y Fuji Plus. Los especímenes se dividieron en dos grupos, el primero con raíces intactas donde los postes se cementaron con los procedimientos clínicos convencionales, en el segundo grupo las raíces se cortaron transversalmente y los postes se cementaron directamente sobre el canal pulpar; el test de microtensión reveló que existe una disminución significativa en la fuerza de unión al comparar las raíces intactas frente a las cortadas. Los resultados sugieren que el estrés de contracción de polimerización y los problemas de un adecuado acceso al canal radicular complican la formación de altos enlaces de unión en los agentes cementantes de postes radiculares.

Bitter K; Paris S; Martus P; Schartner R; Kielbassa AM. (2004) [18]. Evaluaron la interfase adhesiva resina-dentina de cinco adhesivos y cementos fotoactivados para la cementación de postes de fibra de vidrio. Las piezas se dividieron en 5 grupos: GI: Clearfil Core/New Bond (Kuraray), GII: Multilink (Vivadent), GIII: Panavia 21/ED Primer (Kuraray), GIV: PermaFlo DC (Ultradent), y GV: Variolink II/Excite DSC (Vivadent). Los resultados indican que la dentina radicular que fue tratada con ácido fosfórico y adhesivos convencionales formó una capa híbrida mayor en comparación con los adhesivos autograbadores. Esto provee de una adhesión más duradera entre el poste y la dentina radicular.

Mannocci F; Pilecki P; Bertelli E; Watson T. (2004) [19] Realizaron un estudio de los túbulos dentinarios en el tercio medio y coronal de la raíz, comparando la fuerza de adhesión de dichas áreas mediante microtensión. Los resultados indican que existen diferencias en la fuerza de unión del tercio medio y cervical siendo menores en este último (20.7 MPa) en comparación con el tercio medio (42.2 MPa), también se encontró que la densidad tubular fue significativamente mayor en el tercio cervical (23 931mm^2) en comparación con el tercio medio (17 615 mm^2). Los resultados sugieren que los altos valores de adhesión están asociados a la baja densidad tubular y que las áreas apicales son más resistentes a la tensión que las coronales.

Kanno T; Ogata M; Foxton R; Nakajima M; Tagami J; Miura H. (2004) [20] Midieron la fuerza adhesiva de dos cementos resinosos de curado dual (Bistite II, Panavia F), en diferentes regiones de la dentina radicular utilizando tres modos de fotoactivado (unidireccional, multidirección y sin luz). El test de microtensión reveló que no existen diferencias significativas entre los valores de adhesión en el tercio coronal y medio.

Concluyeron que los efectos del método de curado en la fuerza de adhesión son dependientes del material.

Foxton R; Nakajima M; Tagami J; Miura H. (2005) [1] Evaluaron la fuerza de adhesión de dos cementos duales de uno y dos componentes en las diferentes regiones de la dentina del canal radicular, mediante microtensión y SEM. Formaron dos grupos: GI (Unifil Self-etching Bond + Unifil Core), G II (ED Primer II + Clearfil Photo Bond + DC Core); en ambos grupos la mitad de los especímenes fueron fotoactivados por 60s y la otra mitad fue llevado a la oscuridad por 30min. Encontraron buenos niveles de adhesión en el canal radicular, los resultados mostraron que no existen diferencias significativas en la fuerza de adhesión ni en el tipo de curado entre los cementos empleados.

Yesilyurt C; Bulucu B. (2006) [21] Midieron la fuerza de adhesión de cuatro sistemas convencionales (Excite, Prime & Bond, Single Bond, One Coat Bond) y cinco sistemas autograbadores (Clearfil SE Bond, Xeno III, Prompt L-Pop, AQ Bond, Tyrian/One Step Plus), sobre la dentina coronal superficial central y periférica mediante microtensión. La fuerza de adhesión de los sistemas convencionales no fue estadísticamente significativa, estos sistemas presentaron una adhesión más alta que los autograbadores, excepto para Clearfil SE Bond. No encontraron diferencias regionales para los nueve adhesivos. El análisis con SEM mostró que no existe una hibridización promedio para los adhesivos.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Adhesión

Adhesión es el mecanismo que mantiene dos o más substratos unidos (similares o diferentes), sin que se separen. [8, 22 – 24]. Este concepto fue introducido a la odontología

por Buonocore, en 1955 y es probablemente el proceso que más ha revolucionado la odontología en las últimas décadas [8, 22]

La adhesión dentaria es un proceso de remoción de minerales e infiltración de monómeros resinosos, con la finalidad de crear una traba mecánica entre el adhesivo y la estructura dental, sellar los túbulos dentinarios y así mantener la homeostasis del medio interno del complejo dentino – pulpar [8, 25]. La adhesión se logra a través de dos mecanismos:

- ***Químico:*** Mediante la atracción interatómica, por medio de enlaces iónicos, covalentes y secundarios (Fuerzas de Van Der Waals, fuerzas polares, puentes de hidrógeno, quelación y fuerzas de dispersión) [8, 24, 26.]
- ***Físico:*** Conocido también como sistema de traba mecánica, se logra a través de los efectos geométricos y estructurales entre los substratos adherentes [8, 23].

2.2.1.1 Parámetros que afectan la adhesión al tejido dentario

La calidad, resistencia y durabilidad de la adhesión depende de varios factores. Importantes parámetros pueden incluir las propiedades fisicoquímicas del adherente y del adhesivo, las propiedades estructurales del adherente, el cual es heterogéneo, la presencia de contaminantes en la superficie de la preparación cavitaria, el desarrollo de fuerzas externas que impiden el proceso de adhesión por sus mecanismos de compensación, y el mecanismo de transmisión de cargas a través de la superficie adherida [22]. Además el medio oral, sujeto a humedad, fuerzas físicas, cambios en la temperatura y pH, componentes dietéticos, y los hábitos masticatorios, influyen de manera considerable las interacciones adhesivas entre materiales y tejidos dentinarios [22].

Si bien es cierto, la técnica de adhesión a esmalte mediante el acondicionamiento ácido es efectiva; la adhesión a dentina es compleja, pues en

ella influyen otros factores como su compleja histología, el tratamiento químico recibido, la distancia a la pulpa, el sistema adhesivo empleado y la edad del paciente [27 - 29].

La distinción entre los substratos adherentes es importante, pues uno de los factores requeridos para lograr una adhesión efectiva entre dos superficies, es que ambos posean una composición homogénea, es obvio que el esmalte y la dentina son diferentes desde el punto de vista morfofisiológico, por lo tanto, el mecanismo de adhesión varía en ambos substratos [1, 22].

A.- Cambios de la estructura dentinaria

La dentina es un sustrato sujeto a continuos cambios fisiológicos y patológicos en su composición y microestructura. La dentina que ha sido secada con aire puede ser diferente a la dentina sin secar. La dentina sufre una esclerosis dentinaria patológica como un proceso de envejecimiento y esclerosis reactiva como respuesta a irritaciones suaves o lentamente progresivas. [22].

Todas estas transformaciones morfológicas y estructurales de la dentina, inducidas por procesos fisiológicos y patológicos, la hacen un sustrato menos receptivo a los tratamientos adhesivos [22].

B.- La capa de desecho dentinario:

Cuando la dentina es instrumentada, el detritus es diseminado sobre su superficie formando lo que se conoce como "capa de desecho" [22, 29, 30]. Esta "capa de desecho" o "barrillo dentinario" esta formada por dentina subyacente que contiene hidroxiapatita pulverizada y colágeno alterado, mezclado con saliva, bacterias y otros desechos de la superficie abrasionada [22, 30, 31]. Esta capa

tiene un espesor de 0.5 a 5.0 µm y se encuentra firmemente adherida a la dentina, no se despega con aire i/o agua, reduciendo la permeabilidad dentinaria hasta en 86% [22, 23, 29 - 32].

La capa de desecho tiene un rol muy importante en la adhesión, dependiendo del sistema adhesivo recibe un tratamiento diferente con el fin de aumentar el potencial adhesivo de la dentina [22].

C.- Humedad dentinaria externa e interna:

La permeabilidad y humedad dentinaria interna depende de factores como el diámetro y longitud de los túbulos dentinarios, la viscosidad del fluido dentinario y del tamaño molecular de las partículas disueltas en él, el gradiente de presión, el área de superficie disponible para la difusión y la proporción de remoción de sustancias por la circulación pulpar [22].

La alta permeabilidad dentinaria permite que las bacterias y sus toxinas penetren fácilmente en los túbulos dentinarios hasta la pulpa si los túbulos no están herméticamente sellados. La variabilidad en la permeabilidad dentinaria la convierte en un sustrato mucho más difícil de unirse que el esmalte, se sabe que la dentina oclusal es más permeable sobre los cuernos pulpares que en el centro de la superficie pulpar, la dentina proximal es más permeable que la dentina oclusal, y la dentina oclusal es más permeable que la dentina radicular [22].

La remoción de la capa de desecho crea una superficie de adhesión húmeda en la cual el fluido dentinario exuda desde los túbulos dentinarios. Este medio acuoso afecta la adhesión, debido a que el agua compite efectivamente por la hidrólisis [22].

Se ha demostrado que la calidad de la adhesión de diferentes adhesivos disminuye a medida que la profundidad de la preparación aumenta porque la humedad dentinaria es mayor sin embargo, no se han observado diferencias significativas en la adhesión entre la dentina superficial y profunda cuando se deja intacta la capa de desecho [22].

D.- Humectación del adhesivo:

La interfase ideal entre el material restaurador y el tejido dentinario podría ser una que simule la unión natural del esmalte con la dentina en el LAD [22].

El contacto molecular íntimo entre las dos partes es un prerrequisito para desarrollar fuertes uniones adhesivas, esto significa que el sistema adhesivo debe humectar suficientemente a la superficie sólida, tener una viscosidad que sea lo suficientemente baja para penetrar las microporosidades y ser capaz de desplazar al agua y al aire durante la adhesión. Una humectación con un ángulo de 15° es satisfactoria para obtener una buena adhesión [22, 23].

Los acondicionadores de los sistemas actuales contienen monómeros hidrofílicos, para mejorar la humectación de las resinas adhesivas hidrofóbicas, sus solventes (alcohol o acetona) aseguran una adecuada remoción de aire y líquido mediante evaporación rápida [22].

Si un monómero adhesivo tiene polaridad y solubilidad similar a la de un polímero, el monómero puede actuar como un solvente e infiltrarlo. Si ambos parámetros son suficientemente diferentes el monómero y el polímero son inmiscibles [22]. Aplicando esto a la tecnología adhesiva dental, la fase de colágeno de la dentina es un polímero, por lo tanto el acondicionador y la resina adhesiva contienen monómeros de los cuales se espera que penetren en la capa de colágeno expuesta para formar un enlace micromecánico [22].

E.- Contracción de polimerización en las resinas restauradoras:

El reordenamiento dimensional de monómeros dentro de las cadenas poliméricas durante la polimerización conduce inevitablemente a una contracción del volumen [22, 33].

La tensión generada durante la polimerización afecta la interfase diente - material restaurador, siendo capaz de provocar microcraks o fallos de la unión [34].

La magnitud del estrés de polimerización y la contracción total de la restauración, dependen directamente del módulo de elasticidad, capacidad de fluir y deformación del composite, del uso de bases o liners, del sistema adhesivo y del método y sistema de fotoactivado, entre otros [33, 34].

Aunque la carga de alto relleno de una matriz de una resina reduce la contracción por polimerización, las resinas actuales todavía se contraen entre un 2.9 a 7.1% durante la polimerización libre, generando fuerzas de contracción dentro de la resina de hasta 7MPa [22].

F.- Compensación para la contracción por polimerización:

a.-Flujo:

Durante la polimerización, la deformación plástica o flujo de la resina ocurre y puede ser parcialmente compensada por la fuerza de encogimiento inducida [22]. Esta deformación plástica irreversible toma lugar durante las primeras etapas de del proceso de polimerización, cuando la fuerza de contracción excede el límite elástico de la resina [22]. A medida que la polimerización avanza, la contracción y el flujo disminuyen debido a que la rigidez aumenta [34]. Las resinas compuestas fotocuradas de polimerización rápida exhiben menor flujo relacionado a la liberación de fuerzas, las resinas

compuestas autocuradas proporcionan una unión adhesiva a dentina con mayor tiempo de sobrevivencia [22].

Al polimerizar una resina está tratará de contraerse, pero como está adherida a las paredes cavitarias (superficie adherida) no podrá hacerlo y utilizará como lugar de escape de tensiones la superficie de la restauración (superficie libre). La resina se contre entonces hacia las paredes de la cavidad y no hacia la fuente de luz [31]. Entonces cada pared "tira" para su lado generando un juego de tensiones donde la pared con el más bajo valor de adhesión sufrirá el despegamiento de la restauración [31].

El factor C es un concepto que analiza el riesgo de las preparaciones o cavidades de sufrir desadaptación marginal por contracción de polimerización [31]. Se define al factor C como la relación directamente proporcional a la superficie libre de la cavidad e inversamente proporcional a la superficie adherida de material al área dentaria; siendo el estrés de polimerización proporcional al factor C, es decir, al existir mayor superficie de material adherido a la superficie cavitaria durante el proceso de fotocurado mayor será el estrés de polimerización [31, 33]. Por lo tanto, índices de factor C iguales a 1 o cercanos a este valor, actuarán reduciendo dicho estrés [31, 33].

b.- Expansión higroscópica

En circunstancias clínicas, la contracción por polimerización puede ser reducida por la absorción de fluido por la resina, produciendo en ella un aumento de volumen, compensando la fuerza elástica residual [22]. La configuración de la cavidad determina la efectividad de este mecanismo de compensación [22].

c.- Elasticidad

Si el enlace resina–diente permanece intacto, la rigidez final de una resina puede jugar un rol compensador en el movimiento debido a la fuerza de contracción por polimerización remanente [22].

Las resinas compuestas con un alto contenido de relleno tienen un mayor modulo de elasticidad, el cual reducirá la contracción volumétrica, pero tiene una fuerza de contracción remanente más alta, lo cual puede afectar la interfase dentina – resina [22].

G.- Sitio de polimerización inicial

La contracción de polimerización ocurre hacia la fuente de luz en las resinas compuestas fotoactivadas, por el contrario en las resinas compuestas autocurables la polimerización se inicia en el centro del material [22, 25].

H.- Coeficiente de expansión térmica y conductividad térmica

Debido a que el coeficiente de expansión térmica de la resina es cuatro veces mayor al de la estructura dentaria, cualquier restauración de resina sufrirá la formación de una brecha marginal [22, 34].

La transferencia de temperatura a través de las restauraciones de resina compuestas es más lenta y la proporción del cambio de temperatura es menor que en las restauraciones de amalgama [22].

I.- Transmisión de esfuerzos a través de la interfase restauración – diente

La unión adhesiva entre un material restaurador y el diente tienen un rol biomecánico en la distribución de fuerzas funcionales a través de todo el diente

[17]. Una verdadera unión transmitirá la fuerza aplicada a la restauración hasta la estructura dentaria remanente fortaleciéndola [22].

El desplazamiento y la flexión de cúspides puede compensar la fuerza de contracción en restauraciones posteriores de resina compuesta de clase 2, pero la contracción por polimerización puede inducir a la fractura cúspidea [22]. En general, los grandes esfuerzos masticatorios reducen la longevidad de las restauraciones adhesivas [22].

J- Biocompatibilidad

Entre los aspectos fisicoquímicos de la dentina y de las resinas compuestas se debe considerar la compatibilidad pulpar. La diseminación de moléculas de monómero residual hasta la cámara pulpar vía túbulos dentinarios involucra un grado significativo de citotoxicidad aún en bajas concentraciones [22].

Estudios de biocompatibilidad *in vivo,* han demostrado que las resinas compuestas, ya sea completa o parcialmente curadas causan poca irritación si las cavidades son selladas para evitar el ingreso de bacterias desde el medio oral [22, 25, 35].

Cuando ocurre la pérdida de adhesión, los esfuerzos térmicos y mecánicos sobre la restauración ejercen una acción de bombeo sobre el fluido de la brecha, comprimiendo irritantes o toxinas bacterianas dentro de los túbulos [22, 35, 36].

Tradicionalmente se ha evitado el uso de ácidos en dentina vital debido al temor de la irritación pulpar, existe confusión sobre la función protectora de la capa de desecho, y la ausencia de eficacia de los agentes adhesivos [22, 35, 37]. Se ha reportado que el grabado ácido de la dentina causa reacciones pulpares

cuando la dentina remanente es menor a 1 mm de espesor, otros estudios han mostrado que el grabado ácido no tiene efectos secundarios [22].

2.2.1.2 Adhesión a la dentina

La dentina es un tejido conectivo parcialmente mineralizado (70 – 75%), con elevado contenido de materia orgánica y agua [2, 8]. La adhesión a la dentina, es un proceso dinámico, su heterogeneidad estructural, la presencia de fluido dentinal y la baja energía superficial son algunas de las particularidades que hace de este tejido un substrato adherente especial para los sistemas adhesivos [8, 23, 26, 29, 30].

La relación agua–fibras colágenas es inversamente proporcional, es decir, el contenido de agua aumenta a medida que la dentina es más profunda, mientras disminuye el porcentaje de fibras de colágeno. Tomando en cuenta la morfología dentinaria, se sabe que los fenómenos adhesivos se generaran de manera ideal en la dentina superficial y media, porque en la dentina profunda el porcentaje de agua es mayor, lo cual no favorece a una adhesión efectiva, debido a que la unión micromecánica se produce con la red colágena, previa desmineralización [8, 35].

Actualmente los adhesivos dentinarios han alcanzado niveles de adhesión que se aproximan a los del esmalte logrando un nivel predecible de éxito clínico [22]. Los adhesivos aparecidos hacia el final de los años 70, no eran realmente tal cosa, aunque su fuerza de adhesión a esmalte era alta, en la dentina era baja (2MPa) [38], al comienzo de los años 80 aparece una segunda generación la cual trata de usar la capa de desecho como sustrato para la adhesión obteniendo niveles de adhesión de 2 a 8 MPa [38], al final de esta década aparecen los sistemas multicomponentes alcanzando una fuerza de unión a dentina de 8 a 15 MPa [38], al comienzo de los 90, los adhesivos de 4 generación (multicomponentes) transforman la odontología al

obtener una fuerza de adhesión de hasta 25 MPa, con la aparición de estos nuevos adhesivos la fuerza de adhesión ha mejorado notablemente, los adhesivos de 5 generación (monocomponentes) alcanzan valores de adhesión de 20 a 25 MPa [38].

A.- Clasificación de los sistemas adhesivos

La clasificación más empleada en el medio científico–tecnológico se basa en la aparición cronológica del sistema adhesivo en el mercado odontológico, se considera que existen siete generaciones [8, 38], sin embargo esta clasificación no permite que los sistemas adhesivos sean categorizados con un criterio objetivo y científico [8]. Otra clasificación hace referencia al número de pasos clínicos y constitución física del sistema adhesivo: multibotes o multicomponentes y monobotes o monocomponentes [8].

Van Meerbeek[8] clasificó los adhesivos en base a la estrategia o mecanismo de adhesión utilizado para promover la adhesión dental, dividiendo a los sistemas adhesivos en:

- Sistema adhesivos convencionales.
- Sistemas adhesivos autograbadores.
- Vidrios ionoméricos.

a. Sistemas adhesivos convencionales

Utilizan la técnica de grabado total como mecanismo acondicionador de la estructura dental. En el esmalte se realiza el acondicionamiento ácido, la eliminación de humedad y la aplicación del adhesivo, éste gracias a su baja tensión superficial, pequeño ángulo de contacto, capacidad humectante y capilaridad penetra en las grietas micrométricas creadas por el ácido, formando así los macro – microtags de resina [8, 22].

La adhesión a dentina ocurre por mecanismos diferentes, cuando se aplica ácido ortofosfórico 35% durante 15 segundos sobre la dentina, éste es capaz de eliminar el barrillo dentinal que se produce durante la preparación cavitaria y desmineralizar entre 4 – 11 micras (en profundidad) la superficie dentinaria, es decir, el agente acondicionador actúa eliminando parcialmente la hidroxiapatita que cubre las fibrillas de colágeno, dejándolas libres (disminuye el módulo de elasticidad, aumenta la flexibilidad y movilidad), estableciéndose lo que se denomina red colágena, una vez que ha sido lavada la superficie dental y se ha eliminado el ácido y el exceso de humedad, se aplica el primer y el adhesivo, por separado, si es un sistema multicomponente o se aplican simultáneamente, si se trata de un sistema monobote o monocomponente [8]. El adhesivo se infiltrará en la red colágena y una vez polimerizado creará un sistema de interdigitación (traba micromecánica) entre ambos substratos adherentes, este fenómeno de imbricación entre el adhesivo, proteínas colágenas – no colágenas y el componente inorgánico de la dentina es lo que Nakabayashi en 1982 describe como capa híbrida [8, 35].

1. Sistemas multicomponentes

Se denominan sistemas multicomponentes, aquellas presentaciones comerciales de adhesivo convencionales que están constituidos por más de un bote (Ej.: Optibond (Total – Etch) – Kerr, Permagen – Ultradent, Permaquik – Ultradent, Scochtbond Multi - Purpose – 3M, Super Bond – Sun Medical) [8].

En este el primer se encuentra separado del adhesivo, con la finalidad de asegurar la eficiente mojabilidad de las fibras de colágeno que han

sido expuestas previamente por el agente acondicionador, transformar el estado hidrofílico de los tejidos en hidrofóbico y facilitar la entrada del adhesivo entre los canales interfibrilares, una vez terminada la imprimación se aplica el adhesivo que deberá rellenar todas las irregularidades creadas por el agente acondicionador y sellar todos los túbulos dentinarios que fueron abiertos previamente por el ácido [8].

Entre las ventajas de los sistemas adhesivos multicomponentes se destacan:

- Técnica menos sensible: Permite la aplicación por separado del agente acondicionador, primer y el adhesivo [8].
- Proveen adhesión efectiva a esmalte y dentina (*in vivo / In Vitro*) [8].
- Proporcionan mayor fuerza de adhesión a esmalte, en comparación con los sistemas monocomponentes y autograbadores [8].
- Se reconocen como los adhesivos más eficaces [8, 12].
- Permite la incorporación de nanopartículas que mejoran las propiedades físicas del sistema adhesivo, además, estas micropartículas actúan como un componente de absorción de estrés residual y reforzando la red colágena [8].

Con respecto a las desventajas:

- Existe mayor riesgo de sobredesmineralizar la dentina [8, 12, 39].
- Necesidad de mayor tiempo clínico [8].
- Posibilidad de contaminar la estructura dental, porque se deben llevar a cabo varias fases clínicas [8].
- Mayor riesgo de sobresecar el tejido dental o que exista exceso de humedad en el substrato adherente [8, 12, 35, 39].

2. Sistemas monocomponentes

Los sistemas adhesivos monocomponente o monobotes, son aquellos donde el primer y el adhesivo se han incorporado a través de diferentes procesos químicos y físicos en un solo envase (Ej.: Excite – Vivadent, One Coat Bond – Coltene, One Step – Bisco, Prime Bond NT, Syntac Sprint – Vivadent, Syntac Single Component – Vivadent, Single Bond – 3M) [8].

Ventajas de los sistemas monocomponentes:

- Reducción del tiempo de trabajo, en comparación con los sistemas multicomponentes, porque se elimina un paso clínico [8, 12, 26].
- Posibilidad de presentación en monodosis: Asegura la composición estable del adhesivo y la evaporación controlada del solvente [8].
- Ayuda a disminuir las infecciones cruzadas, porque permite realizar una aplicación más higiénica [8].
- Permite la incorporación de nanopartículas, que actúan mejorando las propiedades físicas del adhesivo, además refuerzan la red colágena y favorecen la disminución de fracturas adhesivas y cohesivas de la capa híbrida [8].

A pesar que estos sistemas son de alta tecnología, presentan algunas desventajas, entre las más importantes:

- El uso de estos sistemas adhesivos, no necesariamente implica la reducción del tiempo clínico, porque algunas presentaciones comerciales ameritan de la aplicación de varias capas (Prime Bond NT – Dentsply), con la finalidad de obtener una capa adhesiva con un grosor suficiente [8].

- Técnica más sensible, porque amerita la aplicación de varias capas [8, 12, 32].
- Existe mayor riesgo de crear una capa de adhesivo muy fina, que no posea la capacidad de absorción de estrés residual o que ocurra una polimerización incompleta debido a la inhibición por oxígeno [8, 12].

b. Sistemas adhesivos autograbadores

Utilizan monómeros ácidos que acondicionan, imprimen y se adhieren al tejido dental [8].

Estos sistemas se comercializaron a principio de los años 90. Al inicio se emplearon sólo como un sistema acondicionador de la dentina porque su capacidad de adhesión al esmalte era pobre. Hoy en día, se cuenta con formulaciones químicas que son capaces de actuar de manera efectiva tanto en esmalte como en la dentina [8].

La primera generación de sistemas autograbadores se utilizaban siguiendo dos pasos clínicos [8]. El primero consistía en la aplicación de una sustancia acondicionadora sobre tejido dental (ácido cítrico, maléico, nítrico), no lavable que después de actuar durante 15 - 30 segundos se inactivaba y el segundo paso clínico consistía en la aplicación propiamente dicho del adhesivo (Ej.: Clearfil Liner Bond - Kuraray, Clearfil SE – Kuraray, Syntac – Vivadent, Optibond – Kerr, F2000 – 3M, Scothbond 2 – 3M) [8].

La segunda generación de adhesivos autograbadores son los denominados “todo en uno”, es decir, el agente acondicionador, el primer y el adhesivo se encuentran mezclados químico y físicamente en un sólo bote o envase, por lo tanto desde el punto de vista clínico, amerita solo un paso,

que consiste en la aplicación directa de una o múltiples capas del adhesivo sobre el tejido dental a tratar (Ej.: Ecth & Prime 3.0 – Degussa, One Up Bond – Tokuyama, Prompt L Pop 1, 2 – 3M / ESPE, Xeno III – Dentsply) [8].

Estos sistemas adhesivos también han sido clasificados de acuerdo a la acidez de los compuestos que los constituyen, en moderados y fuertes (Moderado: Ph: +/- 2. Fuerte: Menor o igual a 1), cabe destacar que esta diferencia en el pH influye directamente en la capacidad de desmineralización del sistema adhesivo, es decir, a menor pH mayor será la capacidad de desmineralización del adhesivo [4, 8].

El mecanismo de adhesión de los sistemas autograbadores, se basa en el fenómeno de hibridación dentinal al igual que los sistemas adhesivos convencionales, además de la modificación, transformación e inclusión del barrillo dentinario en la capa híbrida [8, 12], con la diferencia que los tags de resinas que se logran obtener con el uso de los sistemas autograbadores son más cortos y de menor diámetro que los obtenidos con los sistemas convencionales y que las fibras de colágeno no son totalmente desprovistas de la hidroxiapatita que las cubre [8].

Según algunos estudios, los monómeros funcionales (grupos carboxílicos o fosfatos) de los sistemas autograbadores moderados (pH: +/- 2: Adhesivos 4 – Meta, Clearfil Liner Bond – Kuraray, F2000 – 3M, Imperva Bond – Shofu, One Up Bond F - Tokuyama), son capaces de interactuar molecularmente con la hidroxiapatita y establecer un enlace interatómico perdurable [8].

Este mecanismo de adhesión es menos agresivo que aquellos que utilizan la técnica de grabado ácido convencional, al parecer, permiten un sellado

eficaz de los túbulos dentínales y márgenes cavitarios durante más tiempo (*In Vitro*), porque gracias a la interacción química entre la hidroxiapatita y el monómero mejora significativamente la resistencia al proceso de degradación hidrolítica del adhesivo y asegura una posición estable del mismo [8, 25].

Un aspecto importante a tomar en cuenta es el grosor de la capa del adhesivo que se logra obtener después de aplicar un sistema autograbador moderado, menor a la que se obtiene cuando se emplea un sistema adhesivo convencional [8].

Su efectividad adhesiva es igual o inferior a los sistemas adhesivos convencionales, auque no existen estudios a largo plazo que garanticen una adhesión duradera, principalmente sobre esmalte, por otra parte, se sugiere que con los sistemas autograbadores de última generación (Ej.: Xeno III – Dentsply, One Up Bond F - Tokuyama), se obtienen fuerzas de adhesión superiores en comparación con sistemas anteriores, aunque no existen estudios concluyentes al respecto [8, 32].

Según Blunck, el grosor de la capa adhesiva es un factor secundario en los sistemas autograbadores, porque su mecanismo de adhesión principal se basa en la disolución, transformación e incorporación del barrillo dentinario como parte funcional de la zona de hibridización dentinal y en la interacción molecular entre la hidroxiapatita remanente y el monómero adhesivo [8]. Con la finalidad de aumentar el grosor de la capa híbrida se ha propuesto la adición de nanopartículas a estos adhesivos [8].

Los sistemas adhesivos con pH menor o igual a 1 (Ej.: Prompt L Pop – 3M / ESPE, Non Rinse Conditioner & Prime Bond NT – Denstply), actúan

de manera similar a los sistemas convencionales, es decir, cuando se aplica este tipo de sistema adhesivo, se elimina casi totalmente la hidroxiapatita que recubre la fibrilla colágena, por lo tanto, se sugiere que no existe una reacción química entre la hidroxiapatita remanente y el monómero resinoso, en este caso, el fenómeno de adhesión ocurre porque el monómero ocupa el espacio creado por el agente acondicionador (microporosidades) y a través del sistema de resin tags (imbricación entre el adhesivo y el substrato adherente), se establece la traba mecánica [8].

Los sistemas autograbadores no solamente simplifican la técnica clínica, también disminuyen la sensibilidad de la técnica en comparación con los sistemas convencionales [8, 15]. Entre otras ventajas de estos sistemas se destacan:

- Desmineralización e infiltración de resina simultánea [8, 12, 32].
- Posibilidad de monodosis: Permite el control de la evaporación del solvente y así mantener la composición estable del adhesivo [8].
- Adecuada interacción monómero – colágeno [8].
- Efectivo desensibilizador dentinal [8, 32].
- Menor importancia a la humedad dentinal [8].
- Disminuye el riesgo de las infecciones cruzadas [8].

Con respecto a las desventajas tenemos:

- Insuficientes estudios (*In Vitro* / *In Vivo*) a largo plazo [8].
- La fuerza de adhesión que se logra en el esmalte es suficiente, pero es inferior a la que se obtiene con los sistemas adhesivos convencionales (grabado total) [8, 32]. Se ha sugerido realizar un grabado previo de la superficie del esmalte para obtener mejores niveles de adhesión [40].

B. Acondicionamiento de la dentina

El acondicionamiento de la dentina puede ser definido como cualquier alteración química de la superficie dentinaria mediante ácidos o un quelante de calcio con el objetivo de remover la capa de desecho y simultáneamente desmineralizar la superficie dentinaria [22, 31]. Los acondicionadores son usados como paso inicial en la aplicación clínica de los sistemas de grabado total y por lo tanto, aplicados simultáneamente al esmalte y dentina [22, 41].

Además de remover la capa de desecho, este proceso de desmineralización superficial expone un armazón microporoso de fibrillas colágenas incrementando la microporosidad de la dentina intertubular [12, 22, 35].

La profundidad de la desmineralización parece ser dependiente de la distancia entre los túbulos, mientras más cercanos, más profunda es la desmineralización [22].

Después del acondicionamiento, el mantener una superficie dentinaria húmeda es esencial para una adhesión óptima con adhesivos hidrofílicos [22]. La desecación puede ocasionar un colapso de la red de colágeno sin soporte evitando una adecuada humectación e infiltración de resina, un exceso de agua pueden diluir al imprimador y volverlo menos efectivo [22].

C. Imprimadores

Sirven como agentes de promoción de la adhesión existente y contienen monómeros hidrofílicos disueltos en solventes orgánicos como la acetona y el etanol que debido a sus características volátiles, pueden desplazar agua desde la superficie dentinaria y la red de colágeno húmeda, promoviendo la infiltración de monómeros a través de diminutos espacios de la red de colágeno expuesta [12, 22, 24, 25, 36]. Los imprimadores efectivos contienen monómeros con

propiedades hidrofílicas que tienen afinidad por el ordenamiento de las fibrillas de colágeno expuestas y propiedades hidrofóbicas para la copolimerización con resinas adhesivas [22, 25]. El objetivo de la imprimación es transformar la superficie dentinaria hidrofílica en un estado hidrofóbico y esponjoso que permita que la resina adhesiva se humecte y penetre a la red de colágeno expuesta [22].

La acetona por su baja temperatura de ebullición (56.5C°) cuando es comparada con el etanol (78.3C°) y el agua (100 C°), además de ser más volátil consigue remover el agua de la dentina previamente acondicionada. Esta volatilidad puede causar problemas, a medida que el adhesivo se va utilizando el solvente se vapora cambiando la relación monómero-solvente [36]. Los sistemas adhesivos de agua garantizan un rehumedecimiento de la dentina, además de presentar una mayor estabilidad, sin embargo presentan más bajos niveles de adhesión [36]. Puede especularse que el uso de etanol como solvente brinde más estabilidad debido a su volatilidad media entre la acetona y el agua [36].

D. Resina adhesiva

También llamada *agente de enlace,* esta formada por monómeros hidrofílicos, como el bis-GMA y UDMA como un regulador de la viscosidad y el HEMA como un agente humectante. El principal rol de la resina adhesiva es la estabilización de la capa híbrida y la formación de extensiones de resina dentro de los túbulos dentinarios [22].

Debido a que una capa es inhibida por oxígeno durante la polimerización, esta capa ofrece suficientes enlaces dobles MMA para la copolimerización de la resina adhesiva con la resina restauradora [22].

E. Estrategias de adhesión

Actualmente se emplean tres estrategias de adhesión. La primera modifica la capa de desecho y la incorpora a la adhesión, se basa en el concepto que la capa de desecho proporciona una barrera natural de protección a la pulpa, protegiéndola contra la invasión bacteriana y limitando el flujo externo de fluido pulpar que puede deteriorar la eficiencia de la adhesión [22, 25, 30, 42].

La segunda estrategia elimina por completo la capa de desecho utilizando la técnica de grabado total, esta estrategia combina la hibridización y la formación de las proyecciones de resina [22, 25]. Esta técnica tiene la ventaja de controlar mejorar la microfiltración y lograr un aumento de las microretenciones, principalmente donde no existe esmalte en los márgenes de la restauración [30, 31].

La tercera estrategia es una mezcla de las dos anteriores, disuelve la capa de desecho y simultáneamente desmineraliza superficialmente la dentina, mediante el uso de imprimadores ligeramente ácidos o imprimadores autograbadores que desmineralizan parcialmente la capa de desecho y la superficie dentinaria subyacente sin desobstruir los túbulos [22, 25].

a. Hibridización:

Actualmente se acepta que la adhesión dentina-resina es efectiva debido a la formación de la capa híbrida. La hibridización ocurre después de una desmineralización inicial de la superficie dentinaria con un acondicionador ácido exponiendo la red de colágeno con microporosidades interfibrilares que subsecuentemente se vuelven interdifusas con monómeros de baja viscosidad, esta zona, en donde la resina del adhesivo se traba

micromecánicamente con el colágeno dentinario es llamada capa híbrida [8, 22, 25, 31, 35, 42, 43].

Morfológicamente la capa híbrida se divide en tres zonas [8, 22].

- ***Cuerpo principal:*** Es el área más extensa y superficial, esta limitada periféricamente por el tejido dental [8, 22].
- ***Zona tubular o de penetración transdentinal:*** Es el tag de resina propiamente dicho, éste puede medir entre 3 a 11 micras. Se reconoce como la unidad morfofuncional de la capa híbrida, porque es la zona de la cual depende principalmente la retención micromecánica del adhesivo, además es la encargada de sellar los túbulos dentinales e impedir la posterior contaminación del substrato dentinal; por lo tanto, esta zona guarda relación directa con el complejo dentino – pulpar [8, 22].
- ***Zona tubular – lateral o de penetración intradentinal:*** Se refiere a los microtags de resina que se forman lateralmente a los tags principales, son pequeñas ramificaciones de las interdigitaciones de resina de mayor diámetro [8, 22, 42]. La zona de penetración intradentinal es una microversión de la capa híbrida [8, 22].

b. Formación de proyecciones de resina

Las proyecciones de resina o "tags" son cordones que penetran en los canalículos dentinarios permitiendo una adhesión mecánica, existiendo una correlación directa entre el tag y la fuerza de adhesión [43]. Dependiendo del tipo de resina y adhesivo utilizado, puede haber, además, penetración a nivel de los canales laterales; por lo tanto su formación se relaciona con el tipo de material utilizado, la forma de aplicación y el tipo de acondicionamiento ácido aplicado [43].

Cuando es preparada una dentina más profunda los valores de adhesión descienden y la dentina intertubular ocupa menos área del total del enlace, la presencia de dentina intertubular es más importante que el desarrollo de proyecciones de resina en el proceso de adhesión [22].

2.2.2 Histología de la dentina:

La dentina es un tejido conectivo parcialmente mineralizado (70 – 75%), con elevado contenido de materia orgánica (principalmente colágeno tipo I, IV, V) y agua [2, 8].

Esta constituida anatómicamente por túbulos que se extienden desde la pulpa hasta la unión amelodentinaria, que contienen el proceso odontoblástico y forman entre sí un substrato microporoso [8, 30].

La matriz dentinal propiamente dicha está compuesta por fibras colágenas, hidroxiapatita, glicosaminoglicanos, factores de crecimiento, proteínas osteogénicas, entre otros componentes trazas [8, 30].

Los túbulos dentinarios mantienen la comunicación con el tejido pulpar y son ocupados de manera parcial por los procesos odontoblásticos [2, 44]. Un fluido de origen pulpar ocupa el interior de los túbulos con un flujo lento y continuo. Es por ello que la humedad es un factor constante en la dentina, la cual es muy importante en la adhesión [2, 27].

Histológicamente existen varios tipos de dentina, la dentina intratubular es un anillo hipermineralizado que rodea los túbulos dentinarios los cuales son llenados de fluido dentinal, se caracteriza por su riqueza de cristales de hidroxiapatita y por su carencia o escasa cantidad de fibras colágenas, a diferencia de la dentina intertubular que se compone principalmente de colágeno sobre el cual se deposita la hidroxiapatita [8, 45].

Anatómicamente, la dentina se divide en superficial que es la dentina más cercana al límite exterior, formada por una menor cantidad de agua, de túbulos y mayor porcentaje de colágeno, a diferencia de la dentina profunda que posee mayor contenido acuoso y tubular y un menor porcentaje de colágeno, por lo tanto, se considera que la disposición y organización de la dentina varía de acuerdo a la región del diente y su proximidad al tejido pulpar [8, 25].

La dentina radicular posee características diferentes a la dentina coronal, entre las que encontramos que la densidad tubular varía de 45 000 mm^2 a 15 000 – 20 000 mm^2 a nivel coronal, mientras que en la dentina radicular encontramos una variación de 4 900 a 57 000 mm^2, existiendo una progresión decreciente desde la corona en dirección apical, donde el número de túbulos dentinarios en la periferia de la dentina es más constante que dentro de la raíz [9, 45]. El grosor de los túbulos dentinarios varía, siendo más anchos en la proximidad de la pulpa (4μm de diámetro) y más estrechos en la periferia (1.7 μm de diámetro), por lo tanto el porcentaje de dentina que ocupa la dentina intertubular en la periferia es de 96% y del 12% en la cercanía de la pulpa dental; de la misma manera el porcentaje del área ocupada por los túbulos dentinarios abiertos en la periferia es de 1-3% mientras que en el canal pulpar es de 22-25% [8, 28, 45].

Cerca de la pulpa el espesor de la dentina intertubular es de 400nm y a nivel del LAD es de 750nm, esto determina el índice de permeabilidad dentinaria, el cual es mayor cerca de la pulpa y los cuernos pulpares, sin embargo, la dentina radicular es menos permeable que la dentina oclusal [9, 22]. Las diferencias regionales en la permeabilidad de los túbulos dentinarios, puede deberse a irregularidades en la luz de los túbulos, producido por depósito de minerales o de colágeno intratubular [45].

En la dentina radicular encontramos la Zona granulosa de Thomes paralela al limite cemento-dentina, está formada por gruesos haces de fibras colágenas de la zona más periférica de la dentina radicular [45].

Los túbulos dentinarios también presentan variaciones mientras que a nivel de la dentina coronaria siguen un trayecto doblemente curvo en forma de "S" itálica, en la zona radicular sólo poseen una curvatura poco pronunciada, mientras que a nivel apical son prácticamente rectos [45].

La aposición de dentina radicular es más lenta en la raíz en relación a la corona, las líneas incrementales se encuentran separadas por una distancia de 6μm en la corona y de 3.5μm en la raíz, sin embargo ambas poseen un patrón de mineralización, pero con calcoferitos más pequeños en la raíz [45].

2.2.3 Adhesión a la dentina radicular

La adhesión en la dentina del canal radicular, es probablemente la situación clínica más desfavorable en lo que a adhesión se refiere [4, 46].

Varios factores pueden afectar las cualidades adhesivas de la dentina radicular como la disposición, nivel y densidad de los túbulos dentinarios, el tratamiento endodóntico anteriormente recibido, el tiempo transcurrido entre este tratamiento y la restauración final, el uso de Eugenol, contracción de polimerización además del difícil acceso al canal radicular entre otros factores [42].

Ferrari menciona que el uso de ácido ortofosfórico al 31% por 15" genera un aumento de la permeabilidad de la dentina, la cual se incrementa en 200% a nivel del tercio coronal, 150% en el tercio medio y 113% en el tercio apical; favoreciendo la aplicación de cualquier sistema adhesivo [4, 11, 46].

La disposición de los túbulos dentinarios y densidad tubular son importantes en la adhesión, los túbulos del canal radicular se encuentran aproximadamente a 90° con relación a la pulpa [9, 42, 45]. Mannocci estudió esta relación existente entre densidad tubular y la fuerza de adhesión, concluyó que la densidad tubular es inversamente proporcional con la fuerza de unión, es decir que aumenta con la disminución de la densidad [9].

Los procedimientos endodónticos realizados antes de la cementación de los postes pueden variar la adhesión [2, 47]. Nikaido et al. reportaron que los irritantes endodónticos como el hipoclorito de sodio al 5% o el agua oxigenada a l3% u otras combinaciones reducen significativamente la fuerza de unión de la resina a la dentina coronal [2]. Recientemente Morris demostró que la fuerza de unión en el canal radicular se ve reducida si la dentina es tratada previamente con NaOCl al 5% o 15% EDTA/10% peroxido de urea [2].

El tiempo transcurrido posteriormente al tratamiento de endodoncia, es otro factor a tomar en cuenta debido a que genera una desnaturalización del colágeno directamente proporcional al tiempo de haber realizado el tratamiento de conducto. Lo cual significa que el porcentaje de éxito para realizar procedimientos adhesivos disminuye en un 20% en aquellos dientes que han recibido un tratamiento endodóntico hace más de 10 años, comparado con un diente recientemente tratado en el que el porcentaje de éxito disminuye en 8 – 10% [4, 44].

La contaminación de la dentina con restos de eugenol puede afectar también la adhesión mediante un incremento de la rugosidad de la superficie y reducción en la microdureza de la resina, disminución en la resistencia transversal y en la estabilidad del color de las resinas, aumento del espesor de la brecha agente adhesivo-diente y reducción de la fuerza de adhesión de la resina al tejido dentinario y del adaptado

marginal [48, 49]. A nivel de la dentina radicular la liberación y concentración de eugenol que provienen del cemento sellador es de aproximadamente 10 a 2 mol/l. Los selladores endodónticos con compuestos eugenólicos al estar en contracto prolongado con la dentina radicular conllevan a la concentración de eugenol en este tejido y al tiempo de curado prolongado de estos materiales aumentan la probabilidad de penetración en los túbulos dentinarios [2, 48-50]. También se han reportado alteraciones en la fuerza de adhesión cuando se utilizan materiales que facilitan la desobturación de los conductos [51] y por las diversas medicaciones usadas en el tratamiento endodóntico previo [52]. El uso de fresas, alcohol, cloroformo, EDTA o ácido ortofosfórico al 37% pueden ayudar a disminuir el efecto negativo del eugenol [35, 48].

La dificultad más grande, sin embargo, es lograr un buen acceso para lograr una polimerización efectiva y una completa impregnación del agente cementante sin la formación de burbujas, Ferrari realizó un estudio para evaluar la eficacia de los diferentes aditamentos para lograr una mejor impregnación en la dentina radicular, concluyendo que el empleo de microbrochas permite una obtener una mejor y más uniforme capa híbrida, además de una adhesión más predecible a lo largo del canal radicular [53]. En lo referente a la dificultad de lograr una adecuada polimerización, la reciente aparición de postes de fibra de vidrio transmisores de luz, representan una atractiva alternativa de solución a este problema [54].

2.2.4 Test mecánicos para la evaluación de los sistemas adhesivos

El éxito clínico de una restauración, se basa en el sellado marginal que proporciona el material restaurador en los márgenes de la preparación cavitaria [15]. En el caso de las restauraciones en que se utiliza una combinación de resinas compuestas y sistemas adhesivos el buen sellado está restringido a la capacidad del material para resistir los

esfuerzos mecánicos inmediatos dependientes de su propio mecanismo de curado, y los tardíos debido a las acciones fisiopatológicas del aparato estomatológico [15].

La búsqueda de un material restaurador adhesivo ideal para las estructuras dentarias se refleja en la constante introducción de nuevos productos al mercado odontológico, como consecuencia de la evolución tecnológica y el mejoramiento de los conocimientos [55]. La velocidad de producción de datos analíticos, principalmente clínicos, no siempre acompaña a esta velocidad de renovación y sustitución de productos, los estudios de laboratorio inmediatos son incompletos y no permiten una evaluación global y su respectiva extrapolación para predecir el comportamiento clínico de los materiales [12, 15, 55].

Los trabajos clínicos consumen un mayor tiempo para obtener resultados, además demandan un análisis más completo de los factores asociados y dependen de una evaluación por un comité de ética, por esta razón, los test de laboratorio son particularmente usados por los fabricantes, pues en corto tiempo evalúan sus materiales y pueden corregir deficiencias e implementar mejorías [55, 56].

Retief, considera que la evaluación de adhesivos en el laboratorio es importante para obtener un análisis previo de la necesidad de llevar a cabo un estudio clínico, mucho más oneroso y dispendioso en términos de tiempo, un sistema adhesivo que no se muestre provisorio en los estudios de laboratorio difícilmente tendrá un buen desempeño en el medio bucal [55].

Evaluar el comportamiento fisicomecánico de las interfases establecidas por los sistemas adhesivos en el sustrato dentinario constituye un recurso importante, que sumado a otros experimentos *In Vitro* e *In Vivo*, contribuyen con la elaboración de un pronóstico restaurador, aceptable o no [15, 55].

Los test mecánicos de laboratorio utilizados para evaluar los adhesivos, se basan en la aplicación de fuerzas de dislocamiento con la intención de simular los esfuerzos sufridos por la restauración en el medio bucal [55]. Las fuerzas de tensión ejercidas sobre los dientes y restauraciones clínicas son de naturaleza compleja, por tanto, ningún test simula adecuadamente las fuerzas bucales [55]. Los test de tracción y cizallamiento están entre los test más utilizados, por ser menos complejos [15, 27, 55].

2.2.4.1 Test de microtensión:

Este test fue desarrollado hace más de una década por Sano, permite evaluar la resistencia adhesiva en áreas muy pequeñas (0.5 a 2 mm^2), de esta manera se obtienen datos de fallas exclusivamente adhesivas, permitiendo un análisis real de la resistencia de unión entre el material y la estructura dentinaria [12, 15, 57].

Un grupo importante de trabajos demostraron que la reducción del área en el test (< 2.0 mm^2), resultaba proporcionalmente superior, la fractura de los especímenes ocurría en su totalidad por fallas adhesivas [27, 32, 55, 57, 58].

Sano al emplear el adhesivo Clearfil Liner Bond 2, en áreas entre 7.0 y 12.0 mm^2, encontró una resistencia de unión entre 15 a 20 MPa y algunas fallas cohesivas en la dentina [55]. Cuando redujo el área adhesiva a valores inferiores a 2.0 mm^2, los valores de adheisón aumentaron a 50-60 MPa, y solamente se observaron fallas adhesivas [15, 55].

La interpretación de los resultados de los test de microtensión se basan en la teoría de Griffith (1920) que demostró que la resistencia cohesiva de los cuerpos disminuye con el aumento del volumen del área de sección transversal eso se debe a que los especímenes de mayores dimensiones contienen más defectos estructurales que los de menor área [55].

La interfase adhesiva no es uniforme debido a irregularidades de superficie, presencia de burbujas y variaciones del procedimiento al aplicar el adhesivo. La menor resistencia adhesiva encontrada en áreas adhesivas mayores se debe a que presentan una mayor cantidad de defectos, tanto en la interfase y en los sustratos, determinando puntos de concentración y propagación de tensiones que causan fallas de unión en valores inferiores [55].

Una de las ventajas del test de microtensión es la posibilidad de determinar fallas exclusivas de la interfase adhesiva permitiendo un análisis real de la resistencia de unión entre el material y la estructura dentaria [55]. Además es posible obtener varios especímenes de un mismo diente, permitiendo realizar comparaciones intra e interdientes, la posibilidad de evaluar áreas diminutas favorece la medición de la resistencia adhesiva en sustratos clínicamente relevantes como dentina cariada o esclerótica; finalmente el reducido tamaño de los especímenes facilita el análisis de las superficies con microscopía electrónica de barrido [15, 55, 57, 59].

2.3 Planteamiento del problema

¿Cuál es la fuerza de adhesión *In Vitro* de cinco sistemas adhesivos y un cemento autograbador - autoadhesivo sobre la dentina del canal radicular y coronal superficial?

2.4 Justificación

- La eficacia de los diversos sistemas adhesivos es evaluada en base a su efectividad en dentina coronal sana, muchas veces necesitamos trabajar sustratos variables como lo puede ser la dentina radicular.

- Actualmente existen muchos sistemas adhesivos, es importante evaluar cual de ellos resulta más efectivo en los diferentes niveles de dentina.
- Contar con un estudio que respalde el uso de un sistema adhesivo sobre otro.
- Faltan pruebas que evalúen la efectividad de los diversos sistemas adhesivos sobre la dentina del canal radicular.

2.5 Objetivos de la investigación

2.5.1 Objetivo general

Comparar la fuerza de adhesión de cinco sistemas adhesivos y un cemento autograbador – autoadhesivo en la dentina del canal radicular y coronal superficial.

2.5.2 Objetivos específicos

- Determinar la fuerza de adhesión del adhesivo All Bond 2 sobre la dentina del canal radicular a nivel cervical y medio y la dentina coronal superficial.
- Determinar la fuerza de adhesión del adhesivo One Coat Bond sobre la dentina del canal radicular a nivel cervical y medio y la dentina coronal superficial.
- Determinar la fuerza de adhesión del adhesivo Excite sobre la dentina del canal radicular a nivel cervical y medio y la dentina coronal superficial.
- Determinar la fuerza de fuerza del sistema adhesivo Stae sobre la dentina del canal radicular a nivel cervical y medio y la dentina coronal superficial.
- Determinar la fuerza de fuerza del sistema adhesivo G- Bond sobre la dentina del canal radicular a nivel cervical y medio y la dentina coronal superficial.
- Determinar la fuerza de fuerza del cemento autograbador autoadhesivo MaxCem sobre la dentina del canal radicular a nivel cervical y medio y la dentina coronal superficial.

- Comparar los cinco sistemas adhesivos y el cemento autograbador – autoadhesivo en los diferentes niveles de la dentina del canal radicular con relación a la fuerza de adhesión.
- Comparar los cinco sistemas adhesivos y el cemento autograbador – autoadhesivo en la dentina coronal superficial con relación a la fuerza de adhesión.
- Verificar si existen diferencias en la capacidad adhesiva obtenida entre la dentina del canal radicular a nivel cervical y medio, y la dentina coronal superficial.
- Establecer diferencias entre los sistemas de adhesión.
- Determinar que variantes existen en la adhesión con respecto a los diferentes niveles de dentina.

2.6 Hipótesis:

"Al usar cinco sistemas adhesivos y un cemento autograbador-autoadhesivo existen diferencias en la fuerza de adhesión sobre la dentina del canal radicular a nivel cervical y medio, y la dentina coronal superficial."

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipo de estudio

Se diseñó el presente estudio de tipo experimental, transversal y comparativo.

- **Experimental:** Porque se aplicó la variable independiente y se analizaron los efectos obtenidos.
- **Transversal:** Porque los datos fueron registrados en un momento determinado, luego de la aplicación de la variable independiente.
- **Comparativo:** Porque los datos fueron comparados en base a la aplicación de la variable independiente.

3.2 Muestra

Se utilizaron 42 piezas humanas uniradiculares sanas y 12 terceras molares sanas, extraídas por razones ortodóncicas, con ápice cerrado, la edad del paciente fluctuó entre los 15 y 20 años de edad.

- **Unidad de análisis:** Fue la fuerza de adhesión en la dentina coronal superficial y la dentina del canal radicular a nivel cervical y medio.
- **Unidad de muestra:** Especímenes compuestos por resina interfase adhesiva y la dentina.

3.3 Hipótesis de trabajo

"Existen diferencias estadísticamente significativas en la fuerza de adhesión en la dentina del canal radicular a nivel cervical y medio y la dentina coronal superficial, cuando se utilizan cinco sistemas adhesivos y un cemento autograbador-autoadhesivo"

3.4 Operacionalización de variables

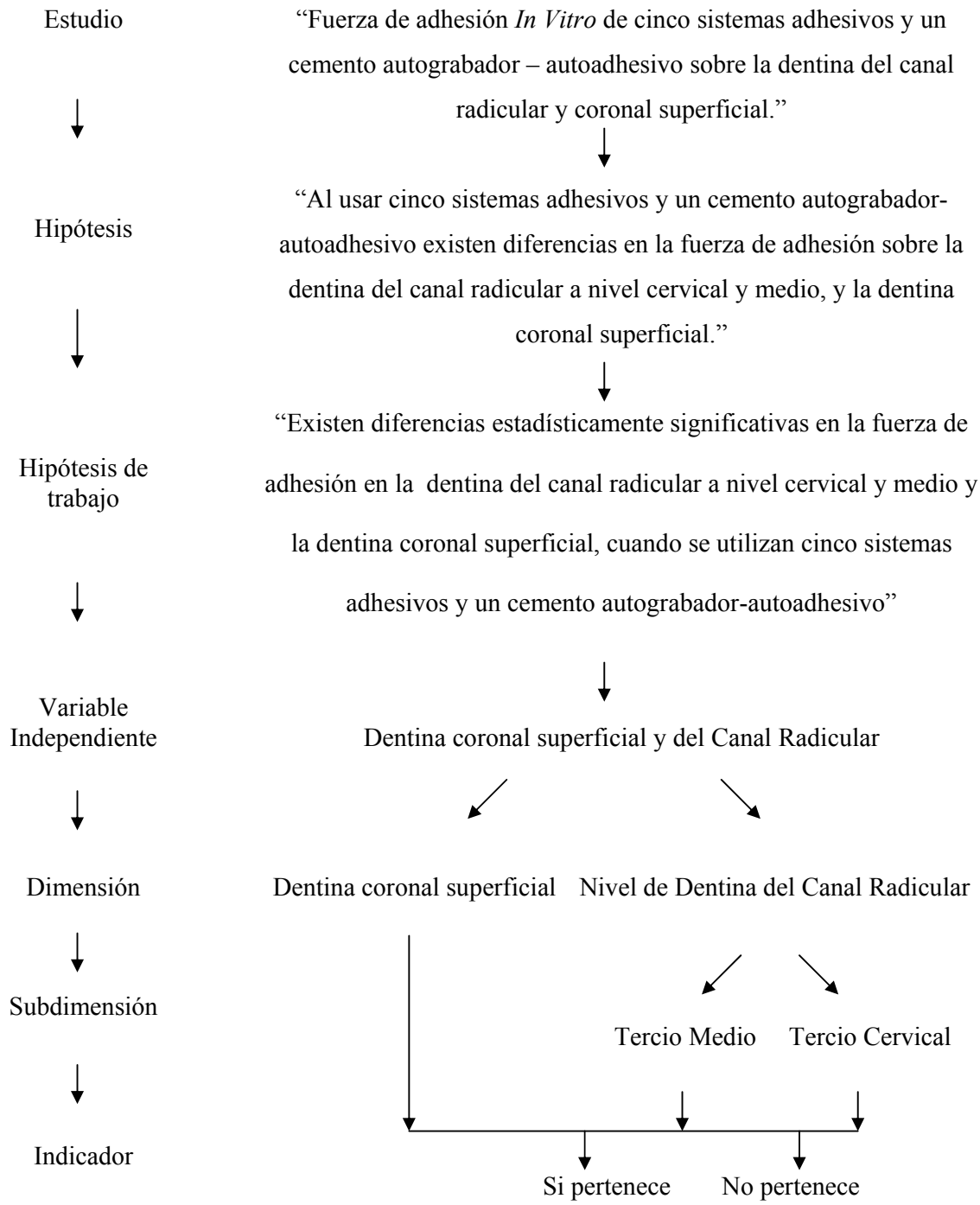
Variable independiente: Dentina del canal radicular y coronal superficial.

Variable dependiente: Fuerza de adhesión de los sistemas adhesivos y el cemento autograbador - autoadhesivo.

- ***Fuerza de adhesión de los sistemas adhesivos:*** Se llama así a la fuerza de unión que existe entre los diferentes sustratos dentarios y la resina cuando se ha utilizado un sistema adhesivo entre ellos.
- ***Nivel de dentina del canal radicular:*** Se llama nivel de dentina radicular a cada una de las partes que se obtiene al dividir a la raíz en tres tercios, cada tercio constituirá un nivel de dentina radicular, a los cuales llamaremos cervical (Tercio más próximo a la corona), medio (Tercio intermedio) y apical (zona apical).
- ***Dentina coronal superficial:*** Se llama dentina coronal superficial a la dentina que se encuentra inmediatamente por debajo del esmalte dental de la cara oclusal.

OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

INDEPENDIENTE



OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

DEPENDIENTE

Estudio

"Fuerza de adhesión *In Vitro* de cinco sistemas adhesivos y un cemento autograbador - autoadhesivo sobre la dentina del canal radicular y coronal superficial."

↓

Hipótesis

"Al usar cinco sistemas adhesivos y un cemento autograbador-autoadhesivo existen diferencias en la fuerza de adhesión sobre la dentina del canal radicular a nivel cervical y medio, y la dentina coronal superficial."

↓

Hipótesis de trabajo

"Existen diferencias estadísticamente significativas en la fuerza de adhesión en la dentina del canal radicular a nivel cervical y medio y la dentina coronal superficial, cuando se utilizan cinco sistemas adhesivos y un cemento autograbador-autoadhesivo"

↓

Variable Dependiente

Fuerza de Adhesión de los Sistemas Adhesivos y el cemento autoadhesivo - autograbador

↓

Dimensión

All Bond 2 | OneCoat Bond | Excite | Stae | G-Bond | MaxCem

↓

Subdimensión

Nivel de fuerza de adhesión medida en Megapascales

↓

Indicador

0 - ∞

3.5 Materiales y métodos

3.5.1 Procedimientos y técnicas

3.5.1.1 Obtención de la muestra

Se emplearon 42 piezas humanas uniradiculares sanas y 12 terceras molares sanas, extraídas por razones ortodóncicas, con ápice cerrado, la edad del paciente fluctuó entre los 14 y 20 años de edad.

Las piezas se almacenaron en un recipiente de vidrio, con suero fisiológico, bajo refrigeración a 4°C por un máximo de seis meses luego de la extracción.

3.5.1.2 Preparación de la muestra

Se formaron 6 grupos, cada uno con un sistema adhesivo distinto, la composición de cada sistema adhesivo se encuentra en la tabla I:

- Grupo I: All Bond 2 (Bisco, Schaumburg, IL) + Glacier (SDI Limited; Bayswater; Australia)
- Grupo II: One Coat Bond (Coltene/Whaledent, Inc.; Mahowah, NJ) + Glacier (SDI Limited; Bayswater; Australia)
- Grupo III: Excite (Ivoclar Vivadent GA; Schaan, Liechtenstein) + Glacier (SDI Limited; Bayswater; Australia)
- Grupo IV: Stae (SDI Limited; Bayswater; Australia) + Glacier (SDI Limited; Bayswater; Australia)
- Grupo V: G- Bond (GC America, Inc.; Alsip, IL) + Glacier (SDI Limited; Bayswater; Australia)
- Grupo VI: MaxCem (Kerr Inc.; Romulus, MI).

Tabla I: Composición de los adhesivos utilizados en este estudio.

Sistema Adhesivo	Grupo	Solvente	Composición *
All Bond 2	Convencional Multicomponente	Acetona + Etanol	Primer: Acetona, Etanol, 2% NTG-GMA, 16% BPDM. Adhesivo: Bis–GMA, UDMA, HEMA
One Coat Bond	Convencional Monocomponente	Agua	UDMA , HEMA, HPMA, H_2O, Diquetona, Ácido poliacrílico, Carga de vidrio de SiO_2
Excite		Etanol	BIS.GMA, HEMA, MMPAA, Acrilato de Ácido Fosfórico, Etanol, Diquetona, Carga de Vidrio de Sílice
Stae		Acetona	Acetona, monómero acrílico, hidróxi-butil-tolueno, fluoruro de sodio, agua.
G-Bond	Autograbador	Acetona + Agua	Monómeros Esteres de Ácido fosfórico, 4-MET, Acetona, H_2O, Nanorelleno
MaxCem	Cemento resinoso dual autograbador - autoadhesivo	-----	Monómeros Esteres no curados de Metacrilato, relleno, activadores, colorantes y estabilizantes

* Según datos proporcionados por el fabricante.

En todos los grupos se utilizo el ácido grabador Eco-Etch (Ivoclar Vivadent GA; Schaan, Liechtenstein), los procedimientos adhesivos se realizaron siguiendo estrictamente las indicaciones del fabricante, el modo de empleo y el número de lote de cada uno de los materiales utilizados, se encuentran en la Tabla II.

A.- Preparación de la muestra de dentina radicular

Todas las piezas fueron seccionadas a un milímetro sobre el nivel cervical con una máquina de corte tipo Isomed (Fig.1-A) bajo refrigeración constante con agua destilada. El tejido pulpar fue eliminado con un

tiranervios (Maillefer, Swiss), con una Lima 20K (Maillefer, Swiss) se realizó una conductometría para delimitar los tres tercios apicales. Las raíces se seccionaron a nivel del tercio medio y a un milímetro por debajo del tercio apical con una máquina de corte tipo Isomed (Fig.1-B) bajo refrigeración constante con agua destilada, obteniendo por separado el tercio cervical y medio de la dentina radicular.

Cada segmento se preparó con Fresas Peeso (Maillefer) progresivamente desde la número 1 hasta la 5 con un contraángulo (NSK Nakanishi Inc. Japan) con abundante irrigación obteniendo un canal radicular con diámetro regular de 1.4 mm.

Las raíces se recortaron longitudinalmente de mesial a distal permitiendo el libre acceso a las paredes de la dentina del canal radicular (Fig.1-C) para realizar el acondicionamiento ácido, lavado y procedimiento adhesivo en condiciones ideales.

Cada segmento fue fijado en bloques de acrílico de autocurado de 10x12x5mm, colocando las raíces en la parte superior del bloque y haciendo que el segmento radicular quede 2mm sobre el acrílico.

Los dientes se dividieron en forma aleatoria en 6 grupos, de 6 piezas cada uno. Sobre los cuales se realizó la adhesión, siguiendo estrictamente las indicaciones del fabricante (Fig.1-D).

- **Procedimiento adhesivo para el Grupo I: All Bond 2**

  Se aplicó ácido ortofosfórico sobre el canal radicular por 15" y se lavó con agua destilada por 30", eliminado el ácido, el exceso de humedad fue retirado con un cono de papel N°40 (Maillefer, Swiss) sin desecar. En un dispensador se mezcló el Primer A y Primer B y se aplicó con una

microbrocha cinco veces consecutivas por la superficie, se aplicó una ligera corriente de aire por 5" a 6" hasta lograr la completa evaporación de los solventes del primer. Se colocó una capa homogénea de All Bond 2 sobre la dentina, con una microbrocha y se fotopolimerizó por 20".

- **Procedimiento adhesivo para el Grupo II: One Coat Bond**

  Se aplicó ácido ortofosfórico sobre el canal radicular por 15" y se lavó con agua destilada por 30", eliminado el ácido, el exceso de humedad fue retirado con un cono de papel N°40 sin desecar. Se aplicó una capa homogénea de One Coat Bond a la dentina acondicionada, con una microbrocha, luego de 20" se fotopolimerizó por 30".

- **Procedimiento adhesivo para el Grupo III: Excite**

  Se aplicó ácido ortofosfórico sobre el canal radicular por 15" y se lavó con agua destilada por 30", eliminado el ácido, el exceso de humedad fue retirado con un cono de papel N°40 (Maillefer, Swiss) sin desecar. Se aplicó una capa homogénea de Excite a la dentina acondicionada, con una microbrocha y se fotopolimerizó por 20".

- **Procedimiento adhesivo para el Grupo IV: Stae**

  Se aplicó ácido ortofosfórico sobre el canal radicular por 15" y se lavó con agua destilada por 30", eliminado todo el ácido, el exceso de humedad fue retirado con un cono de papel N°40 sin desecar. Se aplicó una capa homogénea de Stae a la dentina acondicionada, con una microbrocha y se fotopolimerizó por 20".

- **Procedimiento adhesivo para el Grupo IV: G- Bond**

  Se lavó exhaustivamente la dentina con agua destilada por 30", el exceso de humedad fue retirado con un cono de papel N°40 sin desecar,

inmediatamente se aplicó sobre la dentina de modo uniforme el adhesivo G-Bond con una microbrocha y se dejó actuar por 10", seguidamente se aplicó aire por 5" para eliminar el exceso de adhesivo y se fotopolimerizó por 10".

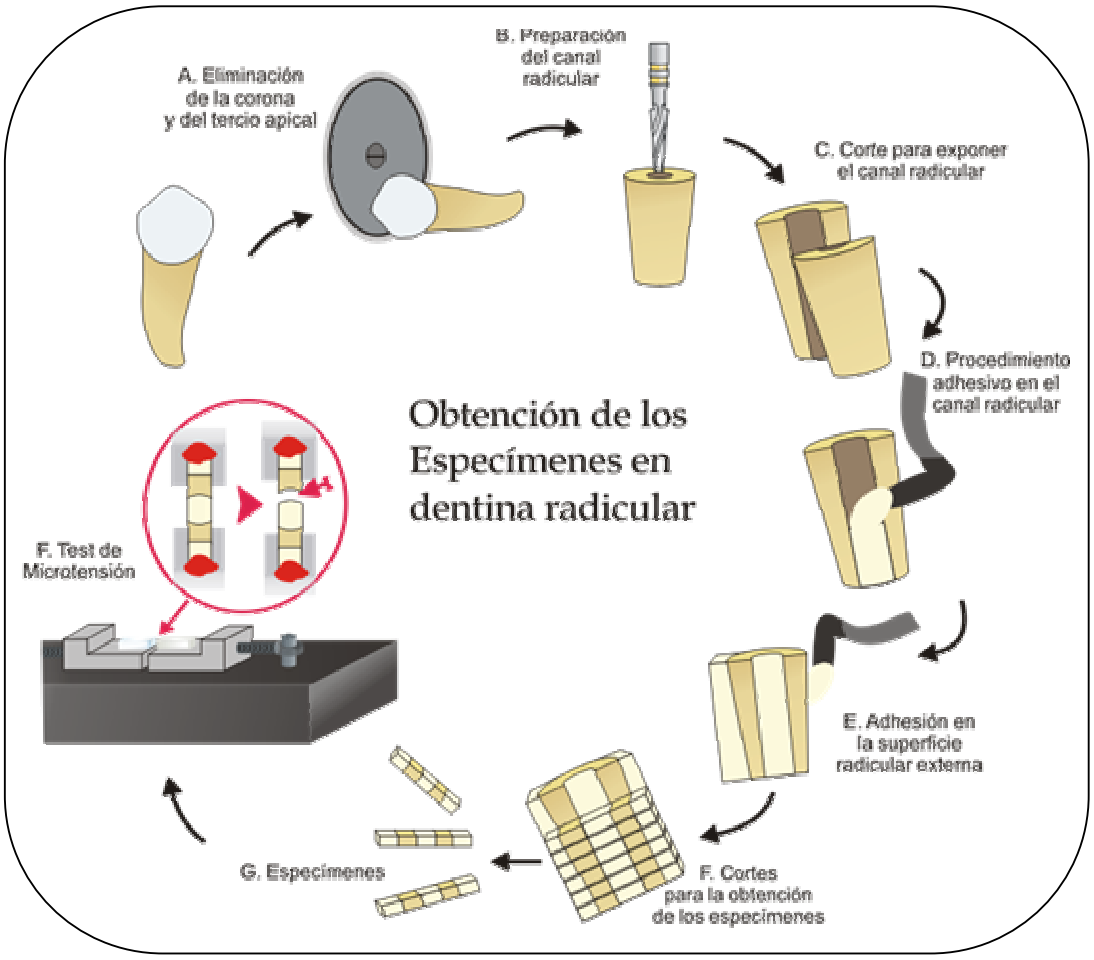


Figura I: Esquema de la secuencia de preparación de los especímenes para el test de microtensión

- **Procedimiento adhesivo para el Grupo IV: MaxCem**

  Se lavó exhaustivamente la dentina con agua destilada por 30", el exceso de humedad fue retirado con un cono de papel N°40, sin desecar, se colocó el cemento MaxCem sobre la dentina y se fotopolimerizó 40".

Seguidamente, en los cinco primeros grupos se colocó sobre la superficie acondicionada la resina Glacier (SDI Limited; Bayswater; Australia), mediante técnica incremental, hasta rellenar el conducto, con tandas de fotocurado de 20" (Fig. 1 – D).

Para un mejor manejo de los especímenes las paredes externas de las raíces fueron preparadas para recibir una adhesión. Se acondicionaron con ácido ortofosfórico por 15" y se lavaron con agua destilada por 30", el exceso de humedad se retiro con una ligera corriente de aire sin desecar. En un dispensador se mezcló el Primer A y Primer B y se aplicó con una microbrocha, el exceso de humedad se retiro con una ligera corriente de aire de 5" a 6" para la completa evaporación de los solventes del primer. Inmediatamente se colocó All Bond 2, con una microbrocha, se fotoactivó por 20". Seguidamente se colocó la resina Rok (SDI Limited; Bayswater; Australia), en capas de 2mm y tandas de fotocurado de 20" hasta alcanzar el nivel radicular y un ancho total (incluyendo la el sector radicular) de 10 mm (Fig. 1-E). Las piezas se almacenaron en agua destilada a temperatura ambiente por 24 horas.

B.- Preparación de la muestra de dentina coronal superficial

Todas las piezas fueron fijadas en bloques de acrílico de 8x8mm con ayuda de una matriz de silicona, por su borde apical. Se elimino el esmalte oclusal con una maquina Isomed (Buehler Ltd., Lake Bluff, IL), para exponer la dentina coronal superficial (Fig. 2–A), el esmalte residual se elimino cuidadosamente con una pieza de alta velocidad (RollAir 3 – Kavo, Brasil) y una fresa diamantada (KG: 3053 - KG Sorensen – Brasil).

Para simular la formación de barrillo dentinario la dentina fue abrasionada con lijas de SiC de grano de 220 y 400 por 20"y con grano de 600 por 60", siempre con refrigeración, posteriormente las piezas se lavaron con abundante agua y se secaron con una corriente de aire. Las piezas preparadas se dividieron aleatoriamente en 6 grupos de 2 piezas cada uno.

- **Procedimiento adhesivo para el Grupo I: All Bond 2**

  Se aplicó ácido ortofosfórico sobre la dentina por 15", se lavó con agua destilada por 30", eliminado el ácido, el exceso de humedad fue retirado papel tissue sin desecar. En un dispensador se mezcló el Primer A y Primer B, y se aplicó con una microbrocha cinco veces consecutivas, seguidamente para lograr la completa evaporación de los solventes del primer se aplicó una ligera corriente de aire por 5". Inmediatamente se colocó una capa homogénea de adhesivo All Bond 2 sobre la dentina acondicionada, con una microbrocha y se fotopolimerizó por 20 s.

- **Procedimiento adhesivo para el Grupo II: One Coat Bond**

  Se aplicó ácido ortofosfórico sobre la dentina por 15", se lavó con agua destilada por 30", eliminado el ácido, el exceso de humedad fue retirado con papel tissue sin desecar. Se colocó una capa homogénea de adhesivo One Coat Bond a la dentina acondicionada con una microbrocha, pasados 20" se fotopolimerizó por 30".

- **Procedimiento adhesivo para el Grupo III: Excite**

  Se aplicó ácido ortofosfórico sobre la dentina por 15", se lavó con agua destilada por 30", eliminado el ácido, el exceso de humedad fue retirado con un papel tissue sin desecar. Se colocó una capa homogénea de

adhesivo Excite a la dentina acondicionada, con una microbrocha, después de 20" se fotopolimerizó por 20".

- **Procedimiento adhesivo para el Grupo IV: Stae**

  Se aplicó ácido ortofosfórico sobre la dentina por 15" y se lavó con agua destilada por 30", eliminado el ácido, el exceso de humedad fue retirado con papel tissue sin desecar. Se aplicó una capa homogénea de Stae sobre la dentina, con una microbrocha y se fotopolimerizó por 20".

- **Procedimiento adhesivo para el Grupo IV: G- Bond**

  Se lavó exhaustivamente la dentina con agua destilada por 30", el exceso de humedad se retirado con papel tissue sin desecar, se colocó el adhesivo G-Bond con una microbrocha y se dejó actuar por 10", inmediatamente se aplicó aire por 5" para eliminar el exceso de adhesivo y se fotopolimerizó por 10"

- **Procedimiento adhesivo para el Grupo IV: MaxCem**

  Se lavó exhaustivamente la dentina con agua destilada por 30 s, el exceso de humedad fue retirado con papel tissue sin desecar, se aplicó el cemento MaxCem sobre la dentina con ayuda de una matriz de celuloide hasta levantar un bloque de 4 mm de alto y 8 mm de diámetro, se fotopolimerizó por 2´ en tandas de 30" en diferentes direcciones.

Inmediatamente, en los cinco primeros grupos se construyo un bloque de resina (Glacier - SDI Limited; Bayswater; Australia) de 4 mm de alto y 8mm de diámetro mediante técnica incremental, con ayuda de una matriz de nylon (Fig. 2-C). Las piezas fueron almacenadas por 24 horas en agua destilada a temperatura ambiente.

Tabla II: Materiales utilizados

Material	Nombre Comercial	Fabricante (Lote)	Modo de empleo *
Sistema Adhesivo	All Bond 2	Bisco (0500005648)	Grabado ácido por 15s, lavar por un minuto. Mezclar del primer A y B y aplicar 5 capas consecutivas como mínimo, secar con aire por 5 s., aplicar una capa de adhesivo y fotocurar por 20s.
	One Coat Bond	Coltene (MD717)	Grabado ácido por 15s., lavar con spray de agua por 30 segundos Aplicar una capa de adhesivo, esperar 20 segundos, secar con una ligera corriente de aire, fotopolimerizar por 30 segundos.
	Excite	Ivoclar-Vivadent (H14961)	Grabado ácido por 15s., lavado con spray de agua por lo menos por 5 segundos, secar la superficie, aplicar una generosa capa de Excite, esperar 10 segundos, secar con una ligera corriente de aire de 1 a 3 s., fotopolimerizar por 20 segundos.
	Stae	SDI (040749)	Grabado ácido por 15s., lavado por spray de agua por lo menos por 30 segundos, secar la superficie, aplicar una capa de Stae, esperar 10 segundos, secar con una ligera corriente de aire, fotopolimerizar por 20 segundos.
	G-Bond	GC (05110131)	Aplicar en una fina capa, esperar 10s., secar con una corriente de aire por 5s., fotocurar por 10s.
Cemento resinoso dual autograbador-autoadhesivo	MaxCem	Kerr (431818)	Lavar exhaustivamente la dentina con agua destilada por 30 segundos, retirar el exceso de humedad con una ligera corriente de aire, sin desecar, aplicar el cemento MaxCem, fotopolimerizar por 20 por cara.
Resina Híbrida	Glacier	SDI (030687 – 040693 – 040943 – 010662)	Colocación en capas de hasta 2mm., fotocurado por 20 segundos.
Resina Macropartículada	Rok	SDI (040888 – 050518)	Colocación en capas de hasta 2mm., fotocurado por 20 segundos.
Ácido grabador	Total Etch	Ivoclar-Vivadent (H29591)	Colocación por 15 segundos, lavado por el doble del tiempo de grabado.

***** De acuerdo con las indicaciones del fabricante.

3.5.1.3 Obtención de los especímenes

A.- Obtención de los especímenes de la dentina radicular

Cada raíz fue cortada en secciones de 0.8 mm utilizando una máquina de corte tipo Isomed con el cuidado de no sobrepasar la base del espécimen (Fig.1-F) para poder rotarlo luego 90° y obtener especímenes de 0.8 x 0.8 x 8mm cada uno (Fig. 1-G) obteniendo un total de 240 especímenes, 40 para cada grupo y 20 para cada nivel de dentina radicular.

B.- Obtención de los especímenes de la dentina oclusal superficial

Cada pieza fue cortada usando una máquina de corte Isomed (Buehler Ltd., Lake Bluff, IL), se realizaron cortes seriados horizontales y verticales de forma perpendicular a la cara oclusal (Fig. 2-D), para obtener un total de 20 especímenes por grupo de aproximadamente 0.9 x 0.9 x 8mm cada uno (Fig. 2-E)

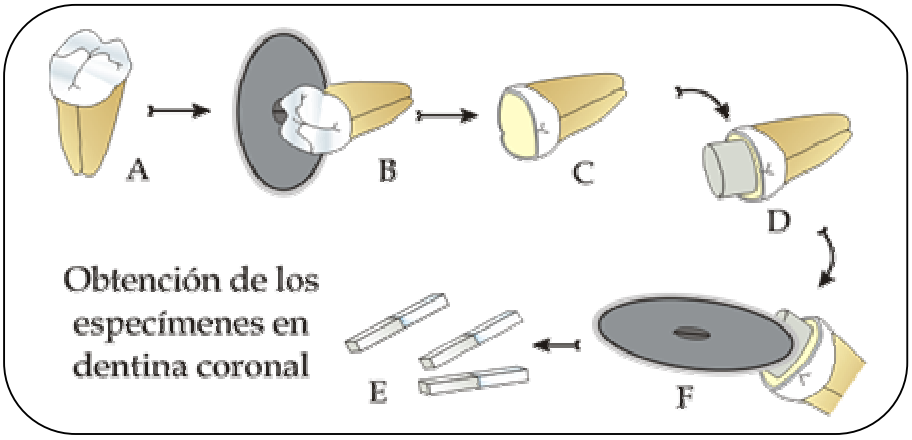


Figura II: Esquema de la secuencia de preparación de los especímenes a nivel coronal para el test de microtensión

3.5.1.4 Medición de la fuerza de adhesión

Los especímenes fueron nuevamente almacenados en agua destilada a temperatura ambiente por 24 horas. Previo a la realización del test el área adhesiva fue calculada usando un vernier digital

Para el cálculo del área de la interfase adhesiva en la dentina radicular se utilizó la formula:

Área de adhesión = Sen θ^{-1} x D x E

θ: Ángulo formado entre la cuerda y el centro del poste

D: Diámetro del conducto radicular E: Espesor del espécimen

En el caso de la dentina oclusal el área se calculó multiplicando el largo por el ancho de la interfase adhesiva, el área obtenida se anotó en la tabla correspondiente. Cada espécimen fue fijado cuidadosamente en el dispositivo de prueba con cianoacrilato Zapit (Dental Ventures of America, Corona, CA) (Fig.1-H). Los especímenes se llevaron a la máquina de microtensión Microtensile Tester (Bisco, Schaumburg, IL) donde se les aplicó una fuerza constante a la velocidad de 0.5 mm/min hasta la fractura del mismo el proceso se repitió para todos los especímenes.

3.5.2 Recolección de datos

Los datos se recolectaron en fichas de acuerdo al adhesivo y nivel de dentina (Anexos I y II). La resistencia adhesiva se calculó dividiendo la carga de ruptura entre el área de cada espécimen.

Los datos se analizaron con el programa SPSS 12.0, se empleó el Test de Kruskal-Wallis buscando diferencias significativas entre la fuerza adhesión en los diferentes niveles de dentina y los adhesivos. Para encontrar diferencias estadísticas entre dos grupos se realizaron contrastes apareados con la de Prueba de Mann-Whitney cuando ambos tenían coeficientes de variación superiores a 33%(no paramétricos) y la Prueba de T de Student cuando el coeficiente de variación era inferior a 33% (paramétricos).

IV.- RESULTADOS

Se realizó un estudio de tipo experimental, transversal y comparativo *In Vitro* con el propósito de comparar la fuerza de adhesión de cinco sistemas adhesivos y un cemento autograbador-autoadhesivo en la dentina del canal radicular en sus tercios cervical y medio, y la dentina coronal superficial, encontrándose los siguientes resultados, para cada uno de los grupos experimentales (Ver Figura III y Tabla III).

Figura III: Fuerza de adhesión de los grupos experimentales

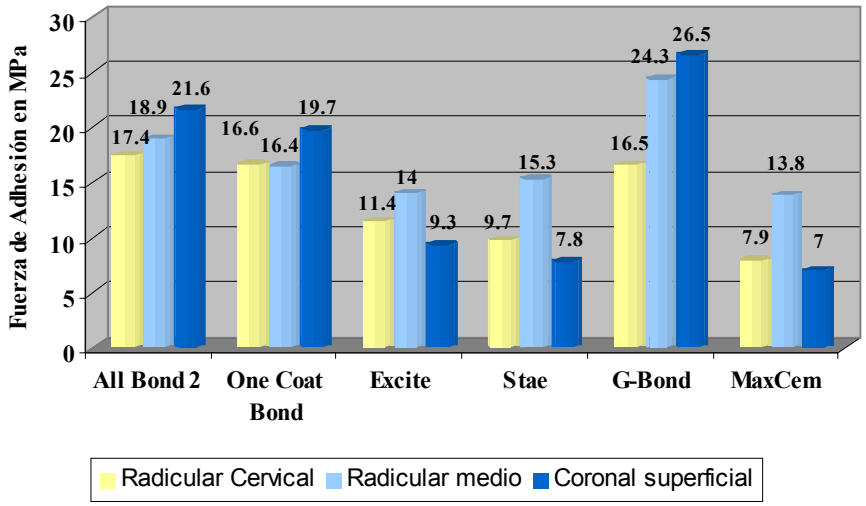


Tabla III: Media de los grupos experimentales.

	All Bond 2	One Coat Bond	Excite	Stae	G-Bond	MaxCem
Radicular Cervical	17.4	16.6	11.4	9.7	16.5	7.9
Radicular Media	18.9	16.4	14	15.3	24.3	13.8
Coronal Superficial	21.6	19.7	9.3	7.8	26.5	7.0

A nivel de dentina radicular, se comprobó que el adhesivo autograbador G-Bond (20.6±8.0MPa) fue el que mostró mayor fuerza de adhesión, seguido del adhesivo All-Bond 2 (18.2±6.9 MPa) y One Coat Bond (16.5+6.7MPa), mientras que el menor valor lo obtuvo MaxCem (10.8±6.2MPa) (Ver Figura IV). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los adhesivos All Bond 2 y G- Bond, frente a One Coat Bond con All Bond 2, y Excite, Stae y Max Cem (Ver Tabla IV).

Figura IV: Fuerza de Adhesión en Dentina Radicular

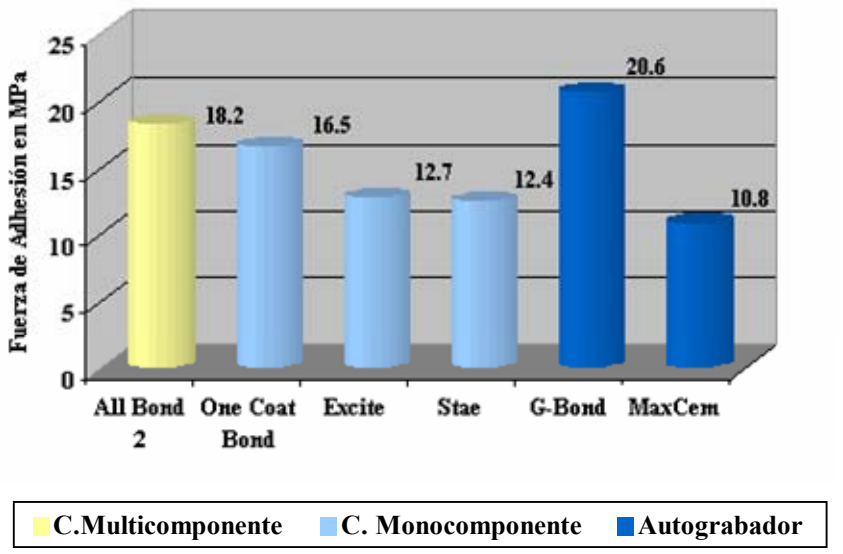


Tabla IV: Fuerza de Adhesión en Dentina Radicular *

	Media ± DS	Mediana	CV	n
All Bond 2	18.2 ± 6.9	16.2 [a, b]	38.1	36
One Coat Bond	16.5 ± 6.7	14.1 [a]	40.5	36
Excite	12.7 ± 5.7	12.0 [c]	44.8	34
Stae	12.4 ± 5.5	10.6 [c]	44.0	35
G-Bond	20.6 ± 8.0	19.5 [b]	39.0	36
MaxCem	10.8 ± 6.2	9.8 [c]	57.9	35

*Valores en MPa **Letras en subíndices indican grupos iguales ***DS: Desviación Standard
****CV: Coeficiente de variabilidad *****n: número de especimenes.

En la dentina radicular cervical, las fuerzas de adhesión fueron menores para todos los adhesivos (excepto Excite y Stae) en comparación con la dentina coronal, All Bond 2 obtuvo la mayor fuerza de adhesión (17.4±7.5 MPa), seguido de One Coat Bond (16.6±7.1 MPa) los menores valores los obtuvo MaxCem (7.9±4.4 MPa) (Ver Figura V). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas All Bond 2, G-Bond y One Coat Bond frente a Excite, Stae y MaxCem (Ver tabla V).

Figura V: Fuerza de Adhesión en Dentina Radicular Cervical

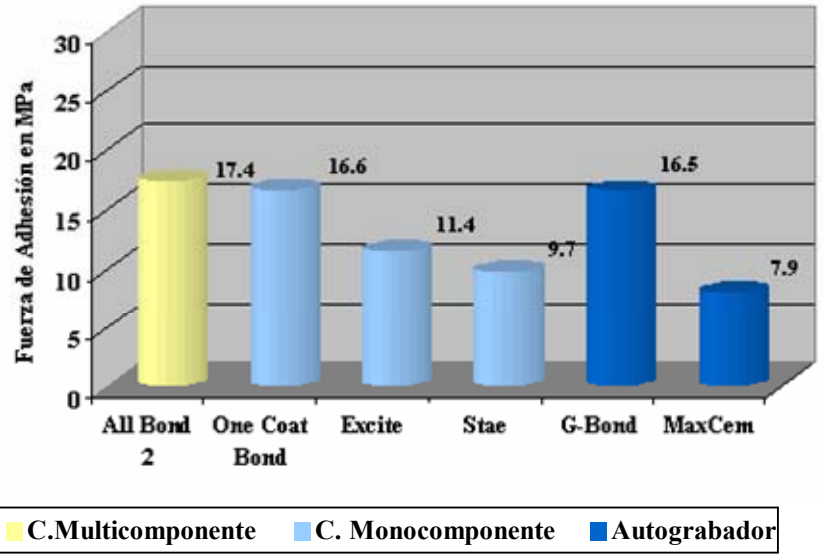


Tabla V: Fuerza de Adhesión en Dentina Radicular Cervical*

	Media ± DS	Mediana	CV	n
All Bond 2	17.4 ± 7.6	14.1[a]	43.2	18
One Coat Bond	16.6 ± 7.1	13.9 [a]	33.7	18
Excite	11.4 ± 5.5	10.9 [b]	48.5	17
Stae	9.7 ± 2.8	9.0 [b]	29.0	18
G-Bond	16.5 ± 5.4	15.2 [a]	33.0	18
MaxCem	7.9 ± 4.5	6.6 [b]	56.2	18

*Valores en MPa **Letras en subíndices indican grupos iguales ***DS: Desviación Standard
****CV: Coeficiente de variabilidad *****n: número de especimenes.

En la dentina radicular media, G-Bond mostró la mayor fuerza de adhesión (24.8+8.1MPa) seguido de All Bond 2 (18.9±6.3 MPa), los menores valores correspondieron al Cemento MaxCem (13.8±6.3 MPa), siendo los resultados obtenidos similares o superiores a los registrados en la dentina coronal superficial (Ver Figura VI). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los All Bond 2, One Coat Bond y Stae frente a Excite, Stae, MaxCem y One Coat Bond, frente a MaxCem (Ver Tabla VI).

Figura VI: Fuerza de Adhesión en Dentina Radicular Media

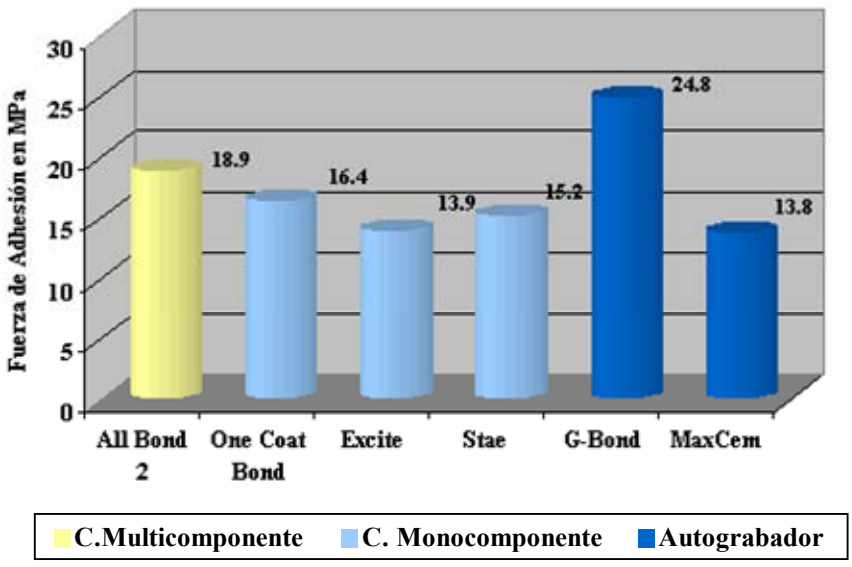


Tabla VI: Fuerza de Adhesión en Dentina Radicular Media*

	Media ± DS	Mediana	CV	n
All Bond 2	18.9 + 6.4	18 [a]	42.8	18
One Coat Bond	16.4 + 6.5	14.5 [a, b]	39.3	18
Excite	13.9 + 5.7	12.1 [b]	40.7	17
Stae	15.2 + 6.1	13.5 [a, b]	40.3	17
G-Bond	24.8 + 8.1	25.6 [c]	33.0	18
MaxCem	13.8 + 6.4	12.2 [b]	45.9	17

*Valores en MPa **Letras en subíndices indican grupos iguales ***DS: Desviación Standard
****CV: Coeficiente de variabilidad *****n: número de especimenes.

A nivel de dentina coronal superficial, se comprobó que el adhesivo autograbador G-Bond (26.5±6.7MPa) fue el que mostró mayor fuerza de adhesión, seguido del adhesivo All- Bond 2 (21.6±2.8 MPa) y One Coat Bond (19.6+5.0MPa), mientras que el menor valor lo obtuvo Stae (7.8±2.5MPa) (Ver Figura VII). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los adhesivos All Bond 2 y One Coat Bond, frente a Excite, Stae y Max Cem, y G- Bond (Ver Tabla VII).

Figura VII: Fuerza de adhesión en Dentina Coronal Superficial

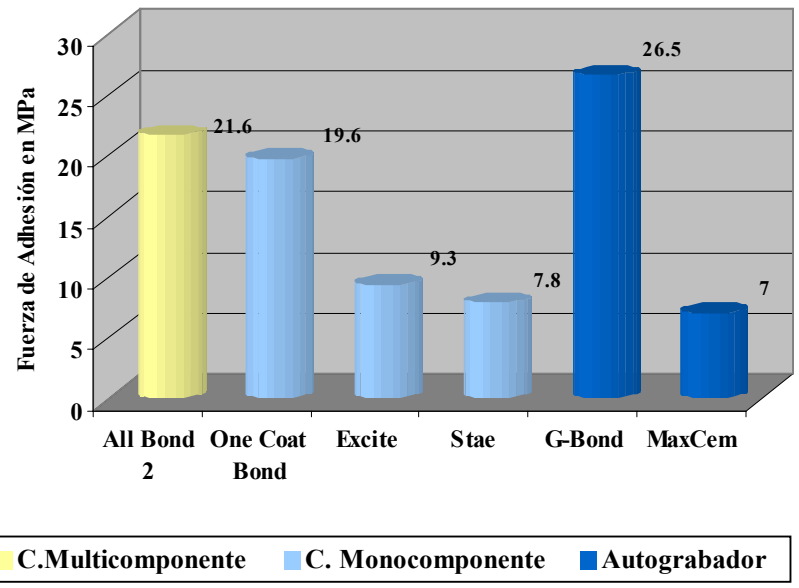


Tabla VII: Fuerza de Adhesión en Dentina Coronal*

	Media ± DS	Mediana	CV	n
All Bond 2	21.6±2.8	21.7 [a]	13.1	20
One Coat Bond	19.6 ± 5.1	19.2 [a]	25.8	20
Excite	9.3 ± 4.1	7.9 [b]	44.6	20
Stae	7.8 ± 2.5	7.7 [b]	33.2	18
G-Bond	26.5 ± 6.7	28.6 [c]	25.3	20
MaxCem	7.0+2.6	5.7 [b]	37.5	10

*Valores en MPa **Letras en subíndices indican grupos iguales ***DS: Desviación Standard
****CV: Coeficiente de variabilidad *****n: número de especimenes.

Al comparar la fuerza de adhesión entre la dentina radicular y coronal superficial no se encontró un comportamiento similar para todos los adhesivos, All bond 2, One Coat Bond y G-Bond registraron una fuerza de adhesión significativamente mayor a nivel coronal; mientras que Excite y Stae obtuvieron una adhesión estadísticamente superior a nivel radicular; para el cemento MaxCem no se encontraron diferencias estadísticas.

Figura VIII: Comparación entre la fuerza de adhesión en la Dentina Radicular y Coronal Superficial

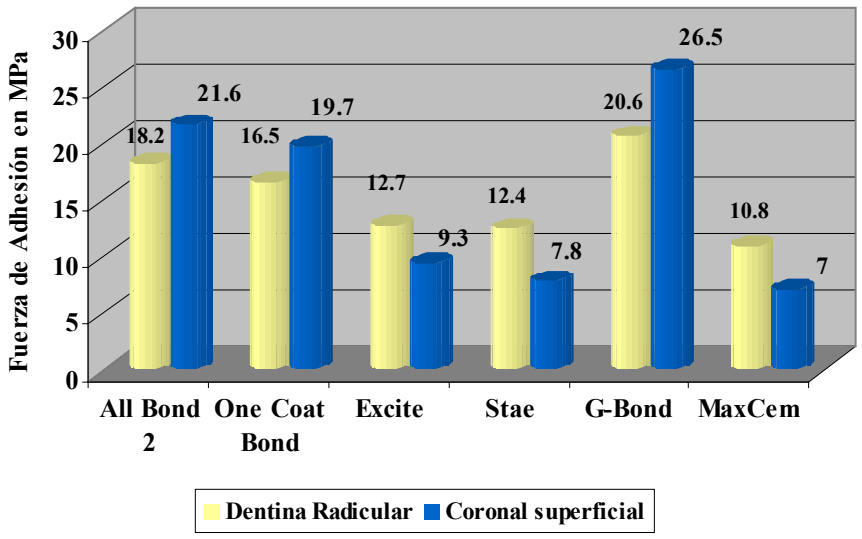


Tabla VIII: Fuerza de adhesión en la dentina radicular y coronal superficial.

	All Bond 2	One Coat Bond	Excite	Stae	G-Bond	MaxCem
Dentina Radicular	18.2	16.5	12.7	12.4	20.6	10.8
Coronal Superficial	21.6	19.7	9.3	7.8	26.5	7.0

También se buscaron diferencias estadísticas entre los niveles de dentina dentro de un mismo sistema de adhesión. All Bond 2 y G- Bond mostraron los más altos valores de adhesión, en contraste con MaxCem y Stae; One Coat Bond y Excite mostraron una adhesión más pareja.

Para el sistema adhesivo All Bond 2 se encontró mayor adhesión en la dentina coronal superficial (21.6±2.8 MPa), seguido de la dentina radicular media (17.4±7.5 MPa) (Ver Figura IX); los grupos de dentina radicular no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos, pero se encontraron diferencias significativas con la dentina coronal, y entre la dentina coronal y radicular cervical (Ver Tabla IX).

Figura IX: Fuerza de Adhesión para All Bond 2

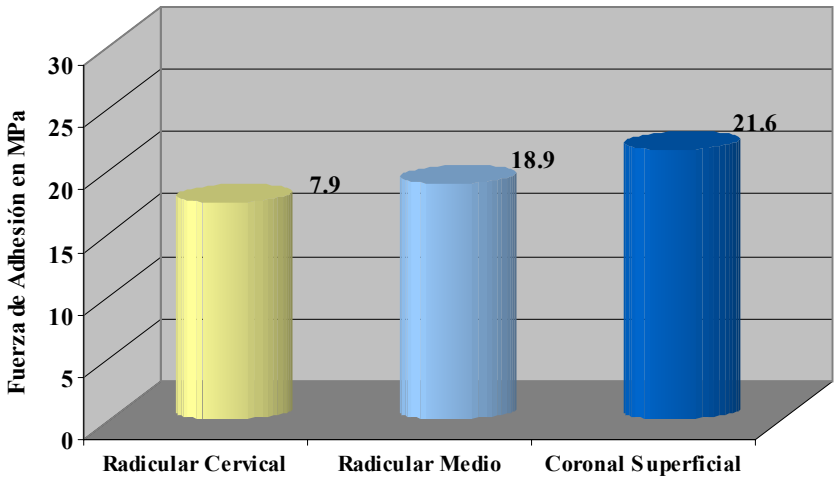


Tabla IX: Fuerza de Adhesión para All bond 2*

	Media ± DS	Mediana	CV	n
Radicular Cervical	17.4 ± 7.6	14.1 [b]	43.2	18
Radicular Media	18.9 + 6.4	18 [b]	42.8	18
Coronal Superficial	21.6 ± 2.8	21.7 [a, b]	13.1	20

*Valores en MPa **Letras en subíndices indican grupos iguales ***DS: Desviación Standard
****CV: Coeficiente de variabilidad *****n: número de especimenes.

One Coat Bond registró la mayor fuerza de adhesión a nivel de la dentina coronal (19.6±5.0MPa), en comparación con la dentina radicular cervical (16.6±7.1MPa) y la dentina radicular media (16.3±6.4) (Ver Figura X), sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre los grupos (Ver Tabla X).

Figura X: Fuerza de Adhesión para One Coat Bond

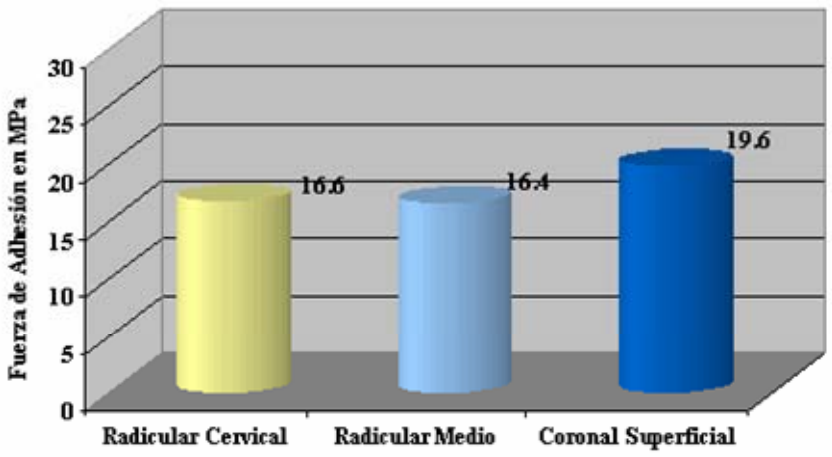


Tabla X: Fuerza de Adhesión para One Coat Bond*

	Media ± DS	Mediana	CV	n
Radicular Cervical	16.6 ± 7.1	13.9 [a]	33.7	18
Radicular Media	16.4 + 6.5	14.5 [a]	39.3	18
Coronal Superficial	19.6 ± 5.1	19.2 [a]	25.8	20

*Valores en MPa **Letras en subíndices indican grupos iguales ***DS: Desviación Standard ****CV: Coeficiente de variabilidad *****n: número de especimenes.

No se encontraron diferencias estadísticas entre los diferentes niveles de dentina para el sistema Excite (Ver Tabla XI). La mayor fuerza de adhesión se obtuvo en la dentina radicular media (13.9+5.6MPa) (Ver Figura XI).

Figura XI: Fuerza de Adhesión para Excite

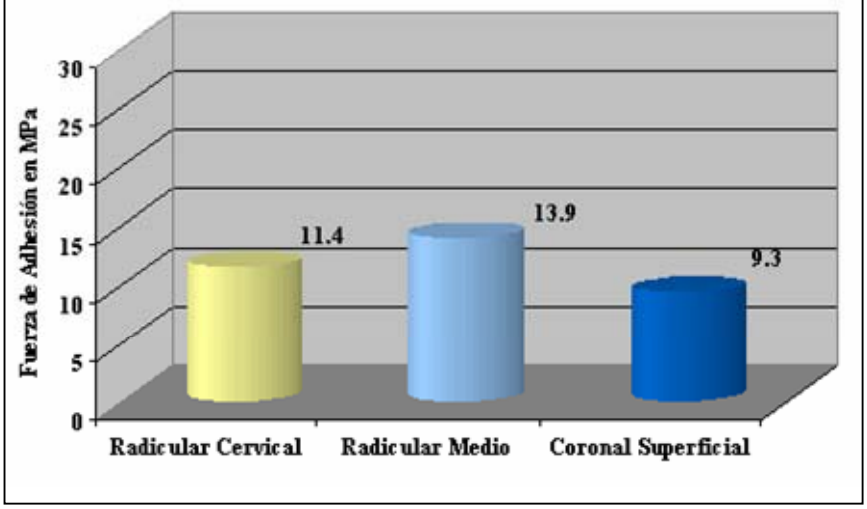


Tabla XI: Fuerza de Adhesión para Excite*

	Media ± DS	Mediana	CV	n
Radicular Cervical	11.4 ± 5.5	10.9 [a]	48.5	17
Radicular Media	13.9 + 5.7	12.1 [a]	40.7	17
Coronal Superficial	9.3 ± 4.1	7.9 [a]	44.6	20

*Valores en MPa **Letras en subíndices indican grupos iguales ***DS: Desviación Standard ****CV: Coeficiente de variabilidad *****n: número de especimenes.

Para al adhesivo Stae no encontró diferencias estadísticamente significativas entre la dentina coronal y la dentina radicular cervical, la mayor fuerza de adhesión se obtuvo a nivel de dentina radicular media (15.2±6.1MPa) seguido de radicular Cervical (9.7±2.8) y coronal superficial (7.8±2.5 MPa) (Ver Figura XII y Tabla XII).

Figura XII: Fuerza de Adhesión para Stae

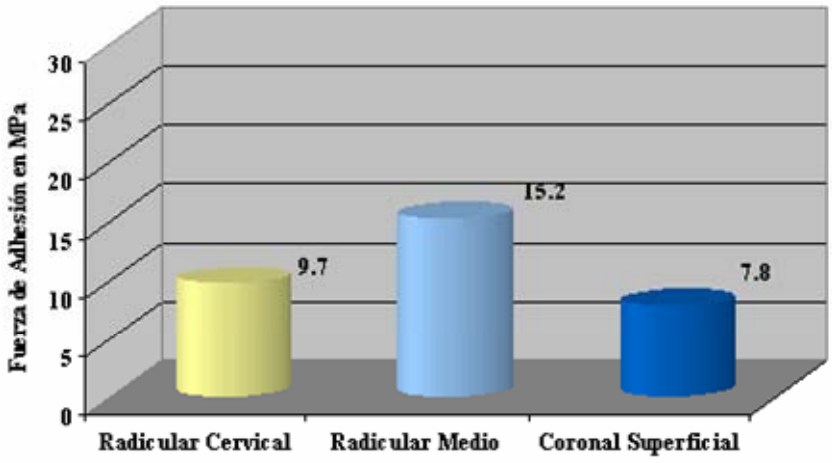


Tabla XII: Fuerza de Adhesión para Stae*

	Media ± DS	Mediana	CV	n
Radicular Cervical	9.7 ± 2.8	9.0 [a]	29.0	18
Radicular Media	15.2 + 6.1	13.5 [b]	40.3	17
Coronal Superficial	7.8 ± 2.5	7.7 [a]	33.2	18

*Valores en MPa **Letras en subíndices indican grupos iguales ***DS: Desviación Standard ****CV: Coeficiente de variabilidad *****n: número de especímenes

Para el sistema autograbador G-Bond se encontraron diferencias significativas entre la dentina radicular cervical frente a coronal superficial y radicular media (Ver Tabla XIII). La mayor fuerza de adhesión se registró para la dentina coronal (26.5±6.7MPa), seguido de la dentina radicular media (24.8±8.1MPa) y la dentina radicular cervical con 16.4±5.4MPa (Ver Figura XII).

Figura XIII: Fuerza de Adhesión para G-Bond

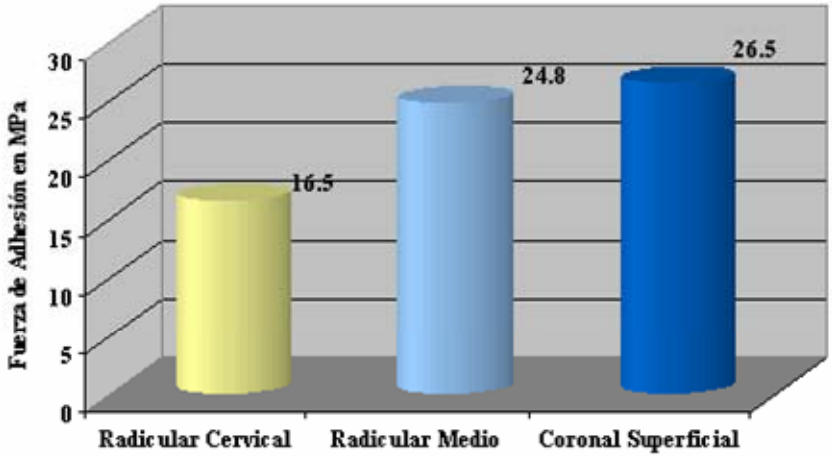


Tabla XIII: Fuerza de Adhesión para G-Bond*

	Media ± DS	Mediana	CV	n
Radicular Cervical	16.5 ± 5.4	15.2 [b]	33.0	18
Radicular Media	24.8 + 8.1	25.6 [a]	33.0	18
Coronal Superficial	26.5 ± 6.7	28.6 [a]	25.3	20

*Valores en MPa **Letras en subíndices indican grupos iguales ***DS: Desviación Standard ****CV: Coeficiente de variabilidad *****n: número de especímenes

El cemento resinoso autograbador-autoadhesivo MaxCem mostró una mayor adhesión a nivel de la dentina radicular media (13.8±6.3MPa), los menores valores se registraron en la dentina coronal superficial (7±2.6MPa) (Ver Figura XIV). Se encontraron diferencias significativas entre los grupos de dentina coronal y radicular media, frente a la dentina radicular media (Ver Tabla XIV).

Figura XIV: Fuerza de Adhesión para MaxCem

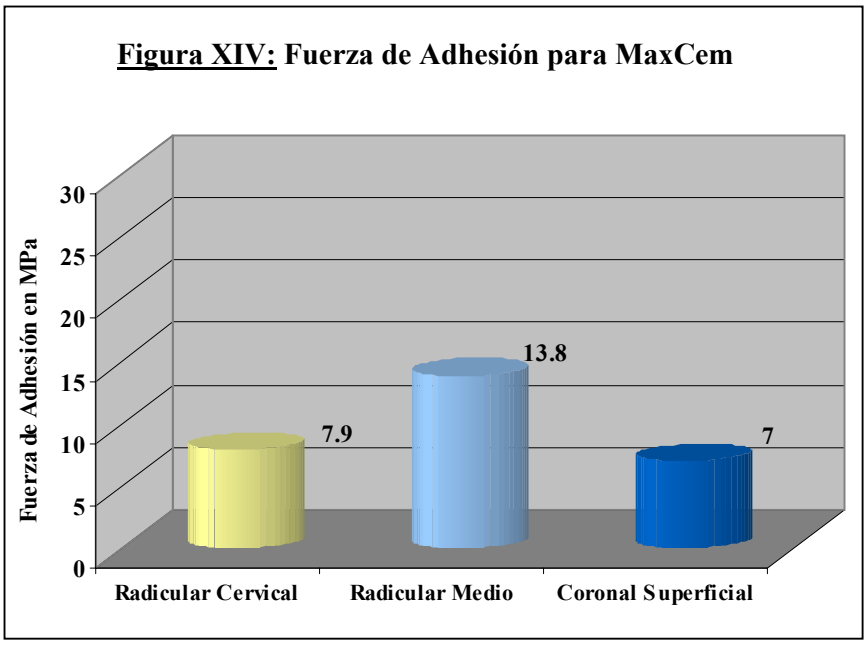


Tabla XIV: Fuerza de Adhesión para MaxCem*

	Media ± DS	Mediana	CV	n
Radicular Cervical	7.9 ± 4.5	6.6 [a]	56.2	18
Radicular Media	13.8 + 6.4	12.2 [b]	45.9	17
Coronal Superficial	7.0 ± 2.6	5.7 [a]	37.5	10

*Valores en MPa **Letras en subíndices indican grupos iguales ***DS: Desviación Standard ****CV: Coeficiente de variabilidad *****n: número de especímenes

V.- DISCUSIÓN

Los beneficios de las técnicas de adhesión utilizadas para restauraciones dentales están bien documentados [2]. Entre los beneficios más importantes destacan el refuerzo de la estructura dental y el aspecto estético de la restauración final. Por esta razón, el uso de técnicas adhesivas ha sido propuesto para la cementación de postes, sin embargo, existe muy poca información acerca del comportamiento de los diferentes adhesivos en las distintas regiones de la dentina del canal radicular [2].

El test de Push-Out ha sido usado tradicionalmente para medir la retención de postes e indirectamente la fuerza de adhesión en el canal radicular, sin embargo esta prueba se encuentra fuertemente influenciada por los defectos en la adhesión y la falta de uniformidad del sustrato [2]. El test de microtensión, en cambio, permite hacer una mejor evaluación de la adhesión local dentro del canal radicular, haciendo posible el estudio de superficies relativamente uniformes y pequeñas, minimizando los efectos de la contracción y del acceso que predomina en los canales intactos.

Por esta razón, para evitar alteraciones en el comportamiento biomecánico de la dentina radicular que la podrían haber puesto en desventaja con la dentina coronal, los canales radiculares se prepararon sin haber recibido tratamiento endodóntico o irrigados con NaOCl, la inclusión de estos factores podría haber hecho algo complejos la interpretación de resultados y dificultado la comparación con la dentina coronal en términos de capacidad adhesiva.

Es evidente que la adhesión en la dentina del canal radicular se ve alterada por factores como contracción, factor C, accesibilidad y residuos de materiales de obturación, etc.; pero el objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad adhesiva de la

dentina por si misma, sin ponerla en desventaja frente a la dentina coronal, por ello los procedimientos adhesivos se realizaron en condiciones completamente ideales, eliminado cualquier tipo de sesgo en la investigación.

Los valores de adhesión obtenidos hubieran sido menores si se realizaba una adhesión en conductos intactos, Bouillaguet [2] comparó la fuerza de adhesión en la dentina radicular en conductos intactos y en los que expuso el canal radicular, encontrando una diferencia estadísticamente significativa a favor de los conductos expuestos. Podría especularse que en condiciones clínicas la calidad de adhesión podría disminuir en dirección apical por las dificultades del acceso y que los sistemas que emplean una mayor cantidad de pasos clínicos se encontrarían en desventaja frente a los sistemas de un solo paso.

Los resultados de este estudio muestran que existe una mayor adhesión en la dentina radicular media en comparación con la dentina radicular cervical para todos los adhesivos, sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa para todos ellos.

En la dentina coronal la fuerza de adhesión no difiere altamente de la radicular, de hecho, la adhesión en la dentina radicular media es muy similar a la encontrada a nivel coronal, es decir que en condiciones ideales la adhesión en ambos sustratos, son afectados de la misma manera por las diferentes variables que se pueden presentar durante la adhesión.

Tal como lo menciona Bouillaguet [12], muchos factores pueden influir en el buen desempeño de un adhesivo en la dentina. Entre estos tenemos al sustrato, los procedimientos del test y el manejo del material. Las propiedades de la dentina son importantes para poder entender como funciona la adhesión en este sustrato, la

localización, orientación y el número de los túbulos dentinarios tienen un rol decisivo en la adhesión.

Se sabe que cuanto menor es la densidad tubular las probabilidades de obtener una mejor adhesión aumentan, los valores obtenidos en este estudio para dentina coronal y radicular se encuentran en relación indirectamente proporcional a la densidad tubular. Abreu [8] reportó una densidad tubular de 15.000 por mm^2 en la dentina coronal superficial; Schellenberg [60] encontró que la densidad tubular en la dentina radicular va desde 4 900 a 57 000 por mm^2 y que disminuye progresivamente en dirección apical, del mismo modo Ferrari [11] encontró que la densidad tubular fue mayor en la región cervical y que disminuyó significativamente en las regiones del tercio medio y apical. Mannocci [9], evaluó los efectos de la densidad tubular en la fuerza de la adhesión a la dentina del canal radicular, concluyendo que los altos valores de adhesión obtenidos en el tercio medio de la raíz están asociados con la baja densidad tubular.

La dirección y orientación tubular, es otro de los factores que permite explicar porque la fuerza de adhesión en la dentina radicular aumenta en dirección apical. Muchos estudios histológicos han demostrado que los túbulos dentinarios a nivel radicular son más en la dentina radicular son rectos, más aún a nivel medio y apical [45]. Los trabajos de Lertchirakarn [61] e Inoue [62], concluyeron que la fuerza de adhesión en zonas con conductos paralelos a la interfase fueron menores que aquellas con los túbulos perpendiculares a la interfase adhesiva, también mencionaron que esto no sucede necesariamente a nivel de dentina coronal. En base a ello se puede deducir que la fuerza de adhesión aumenta en dirección apical, lo que esta de acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación.

Se sabe que los fenómenos adhesivos se suceden de manera más favorable en la dentina superficial y media, porque a medida que la dentina se hace más profunda la

humedad, número y diámetro de los túbulos dentinarios aumenta mientras que disminuye la dentina intertubular y el porcentaje de fibras colágenas; se considera que la disposición y organización de la dentina varía de acuerdo a la región del diente y su proximidad con la pulpa [8], así tenemos que cuanto más profunda es una preparación oclusal las posibilidades de obtener una adhesión más débil aumentan, en la dentina radicular, sucede lo contrario, cuando más se prepara el canal, el número de túbulos dentinarios disminuye y aumenta el porcentaje de colágeno, etc.; porque nos alejamos del tejido pulpar, aumentando la posibilidad de lograr una mejor adhesión. Teniendo en cuenta que el diámetro del canal radicular disminuye en sentido apical, es de notar que cuanto más apical es la preparación, se hará necesario un mayor desgaste de las paredes para lograr un diámetro uniforme, es decir que cuando se prepara un canal para cementar un poste, necesariamente nos alejaremos más de la pulpa, mejorando el sustrato para la adhesión. Para este modelo experimental se hizo un mayor desgaste en la dentina media, en comparación con la cervical para lograr un diámetro uniforme. Esto explica en parte el porque se obtuvieron mayores niveles de fuerza de adhesión a nivel de la dentina radicular media.

Con respecto a los resultados obtenidos con los sistemas convencionales, los sistemas monocomponentes mostraron una menor fuerza de adhesión con relación al sistema multicomponente, en todos los niveles de dentina, numerosos estudios han mostrado la superioridad de los sistemas multicomponentes, frente a los monocomponentes [8, 63].

Se encontraron diferencias estadísticas entre los Excite, Stae y All Bond 2 a nivel de dentinal coronal, lo que puede estar influenciado por la posibilidad de infiltrar mejor la dentina al utilizar el primer por separado del adhesivo en el caso de All Bond 2, lo que permitiría favorecería la formación de una capa híbrida con tags más largos,

minimizando los efectos de la alta densidad tubular de esta región. Los estudios de Yoshiyama [10] y los de Ferrari [11] demuestran que los sectores con baja densidad tubular tienden a tener una capa híbrida más delgada que los sectores con alta densidad.

Dentro de los sistemas adhesivos monocomponentes, se esperaba que One Coat Bond (sistema adhesivo que posee agua como solvente) produzca bajos valores de adhesión, debido a que el agua residual en las fibras de colágeno podía causar una insuficiente infiltración de monómero. Sin embargo mostró altos valores de adhesión, estos resultados coinciden con los obtenidos por Yesilyurt [21].

Stae y Excite mostraron los valores de adhesión más bajos, esto puede explicarse en parte por la incompleta polimerización de la capa de adhesivo, coincidiendo con Bouillaguet [20] que estudió la fuerza de adhesión en dentina radicular usando adhesivos convencionales y autograbadores, encontró bajos valores de adhesión para los sistemas en los cuales su capa de adhesivo no polimerizaba por completo.

En relación a los sistemas autograbadores, los resultados muestran que el sistema G-Bond y el cemento MaxCem (que posee un sistema autograbador), mejoraron notablemente la adhesión de un nivel a otro. Estos resultados pueden explicarse por el mecanismo de acción de este grupo de adhesivos, que incorporan el barrillo dentinario a su capa híbrida, estos sistemas no dependen de una traba micromecánica sino que necesitan una mayor superficie de dentina intertubular. Por lo tanto, de acuerdo con los resultados estos sistemas serían susceptibles a la profundidad tubular, en contraposición con los resultados obtenidos por Foxton[1] en dentina radicular y Giannini en dentina coronal [64].

Al respecto Boschian [6], realizó un estudio usando All Bond 2 sobre dentina radicular (únicamente en los primeros 8mm), la microscopía mostró la presencia de numerosos y muy largos tags de resina en toda la superficie de la raíz debido al grabado ácido de la

superficie, en comparación con el sistema de autograbado Clearfil Liner Bond 2V que mostró una capa híbrida más delgada. Sin embargo el test de Push-Out registró una fuerza de adhesión ligeramente superior frente a los sistemas autograbadores. Similares resultados se obtuvieron en este estudio, All Bond 2 obtuvo una adhesión ligeramente superior en el tercio cervical de la dentina radicular, en comparación con el adhesivo G-Bond, en el tercio medio G-Bond obtuvo una significativa diferencia frente a All Bond 2. Los resultados apoyan la idea que los sistemas autograbadores son menos dependientes de una traba micromecánica.

Adicionalmente la alta densidad tubular de la dentina cervical es más favorable al sistema multicomponente, mientras que la disminución de la densidad tubular del tercio medio favorece ampliamente al sistema autograbador. Ferrari [53, 65] utilizando un sistema convencional demostró que la cantidad de tags de resina que se forman son mayores en el tercio medio cervical en comparación con el tercio medio y apical. Mjor [44] realizó un estudio histológico en la dentina del tercio apical, concluyendo que la irregular estructura dentinaria de esta región no favorece las técnicas adhesivas basadas en la penetración de resina dentro de los túbulos dentinarios, por lo tanto los adhesivos autograbadores son más eficaces; podría concluirse que debido a que la dentina del tercio medio es una zona con menor densidad tubular que la cervical la adhesión es más favorable con los sistemas autograbadores.

El cemento resinoso MaxCem posee en su composición un sistema adhesivo autograbador de composición similar a G-Bond, se esperaban niveles de adhesión similares en ambos adhesivos, sin embargo G-Bond mostró una adhesión más fuerte que MaxCem, el diseño experimental de este trabajo pudo haberlo puesto en desventaja al cemento autograbador, si bien es cierto se siguieron las indicaciones del fabricante se empleó en espesores no habituales, el diseño experimental no permitió realizar algún

tipo de presión del cemento contra la dentina, condición que se presenta en una situación clínica cuando se inserta un poste o se cementa alguna restauración protética, lo que posiblemente dificultó el buen desempeño del cemento. Al respecto Ferrari [5, 53] realizó un estudio para valorar la influencia de los diferentes elementos para colocar el adhesivo en las paredes del canal radicular, concluyendo que el uso de microbrochas asegura la formación de una mejor y más uniforme capa híbrida, sin formación de burbujas, que cuando se emplean brochas para colocar el adhesivo, las microbrochas permiten realizar una mayor presión sobre las paredes asegurando una completa impregnación del adhesivo.

En resumen, el uso de resinas adhesivas para cementar postes es un concepto clínico atractivo, la capacidad adhesiva de la dentina radicular es muy similar a la de la dentina coronal, podría especularse que las fallas adhesivas en este tipo de procedimientos se deberían principalmente a la fuerza de polimerización, problemas de acceso y el tratamiento previo de la dentina. Por lo tanto se debería buscar métodos para minimizar el efecto de estos factores y mejorar los niveles de adhesión.

A juzgar por los resultados sería aconsejable, en la medida de lo posible, extender la preparación del canal radicular para la colocación de un poste más allá del tercio cervical para asegurar una mejor adhesión, de acuerdo con Mannocci [9] esto posibilitaría una transmisión efectiva del estrés de fuerzas funcionales y parafuncionales del poste, normalmente más rígido que la dentina radicular, a una área más resistente a la tensión que la cervical, lo que posiblemente ayude a reducir el riesgo de fractura radicular [9].

VI.- CONCLUSIONES

1. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la fuerza de adhesión en la dentina del canal radicular a nivel cervical y medio, y la dentina coronal superficial al aplicar los diferentes sistemas adhesivos, en consecuencia se acepta la hipótesis planteada.
2. La fuerza de adhesión que se obtiene en la dentina radicular media es similar o superior a la encontrada en la dentina coronal superficial, al parecer la disposición y densidad de los túbulos dentinarios cumplen un rol determinante en la adhesión.
3. La fuerza de adhesión en la dentina del canal radicular aumenta en dirección apical. En la mayoría de los casos se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos niveles radiculares, a favor de la dentina media.
4. Los diferentes sistemas adhesivos tuvieron un comportamiento variado en la fuerza de adhesión según el nivel de dentina, lo que está relacionado con su variada composición.
5. Los sistemas monocomponentes en los que se observó una incompleta polimerización de su capa híbrida (Excite y Stae) mostraron la más baja adhesión.
6. Los sistemas adhesivos multicomponentes son los menos sensibles a los cambios estructurales en la dentina.
7. El sistema adhesivo autograbador G-Bond mostró la más alta diferencia estadística entre los niveles de dentina radicular a favor de la dentina radicular media.
8. El cemento MaxCem obtuvo los más bajos niveles de adhesión, es posible que el diseño experimental planteado lo halla puesto en desventaja en relación a los otros grupos.

VII.- RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados del presente trabajo, se recomienda:

- Extender la preparación del canal radicular para la colocación de un poste más allá del tercio cervical para asegurar una mejor adhesión.
- Tener un especial cuidado en la aplicación de los adhesivos en la dentina radicular, las fallas obtenidas cuando se utilizan estos productos se deberían principalmente a su inadecuado manejo, antes que a la capacidad adhesiva de este sustrato.
- Evaluar la fuerza de adhesión de los diversos sistemas de adhesión empleando otras pruebas mecánicas como cizallamiento y Push-Out.
- Realizar investigaciones *In Vitro*, trabajando con conductos cerrados, para reproducir de modo más fidedigno condiciones clínicas.
- Evaluar el comportamiento de los diversos sistemas adhesivos a nivel clínico es decir realizar estudios *In Vivo*.
- Realizar estudios de microscopía electrónica para evaluar la capa híbrida de los adhesivos a la dentina radicular y determinar la influencia de la densidad y dirección de los túbulos dentinarios sobre fuerza de adhesión.
- Evaluar la adhesión tomando en cuenta variables como tratamiento endodóntico, tiempo de tratamiento y residuos post endodónticos, factor-C y fuerzas de contracción.

RESUMEN

Se comparó la fuerza de adhesión de cinco sistemas adhesivos y un cemento autograbador – autoadhesivo mediante microtensión en la dentina del canal radicular en su tercio cervical y medio y la dentina coronal superficial.

Se utilizaron 12 terceras molares a las que se les eliminó el esmalte oclusal y 42 premolares que fueron descoronados y sus canales radiculares preparados para recibir un poste, posteriormente fueron seccionadas longitudinalmente para exponer el canal radicular, se formaron 6 grupos (GI: All Bond 2 (AB), GII: One Coat Bond (OC), GIII: Excite (EX); GIV: Stae (ST); GV: G-Bond (GB) y GIV: MaxCem (MC) cada uno subdividido en dentina coronal superficial(c), radicular cervical(r) y radicular media(m). Se realizó un procedimiento adhesivo de acuerdo con cada grupo y se colocó la resina Glacier. Las piezas fueron seccionadas 24 horas después, obteniendo 20 especímenes por grupo que fueron evaluados con microtensión.

Los resultados fueron analizados con los Test de Kruskal-Wallis y Mann-Whitney. Los valores de adhesión obtenidos en MPa fueron: GI: c(25.5±6.6) r(17.4±7.6) m(18.9±6.4); GII: c(19.6±6.6), r(16.6±7.1), m(16.4±6.5); GIII: c(9.3±4.1), r(11.4±5.5), m(13.9±5.7); GIV: c(6.7±1.1), r(9.7±2.8), m(15.2±6.1), GV: c(26.5±6.7), r(16.5+5.4), m(24.8+8.1); GVI: c(7.7+3.1), r(7.9+4.5), m(13.8+6.4). Se encontró que la fuerza de adhesión de la dentina del canal radicular es igual o superior a la dentina coronal superficial, la dentina cervical registró los más bajos niveles de adhesión. GB mostró los más altos valores de adhesión seguido de AB, la menor fuerza de adhesión fue registrado por MC.

En base a los resultados, se recomienda extender en la medida de lo posible la preparación del canal radicular más allá del tercio cervical para obtener una mejor adhesión.

Palabras Claves: *Dentina del canal radicular, dentina coronal, adhesión, microtensión, autograbador, multicomponente, monocomponente.*

SUMMARY

It was compared bonding strength of five bonding systems and a self-etching self-adhesive resin cement on root dentin at the coronal and middle third and superficial coronal dentin with microtensile test.

Twelve human third molars had their occlusal enamel removed in order to expose a flat dentinal surface, and 42 premolars were decoronated which root canals were prepared to receive a post, after that, they were ground longitudinally to expose root canal, the teeth were divided into 6 groups (GI: All Bond 2 (AB), GII: One Coat Bond (OC), GIII: Excite (EX); GIV: Stae (ST); GV: G-Bond (GB) y GIV: MaxCem (MC). Each one was subdivided in superficial coronal dentin (c), coronal third (r) y middle third (m). Adhesive procedure was carried out according to the system followed by composite Glacier applied in increments. After 24 hours teeth were sectioned in order to obtain 20 specimens per group which were evaluated with microtensile test.

Data were analyzed with Kruskal-Wallis and Mann-Whitney test. Bonding strengths were (MPa) : GI: c(25.5±6.6) r(17.4±7.6) m(18.9±6.4); GII: c(19.6±6.6), r(16.6±7.1), m(16.4±6.5); GIII: c(9.3±4.1), r(11.4±5.5), m(13.9±5.7); GIV: c(6.7±1.1), r(9.7±2.8), m(15.2±6.1), GV: c(26.5±6.7), r(16.5+5.4), m(24.8+8.1); GVI: c(7.7+3.1), r(7.9+4.5), m(13.8+6.4). Dentin bonding strength at root canal level is the same or higher than the obtained at superficial coronal dentin. The coronal third showed the lowest level of adhesion. GB had the highest one followed by AB, MC registered the lowest bond strength.

According to these results, it is recommended to extend the preparation until the middle apical third in order to obtain a high level of adhesion.

Keywords: *Root dentin canal,coronal dentin, adhesion, microtensile, self-etching, "three bottle system", "one-bottle".*

BIBLIOGRAFÍA

1. Foxton R.; Nakajima, M.; Tagami J.; Miura H. Adhesión to root canal dentine using one and two-step adhesives with dual-cure composites core materials. Journal of oral rehabilitation 2005 32; 97-104
2. Bouillaguet, S; Troesch, S; Wataha, J; Krejci I; Meyer J; Pasley D. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. Dental Materials 19(2003) 199-205.
3. Chávez-Valdivia N; Villafana C. Resistencia a la fractura de piezas dentales restauradas con anclajes de Fibra de Carbono y colados-Estudio in Vitro. Rev. Vis. Dent. 9(1): 5-12 , 2005.
4. Ferrari M. Fiber posts Characteristics and clinical aplications. Ed. Masson, Italy, 2002.
5. Ferrari M; Vichi A; Grandini S. Efficacy of different adhesive techniques on bonding to root canal walls: a SEM investigatión. Dental Materials 17 (2001): 422-429.
6. Boschian L; Carvalli G; Bertani P; Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber post: pust-out test and SEM observations. Dental Materials 18(2002): 596-602.
7. Monticelli F; Osorio R; Albaladejo A; Aguilera F; Ferrari M, Tay F, Toledano M. Effects of adhesive systems and luting agents on bonding of fiber post to root dentin. Appl Biomater 77B:195-200 (2006)
8. Abreu R. Adhesión en odontología contemporánea (2002). Portal de odontología Online <www.odontología_online.com > [consultado 02 de octubre de 2004]

9. Mannocci F; Pilecki P; Bertelli E; Watson T. Density of dentinal tubules affects the tensile strength to root dentin. Dental materials (20) 293-293, 2004.
10. Yoshiyama M; Carvalho R; Sano H; Horner J; Brewer P; Pashey D. Regional bond strengths of resins to human root dentine. J. Dent. 1996 Nov; 24(6):435-442.
11. Ferrari M; Mannocci F; Vichi A; Cagidiaco MC; Mjör IA. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. Am J Dent; 13(5):255-60, 2000 Oct.
12. Bouillaguel S; Gysi, P; Wataha J.; Ciucchi B; Cattani M.; Godin Ch.; Meyer J; Bond stregth of composite to dentin using conventional, one-step, and self-etching adhesive systems. J. dentistry 29 (2001) 55-61
13. Mannocci F; Sherriff M; Ferrari M; Watson TF. Microtensile bond strength and confocal microscopy of dental adhesives bonded to root canal dentin. Am J Dent; 14(4):200-4, 2001 Aug.
14. Gaston B; West L; Liewehr F; Fernandes C; Pashley D. Evaluation of regional bond strength of resin cement to endodontic surfaces. J Endod; 27(5):321-4, 2001 May.
15. Carrilho M; Reis A; Loguercio A; Rodrigues L. Resistência de união à dentina de quatro sistemas adesivos Pesqui. odontol. bras; 16(3):251-6, jul.-set. 2002.
16. Foxton R; Nakajima M; Tagami J; Miura H. Bonding of photo and dual-cure adhesives to root canal dentin. Oper Dent; 28(5):543-51, 2003 Sep-Oct.
17. Ari H; Yasar E; Belli S. Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. J Endod; 29(4):248-51, 2003 Apr.
18. Bitter K; Paris S; Martus P; Schartner R; Kielbassa A. A Confocal Laser Scanning Microscope investigation of different dental adhesives bonded to root canal dentine. Int Endod J; 37(12):840-8, 2004 Dec.

19. Mannocci F; Mannocci F, Sherriff M, Ferrari M, Watson TF. Microtensile bond strength and confocal microscopy of dental adhesives bonded to root canal dentin. Am J Dent. 2001 Aug;14(4):2004.

20. Kanno T; Ogata M; Foxton R; Nakajima M; Tagami J; Miura H. Microtensile bond strenght of dual-cure resin cement to root canal dentin. J. Endod. 2004 Feb; 30(2): 113-6

21. Yesilyurt C; Bulucu B. Bond Strength of Total-Etch and Self-Etch Dentin Adhesive Systems on Peripheral and Central Dentinal Tissue: A Microtensile Bond Strength Test. J Contemp Dent Pract 2006 May;(7)2:026-036.

22. Schwartz, R; Summitt, J; Robbins, J. Fundamentos en Odontología Operatoria un logro contemporáneo. Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica. Primera edición 1999.

23. Otamendi C. Efecto de los compuestos eugenólicos en los materiales utilizados en endodoncia sobre la unión de los sistemas adhesivos (2003). Web site de Dr. Carlos Boveda <http://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_35.htm> [Consultado 20 febrero de 2005]

24. Vargas O. Sistemas contemporáneos de adhesión en odontología. Portal Encolombia <www.encolombia.com/scodb2-adhesión8.htm> [consultado 25 de enero de 2005]

25. Llena M; Corner L. Relación de la permeabilidad dentinaria con los nuevos sistemas adhesivos de adhesión dentinaria. Act. Odontológica venezolana 2(9)1997.

26. Nakabayashi N; Pasley D. Hibridización de los tejidos duros dentales. Quintenssense publishing. 1998.

27. Bianchi J; Rodrigues F, Leonardo E; Santos J. Resistencia adhesiva de resinas compostas á dentina. Rev. Odontol. Univ. Sao Paulo 13 (1) Ene./Mar., 1999

28. Jacques P; Hebling J. Effect of dentin conditioners on the microtensile bond strength of a conventional and a self-etching primer adhesive system. Dent Mater. 2005 Feb;21(2):103-9

29. Perdigao J. Adhesivos dentales: Últimos avances. (1998) Web site de Dentsply <http://www.dentsply-iberia.com/Noticias/clinica1N8.htm> [Consultado el 25 de Noviembre de 2004]

30. Gamborgi L. Condicionamento dentinario.

31. Bertoldi A. Odontología Restauradora y Salud Pulpar (2001) Portal de odontología red dental. <http://www.red-dental.com/ot003101.htm> [Consultado 28 de septiembre de 2004]

32. Arroyo S; Martínez J. Un adhesivo autograbador: XENO III. (2003) Web site de Dentsply <http://www.dentsply-iberia.com/Noticias/clinica2409.htm> [Consultado el 25 de Noviembre de 2004]

33. Abreu R. Restauraciones adhesivas directas en dientes posteriores (2002). Portal de odontología: Odontología On Line. <www.odontología_online.com> Consultado el 28 de octubre de 2004.

34. Abreu R. Resinas compuestas en el futuro, Portal de odontología: Odontología On Line. <www.odontología_online.com> Consultado el 28 de octubre de 2004

35. Cabral J; Cabral R; Zaya L. Grabado dentinario: ¿procedimiento riesgoso? Rev. Asoc. Odontol. Argent; 83(3):184-91, jul.-sep. 1995

36. Sadek F; Tavares A; Cardoso P. Efeito do armazenamento de adhesivos de frasco único sobre a resistencia de uniao a dentina. Cienc. Odontol. Bras. 2003 Abr./Jun; 6(2) 29-34

37. Burgueño J. Operatoria dental. Grabado total: una técnica discutida. Rev. Circ. Odontol. Ros; 64(1):27-31, dic. 1998

38. Freedman G; Leinfelder K. Sistemas adhesivos de séptima generación. Rev. noticias dentales de América Latina Febrero 2003

39. Nakabayashi N. identificación de una capa híbrida de resina dentina en la dentina humana vital en vivo. Unión durable a la dentina vital. Quintenssense Internacional 23(2) 1992.

40. Abate P; Molina M; Macchi R. Adhesión de composites a esmalte y dentina con sistemas autoacondicionantes Rev. Asoc. Odontol. Argent; 90(4):279-282, sept.-dic. 2002.

41. Demarco F; Turbino M; Matson E. Resistência de união de dois sistemas adesivos dentinários. Braz. dent. J 9(1):19-24, jan.-jun. 1998.

42. Saboia V; Saito S; Pimenta L. Aspectos micromorfológicos da interface adesiva em funcao da variacao no preparo do espécime. Pesqui Odontol Bras 14 (4) 340-344 Dic. 2000.

43. Shimabuko D; Aun C. Analise ao microscopio eletronico de varreduras projecciones de resina ("Tags") em dentes restaurados apos intervencao endodontica. Rev. Odontol. Univ. Sao Paulo vol. 12 (1) Jan/Mar 1998.

44. Mjör I.; Smith M.; Ferrari M.; Manocci F. The estructure of dentine in the apical región of human teeth. International Endodontic Journal 34, 346-353, 2001.

45. Gómez de Ferraris E; Campos A. Histología y embriología bucodental. Primera edición. Ed. Panamericana 2002.

46. Saravia M; Melgar S; Postes completamente estéticos y anatómicos. Bases científicas para su práctica clínica. Rev. Visión Dental 7(4): 24-29

47. Ozturk B; Ozer F. Effect of NaOCl on bond strengths of bonding agents to pulp chamber lateral walls. J Endod; 30(5):362-5, 2004 May.

48. Otamendi C. Efecto de los compuestos eugenólicos en los materiales utilizados en endodoncia sobre la unión de los sistemas adhesivos (2003). Web site de Dr. Carlos Boveda <http://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_35.htm> [Consultado 20 febrero de 2005]

49. Ngoh E; Pashley D; Loushine R; Weller R; Kimbrough W. Effects of eugenol on resin bond strengths to root canal dentin. J Endod; 27(6):411-4, 2001 Jun.

50. Tolbert S;Burgess J; Xu X; Mercante D. Microtensile Bond Strengths between Adhesive Cement and Root Canal Dentin . J Endod. 2001 Jun;27(6):411-4.

51. Erdemir A; Eldeniz A; Belli S; Pashley D. Effect of solvents on bonding to root canal dentin. J Endod; 30(8):589-92, 2004 Aug.

52. Erdemir A; Ari H; Gungunes H; Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin. J Endod. 2004 Feb;30(2):113-6

53. Ferrari M; Grandini S; Simonetti M; Monticelli F; Goracci C. Influencie of a microbrush on bonding fiber post root canls Ander clinical conditions.Oral Surg. Oral Med. Pathol. Oral Radiol Endod 2002; 94: 627-31

54. Giachetti L; Russo D; Bertini F; Giuliani V. Translucent fiber post cementation using a light-curing adhesive/composite system: SEM analysis and pull-out test. J Dent; 32(8):629-34, 2004 Nov.

55. Pimentel F; Perlatti P; Suga R; Marins de Carvalho R. Testes mecânicos para a avaliação Laboratorial da união resina/dentina. Rev. Fac. Odontol Bauru 2002; 10(3):118-27

56. Loguercio A; Uceda-Gomez N; Rocha de Oliveira M; Reis A. Influence of specimen size and regional variation on long-term resin-dentin bond strength. Dental Materials Dent Mater. 2005 Mar;21(3):224-31.

57. Pashley D; Carvalho R. Sano H; Nakajima M; Yoshiyama M; Shono Y; Fernández C; tay F. The microtensile bond test: A review. J Adhes Dent. 1999 Winter; 1(4):299-309.

58. Carvalho R; Sano H; Ciucchi B; Yoshiama M; Pashley D. Determinação da resistência adesiva a dentina através de um dispositivo de micro-tração Rev. Fac. odontol. Bauru; 2(3):77-82, jul. 1994.

59. Goracci C; Taveres A; Fabianelli A; Monticelli F; Raffaelli O; Capei P; Tay F; Ferrari M. The adhesión between fiber post and root canal walls; comparison between microtensile and push out bond strength measurements. European Journal Oral Sciences 2004; 112: 353-361.

60. Schellenberg U, Krey G, Nair PRN. Numerical density of the dentinal tubules at the pulpar wall on human permanent premolars ans third molars. J Endodontic 1992; 18:104-109

61. Lertchirakarn V, Palamara JE, Messer HH. Anisotropy of tensile strength of root dentin. J Dent Res. 2001 Feb;80(2):453-6.

62. Inoue T, Takahashi H, Nishimura F. Anisotropy of tensile strengths of bovine dentin regarding dentinal tubule orientation and location. Dent Mater J. 2002 Mar;21(1):32-43.

63. Inoue S, Vargas MA, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, Sano H, Van Meerbeek B.Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to dentin. Adhes Dent. 2001 Fall;3(3):237-45.

64. Giannini M, Carvalho RM, Martins LR, Dias CT, Pashley DH. The influence of tubule density and area of solid dentin on bond strength of two adhesive systems to dentin. J Adhes Dent. 2001 Winter;3(4):315-24.

65. Ferrari M, Mannocci F. Case Report – A “One-Bottle” adhesive system for bonding a fibre post into a root canal: an SEM evaluation of the post-resin interfase. International Endodontic Journal. 33:397-400, 2000.

ANEXOS

Anexo I

Tabla XV: Ficha de Recolección de datos para la dentina del canal radicular

Grupo	Especimen	Fuerza de resistencia a la máxima tensión	Área			Fuerza de adhesión en Mpa
			Ancho	Espesor	Total	
Cervical	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					
	12					
	13					
	14					
	15					
	16					
	17					
	18					
Medio	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					
	12					
	13					
	14					
	15					
	16					
	17					
	18					

Media			
Desviación Standart			
Coficiente de variabilidad			
Mediana			

Anexo II

Tabla XVI: Ficha de Recolección de datos para dentina coronal superficial

Especimen	Area			Fuerza de resistencia a la Microtensión	Fuerza de adhesión en Mpa
	Ancho	Espesor	Total		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

Media	
Desviación standart	
Coef. Variabilidad	
Mediana	

Anexo III
Secuencia Fotográfica

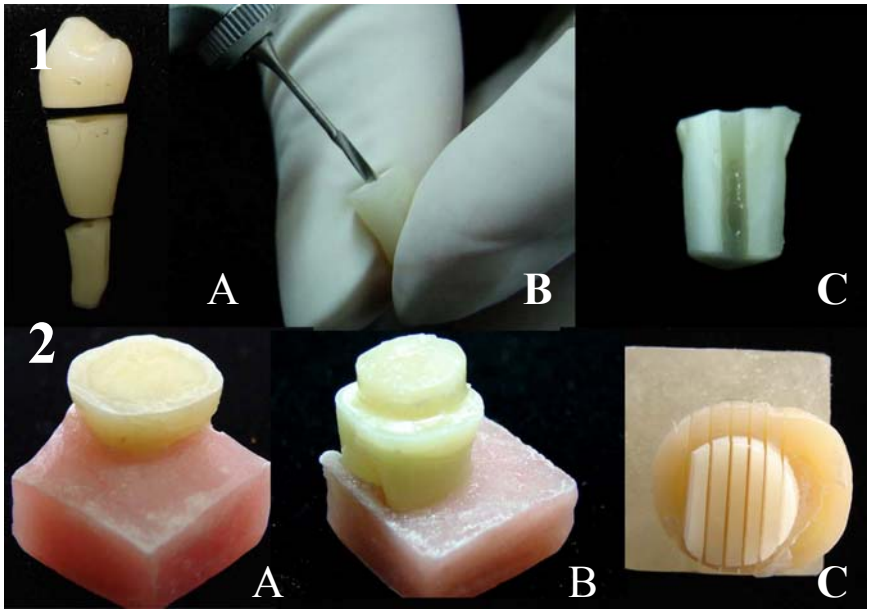


Figura XV: Preparación de los Especimenes. 1: En dentina radicular: Premolares sanas fueron seccionadas a nivel de sus dos tercios radiculares (A), el canal radicular fue ensanchado con una fresa peeso, finalmente se expuso el canal radicular para lograr una adhesión efectiva (C). 2: En dentina oclusal, se eliminó el esmalte oclusal (A) y sobre la superficie expuesta se levantó un bloque de resina (B), posteriormente se realizaron cortes seriados para obtener especímenes.

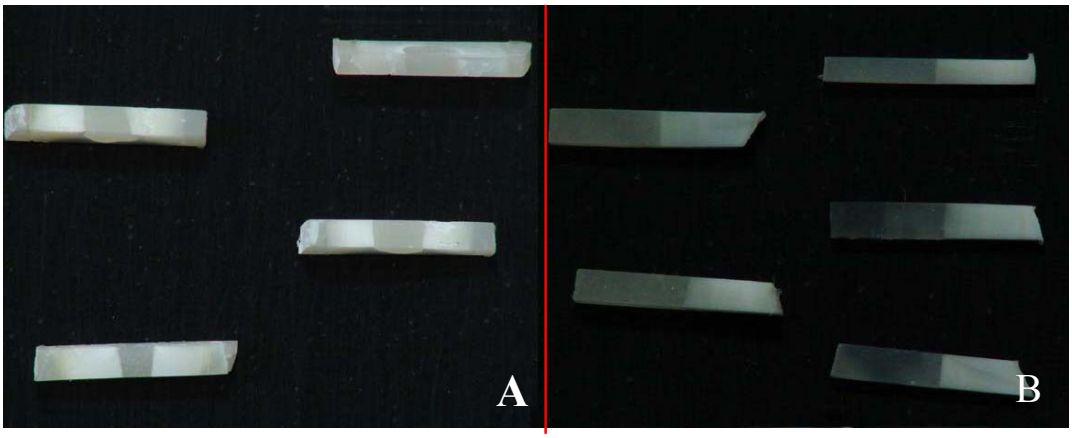


Figura XVI: Especímenes de Prueba. (A) Radicular, (B) Coronal

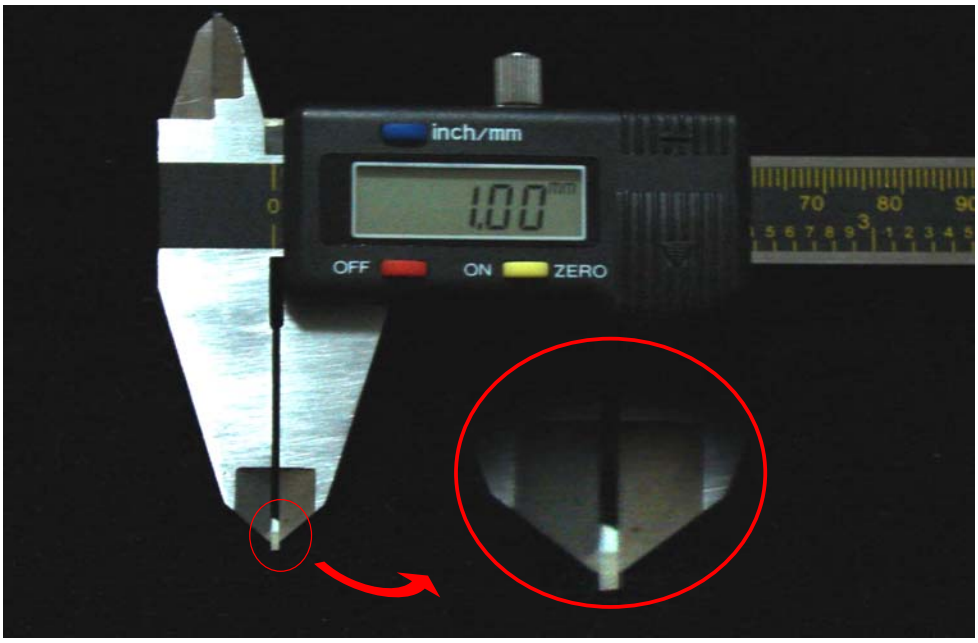
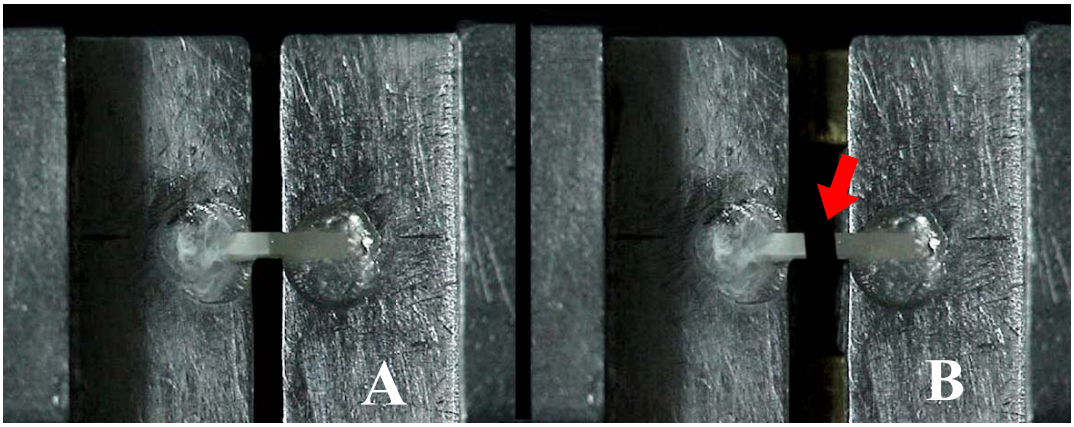


Figura XVII: Vernier digital –medición de especimenes. Para determinar el área adhesiva con exactitud se utilizó un vernier digital.



Figura XVIII: Máquina de Microtensión (Micro Tensile Tester de la casa Bisco)



<u>Figura XIX:</u> Test de Microtensión. Los Especímenes previamente medidos fueron colocados en el dispositivo de prueba del microtensiómetro (A) donde se les aplicó una fuerza constante hasta que se observó su fractura (B).