

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE ODONTOLOGIA  
COORDINACION GENERAL DE  
PROCESOS DE GRADUACION



TRABAJO DE GRADUACION  
PARA OBTENER EL TITULO DE  
DOCTOR EN CIRUGIA DENTAL

TITULO: SISTEMAS DE ADHESION A ESMALTE Y DENTINA

AUTORES:

MARCELA MARIA TOVAR CALDERON

FRANCISCO MANUEL BETANCOURT CORDOVA

DOCENTES DIRECTORES:

DR. FIDEL MARQUES AVILÉS

DR. RENATO GUIDOS

CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO 28 DE 2005

AUTORIDADES:

DRA. MARIA ISABEL RODRIGUEZ  
RECTORA DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ  
RECTORA

ING. AGR. JOAQUÍN ORLANDO MACHUCA  
VICE-RECTOR ACADEMICO

DRA. CARMEN RODRÍGUEZ DE RIVAS  
VICE-RECTOR ADMINISTRATIVO

DR. OSCAR RUBEN COTO DIMAS  
DECANO DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA

DR. GUILLERMO ALFONSO AGUIRRE  
VICEDECANO DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA

DRA. VICTORIA VELASQUEZ  
SECRETARIA

DR. BENJAMÍN LOPEZ GUILLÉN  
DIRECTOR DE EDUCACION ODONTOLOGICA

JURADO EVALUADOR

DR. FIDEL MARQUEZ AVILES  
DR. GILBERTO MARAVILLA  
DR. MIGUEL ARÉVALO ROMERO  
JURADO EVALUADOR

## DEDICATORIA

Dedicamos el presente trabajo a Dios Todopoderoso, quien hizo posible que se realizara, a nuestra madre la Virgen María quien acompañó el proceso con su mirada maternal y a nuestras familias quienes apoyaron constantemente de forma material y anímica cada etapa.

## AGRADECIMIENTOS MARCELA:

A Dios Todopoderoso quien nos regalo el discernimiento, la voluntad y el deseo de llevar a feliz termino nuestro trabajo de graduación.

A la Virgen Santísima por haber escuchado todos mis rosarios y los de mi familia, y por acompañarme en mis visitas al santísimo.

A mis padres, Ana María de Tovar y Felipe Neri Tovar a quienes amo y reconozco públicamente que fueron mi incentivo personal y diario, gracias por sus oraciones y tiempo. Por que con palabras sería imposible e interminable esta pagina de reconocimientos, por sus cuidados y mimos, por su desmedida confianza y amor que no me faltaron, por los días de consejo y las noches de regaño.

A mis hermanos que en todo momento estuvieron dispuestos a colaborar hasta en el detalle más mínimo, Fé, René, Paty, Lulú, Jona, Alvaro, José, Wil, Leca y Nan, por todas las molestias de noche y madrugada, por aguantarme mi genio y ser los mejores hermanos del Mundo.

En especial gracias a mi hermanita Fita ya que sin ella no hubiera sido lo mismo, por ser una estudiante brillante a quien admiro por su dedicación y empeño en todo lo que hace. “Sos como lo mejor”.

A mis super sobrinos, Miky y Fofu, quienes fueron del equipo de redacción, scann y animación de los viernes y sábados y a Felipe Carlos y Patricia María quienes siempre estaban preguntando “¿cuando se acabaría la tesis?”.

A mis amigos, David y Claudia porque intentaron dibujar una sonrisa en el rostro y una mentalidad positiva en momentos difíciles y se sentaron a dilucidar como parte del grupo de tesis.

Gracias a mi Gordo, quien se encargo de darme ánimos y apoyarme con sus oraciones y cuidados. Y por ser el mejor mi mejor amigo en las buenas y en las no tan buenas

Y Finalmente pero no por eso menos importante, Gracias a todas las personas que de alguna manera u otra colaboraron con mi formación; acompañando cada uno de mis pasos y por los cuales siento mucho cariño y respeto, desde el fondo de mi corazón agradezco a todo el personal que labora en la Facultad de Odontología de la Universidad de El Salvador,

Gracias a todos aquellos que demostraron su amistad y me brindaron  
consejos:

Gracias a la Lic. Delmira de Araujo, Dra. Clelia Fernández de Angulo,  
Dr. Fidel Márquez, Lic. Olga de Matamoros, Dr. Salvador Meléndez,  
Dr. Roberto Moreno, Dr. Morán, Rosendo, Celina, a las Carmencitas y en  
fin a todos aquellos que me brindaron su mano, comprensión y me hicieron  
amar lo que hoy día se convierte en mi profesión, escogida por vocación.

## AGRADECIMIENTOS FRANCISCO:

Agradezco a Dios que siempre me acompañó fuertemente en este tiempo, que me brindó la oportunidad para dar una pequeña mirada de como es la vida realmente, para que pueda madurar y servirle mejor. Este es el final de un tiempo en el que muchas personas dedicaron no sólo un aporte académico, sino que con su ayuda, disponibilidad, y sobre todo su constante oración, nos permiten estar hasta esta etapa.

Agradezco a mis padres y mis hermanos que sin dudas, preguntas o ataduras, siempre confiaron firmemente en que este momento llegaría; Y que a lo largo de toda la carrera, cada uno sacrificó una parte de sí para que tuviera lo necesario.

A la familia Tovar Calderón por compartir su hogar mientras se realizó el trabajo y por su ayuda para que la armonía estuviera presente.

## RESUMEN

El presente trabajo es una revisión de la literatura, mas reciente sobre Sistemas Adhesivos a Esmalte y Dentina.

Su objetivo principal es exponer a los sistemas adhesivos no como un proceso mecánico; sino como el resultado del conocimiento e investigación científica. De esta forma el empleo de estos materiales se orienta a los sustratos adhesivos y a las propiedades (químico-mecánicas) de los elementos que componen el sistema, cualquiera que sea su presentación comercial.

En cuanto a Esmalte y Dentina se puede decir, que están sujetos a variables Extrínsecas e Intrínsecas, las cuales de no ser controladas adecuadamente, comprometen la longevidad de las restauraciones, ya que se encuentran inmersos en un medio húmedo que favorece el fenómeno de hidrólisis; que visto en una línea de tiempo se puede traducir en nanofiltración y consecuentemente en sensibilidad post-operatoria.

El éxito de los Sistemas Adhesivos, radica en: Crear una capa hibrida de calidad, que promueva una Interfase Sellada, que no dependa de la longitud de los tapones de resina, sino del intimo contacto de ambos sustratos, favorecido directamente por un sustrato con alta energía superficial y un adhesivo con baja tensión superficial, capaz de humectar la red de fibras colágenas.

### **Palabras Clave:**

Sistemas Adhesivos, Capa Hibrida, Interfase Sellada, Energía y Tensión Superficial, Red de Fibras Colágenas, Nanofiltración, Hidrólisis, Sensibilidad Post-operatoria.

**INDICE**

**CAPITULO I**

1.0 ADHESION A ESMALTE Y DENTINA.....	4
1.1 CONCEPTO DE ADHESION .....	4
1.2 RESEÑA HISTÓRICA DE LA APARICION DE LOS SISTEMAS ADHESIVOS .	4
1.3 TEORIAS SOBRE EL FENÓMENO DE ADHESIÓN <sup>(60)</sup> .....	6
1.3.1 Teoría Mecánica.....	6
1.3.2 Teoría de Adsorción .....	6
1.3.3 Teoría de Difusión.....	6
1.3.4 Teoría Electroestática.....	6
1.4 TIPOS DE ADHESION .....	7
1.4.1 Adhesión Mecánica .....	7
1.4.2 Adhesión Química.....	8
1.5 PROPIEDADES SUPERFICIALES:.....	10
1.5.1 Energía Superficial.....	10
1.5.2 Tensión Superficial .....	11
1.5.3 Humectancia .....	12
1.7 FACTORES QUE FAVORECEN LA ADHESION .....	15
1.7.1 Dependiente de la Superficie: .....	15
1.7.2 Dependientes del Adhesivo: .....	15
1.7.3 Dependientes del Biomaterial:.....	15
1.7.4 Dependientes del Profesional y Personal Auxiliar:.....	16
1.7.5 Dependiente de los Fabricantes: .....	16
1.8 RESISTENCIA ADHESIVA Y DURABILIDAD:.....	16
1.9 COMPONENTES DE UN SISTEMA ADHESIVO .....	17
1.9.1 Acido .....	17
1.10 Primer .....	20
1.11 Adhesivo.....	22
1.12 Adhesivos con Flúor:.....	24
1.13 Adhesivos con Relleno:.....	24
1.14 Corrientes a seguir en Adhesión a Esmalte y Dentina por medio de Primers y Adhesivos .....	27
2.0 ADHESION A ESMALTE .....	28
2.1 OBJETIVOS DE. ACONDICIONAR EL ESMALTE:.....	29
2.2 Requerimientos que necesita la superficie del Esmalte para recibir tratamiento .....	29
2.2.1 Superficie biselada o coincidente con la dirección de las varillas adamantinas: ....	30
2.2.2 Activación del sustrato adamantino y superficie de alta energía .....	31
2.2.3 Humectación – Imprimación y Compatibilidad: El .....	31
2.3 ACCION DEL ACIDO: .....	32
2.4 TIPOS O PATRONES DE ACONDICIONAMIENTO ADAMANTINO.....	33
2.5 PASOS PARA LA APLICACIÓN DEL ACIDO: .....	35
2.5.1 Aplicación del Acido.....	35

## *Sistemas de Adhesión a Esmalte y Dentina*

2.5.2 Aspiración del Acido Acondicionador .....	35
2.5.3 Tiempo de lavado adamantino .....	36
2.5.4 Tiempo de secado adamantino:.....	36
3.0 ADHESION A DENTINA .....	37
3.1 TIPOS DE DENTINA.....	38
3.1.1 Clasificación según su etapa de formación: .....	38
3.1.2 Clasificación según su Profundidad .....	38
3.2 COMPONENTES DENTINARIOS ESTRUCTURALES: .....	40
3.2.1 Túbulos Dentinarios .....	40
3.2.3 Dentina Peritubular .....	43
3.2.4 Dentina Intertubular .....	45
3.3 REQUERIMIENTOS DE LA ADHESION A DENTINA: .....	46
3.3.2 Superficie humectable por el Adhesivo.....	52
3.3.3 Interfaz sellada u obliterada permanentemente .....	52

## **Índice de Figuras**

Figura 1 Molécula de Bis-GMA

Figura 2 Tension Superficial.

Figura 3 Humectancia.

Figura 4 Primer

Figura 5 Adhesivo con relleno

Figura 6 Patron de grabado de esmalte esquema a.

Figura 7 Patron de grabado esquema b..

Figura 8 Distribucion de tubulos dentinarios.

Figura 9 Proceso Odontoblástico..

Figura 10 Dentina Peritubular e Intertubular.

Figura 11 Factor de Configuración Cavitaria

Figura 12 Capa de Hibridizacion.

Figura 13 Capa de Reacción Integración

Figura 14 Falla de Capa Hibrida

Figura 15 Agrietamiento Ambiental

Figura 16 Formación de Vacuolas.

Figura 17 Esquema Simplificación Sistemas Adhesivos

Glosario

## **1.0 ADHESION A ESMALTE Y DENTINA**

Actualmente, en el siglo XXI, a pesar de los grandes adelantos tecnológicos en el área de los materiales dentales, no se ha descifrado una técnica de restauración adhesiva totalmente predecible; las técnicas adhesivas con las que se cuenta hoy en día son sensibles en cada una de sus fases clínicas, por lo tanto, es importante conocer y manejar una serie de variables que permitan optimizar los resultados clínicos.

### **1.1 CONCEPTO DE ADHESION**

La Adhesión es un fenómeno superficial entre dos cuerpos en íntimo contacto, en donde al menos uno es sólido (tejidos dentarios). La superficie o sustrato que es adherido se llama agente adhesivo o sistema adhesivo y este a su vez, puede ser definido como el material que cuando es aplicado a superficies, puede unirlos, resistir la separación y transmitir cargas a través de la unión.

### **1.2 RESEÑA HISTÓRICA DE LA APARICION DE LOS SISTEMAS ADHESIVOS**

Los primeros intentos de adhesión a la estructura dentaria se atribuyen al químico Suizo Oscar Hagger, quien en 1949 patentó un producto basado en el Dimetacrilato del Ácido Glicerofosfórico con el Nombre Comercial de Sevriton Cavity Seal; una resina acrílica restauradora autopolimerizable, la cual fue modificada dos años mas tarde por Knock y Glenn en 1951 debido a su extrema contracción por polimerización por lo que agregaron partículas cerámicas al relleno de la resina, para contrarrestar este fenómeno.

En 1952 Kramer y Mclean notaron que el producto usado por Hagger tenía la tendencia a penetrar la superficie dentinaria y formar una zona intermedia entre la dentina y la restauración.

En 1955 Michael Buonocore propuso el tratamiento de la superficie del esmalte con ácido fosfórico al 85%.

En 1962 Rafael Bowen patentó la Resina Bis-GMA conocida como “Formula de Bowen” con este material se da inicio al desarrollo de materiales poliméricos capaces de adherirse al esmalte. Figura 1.

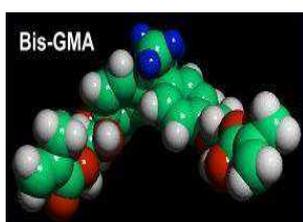


Figura 1. Bis-GMA

En 1966 Newman y Sharpey modificaron la fórmula de Bowen eliminando su relleno cerámico para producir una resina de baja viscosidad, naciendo así el primer ADHESIVO DENTAL.

En 1970 David Eick y Col. denominaron químicamente al Barrillo Dentinario y describieron su apariencia topográfica y en 1984 Brannstrom la subdividió en 2 capas: 1) Externa o Smear on que es amorfa y reposa sobre dentina y 2) Interna o Smear in o Smear plug formada por partículas diminutas localizadas en el interior de los túbulos.

En 1975 Sylverstone identificó los PATRONES DE GRABADO a Esmalte.

En 1980 Takao Fusayama afirma que el tratamiento con ácido de la dentina favorece la adhesividad y llamo a este proceso GRABADO TOTAL. Pero no fue sino hasta 10 años después que fue apreciada dicha teoría en los países occidentales.

En 1982 Nobuo Nakabayashi describió por primera vez la zona encontrada en 1952 por Kramer y Mclean, observo una capa de 3 a 6 micromicras a la que llamo “CAPA HÍBRIDA” por estar constituida de Colágeno y Resina.

### **1.3 TEORIAS SOBRE EL FENÓMENO DE ADHESIÓN <sup>(60)</sup>**

**1.3.1 Teoría Mecánica:** Establecen que el adhesivo solidificado traba micro mecánicamente con la rugosidad e irregularidades de la superficie del adherente.

**1.3.2 Teoría de Adsorción:** Abarca toda clase de uniones químicas entre el adhesivo y el adherente, incluyendo fuerzas de valencia primarias (iónica y covalente) y secundarias (hidrógeno, interacción bipolar y dispersión de London)

**1.3.3 Teoría de Difusión:** Propone que la adhesión es el resultado de moléculas móviles. Los polímeros de cada lado de una interfase pueden a atravesar y reaccionar con moléculas en el otro lado. Eventualmente la interfase desaparecerá y las dos partes se volverán una sola.

**1.3.4 Teoría Electroestática:** Establece que se forma una capa doble eléctrica en la interfase entre un metal y un polímero, haciendo una certera contribución todavía obscura, a la resistencia de unión.

#### **1.4 TIPOS DE ADHESION <sup>(22)</sup>**

La Adhesión puede ser Mecánica o Química

**1.4.1 Adhesión Mecánica:** Cuando una de las partes penetra en las irregularidades **que** presenta otra, quedando de tal manera trabadas. Se divide en Macromecánica y Micromecánica.

**Macromecánica:** Es la que requieren las restauraciones no adherentes a los tejidos dentarios. Ella se logra mediante diseños cavitarios que deben lograr una forma de retención o anclaje. Los diseños cavitarios para otorgar retención o anclaje solo difieren en la inclinación de sus paredes hacia el borde cavo marginal. Retentivas las primeras y expulsivas las de anclaje. <sup>(51)</sup>. Estas formas son: por fricción o roce, por profundidad, por profundización, por mortaja, cola de milano o cola de paloma, por compresión al o los conductos radiculares y por pines o rieleras.

**Micromecánica:** Es la adhesión física propiamente dicha. Se produce por dos mecanismos o efectos en los cuales están involucrados la superficie dentaria y los cambios dimensionales que ocurren en el medio adherente cuando endurece el material restaurador. Estos mecanismos según Steenbecker en 1999 son los siguientes: Efecto Geométrico y Reológico. \*Ver definiciones en Glosario.

1.4.2 Adhesión Química: Cuando las partes al entrar en contacto forman o **desencadenan reacciones químicas entre las superficies.**

**Enlaces Químicos:** Los Enlaces Químicos pueden ser de dos tipos: a) Atómicos o de Valencia Primaria (Enlaces iónico, covalente y metálico) y b) Moleculares o de Valencia Secundaria (Fuerzas de: keeson, debye, dispersión de London y puente de hidrógeno)

Las reacciones químicas que frecuentemente ocurren en la manipulación y aplicación de biomateriales de uso odontológico son: fraguado, polimerización, gelificación y reacciones ácido-base.

Todas estas reacciones de endurecimiento conllevan por lo general a la producción de variaciones dimensionales, ya sea por la reacción química misma o por el cambio de estado: de un líquido o un semisólido a sólido.

Así las sustancias que fraguan, expanden, las que polimerizan, contraen, las que gelifican, expanden o contraen (de acuerdo a su equilibrio hídrico) y las que lo hacen por reacciones ácido-base por lo general no presentan cambios dimensionales <sup>(51)</sup>.

Las uniones mas fuertes son las metálicas, le siguen las iónicas y por ultimo las covalentes. Los enlaces metálicos dan origen a sólidos, los iónicos a sólidos o líquidos y los covalentes a líquidos o gases, a excepción de aquellos casos en que participa el carbono y el silicio, que cuando forman macromoléculas son sólidos.

También es posible producir cambios dimensionales entre dos superficies por variaciones de temperatura, con la consecuente posibilidad de separación entre ellas, ya que al dilatarse o contraerse ambas en diferente medida según la naturaleza intrínseca de

cada una (expresada por su coeficiente de variación térmica lineal); se generan fuerzas que perjudicaran la adhesión. <sup>(51)</sup>.

Si hay cambio dimensional habrá desadaptación entre las partes a unir, ya sea durante o después del endurecimiento de una de ellas sobre la otra, aumentando la posibilidad de una interfase por la cual puedan filtrarse fluidos (gases o líquidos) <sup>(30)</sup>.

La materia se puede encontrar en tres estados de agregación: sólido líquido y gaseoso, aun cuando en la actualidad se discute un cuarto estado, llamado Coloidal, dependiendo de Condiciones Intrínsecas y Extrínsecas.

**Factores Condicionantes de los Estados de la Materia:**<sup>(23)</sup>

**Intrínsecos:** Son los relacionados con los átomos y moléculas que forman la materia: Energía Cinética, Energía Interatómica, Energía de los Enlaces de Valencia primaria o Interatómica, Energía Electroestática de los enlaces Secundarios Moleculares.

**Extrínsecos:** Que pueden aumentar, disminuir, contrarrestar e incluso oponerse a alguna de o todas las Energías anteriormente mencionadas. Al variar uno o los dos factores es posible pasar de un estado a otro, estos factores son: Temperatura y Presión.

## **1.5 PROPIEDADES SUPERFICIALES:**

**1.5.1 Energía Superficial:** Esta se manifiesta por un campo eléctrico electrostático, capaz de atraer a las moléculas libres del medio, que tengan un campo eléctrico contrario.

Tienen alta energía superficial los cuerpos cristalinos (como el esmalte y los materiales cerámicos) o los de naturaleza metálica (metales y especialmente las aleaciones nobles o preciosas). En cambio los cuerpos orgánicos como la dentina, el cemento o los polímeros tienen una baja energía superficial.

El esmalte normal presenta una energía superficial de más o menos 30 dinas por cm.; los adhesivos resinosos hidrófobos tienen una tensión superficial de más o menos 40 dinas por cm. La interrelación de estos valores posibilita asegurar que bajo estas condiciones el esmalte no podría ser mojado por el adhesivo <sup>(4)</sup>

La energía superficial del esmalte aumenta a más o menos 42 dinas por cm, cuando es acondicionado con ácidos en concentraciones adecuadas, posibilitando esta técnica que se puedan generar fenómenos ideales de humectación y adhesión.

La compatibilidad fisicoquímica se obtiene cuando el adhesivo es de baja tensión superficial (característica molecular de los líquidos) y el sustrato tiene una elevada energía superficial (característica molecular de los sólidos), originando que las fuerzas intermoleculares entre adhesivo y sustrato sean menores que las fuerzas cohesivas entre las dos sustancias. Esta compatibilidad es positiva cuando no es interrumpida por humedad, (agua de precipitación o partículas contaminantes).

**1.5.2 Tensión Superficial:** Al analizar la superficie de un líquido, se aprecia que sus moléculas tienen una energía cinética limitada, que hace que las fuerzas cohesivas se manifiesten. Es así que la atracción cohesiva determinará que todas las moléculas tiendan a acercarse hacia un centro común; por lo que las moléculas de un líquido tenderán, en un ambiente sin gravitación, a formar una esfera. Esa esfera de moléculas libres deja en la superficie a moléculas con campos electrostáticos que tenderán a esparcirse con facilidad o dificultad sobre un sólido dependiendo de la energía en su superficie. A este campo electrostático en la superficie de un líquido se le denomina **tensión superficial** <sup>(4) (16) (32)</sup>.

Figura 2

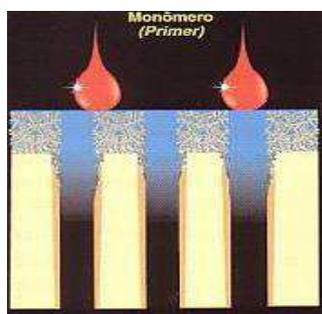


Figura 2. Nótese la presencia de las Fibras Colágenas, Tensión Superficial y Energía Superficial, así como las características de ambos sustratos. (Sólido-Tejido dentario y Líquido-Sistema Adhesivo)

Consecuentemente tanto energía superficial como tensión superficial son manifestaciones de energías libres en la superficie de un sólido o de un líquido, respectivamente.

La forma superficial de un líquido depende de la fuerza de gravedad, de la extensión que esta superficie tenga y de su tensión superficial.

Las moléculas que se encuentran en la superficie del líquido, tienden a ser atraídas fuertemente hacia el interior por sus colindantes no superficiales. Esto se traduce en la tendencia del líquido a ocupar el mínimo de volumen posible. Ello se logra con una esfera, que llamaremos gota, haciendo que el líquido se comporte como una membrana elástica superficialmente. <sup>(4) (29)</sup>

**Propiedades de la Tensión Superficial:**

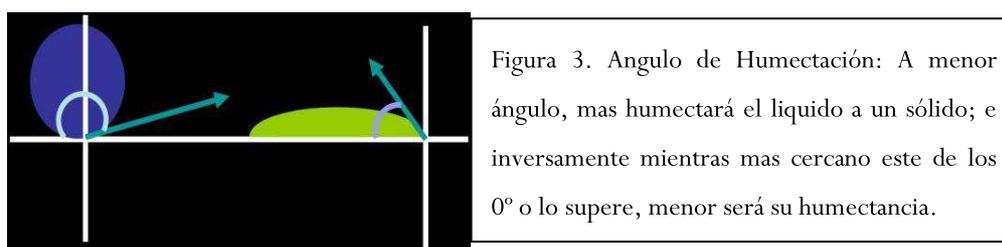
1. Tiene el mismo valor en todas las direcciones
2. No depende del espesor y extensión de la membrana
3. Disminuye con el aumento de la temperatura ambiental
4. Varía según la superficie de contacto
5. La tensión superficial de todos los líquidos disminuye al aumentar la temperatura.

**1.5.3 Humectancia:** Capacidad de un líquido de mojar un sólido. Mientras más baja sea la tensión superficial de un líquido frente a un sólido de alta energía superficial, mejor lo humectará o mojará; e inversamente, una alta tensión superficial de líquido y una baja energía superficial del sólido, impedirá que el líquido moje al sólido y más bien tienda a formar gotas sobre su superficie. <sup>(4) (29)</sup>

El poder de humectación depende también de la viscosidad del agente adhesivo y está directamente relacionado con la fluidez de los monómeros que integran la fórmula de las resinas de diacrilato, dimetacrilato de uretano o de los primers ácidos

autoacondicionantes. Idealmente la humectación ocurre cuando los valores de tensión superficial del líquido adhesivo son ligeramente menores que los valores de energía superficial del sustrato sólido <sup>(65) (49) (7)</sup>

La formación de gotas en la superficie de un sólido es un signo indicativo de la mayor o menor humectancia de un líquido y aun más la curvatura de la gota también es indicativa de la humectancia. Mientras más tendencia tenga la gota a formar una esfera, menos humectante será el líquido; por el contrario mientras más plana sea la gota, más mojará el líquido al sólido. Figura 3



La humectación es óptima cuando la superficie del sustrato se encuentra sin estratos adheridos, tiene una elevada energía superficial (efecto logrado por el acondicionamiento adamantino), el adhesivo es de baja tensión superficial y existe compatibilidad fisicoquímica entre ambos.

Sin embargo, el cambio observado en la formulación de los adhesivos para esmalte- caracterizados por agentes resinosos hidrófugos con el advenimiento de los sistemas de adhesión a esmalte y dentina (basados en resinas hidrófilas) y sistemas de autoacondicionamiento, hacen que disminuyan los efectos negativos, relacionados con la humedad.

Para que estas condiciones se cumplan se debe aplicar sobre el esmalte un adhesivo autoacondicionador, que por atracción molecular y fenómenos de capilaridad impregne los micro poros, produciéndose una reacción ácido-base con formación de sales estables que se integren al tejido, para que finalmente se produzcan una traba micro mecánica luego de ser polimerizado.

Todo el sistema, en la capa de integración resina-esmalte se estabiliza cuando la resina es fotopolimerizada por reacción dual, produciéndose uniones micro mecánicas y químicas.

#### **1.6 Ventajas de las Técnicas Adhesivas:**

- \* Disminución de la Interfase Diente-Restauración
- \* Prevenir la Microfiltración
- \* Reducción de los Problemas Críticos post-operatorios como sensibilidad post-operatoria, pigmentación marginal y caries recurrente.
- \* Transmiten y distribuyen mejor las fuerzas funcionales a través de la Interfase Diente-material restaurativo (monoblock).
- \* Reparación de Restauraciones Deterioradas.
- \* Reemplazo de Restauraciones con mínima o ninguna pérdida de Sustancia dental

## **1.7 FACTORES QUE FAVORECEN LA ADHESION**

### **1.7.1 Dependiente de la Superficie:**

Contacto Íntimo

Limpias y Secas

Alta Energía Superficial

Potencialmente Receptivos a Uniones Químicas

Superficies Lisas Vrs. Rugosas

### **1.7.2 Dependientes del Adhesivo:**

Baja Tensión Superficial

Alta Humectancia o Capacidad de Mojado

Bajo Angulo de Contacto

Alta Estabilidad Dimensional

Alta Resistencia Mecánica, Química Adhesiva- Cohesiva

Biocompatibles

### **1.7.3 Dependientes del Biomaterial:**

Fácil manipulación, aplicación y mínima implementación

Técnicas adhesivas confiables

Compatible con los medios Adhesivos a Ocupar.

**1.7.4 Dependientes del Profesional y Personal Auxiliar:**

Conocimiento del Biomaterial

Capacitación del Personal auxiliar

Habilidades psicomotoras

Presencia de Aceite o Spray en las turbinas

Presencia de Aceite y/o Agua en el aire de la jeringa triple

**1.7.5 Dependiente de los Fabricantes:**

Productos probados

Alta durabilidad

Instrucciones claras y precisas

Mínima Implementación

Bajo Costo

Fácil almacenaje

Prolongada Vida Útil

**1.8 RESISTENCIA ADHESIVA Y DURABILIDAD:**

El periodo de tiempo durante el cual la unión permanece efectiva es referido como durabilidad.

**La resistencia y durabilidad de las uniones adhesivas dependen de varios factores:**

- \* Propiedades fisicoquímicas y estructurales del adherente y del adhesivo
- \* Formación de contaminantes de la superficie durante la preparación cavitaria
- \* Desarrollo de fuerzas externas que impiden el proceso de adhesión y sus mecanismos de compensación.
- \* Mecanismo de transmisión y distribución de las cargas aplicadas a través de la interfase de unión.
- \* Medio oral (húmeda, fuerzas físicas, cambios de temperatura y ph, componentes dietéticos y hábitos masticatorios)

### **1.9 COMPONENTES DE UN SISTEMA ADHESIVO**

Los Sistemas Adhesivos están compuestos de Acido, Primer y Bond o Adhesivo propiamente dicho, no importando el tipo de sistema adhesivo sus componentes primarios son los anteriormente mencionados.

**1.9.1 Acido:** El término grabado es referido como el acondicionamiento, y el agente de grabado es referido como agente acondicionador. La concentración y tiempo de aplicación de los agentes acondicionadores es adaptada para proporcionar un patrón de grabado microporoso en el esmalte sin causar desmineralización extrema de la superficie dentaria.

El acondicionamiento en la dentina puede ser definido como cualquier alteración química de la superficie dentinaria mediante ácidos, con el objeto de remover la capa de

desecho y simultáneamente desmineralizar la superficie. Los acondicionadores son generalmente usados como el paso inicial en la aplicación clínica de los sistemas de grabado total y son por lo tanto aplicados simultáneamente al esmalte y dentina.

Diferentes ácidos, en diferentes concentraciones, tales como ácidos cítrico, maléico, nítrico y fosfórico, son suministrados por diferentes sistemas adhesivos. Después de la aplicación clínica, estos acondicionadores son generalmente lavados para remover cualquier remanente ácido y fosfatos de calcio disueltos.

Además de remover la capa de desecho, este procedimiento de desmineralización superficial expone una armazón microporosa de fibrillas colágenas e incrementa la microporosidad de la dentina intertubular. Debido a que esta matriz de colágeno es normalmente soportada por la fracción dentinaria inorgánica, la desmineralización causa que esta colapse.

Actualmente la mayoría de los ácidos se presentan en forma de gel, facilitando así su aplicación en ciertas áreas del diente.

Lo ideal es utilizar ácido fosfórico en una concentración entre 30 y el 37 % durante 15 segundos como mínimo. En el esmalte nunca debe utilizarse ácidos débiles, o sea en concentraciones, menores al 27%, pues acarrearían la formación de un precipitado poco soluble de fosfato dicalcico dihidratado de difícil remoción, pudiendo perjudicar el mecanismo de unión. Debido a que su remoción se hace más difícil, siempre que se utilice el ácido en forma de gel debe lavarse abundantemente con agua.

SWIF y CLOE, EN 1993, encontraron que la adhesión al esmalte tratado con ácido fosfórico al 32% es el doble en comparación con el ácido fosfórico al 10% y el ácido maléico al 10%.

Factores Técnicos de los Agentes Acondicionadores: El anhelo de justificar el uso de los Agentes Acondicionadores (una concentración alta de ácido por un periodo de tiempo extenso) algunas veces se sale del contexto de la literatura que sirve de soporte para estos conceptos.

Cuando se evalúa si una técnica de grabado es buena o mala, se deben tomar en cuenta los sutiles cambios en la técnica y métodos; que puedan provocar cambios en los resultados. Entre estos factores se encuentran:

- \* Tipo de ácido, concentración, intervalo de tiempo de aplicación.
- \* Tipo de Aplicación: Activa (fricción-fregado) o Pasiva (secado)
- \* Si el ácido fue aplicado como solución o como gota <sup>(27)</sup>
- \* Preparaciones cavitarias o exposiciones de dentina superficial
- \* Consideración del espesor de la dentina remanente.
- \* Presencia o ausencia de dentina esclerótica y dentina reparativa
- \* Edad del paciente y especie y edad del animal experimental
- \* Respuesta pulpar al subsecuente tipo de restauración: Amalgama condensable, Resina composita de autocurado puesta bajo presión o Resina composita de fotocurado colocada por incrementos.

- \* Respuesta pulpar a la mezcla de materiales restaurativos o a discos de caucho del material colocado en solución blanqueadora para medir los iones de Hidrógeno libre.

El íntimo contacto entre dos superficies adherentes es el requisito más importante para la adhesión y depende de la Humectación, Morfología e irregularidades del sustrato y de la Viscosidad del Adhesivo.

**1.10 Primer:** Los primers o imprimadores son promotores de la adhesión al estar constituidos por monómeros hidrófilos-hidrófugos que se comportan como una molécula bifuncional, por lo que a través de su actividad hidrófila se unen al colágeno de la dentina, por traba micromecánica y, por su extremo hidrófugo se incorporan al sistema resinoso de restauración mediante una reacción química. Figura 4

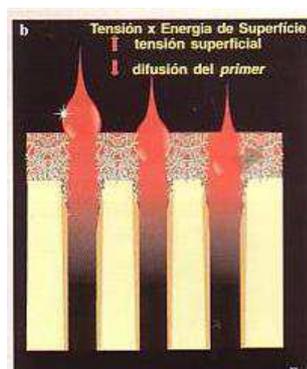


Figura 4. Esquema de la difusión del primer a través de la trama colágena expandida con agua. El primer debe presentar una Tensión Superficial suficientemente baja para desplazar las moléculas de agua e impregnar la dentina, la cual se caracteriza por su baja energía de superficie.

El primer tiene como efectos fundamentales activar superficialmente la dentina, a través de ácidos débiles en baja concentración y monómeros acídicos, e impregnar la dentina intertubular.

La posibilidad de un primer resinoso de imprimir y reforzar la dentina normal o desmineralizada depende de la viscosidad del adhesivo, de la uniformidad de penetración, del grado de polimerización, del tiempo de conversión de los radicales libres y de la hidrólisis del adhesivo resinoso por el agua del fluido dentinario. <sup>(27)</sup> <sup>(14)</sup>

**Solventes del Primer o Vehículos:**

Acetona: Este solvente se evapora aun antes de aplicarse sobre el diente, ya que es muy volátil y tiende a producir la mayor contracción, es más susceptible a la falta de humedad, pues sus componentes se evaporan con mucha facilidad, pudiendo llegar en ausencia de humedad suficiente a no presentar adecuada difusión de los monómeros y deshidratar la dentina. Pero por otro lado en presencia de humedad dentinaria su comportamiento es bueno por lo que esta presente en la mayoría de adhesivos.

Agua: Promueve la rehidratación de la dentina, como vehiculo de los monómeros transportándolos hacia los espacios de la trama colágena. Como el agua es difícil de evaporar su eliminación resulta trabajosa. En los adhesivos autoacondicionadores el agua facilita la Ionización porque mejora la capacidad autoacondicionadora de los monómeros ácidos.

Alcohol: Es susceptible a las variaciones en el grado de humedad de la dentina, no es crítico su estado de volatilidad, aunque no se debe descuidar.

Una vez cumplida su función de facilitar la penetración del Primer en la dentina húmeda, se debe eliminar completamente el solvente mediante su evaporación con chorro de aire

aproximadamente a 3 cm. de la distancia de la punta de la jeringa triple a la preparación cavitaria.

Los cementos de ionómero de vidrio, convencionales, de alta densidad o híbridos presentan un espesor de capa mayor a 120 nanómetros, otorgándoles esta propiedad las mayores ventajas adhesivas, ya que no sufren modificaciones por la contracción de polimerización de los sistemas resinosos, como podría suceder con los adhesivos dentinarios monoméricos. <sup>(33)</sup>

**1.11 Adhesivo:** La interfase ideal entre el material restaurador y el tejido dentario podría ser una que simule la unión natural del esmalte con la dentina en la unión dentina-esmalte.

Un sistema adhesivo debe humectar suficientemente a la superficie sólida, tener una viscosidad que sea lo suficientemente baja para penetrar las micro porosidades y ser capaz de desplazar el aire y la humedad durante el proceso de adhesión.

Los acondicionadores en los sistemas actualmente disponibles de uso diario contienen monómeros hidrófilos, tales como el HEMA, así como agentes de superficie activa para mejorar la humectación de las resinas adhesivas hidrofóbicas. Además los solventes en los acondicionadores modernos tales como alcohol o acetona, aseguran una adecuada remoción de aire y líquido mediante la rápida evaporación.

De la química del polímero, se sabe que la polaridad y la solubilidad caracterizan las interacciones moleculares que determinan la humectación. Si un monómero adhesivo tiene una polaridad y solubilidad similar a aquellas de un sustrato polímero, el

monómero puede actuar como un solvente para el polímero e infiltrarlo si ambos parámetros son suficientemente diferentes, el monómero y el polímero son inmiscibles.

Aplicado a la tecnología adhesiva dental, la fase de colágeno de la dentina, es un polímero y tanto el acondicionador como la resina adhesiva, contienen monómeros, de los cuales se espera que penetren la capa de colágeno expuesta para formar un enlace micromecánico. Si un acondicionador dado le causa a la superficie dentinaria una polaridad específica y solubilidad, el acondicionador debe igualar a estos para lograr penetración. Lo mismo es válido para la resina adhesiva aplicada a la superficie dentinaria grabada.

El adhesivo debe interrelacionar químicamente la capa resina-dentina con el sistema resinoso de obturación y poseer efecto amortiguador o de fusible para compensar la contracción de polimerización de los sistemas resinosos, impidiendo que la unión a dentina se microfracture o desprenda.

Según Swift y Cloe, 1996 se obtienen mayores resultados aplicando dos capas de adhesivo.

Parámetros a tomar en cuenta para decidir el número de capas del Adhesivo:

Espesor de la capa no polimerizada por la inhibición que ocasiona el oxígeno

Los adhesivos sin relleno, requieren un número mayor de capas.

La determinación y el conocimiento del espesor de capa de los adhesivos dentinarios fueron de fundamental importancia en los siguientes adhesivos específicamente:

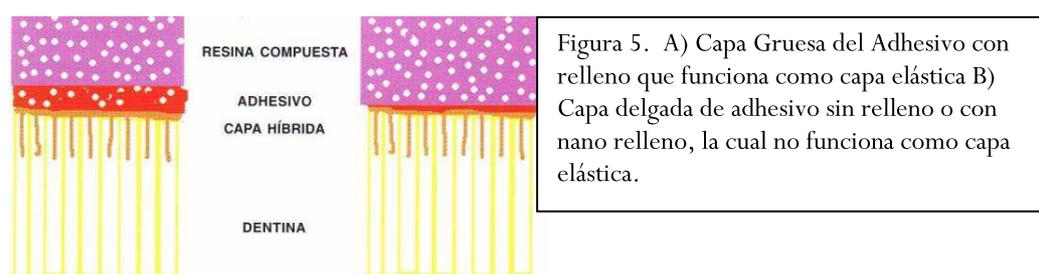
- a) En los agentes adhesivos de un solo frasco, primer-adhesivo, la segunda o subsiguientes capas aplicadas y fotopolimerizadas posibilitaría la unión química con el sistema resinoso y funcionarían como sistema amortiguador de la cinética de contracción por polimerización de las resinas de restauración, siendo el espesor de la capa resinosa dentina-resina de 12Nm.
- b) En los agentes de dos frascos, cuando el primer y adhesivo no contienen carga inorgánica el espesor de capa es de 16 nanómetros.
- c) Los agentes de tres frascos primer, adhesivo y bond, se caracterizan por un mayor espesor de capa resinosa de 20 nanómetros.
- d) En los agentes adhesivos estructurados con micropartículas o nanopartículas inorgánicas como el Optibond FL, Optibond Solo, Optibond Solo Plus, PrimeyBond NT, Clearfil LinerBond 2 y Clearfil LinerBond 2V, Dual Cure, Clearfil SE Bond el espesor de la película adhesiva aumenta a 23nanómetros o más.

**1.12 Adhesivos con Flúor:** Los fabricantes se han inclinado por incorporar flúor a los adhesivos en la búsqueda de agradar a los profesionales quienes se sienten mas confiados al utilizar productos con flúor, pero hasta el momento no existe ningún estudio que revele mayor significancia de los beneficios de su uso clínico.

**1.13 Adhesivos con Relleno:** El incremento en la cantidad de relleno en un adhesivo, aumenta su viscosidad y disminuye su escurrimiento. La presencia de relleno no es un factor determinante en la resistencia adhesiva.

La presencia de relleno en un adhesivo supone la ventaja de la formación de una capa más gruesa, la cual permitiría aplicar en algunos casos solamente una capa, aunque se sigue considerando siempre adecuada la técnica que aplica dos capas, ya que si surgiera algún defecto en la primera capa, la segunda lo corregiría.

La capa gruesa del adhesivo desempeña además una segunda función que es aliviar las tensiones en el momento que se produzca la contracción de la resina compuesta. La presencia de relleno en el adhesivo lo transforma en un material compuesto y así mejora también sus propiedades mecánicas. Figura 5.



Los nuevos sistemas adhesivos de monofrascos, con características especiales de unión a diferentes substratos, entre ellos tanto esmalte como dentina, poseen los siguientes elementos por lo que mal pueden ser clasificados como monocomponentes.<sup>(33)</sup>

**Vehículo:** medio de transporte de los diferentes químicos de composición. Los tipos de vehículo generalmente usados en los diferentes productos en el mercado mundial pueden ser agua, etanol o acetona.

**Moléculas bifuncionales:** utilizadas también en los denominados Primers o Imprimadores en el caso de los adhesivos de multifrascos. Esta molécula bifuncional

posee un extremo altamente hidrofílico, capaz de humectar la dentina y en especial la malla colágena de la misma, preparándola para la unión con el resto de materiales restauradores. El otro extremo es de tipo hidrofóbico apto para la unión con el adhesivo o material de restauración respectivo. Estas moléculas bifuncionales, promotoras de adhesión se basan químicamente en tres grupos.- HEMA: 2 hidroxi-etil-metacrilato. – BPDMA: bifeníl-dimetacrilato. – 4META: 4metacril-oxi-etil-trimelitato-anhídrido.

**Grupo de moléculas poliméricas adhesivas:** generalmente hidrofóbicas, utilizadas tradicionalmente en el caso de los adhesivos de multifrascos en el Bonding Agent o Agentes de Unión, en su gran mayoría con base en la llamada molécula de Bowen o BIS-GMA bisfenol-glicidil-metacrilato. Como también UDMA para el caso de algunos materiales europeos.

**Grupos químicos para la polimerización:** Que pueden ser diquetonas, canforoquinonas e iniciadores químicos que permiten la reacción química indispensable para la conversión del biomaterial.

**Carga Inorgánica:** Algunos sistemas adhesivos incorporan vidrios en su composición con el fin de disminuir la indeseable contracción de polimerización, aumentar la resistencia tensional y otorgar así mismo un efecto anticariogénico mediante la liberación de pequeñísimas cantidades de iones de flúor.

Para demostrar que cada sistema adhesivo es único y característico de su respectivo material de restauración, con modalidades especiales de manipulación de acuerdo a las instrucciones que obligatoriamente deben estar incluidas para cada producto. Nos

permitimos transcribir los diferentes componentes químicos de algunos de los más importantes adhesivos para uso odontológico, disponibles en el mercado, tanto del tipo de multifrasco, como del monofrasco Ver Cuadro 3 (Anexos)

#### **1.14 Corrientes a seguir en Adhesión a Esmalte y Dentina por medio de Primers y Adhesivos:**

Tres corrientes de opinión han sido desarrolladas para lograr adhesión a dentina a través de primers y adhesivos, algunas con más éxito clínico que otras:

- a) Acondicionamiento total o simultáneo de esmalte y dentina con ácido fosfórico en alta concentración y aplicación de monómeros hidrófilos-hidrófugos para obtener adhesión por hibridización. <sup>(31)</sup>
- b) Acondicionamiento total o simultáneo de esmalte y dentina con ácido fosfórico en alta concentración, desproteinización con hipoclorito de sodio en distintas concentraciones y aplicación de monómeros hidrófilos e hidrófugos para alcanzar adhesión por contacto o por hibridización reversa. <sup>(42)</sup>
- c) La dentina puede también ser acondicionada, activada y desmineralizada con adhesivos autoacondicionadores, (self etch adhesives), que contienen ácidos débiles en baja concentración y monómeros acídicos que posibilitarían la adhesión a dentina por unión micromecánica, por imprimación del colágeno dentinario o imprimación resinosa y por reacción ácido-base o reacción tipo GI (glass ionomer), con formación de sales insolubles con los cristales de hidroxiapatita presentes en la dentina, formando una capa de reacción-integración. <sup>(66) (53)</sup>

## **2.0 ADHESION A ESMALTE**

El esmalte es el tejido mas altamente mineralizado del cuerpo humano, constituido en un 96% por material inorgánico conocido como hidroxiapatita (fosfato cálcico cristalino), que también se encuentra en hueso, cartílago calcificado, dentina y cemento y el 4% restante por material orgánico y agua. <sup>(9)</sup>

Aunque casi todo el volumen del esmalte se halla ocupado por cristales de hidroxiapatita densamente empaquetados, hay una red delicada de material orgánico que se ubica entre ellos, que se considera de naturaleza proteica y contiene algún material polisacárido.

Según los nuevos medios de estudio el esmalte mineralizado adopta un aspecto que recuerda a una arcada, con una cabeza ensanchada en forma de cúpula esférica orientada hacia la unión amelodentinaria, un cuello estrecho y una cola con terminación irregular al observarse en un corte transversal a la corona del diente.

Este conocimiento plantea interrogantes respecto al concepto clásico de la perpendicularidad de las varillas adamantinas con la superficie externa del esmalte, que no concuerda con la disposición que adoptan en el momento de su formación embriológica.

Siempre se ha considerado que las varillas adamantinas seguían una dirección perpendicular a la superficie externa del diente y esta afirmación es posible de observar en todos los dibujos y esquemas de cortes transversales y longitudinales de los tallados

cavitarios. Sin embargo, OSBORNS 1968; BOYDE 1976; TEN CATE 1986, observaron que en la zona cervical de los dientes permanentes no siempre terminan en 90° con la superficie, sino que pueden adoptar una dirección aproximadamente horizontal.

### **2.1 OBJETIVOS DE. ACONDICIONAR EL ESMALTE:**

Los objetivos del acondicionamiento ácido del esmalte son: limpiar la superficie, crear microporosidades por la disolución selectiva de cristales de hidroxiapatita y aumentar la energía libre de la superficie.

Para facilitar la visualización del ácido grabador en la zona que nos interesa, se presenta generalmente de un color contrastante. Toda superficie cavitaria que no sea recubierta por el ácido quedará sin acondicionar, y por lo tanto, no se producirá adhesión, lo cual (con el tiempo) provocará filtración marginal. La tendencia actual es utilizar gel tixotrópico o semigel de ácido fosfórico con colores contrastantes, azul, verde, violeta, rojo y amarillo.

La estructura dada por la dirección de las varillas aportará un sustrato adamantino adhesivo diferente según la sección o dirección de las paredes cavitarias y la necesidad o no de efectuar un bisel de unión o de protección para lograr mecanismos de adhesión.

### **2.2 Requerimientos que necesita la superficie del Esmalte para recibir tratamiento**

#### **Adhesivo:**

- 1) Biselada o coincidente con la dirección de las varillas adamantinas.
- 2) Activa y de alta energía superficial.

3) Humectable y compatible.

### **2.2.1 Superficie biselada o coincidente con la dirección de las varillas adamantinas:**

Se deben considerar la dirección de las varillas adamantinas y el espesor de las paredes de la preparación cavitaria para obtener microretención en los elementos dentarios, como paso previo a la aplicación de los sistemas adhesivos:

a) En preparaciones cavitarias que involucran las caras libres y proximales, se debe efectuar un bisel, plano, cóncavo o convexo o un decorticado de la superficie adamantina, que reduce la contracción de polimerización al terminar el sistema resinoso de obturación en gradiente o pico de flauta, que otorga una mejor transferencia lumínica, disminuyendo la filtración y la pigmentación marginal, con reducción del riesgo de caries secundarias y de microfracturas o cracks de esmalte. <sup>(65)</sup>

Dependiendo de la localización y el tratamiento de los márgenes de esmalte en una cavidad, el crack de esmalte puede ocurrir y comprometer el éxito de los procedimientos restaurativos.

b) En preparaciones que involucren las caras oclusales: el espesor del esmalte en las paredes cavitarias y la dirección de las varillas adamantinas posibilitarían que una preparación ligeramente convergente hacia oclusal sea suficiente para el logro de una adhesión adecuada y que los biseles queden limitados a aquellas cavidades que sobrepasen los vértices cuspidos donde el esmalte es minusválido por su terminación perpendicular con la superficie.

Se considera necesario indicar un biselado del esmalte en todas las preparaciones cavitarias, inclusive en las clases I y II <sup>(45)</sup> ya que las ventajas del biselado superan largamente el inconveniente de aumentar el área de resina en la cara oclusal.

**2.2.2 Activación del sustrato adamantino y superficie de alta energía:** La activación de la superficie del sustrato se puede lograr eficientemente a través del acondicionamiento adamantino con ácido fosfórico al 15, 32, 35, 37 y 40% que aplicado sobre la superficie del esmalte desmineraliza y disuelve la matriz inorgánica de hidroxiapatita de las varillas adamantinas dando lugar a la formación de microporos y microsurcos.

Estos ácidos cambian la superficie del esmalte intacto. De la misma forma actúan sobre el tejido adamantino tallado con distintos tipos de instrumentos rotatorios como fresas y las piedras, donde el esmalte se encuentra recubierto por una capa de tejido distorsionada o barrillo adamantino, constituida por restos inorgánicos de la estructura, varillas, cristales de hidroxiapatita y biofilm.

**2.2.3 Humectación – Imprimación y Compatibilidad:** El esmalte acondicionado permite la humectación por imprimación dentro de los microporos de un monómero resinoso, que una vez polimerizado conformará los microtapones de retención micromecánica con la obtención de un híbrido resina-esmalte llamado hibridización adamantina.

Dos tipos de proyecciones de resinas han sido descritas Macroproyecciones que son formadas circularmente entre las periferias del prisma del esmalte; Microproyecciones

que están formadas en los prismas de los núcleos del esmalte donde el monómero cura una multitud de criptas individuales de cristales de hidroxiapatita disueltos. Las microproyecciones probablemente contribuyen en la mayoría de la resistencia de enlace debido a su mayor cantidad y mayor área de superficie.

El cambio registrado a nivel de la formulación de los adhesivos a esmalte, caracterizados históricamente por monómeros hidrófugos o adhesivos, a partir de la llegada de los sistemas de adhesión a esmalte y dentina basados en monómeros hidrófilos-hidrófugos y sistemas de autoacondicionamiento, hacen que la adhesión a este tejido sea mas adecuada y con posibilidades de unión a zonas como la capa avarillar o aprismática. <sup>(22)</sup>  
(53).

### **2.3 ACCION DEL ACIDO:**

La acción fundamental de un ácido débil o fuerte (donante de protones) aplicada sobre una base (aceptante de protones) como es el esmalte sería: a) Activar la superficie del tejido para transformar estas áreas de baja energía superficial en una de alta energía superficial y b) Desmineralizar y disolver la matriz inorgánica de las varillas adamantinas, creando microporos y microsurcos que transforman al tejido en un sólido cristalino y microporoso, este fenómeno es conocido como efecto geométrico. <sup>(10)</sup> <sup>(26)</sup>

Este accionar posibilita la imprimación del tejido por un monómero, que quedará retenido en el interior de los microporos creados por unión físico-mecánica a través de un efecto reológico, que se consigue cuando el material cambia de estado.

Los monómeros hidrófugos o adhesivos y los hidrófilos-hidrófugos o primers-adhesivos que se introducen en el esmalte, al polimerizar y transformarse en sólidos resinosos, generan una contracción que posibilita su adaptación a las paredes de los microporos tridimensionales quedando retenidos por anclaje o traba micromecánica.<sup>(65)(11)</sup>

Cuando el tejido adamantino es tratado con ácido fosfórico en alta concentración, se produce una reacción ácido-base con formación de sales solubles de fosfato de calcio que desmineralizan y producen una pérdida irreversible de tejido superficial.

Una técnica adecuada de acondicionamiento adamantino proporciona: a) Mayor adaptación de los sistemas resinosos a las paredes de las preparaciones cavitarias, b) Disminución de la filtración y percolación marginal y c) Disminución de la pigmentación superficial, eliminación de retención por socavado y disminución del riesgo de caries secundaria.

#### **2.4 TIPOS O PATRONES DE ACONDICIONAMIENTO ADAMANTINO**

Acondicionamiento de Tipo I, se obtiene cuando el ácido desmineraliza los cristales de hidroxiapatita de la cabeza o el cuerpo de la varilla adamantina.

Acondicionamiento de Tipo II, cuando el ácido actúa sobre los cristales de hidroxiapatita del cuello o del extremo caudal.

Los patrones de desmineralización de Tipo I y II, generan en el tejido adamantino microporos y microsurcos capilares que miden entre 10 a 25 $\mu$ m de profundidad con una amplitud de 1.5 a 3.5 $\mu$ m.

Ambos patrones de acondicionamiento pueden estar presentes en un mismo diente y en una misma zona, ya sea separadamente o en conjunción, siendo este fenómeno clínicamente arbitrario y no dependiendo de la forma en que el operador aplique el agente acondicionador, sino debido a las características de mineralización o esclerosis de la estructura adamantina y al área estructural y subestructural de las varillas adamantinas involucradas en el acondicionamiento, concentración del ácido y tiempo de aplicación.

Acondicionamiento de Tipo III, se produce cuando el tiempo de acondicionamiento es mayor a los 15 segundos, caracterizado por una mayor pérdida de tejido superficial producida porque el ácido continúa eliminando sustancia en superficie, disminuyendo la profundidad y aumentando la amplitud de los microporos. Este tipo de acondicionamiento no tendría suficiente capacidad para retener micromecánicamente en forma efectiva a los sistemas adhesivos basados en monómeros hidrófugos, por lo que el aumento del tiempo de acondicionamiento es uno de los fenómenos más negativos.

Figura 6 y Figura 7.



Figura 6. Tipos o Patrones de acondicionamiento de esmalte, el esquema muestra la pérdida de sustancia superficial y los patrones de acondicionamiento I, II y III



Figura 7. Patrones de Grabado

Lapsos superiores a los 60 segundos provocan en el esmalte grandes pérdidas de sustancia superficial y ampliación de los defectos estructurales, generando microcracks que comunican la periferia del tejido con la dentina. Este agrietamiento del esmalte es

particularmente significativo a nivel del tercio cervical donde el esmalte de por sí minusválido puede llegar a microfracturarse posteriormente por la contracción de polimerización de los sistemas resinosos o por sobrecarga oclusal. <sup>(65)</sup>

Como el tiempo de acondicionamiento adamantino es sumatorio, si un diente se contamina en el medio bucal con sangre o con saliva no debería ser tocado nuevamente con el ácido:

a) Si la contaminación es con sangre se deben eliminar sus elementos formes, iones, proteínas y glucosa, para lo cual el lavado de la preparación con peróxido de hidrógeno al 3% sería efectivo.

b) cuando la contaminación es con saliva, sus componentes principales, como carbonatos, fosfatos, tialina, maltasa, lisozima, mucina y seroalbúmina, podrían ser eliminados por el mismo procedimiento. <sup>(66)</sup>

El esmalte acondicionado pierde su brillo y transferencia lumínica normal y adquiere un color blanco opaco o blanco cretáceo, dependiente de su carga mineral o grado de maduración.

## **2.5 PASOS PARA LA APLICACIÓN DEL ACIDO:**

**2.5.1 Aplicación del Acido:** sobre la superficie dental a restaurar

**2.5.2 Aspiración del Acido Acondicionador:** La aspiración del ácido como paso previo al lavado, es de fundamental importancia porque posibilita la eliminación rápida y eficaz

del agente acondicionador. Este procedimiento se efectúa con una cánula de 8mm de diámetro conectada con una fuente de aspiración de alta succión.

**2.5.3 Tiempo de lavado adamantino:** Tiene por objetivo eliminar los precipitados o sales de fosfato de calcio en forma de cristales, generados por el accionar del ácido y obtener una superficie de alta energía superficial. Un lavado incorrecto permitiría que el ácido pueda continuar actuando en determinadas zonas del esmalte, generando patrones de acondicionamiento de tipo III, que dificultarían los fenómenos de adhesión.

Cuando se aplicaba ácido fosfórico en gel o semigel un tiempo de lavado de 15 segundos, utilizando agua presurizada era considerado suficiente para eliminar totalmente el ácido y bloquear su acción. <sup>(25) (7)</sup>

Con el advenimiento de los adhesivos autoacondicionadores, que actúan sobre el esmalte posteriormente al acondicionamiento con ácidos en alta concentración, el tiempo de lavado adamantino se disminuyó a sólo 5 segundos.

**2.5.4 Tiempo de secado adamantino:** El esmalte acondicionado y lavado debe ser secado durante 3 a 5 segundos, con aire presurizado, deshumidificado, frío y filtrado. Esta disminución del tiempo de secado se debe a los cambios fundamentales que se manifiestan en los mecanismos de adhesión que pasaron de utilizar monómeros hidrófugos a monómeros hidrófilos-hidrófugos, por lo que es necesario mantener al esmalte ligeramente húmedo, para que la adhesión sea eficaz.

De 1955 al año 2003 son pocas las modificaciones que se han hecho a la técnica, como: la disminución en la concentración del Ácido fosfórico (del 85% al 30 o 40%) y el

tiempo de aplicación (de 60 a 15 Segundos) y su presentación (de líquido a gel). El éxito en la adhesión a esmalte se atribuye al mecanismo de adhesión al esmalte que esta dado por el Anclaje micromecánico producido por las irregularidades que provoca el ácido en las cuales se atrapa la resina al solidificarse el material por la polimerización y el efecto quelante o los puentes de hidrógeno.

### **3.0 ADHESION A DENTINA**

La dentina contiene un mayor porcentaje de agua (12% de su peso) y material orgánico (Colágeno Tipo I en un 18% de su peso) e hidroxiapatita (en un 70% de su peso); para la adhesión son mas importantes los volúmenes dentinarios por lo que el 25% es orgánico, 25% es agua y un 50% de volumen es material inorgánico; igualmente distribuidos estos componentes tanto en dentina peritubular como intertubular, de manera que el tejido dentinario es heterogéneo.

El diámetro de los túbulos dentinarios disminuye de 2.5 micromicras del lado pulpar a 0.8 micromicras en la unión dentina-esmalte. Igualmente el número de túbulos disminuye desde casi 45,000 por mm<sup>2</sup> cerca de la pulpa hasta casi 20,000 por mm<sup>2</sup> cerca de la unión dentina-esmalte. Con un promedio de 30,000 túbulos por mm<sup>2</sup> en la parte media de la dentina humana, (un volumen considerable de dentina esta formado por el lumen). Cada túbulo esta rodeado por un collar de dentina peritubular hipermineralizada. La dentina intertubular es menos mineralizada y contiene más fibrillas de colágeno orgánico.

La dentina es un tejido intrínsecamente húmedo. El fluido dentinario en los túbulos se encuentra bajo una ligera pero constante presión externa de la pulpa. La presión del fluido intrapulpar esta estimada en 25 a 30 mm de Hg.

Todo lo anterior es debido a la irradiación de los túbulos en forma de abanico; el 96% de una superficie dentinaria superficial esta compuesta de dentina intertubular; solamente 1% esta ocupado por fluido de los túbulos dentinarios y 3 % por dentina peritubular.

Cerca de la pulpa, la dentina peritubular representa el 66% y la dentina intertubular solamente el 12% del área de la superficie, mientras que el 22% esta ocupada por agua.

Información similar demuestra que el 3% del área de superficie consiste en túbulos dentinarios en dentina superficial y 25% en dentina profunda.

### **3.1 TIPOS DE DENTINA**

**3.1.1 Clasificación según su etapa de formación:** Se clasifica en Primaria, Secundaria, terciaria y Predentina \*Ver glosario

**3.1.2 Clasificación según su Profundidad:** Se clasifica en Superficial, Media y Profundidad. Figura 8

**Dentina superficial:** Es dentina primaria que se forma antes y durante la erupción activa, caracterizada por no poseer procesos odontoblásticos dentro de sus túbulos, en una cantidad de 18.000 túbulos/mm<sup>2</sup>, con un diámetro de 0.9nanometros, lo que hace de esta dentina el sustrato adhesivo más eficiente, ya que la dentina intertubular presenta la mayor cantidad de fibras colágenas y de hidroxapatita, con mínima proporción de agua

(6)

**Dentina Media:** Es dentina primaria que se caracteriza por presentar una variable cantidad de túbulos con o sin procesos odontoblasticos, en cantidad de 25.000 túbulos/cm<sup>2</sup>, con un diámetro de 1.5 a 1.8 nanómetros, lo que hace de esta un sustrato adhesivo efectivo, ya que la dentina intertubular presenta fibras colágenas, hidroxiapatita y agua, en una cantidad media entre la dentina superficial y la dentina profunda. Figura 8

**Dentina profunda:** Es la dentina primaria o secundaria (de acuerdo con la edad del individuo), que protege a la pulpa dentaria conjuntamente con la predentina. La luz de los túbulos dentinarios es ocupada por los procesos odontoblasticos primarios, alcanzando un diámetro de 3.2 a 4.6 nanómetros y una cantidad de 66.000 a 90.000 túbulos /cm<sup>2</sup>. Constituye el sustrato adhesivo más deficiente, ya que el diámetro y la cantidad de túbulos presentes disminuyen la superficie de dentina intertubular, aumentando la cantidad relativa de agua, con disminución del colágeno y la hidroxiapatita. (6) (43) (13)

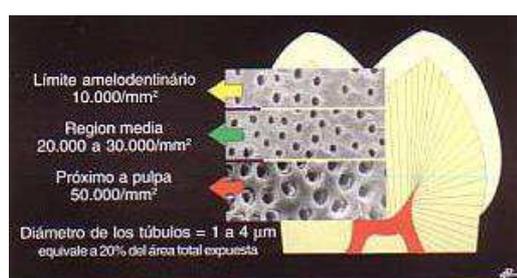


Figura 8. Esquema que ilustra la distribución variable de los túbulos dentinarios en función de la profundidad de la cavidad. En las regiones más profundas de la dentina, no solo el número de túbulos es mayor, sino también la densidad tubular. (Garberoglio y Brannstrom, 1976)

\* Hay varios tipos de dentina que no entran en la clasificación ideal ya que han sido sometidos a procesos patológicos u otros factores por los que la dentina no se encuentra en condiciones normales de los cuales se hace mención en el Cuadro 1 (Anexos)

### 3.2 COMPONENTES DENTINARIOS ESTRUCTURALES:

Cuando se ve la dentina al microscopio, se pueden identificar varias características estructurales. Éstas incluyen túbulos dentinarios, dentina peritubular, dentina intertubular, zonas de calcificación deficitarias llamadas dentina interglobular, líneas incrementales de crecimiento, una zona que sólo se ve en la porción radicular de los dientes conocida como capa granular de Tomes y por fin las células de la dentina u odontoblastos.

**3.2.1 Túbulos Dentinarios:** Los túbulos dentinarios o conductillos dentinarios son espacios tubulares pequeños ubicados dentro de la dentina, llenos de líquido tisular y ocupados en toda su longitud por las prolongaciones de los odontoblastos. Se extienden a través de todo el espesor de la dentina desde la unión amelodentinaria hasta la pulpa, y su configuración indica el curso tomado por el odontoblasto durante la dentinogénesis. Siguen un trayecto en “S” desde la superficie externa de la dentina hasta su límite con la pulpa en la dentina coronaria. Son llamadas curvaturas primarias, se originan como resultado del apiñamiento de los odontoblastos a medida que se dirigen hacia el centro de la pulpa.

Figura 9

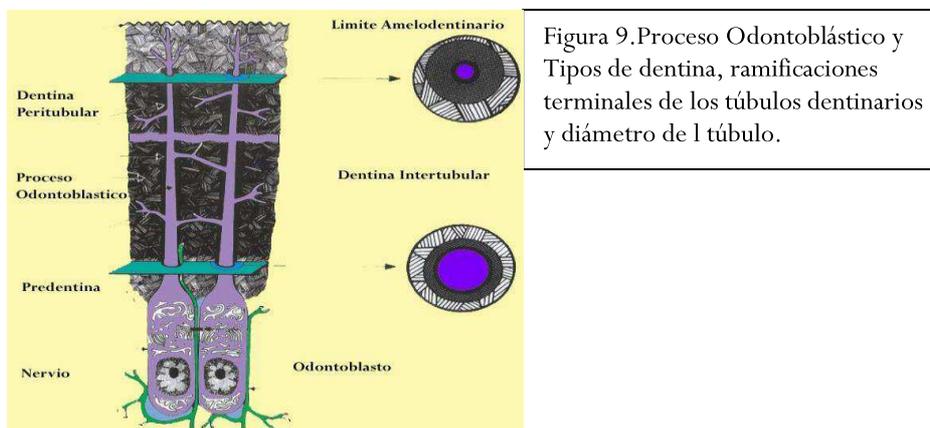


Figura 9. Proceso Odontoblástico y Tipos de dentina, ramificaciones terminales de los túbulos dentinarios y diámetro de l túbulo.

Los túbulos dentinarios poseen sus extremos, adelgazados, midiendo aproximadamente 2.5 nanómetros de diámetro cerca de la pulpa, 1,2 nanómetros en la porción media de la dentina y 900 nanómetros cerca de la unión amelodentinaria. En la dentina coronaria hay aproximadamente 20,000 túbulos por milímetro cuadrado cerca del esmalte y 45,000 por milímetro cuadrado cerca de la pulpa. Este aumento de número por unidad de volumen se asocia con un apiñamiento de los odontoblastos a medida que la cámara pulpar se hace más pequeña. La parte terminal de los túbulos se ramifica, dando como resultado un número aumentado de túbulos en la dentina del manto. Esta ramificación terminal es especialmente profusa en la dentina radicular.

Las sustancias químicas y drogas presentes en una serie de materiales dentales de restauración pueden también difundirse a través de la dentina y ocasionar daño pulpar. El potencial de daño pulpar ha hecho que se efectúe una reevaluación de los materiales restauradores y que se introduzcan cementos dentales protectores y selladores de las cavidades o de los túbulos.

### **3.2.2 Humedad Dentinaria Externa e Interna**

La permeabilidad dentinaria y húmeda interna depende de varios factores entre los que encontramos:

- \* Diámetro y Longitud del túbulo
- \* Viscosidad del Fluido
- \* Tamaño molecular de Sustancias disueltas

- \* Gradiente de Presión
- \* Área de superficie disponible para la Difusión
- \* Luz de los túbulos
- \* Proporción de remoción de sustancias por la Circulación Pulpar

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 coronal es más permeable que la dentina radicular.

La alta permeabilidad dentinaria hace 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 hace un sustrato mas difícil para unirse que el esmalte. La remoción de la capa de desecho crea una superficie de adhesión húmeda por el fluido dentinario que exuda desde los túbulos dentinarios. Este medio acuoso afecta a la adhesión, debido a que el agua compite efectivamente por hidrólisis, para todos los sitios de adhesión sobre el tejido duro. Los primeros agentes adhesivos dentinarios fallaron principalmente debido a que sus resinas hidrofóbicas no eran capaces de humectar suficientemente al sustrato hidrofílico. Además, la resistencia de adhesión de diferentes sistemas adhesivos se demostró que disminuían a medida que la profundidad de la preparación aumentaba, porque la húmeda dentinaria es mayor.

No se observa ninguna diferencia significativa en las resistencias de adhesión entre la dentina superficial y profunda cuando se deja intacta la capa de desecho. Las resistencias de adhesión de los sistemas mas frecuentes que remueven la capa de desecho parecen ser menos afectados por las diferencias en la profundidad dentinaria probablemente debido a que su capacidad hidrofílica aumentada proporciona mejor adhesión a la superficie dentinaria humectada.

Además de la humedad dentinaria interna, la humedad dentinaria externa o húmeda del ambiente se ha demostrado afecta negativamente las resistencias de adhesión a la dentina.

Las resistencias de adhesión obtenidas con la mayoría de los sistemas adhesivos disminuyen a medida que el nivel de humedad en el aire aumenta, pero algunos sistemas parecen ser más sensibles que otros.

**3.2.3 Dentina Peritubular:** La periferia del túbulo dentinario está compuesta por un anillo hipermineralizado de dentina, que es fácilmente visible con el microscopio óptico en cortes de dentina sin descalcificar, en los que los túbulos han sido cortados transversalmente.

La dentina Peritubular es un 9% más mineralizada que la dentina intertubular, presentando variaciones en su simetría y grado de mineralización; esta se forma dentro de la dentina mineralizada y posee una matriz orgánica en la cual hay muy pocas fibras colágenas y es rica en cristales de hidroxiapatita. Su proceso de formación es continuo y puede acelerarse por estímulos ambientales, ocasionando una reducción progresiva de la

luz tubular y a veces obliterando el espacio tubular. Cuando esto ocurre en varios túbulos, la dentina toma un aspecto vítreo y parece más brillante que la dentina circundante cuando los cortes sin descalcificar se ven bajo la luz transmitida.

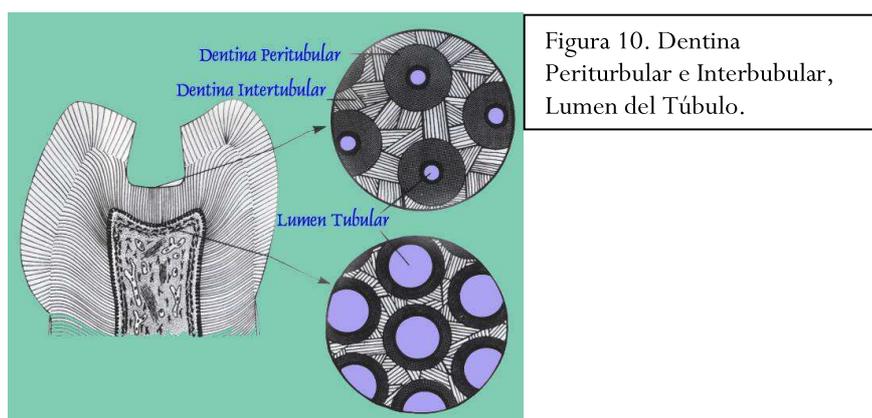


Figura 10. Dentina Peritubular e Intertubular, Lumen del Túbulo.

El término esclerosis es usado para describir la deposición continua de dentina peritubular y la obliteración del túbulo y la dentina así afectada se llama dentina esclerótica fisiológica. Se ve frecuentemente en el tercio apical de la raíz y en la corona, a medio camino entre el límite amelodentinario y la superficie de la pulpa y es asociada con los cambios por la edad.

La esclerosis reduce la permeabilidad de la dentina y puede ayudar a prolongar la vitalidad pulpar según Ten Cate.

Esta dentina es denominada dentina esclerótica fisiológica, para diferenciarla de la dentina esclerótica reactiva o reaccional que se produce en respuesta a estímulos externos de baja intensidad. <sup>(6) (13)</sup>

**3.2.4 Dentina Intertubular:** Esta localizada entre la dentina peritubular y constituye el mayor componente de la dentina. Representa el principal producto de los odontoblastos y consta de manera principal de una red estrechamente tejida de fibras colágenas que miden entre 50 y 200 nanómetros de diámetro, en las cuales se depositan los cristales de apatita. Los cristales son de 100 nm de largo y se orientan generalmente con sus ejes mayores paralelos a la fibrilla de colágena. Figura 10

La dentina intertubular está formada por fibras colágenas, glicosaminoglicanos, proteoglicanos, factores de crecimiento y proteínas dentinogénicas, que sostienen a los cristales de hidroxiapatita.

Las fibras colágenas constituyen las fibras principales del tejido conectivo, son flexibles, elásticas y proporcionan resistencia. Están constituidas por tres cadenas polipeptídicas, llamadas cadenas alfa que se organizan en una triple hélice entrelazada para formar un cordón estabilizado y resistente.

El colágeno dentinario corresponde al tipo I, (formado por tres cadenas alfa 1, 2 y 3) y al tipo III. El primero aporta al tejido resistencia, elasticidad y flexibilidad y el tipo III está relacionado con el desarrollo y el trabajo tridimensional fibrilar.

Asociados con la molécula de colágeno existen grupos hidrocarbonados que están unidos a residuos de hidroxilisilo, por esta razón al colágeno se lo considera una glicoproteína. Los glicosaminoglicanos y los proteoglicanos constituyen un grupo de glicoproteínas que forman parte de la sustancia fundamental del tejido conectivo dentinario.

Estas proteínas participan activamente en los mecanismos de adhesión: el colágeno oponiéndose a las fuerzas de compresión desarrolladas y los glicosaminoglicanos y proteoglicanos oponiéndose a las fuerzas de tensión-deformación. <sup>(3)(6)</sup>.

Las proteínas dentinarias pueden ser alteradas, degradadas y desnaturalizadas fácilmente por la caries, el calor friccional desarrollado por el instrumental rotatorio y los ácidos acondicionadores en alta concentración.

Esta matriz, que varía según la profundidad de la dentina que se analice y que juega un papel fundamental en los mecanismos de adhesión, representa el 86% de la totalidad del tejido en las proximidades de la unión amelodentinaria; para decrecer al 18% en las inmediaciones de la pulpa dentaria. <sup>(43)(13)</sup>.

### **3.3 REQUERIMIENTOS DE LA ADHESION A DENTINA:**

La adhesión a dentina necesita: Superficie activa y de alta energía superficial, Superficie humectable e imprimible por el adhesivo, Interfase sellada u obliterada permanentemente, Compatibilidad físico-química y biológica o Biocompatibilidad.

**3.3.1 Superficie activa y de alta energía superficial: Para lograr en dentina una superficie activa, se considera el uso de ácidos débiles en baja concentración y monómeros acídicos. Después de la instrumentación se encuentra a nivel microscópico, en el fondo de la cavidad dentaria una capa con restos de colágeno, varillas adamantinas, restos minerales, microorganismos y partículas grandes que no se adhieren a las paredes cavitarias; llamado barrillo dentinario.**

## *Sistemas de Adhesión a Esmalte y Dentina*

Además del barrillo dentinario, cuando los túbulos dentinarios son expuestos existe una salida permanente de fluido dentinario. Este se encuentra contenido bajo una presión intrapulpar positiva que oscila entre 10 a 15 mm de Hg para un tipo con 120/70 mm de Hg de presión sistólica y diastólica respectivamente.

La exudación de fluido depende de la magnitud de la herida, de su localización y profundidad, de la edad del diente y del tiempo de exposición. Una grieta dentaria no sellada posibilita la exudación permanente de fluido dentinario que al no ser contenido, produce un estímulo capaz de generar disturbios con inflamación pulpar.

Existe movimiento del fluido dentinario desde la pulpa hacia la unión amelodentinaria y viceversa a través de los túbulos dentinarios. Este movimiento constante hace que el isosistema dentinopulpar se comporte como una bomba aspirante-impelente, siendo responsable de un estímulo hidrodinámico.

La difusión intratubular e intertubular consiste, en cambio, en el flujo de sustancias exógenas o monómeros hacia el interior de la dentina. Durante los fenómenos de adhesión los monómeros hidrófilos-hidrofugos impriman los túbulos dentinarios formados por difusión taponados de resina.

### **Factores que influyen la permeabilidad y difusión dentinaria son:**

- \* La profundidad de la preparación cavitaria
- \* Edad del tejido dentinario
- \* Dirección de los túbulos en la pared cavitaria
- \* Esclerosis dentinal

## *Sistemas de Adhesión a Esmalte y Dentina*

\* Barrillo dentinario y tapon de barrillo dentinario

\* Acción de los ácidos acondicionadores en alta concentración.

La dentina profunda incide negativamente en los mecanismos de adhesión, debido a la mayor cantidad de túbulos por área y menor cantidad de fibras colágenas. En cambios en dentina superficial existe un aumento de dentina intertubular, con una menor cantidad y diámetro de los túbulos, teniendo un sustrato menos poroso, con disminución de la húmeda y la permeabilidad, promoviendo a la dentina superficial positivamente en los mecanismos de adhesión.

La dirección de los túbulos dentinarios en las paredes cavitarias es diferente, dependiendo de la posición que pueden adoptar así serán las propiedades adhesivas.

La presencia del barrillo dentinario y de tapon de barrillo dentinario, disminuye la permeabilidad y la difusión dentinaria. Las fracturas angulares y las abfracciones presentan una permeabilidad aumentada ya que los túbulos se encuentran abiertos y no presentan barrillo dentinario.

La acción de los ácidos acondicionadores en alta concentración es la de desmineralizar la dentina profunda, eliminar el barrillo dentinario y el tapón de barrillo dentinario, aumentando así la permeabilidad y difusión intratubular, a través de una técnica de grabado total en esmalte y dentina simultáneamente<sup>(66)</sup>.

De aquí la posibilidad, que cierto grupo de monómeros hidrófilos no polimerizados, provenientes de la capa inhibida, viaje a través de los túbulos dentinarios hasta el complejo dentino pulpar. Esto perjudicaría la unión a dentina y produciría su hidrólisis inmediata. <sup>(50)</sup>

La pared pulpar es la más susceptible, ya que al estar cortados perpendicularmente los túbulos dentinarios, existe una mayor presencia de fluido dentinal, no así la cantidad de colágeno en dentina intertubular es menor. Esto hace necesario un sellador que oblitere estos túbulos, como el ionómero de vidrio, capaz de unirse íntimamente a dentina y que por sus propiedades físico-químicas y mecánicas es considerado el mejor adhesivo para sellar el medio interno en la pared pulpar en dentina profunda.

**Tratamiento de la dentina con barrillo dentinario:** La difusión de los monómeros a través de los túbulos expuestos por el acondicionamiento ácido originó variadas interpretaciones sobre el tratamiento que se debe dar a la dentina con Barrillo dentinario para conseguir resultados programados y repetibles clínicamente. Por lo que se propusieron 3 tipos de tratamiento de esta capa:

- \* Eliminada totalmente o hibridizada
- \* Eliminada y desproteïnizada por contacto o hibridización reversa
- \* Integrada por reacción-integración

El acondicionamiento ácido que desmineraliza extensas zonas de la dentina (produce sales de fosfato de calcio que posteriormente son removidas por el lavado) y busca eliminar el barrillo dentinario presente, ampliando la luz de los túbulos y promoviendo así el paso a monómeros hidrófilos-hidrófugos que impriman las fibras de colágeno, expuestas para lograr una capa de interdifusión.<sup>(35)</sup>

Cuando es eliminada con ácidos y desproteínizada por contacto de sustancias como hipoclorito de sodio, a diferentes concentraciones, sobre la parte orgánica (colágeno). Se logra una infiltración mayor evidenciado por los tapones de resina; pero también se demostró una menor resistencia adhesiva.

La integrada por reacción-integración: La capa profunda de barrillo dentinario se puede disolver parcialmente e integrar con adhesivos autoacondicionantes o self-etch adhesives, que promueven adhesión a través de la imprimación del colágeno dentinario por un monómero hidrófilo-hidrófugo o imprimación del barrillo dentinario por reacción ionómerica, sin pérdida de minerales en el tejido.

**Tratamiento de la Dentina Sin Barrillo dentinario:** En las fracturas coronarias con exposición dentinaria, las abfracciones, las abrasiones y las erosiones, la superficie de la dentina presenta sus túbulos abiertos y sin barrillo dentinario.

Ante estas situaciones el operador debería de realizar el biselado del esmalte, tratando de no alterar con fresas y/o con piedras la superficie dentinaria expuesta.

Con la finalidad de aumentar la resistencia adhesiva al esmalte y la adaptación, se deberían aplicar ácidos acondicionadores en alta concentración únicamente sobre este

tejido cuando el tamaño de la preparación exceda los 2.0 mm<sup>2</sup>, en el tiempo previamente establecido.

Para eliminar el biofilm dentinario se aplica un limpiador cavitario y después los adhesivos autoacondicionadores para lograr una alta energía superficial de la dentina y obliterar los túbulos.

Acción de los Ácidos Acondicionadores en alta concentración: Según un estudio sobre dentina se determinando que el poder de penetración fue: a) ácido fosfórico al 37% > oxalato de aluminio al 3.5% con ácido nítrico al 2.5% > ácido fosfórico al 10% > ácido maleico al 10% > ácido poliacrílico al 20%; b) la acción sobre dentina del ácido fosfórico y del oxalato de aluminio con ácido nítrico, se caracterizó por el aumento del diámetro de los túbulos dentinarios, la presencia de microfisuras en dentina y la desmineralización marcada de las zonas peri e intertubular; c) la acción del ácido maleico y poliacrílico mostró una desmineralización dentinaria más leve, sin daños en la zona intertubular de la dentina; d) el poder de penetración y la desmineralización ocasionados por el ácido fosfórico y por el oxalato de aluminio con ácido nítrico motivarían una revisión de la aplicación clínica de estos ácidos acondicionadores en alta concentración en dentina profunda.

La desmineralización causada por el ácido fosfórico genera intensas pérdidas en el balance fósforo-calcio de la dentina. Como el acondicionador elimina parcialmente la fase mineral, la dentina cambia radicalmente su composición, siendo los cristales de hidroxiapatita sustituidos por fluido dentinario. El agua no aporta el mismo soporte

físico que los cristales de hidroxiapatita, por lo que las fibras colágenas que otorgan elasticidad y resistencia a la dentina se colapsan y desnaturalizan, impidiendo su imprimación<sup>(5)</sup>.

**3.3.2 Superficie humectable por el Adhesivo:** Para cumplir este objetivo es necesario efectuar la activación superficial del sustrato dentinario y crear una superficie de alta energía a través del acondicionamiento total o simultaneo de esmalte y dentina o por la aplicación de adhesivos autoacondicionadores.

Para ello es preciso valerse de un agente adhesivo actual, el cual funciona a través de un primer o imprimador y un adhesivo aplicados juntos o separados.

**3.3.3 Interfaz sellada u obliterada permanentemente:** El objetivo de este requisito es evitar la caries secundaria, la microfiltración y percolación marginal, por medio de la obliteración de los túbulos dentinarios y sellado del medio interno.

La presencia de hiatos o gaps en la adaptación de las paredes cavitarias crean falla cohesiva o adhesiva, en detrimento de la resistencia tensional y adhesiva.

El sellado de la interfaz no depende únicamente del sustrato y del sistema adhesivo sino que también se ve influenciado negativamente por el Factor de Configuración Cavitaria.

**Factor configuración cavitaria:** Los sistemas adhesivos aplicados en dentina sufren contracción por la polimerización, esto ocurre cuando pasa de un estado acuoso a sólido, esta es la parte fundamental que debe ser modificada, tratando de hacer un paso más lento de una fase a otra para evitar la contracción volumétrica repentina. Actualmente la

sustitución de sistemas a adhesión resinosa por adhesión ionomérica, ha resultado favorable. Al aplicar un ionómero de vidrio, pueden sellarse eficientemente los túbulos dentinarios en dentina profunda, como sustituto dentinario, ya que por su unión química micromecánica posibilita un cierre interfásico permanente, no así los sistemas resinosos que sufren contracción por polimerización.

El posicionamiento intracavitario en estratos de resina o técnica incremental, con capas sin contacto entre ellas o en pico de flauta, no mayores a 1 o 1.5 milímetros disminuye las tensiones internas y lograría el sellado interfásico. Figura 11

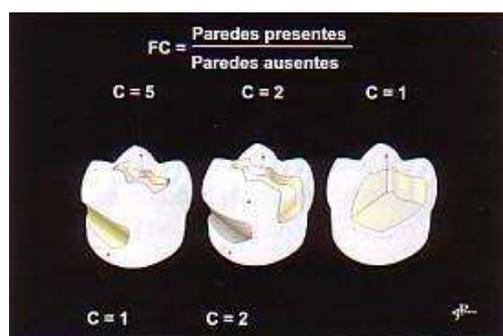


Figura 11. Factor de Configuración Cavitaria según los tipos de cavidad.

**3.3.4 Biocompatibilidad:** Tradicionalmente se ha evitado el uso de ácidos en dentina vital debido al temor de la irritación pulpar, confusión sobre la función protectora de la capa de desecho y la ausencia de eficacia de los agentes adhesivos. Stanley y col. reportaron que el grabado ácido de la dentina causa reacciones pulpares cuando la dentina remanente es menor de 1 mm de espesor, pero otros estudios histopatológicos han mostrado que el grabado ácido de la dentina no tiene efectos adversos.

Fusayama estableció que, en el caso de dentina cariada, la difusión de penetración del ácido esta ampliamente limitada hasta 10 nanómetros, debido a la acción de bloque de los procesos odontoblasticos en los túbulos de dientes vitales y cristales intertubulares.

Roydhouse (1961) señaló que el tejido celular mesenquimatoso es particularmente susceptible a cambios en el PH y muere rápidamente cuando el ph cae por debajo del 7.0.

En 1974 Brannstrom y Jonson notaron que podían remover la mayor parte del barrillo dentinario; pero dejando los tapones de barrillo dentro del túbulo; cuando inicialmente, frotaban la superficie con una solución microbiana fluorada, dejándola actuar por 60 segundos. Este viene a ser el primer documento que evidencia la separación del barrillo dentinario de los tapones dentro de los túbulos.

En estudios previos el equipo de Brannstrom (Vojinovic & otros, 1973) observaron que los tapones de barrillo previenen el crecimiento de microorganismos dentro de los túbulos como ocurre tras el uso de ácidos desmineralizadores, los cuales ensanchan el lumen del túbulo e incrementan el área de la superficie de la dentina y el exudado pulpar del 10 al 25% <sup>(10)</sup>.

Bergman (1963) había previamente demostrado un fluido de líquido hacia fuera del túbulo en vivo a través del secado de los túbulos dentinales. En vivo la presión hidrostática pulpar es más alta que la de la boca, y los fluidos dentinales se mueven periféricamente a través del túbulo y presumiblemente a través de algún canal o microlagunas.

#### **4.0 CAPA HÍBRIDA.**

La Teoría de la Hibridización Dentinaria planteada por Nakabayashi sostiene que la adhesión a la dentina por polímeros viene de su atrape micromecánico en la red de

Fibras Colágenas; explica que una vez desmineralizada la dentina e infiltrado el polímero en consistencia fluida adopta rigidez por la polimerización y forma una capa mixta o capa híbrida Resina/Colágeno o también denominada Capa de Interdifusión o Capa de Reacción Integración. Figura 12

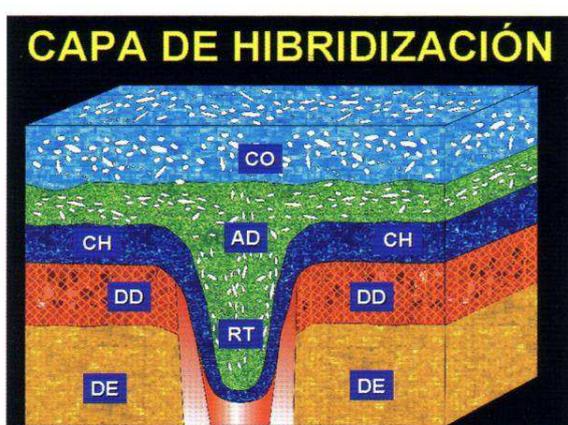


Figura 12. Esquema que representa a la capa de Hibridación (CH), con union a las Glicoproteínas dentinarias por capa micromecánica CMM), La pérdida de minerales ocasionada por la aplicación de acidos en alta concentración genera areas de dentina desmineralizada DD), sin cubrir por los adhesivos (AD) los resin taponnes (RT), se extienden profundamente en dentina (DE) y composite(CO)

Esta formada por colágeno, hidroxiapatita y resina. Es una difusión de resina dentro de la red de colágeno de la dentina que fue previamente acondicionada.

La relación entre la profundidad de la desmineralización y la extensión en la penetración de los monómeros de resina es la llave para crear una capa híbrida de alta calidad. Una pobre infiltración de la resina del adhesivo dentro de la dentina desmineralizada deja nanoespacios en la capa híbrida y en consecuencia esta región será susceptible a la degradación de los fluidos orales <sup>(28)</sup>

La capa híbrida que se obtiene de los adhesivos autoacondicionantes presenta un espesor más delgado (cerca de un micrómetro) pero más que suficiente para proveer un gran atrape entre el adhesivo y las fibras colágenas.

La capa híbrida es cerca de cuatro veces más elástica que la dentina normal, pero por su espesor es incapaz de absorber la tensión de la contracción. En consecuencia para aumentar esa capa elástica se puede usar un adhesivo con relleno, el cual proporcionaría una capa más gruesa.

El punto susceptible de la capa híbrida (dentina profunda) se ubica en la zona de unión de la dentina desmineralizada con la dentina normal, creándose un grieta que dejaría pasar fluido dentinario resultando en una hipersensibilidad elevada. Esto ocurre cuando se produce una diferencia entre profundidad de desmineralización y la imprimación con las resinas hidrófugas cuando se realiza acondicionamiento con ácidos en alta concentración.

**Capa Inhibida o Despolimerizada o Parcialmente Polimerizada:**

ocurre cuando se incorpora a los primers exceso de monómeros hidrófilos que no llegan a convertirse en polímeros en la superficie en contacto con el sustrato dentinario y en los tapones de resinas. Esta capa se encuentra presente en todos los sistemas adhesivos y resinosos de polimerización directa, fotopolimerización y duales, en superficie y profundidad. La capa despolimerizada con monómeros libres en la profundidad es la responsable de la difusión a través del fluido dentinario de corpúsculos o partículas de algunos monómeros citotóxicos al interior del isosistema dentinopulpar.

Figura 13

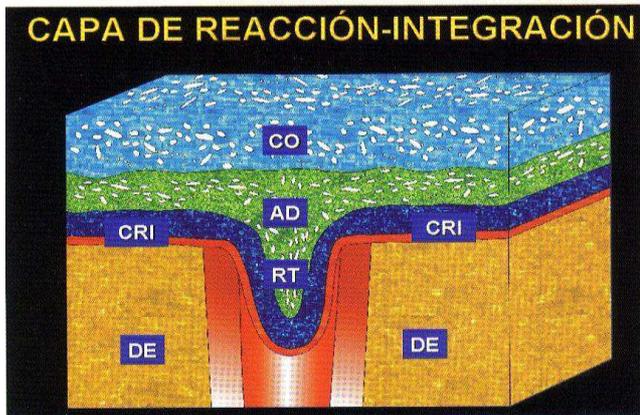


Figura 13. Capa de reacción- integración (CRI), en dentinas profunda (DE), donde se visualiza la imprimación del colágeno dentinario por el sistema adhesivo (AD) y los cristales formados durante la reacción ácido – base que reestructura el tejido.

#### **4.1 División de la Capa Híbrida:**

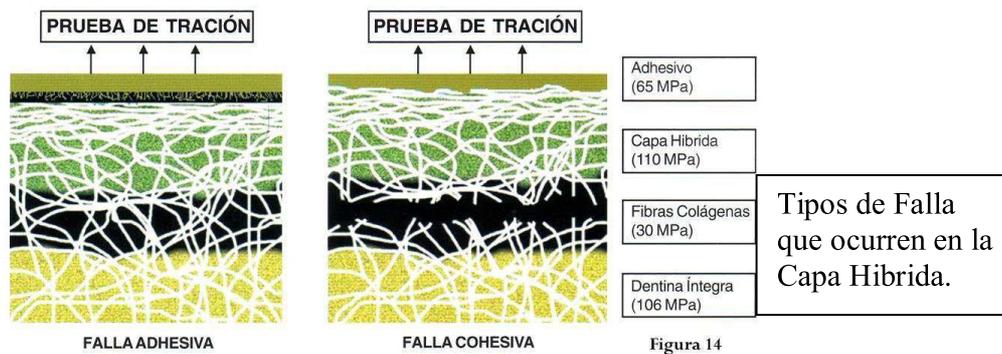
Morfológicamente la capa híbrida se divide en tres zonas: <sup>(16)(15)</sup>

- a) **Cuerpo principal:** Es el área más extensa y superficial de la capa híbrida, la cual está limitada periféricamente por el tejido dental (esmalte, dentina y/o cemento).
- b) **Zona tubular o de penetración transdentinal:** Es el tapón de resina propiamente dicho, éste puede llegar a medir aproximadamente entre 3 – 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 de ser la encargada de sellar los túbulos dentinales e impedir la posterior contaminación del substrato dental; por lo tanto, esta zona guarda relación directa con el complejo dentinopulpar.
- c) **Zona tubular – lateral o de penetración intradentinal:** Se refiere a los microtapones de resina que se forman lateralmente a los tapones principales, son pequeñas ramificaciones de las interdigitaciones de resina de mayor diámetro. Según Van Meerbeek & Others (2002), la zona de penetración intradentinal es una micro-versión de la capa híbrida.

#### 4.2 Fallas producidas en adhesión a dentina y su relación con la capa híbrida.

La adhesión esta sujeta a fuerzas de tracción o deslizamiento constante y se cuantifica según su modo de falla, de la siguiente manera:

Si la unión falla en la interfase entre los dos sustratos el modo de falla es Adhesivo, si la falla ocurre en uno de los sustratos pero no en la interfase este sería Cohesivo. El modo de falla es frecuentemente mixto.



**4.2.1 Falla Cohesiva:** Es producto de la menor resistencia de un elemento de la capa híbrida. En este caso las fibras colágenas, ya que al aplicar una prueba de tracción adhesiva a toda la capa híbrida, estas se rompen (30MPa), por ser el eslabón más débil de la cadena. Figura 14

**4.2.2 Falla Adhesiva:** Puede producirse al realizarse unión a dentina, sin que se produzca fractura de las fibras colágenas, es cuando se rompe el adhesivo mismo en la interfase adhesivo/dentina; por disminución de la resistencia del adhesivo en función de su afinamiento al penetrar en la dentina pudiendo en algunos a casos llegar a ser inferior a la resistencia de las fibras colágenas. La situación clínica que más propicia este tipo de

falla es la excesiva remoción de agua en dentina acondicionada, unida al uso de un adhesivo que contiene acetona <sup>(18)</sup>. Figura 14

**4.2.3 Fallas marginales:** Las fallas marginales y su consecuente recidiva de caries son las principales responsables del reemplazo de las restauraciones. Esta característica de la restauración depende mucho de la técnica empleada por el profesional, aunque algunos materiales son más críticos que otros. Pero recientes estudios han encontrado un fenómeno llamado nanofiltración; definido recientemente como la difusión de iones de plata a través de canales de nano medida dentro de los espacios libres de la restauración. El trayecto más importante para la nanofiltración esta dentro de la capa híbrida, que no ha sido completamente penetrada por la resina, dejando espacios para la penetración de fluidos. La penetración del fluido a través de estos canales puede causar degradación de la unión a dentina <sup>(47)</sup>

El agua desempeña un papel fundamental en la obtención de la adhesión, pero al mismo tiempo establece situaciones que determinan los mecanismos de degradación de la interfase adhesiva.

Cuando se revelaron los detalles de la formación de la capa híbrida en la dentina <sup>(68)</sup> surgieron las evidencias de que la zona de dentina desmineralizada no quedaba completamente infiltrada por los agentes adhesivos permitiendo que las fibras de colágeno expuestas por la desmineralización quedasen desprotegidas de la acción de los fluidos orales. La nanofiltración del área de la dentina desmineralizada y no infiltrada por la resina era porosa y permeable a los fluidos externos. <sup>(47)</sup>. Este fenómeno

contribuyo a formular la hipótesis, que la pérdida de la resistencia adhesiva a la dentina observada a largo plazo <sup>(11)</sup> se debía a la degradación de las fibrillas de colágeno expuestas y desprotegidas, que normalmente se localizan en la base de la capa híbrida.

La existencia de nanocanales dentro de la capa híbrida, fue demostrada recientemente por Tay y otros <sup>(56)</sup>. Ellos describieron la presencia de patrones reticulares de plata dentro de la capa híbrida que ellos creen representa la retención de la mayor cantidad de agua que se encuentra en las fibras colágenas desmineralizadas. Las presentes observaciones son consistentes y también revelan la liberación de agua desde la capa híbrida, sugiriendo que esta podría comportarse como una membrana. Este movimiento de agua implica que la capa híbrida es una estructura permeable, que permite el movimiento en ambas direcciones, comparable a una esponja.

La habilidad de la capa para absorber agua y probablemente otras moléculas pequeñas, indican que esta es mucho más compleja de lo que previamente se pensaba.

Ninguna de los corrientes sistemas adhesivos testados puede eliminar la nanofiltración dentro de la capa híbrida creada en dentina normal. El movimiento de fluido dentro de espacios de talla nanométrica, puede afectar la permanencia clínica de una restauración compuesta con base de resina, especialmente por el margen cervical en cavidades profundas. Esto implica que puede ocurrir una degradación hidrolítica de la resina o de la fibra colágena, pudiendo afectar la durabilidad de la unión. <sup>(54)</sup>

Para evitar la formación de la nanofiltración, se han creado estrategias, que van desde la incorporación de partículas de nanorrelleno, hasta la aplicación de dos o más capas del adhesivo dentinario.

**Fenómeno de la destrucción polimérica arboriforme o agrietamiento por esfuerzo ambiental:**

Es bien conocida en la industria eléctrica y naval, como el fenómeno al que están expuestos los cables de un tendido eléctrico debido a la intemperie y a los barnices empleados como aislantes. Básicamente se da una degradación de la capa aislante de los cables que está compuesta por polímeros, debido a los efectos de la humedad u otros factores físicos lo cual se denomina en inglés 'watertreeing'.<sup>(59)(44)</sup> En realidad esta palabra hace referencia al patrón degradativo del aislante, que es en forma de árbol, de ahí que sea denominado degradación arboriforme o agrietamiento por esfuerzo ambiental).

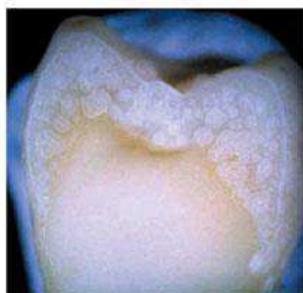


Figura 15 Aspecto característico producido por Agrietamiento ambiental presente en un corte transversal de un diente.

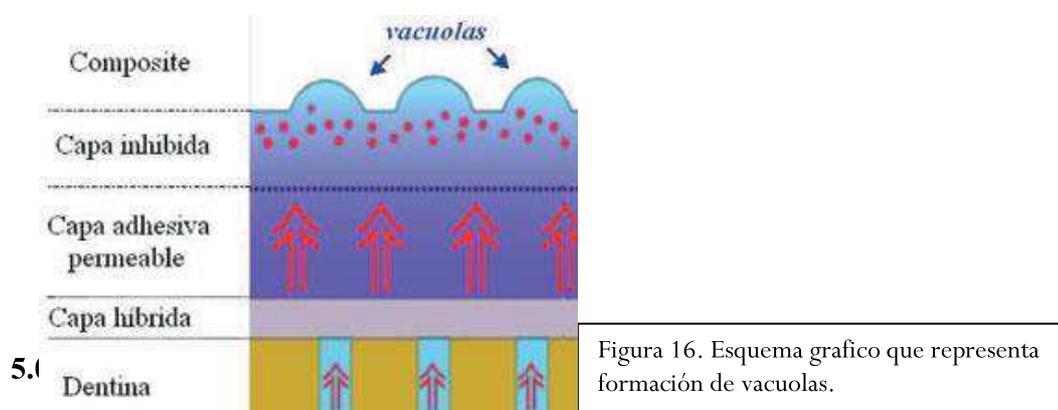
Este fenómeno ha sido recientemente descrito para los adhesivos dentales hidrofílicos por Tay y cols<sup>(53)(35)</sup> y se caracteriza por la formación de vacuolas llenas de agua que nacen en la cara del adhesivo hidrofílico que mira hacia dentina Fig.16 y que se extienden por la superficie hasta el exterior, pudiendo poner en peligro el sellado.

Aunque en la actualidad se desconoce su significado clínico, cabría pensar que la longevidad quizás no sea tan buena como ocurre con adhesivos hidrófobos. Estas vacuolas pueden imprimir su forma al composite antes de polimerizar tal como se puede ver en la Figura 14.

Para hacer visibles macroscópicamente las vacuolas en esmalte, Suh empleó la técnica de osmósis inversa Fig16. y Pashley y cols. en un interesante trabajo in vitro demostraron cómo se producía este fenómeno de vacuolización con los adhesivos hidrofílicos. Es en esta particularidad en donde está el valor crítico del problema, puesto que una de las características, que se desearía de los adhesivos, es que fueran inicialmente hidrofílicos, (ya que están en presencia de humedad) y que luego se convirtieran en hidrófobos para repeler su continuo embate. Sin embargo, esta ventaja sólo la obtenemos con los adhesivos de tres pasos puesto, que la última capa que se coloca, es de un adhesivo hidrófobo o en los dientes desvitalizados; donde no hay fluido dentinario en los túbulos por no haber pulpa.

Ahora bien en el caso de adhesivos autoacondicionadores, que llevan agua como vehículo, estos se encuentran sujetos, a la formación de canalículos por la presencia del agua; que genera nanofiltración tal como indica la Fig.16. En estas zonas donde no se ha podido evaporar el vehículo (agua) o que permanecen en la capa adhesiva se producen verdaderos nanotuneles que contactan la dentina con la superficie del composite o del esmalte. Su efecto sobre el resultado clínico no está claro pero los datos in vitro señalan que este tipo de adhesivo no produce buenos resultados en las pruebas físicas a las cuales han sido sometidos por varios estudios. Estos nanotuneles son los que adoptan

formas reticuladas cuando son producidos por el agua libre en la capa adhesiva y puntiformes cuando es agua ligada a grupos funcionales polares e iónicos. Su aspecto arboriforme se debe a la fusión o coalescencia de nanotuneles más pequeños. Consecuentemente, esto correspondería a un nanoagrietamiento pero no de origen medioambiental sino por la presencia del agua en el adhesivo o agua proveniente del odontoblasto en el túbulo dentinario. Si ha esto se añade el agua que se produce por la reacción ácido/base tenemos un fenómeno degradativo progresivo, ya que la capa adhesiva hidrofílica funciona a modo de membrana semipermeable. Esto debe tener algún tipo de repercusión clínico probablemente como es el despegamiento de la restauración o al menos disminución de la vida media de la restauración (tinción). Este efecto de membrana semipermeable permite las osmosis de fluido dentinario, degradando la capa adhesiva por hidrólisis. Como dato curioso los adhesivos que sólo llevan agua tiene un buen comportamiento con los compómeros, quizá porque su naturaleza no corresponde a una resina compuesta en su totalidad. Los adhesivos que emplean etanol también forman membranas semipermeables ya que llevan agua y esta no se evapora totalmente. <sup>(66)</sup>



Durante los últimos treinta años los odontólogos se han enfrentado a un continuo y rápido cambio de los materiales adhesivos. Este movimiento se inicia con la comercialización de la primera resina dental de uso directo en los años 60, seguido de la introducción en la práctica clínica de la técnica de grabado ácido; desde entonces las resinas compositas, las estrategias de unión al sustrato dental y los agentes promotores de adhesión han progresado significativamente.

Según Van Meerbeek & Others (2002), el fenómeno de adhesión es esencialmente un proceso de remoción de minerales (calcio, fosfatos) e infiltración de monómeros resinosos in situ, con la finalidad de crear una traba mecánica entre el adhesivo y la estructura dental, sellar los túbulos dentinales y así mantener la homeostasis del medio interno del complejo dentino – pulpar.

Hasta la década de los 70 no se retiraba el barro dentinario, ya que los sistemas adhesivos de entonces eran incompatibles con el sustrato dentinario húmedo y por lo tanto, la adhesión se daba entre el adhesivo y el barro dentinario. Se trata de una unión muy frágil que terminaba rompiéndose en el momento de la contracción de polimerización de la resina compuesta <sup>(43)</sup>.

Desde el principio se tuvo éxito con la unión al esmalte por lo que se decidió extender a la dentina, pero fracasó; debido a que al retirar la capa de barro dentinario y aumentar el diámetro de los túbulos dentinarios, el ácido produce en la superficie de la dentina un nivel de humedad incompatible con las características hidrófugas de los adhesivos utilizados.

Entonces dividieron el Adhesivo en dos componentes. El primero llamado Primer (mas fluido e hidrófilo) con la función de penetrar en las irregularidades húmedas de la dentina desmineralizada y el segundo, llamado Bond- que corresponde al adhesivo en sí; el cual es una resina fluida hidrófuga, que tiene por objeto recubrir al primero y unirlo con la resina compuesta. El único componente que es hidrófilo penetra en la dentina y el esmalte, quedando totalmente recubierto por los hidrófugos, no pudiendo, por lo tanto, mancharse. Ese fue el comienzo de la era de los adhesivos que emplean el Acondicionamiento Acido Total.

## **5.1 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS ADHESIVOS**

### **5.1.1 Clasificación Cronológica:**

Según la aparición en el tiempo; sería una clasificación historica, poco científica y con adhesivos difíciles de encuadrar:

- 1.ª Generación. Son los primeros adhesivos en aparecer. El primer antecedente histórico lo tenemos en el año 1951, con Hagger, y se denominó Sevriton (ácido glicerofosfórico-dimetacrilato), pero no era estable en medio húmedo. El primer adhesivo comercial fue el Cervident, de la casa SS White (NPG-GMA), intentando la quelación con el calcio superficial, logrando cifras reducidas, de unos 2-3 Mpa. Se caracterizan por: a) Dentina sin tratar y b) El adhesivo está basado en resinas hidrofóbicas.
- 2.ª Generación. Intentaron solucionar la falta de fuerza de adhesión del grupo anterior, pero no lograron sobrepasar cifras de 7 Mpa. El primero fue el Clearfil Bond System

(Kuraray), introducido en el año 1978 (era un sistema de dos componentes), seguido de otros muchos: Bondlit (Kerr), Scotch-Bond (3M),

Prisma Universal Bond (Dentsply), Dentin Aheive (Kulcer). Están basados en esterres fosfóreos derivados del metacrilato, con un mecanismo de interacción iónica entre los grupos fosfatos, cargados negativamente, y el calcio, cargado positivamente. Se caracterizan por: a) Modifican la capa de barrillo dentinario y b) Utilizan resinas hidrofóbicas e hidrofílicas.

- 3.ª Generación. El inicio de esta generación de adhesivos lo marca la aceptación de los trabajos del grabado de la dentina de escuela japonesa. El postulado de la técnica era una unión micromecánica y no una unión química como en las dos generaciones anteriores. En 1984 se presentó el Clearfil New Bond (Kuraray), que contenía hema y 10-MPD, valores de adhesión que iban desde los 9 Mpa del Scotchbond 2 hasta los 18 Mpa para el Prisma Universal Bond 3 y el Tenure Solution (acondiciona la dentina con ácido nítrico y oxalato de aluminio al 3,5 %, según la fórmula original de Bowen).

Se caracterizan por: a) Eliminan la capa de barrillo dentinario y b) Utilizan resinas hidrofílicas.

Otros productos son: XR Primer Bond (Kerr), Denthesive (Kilcer), Gluma (Bayer). En este último la dentina se acondiciona con EDTA al 17 por ciento.

- 4.ª Generación. Se caracterizan por la formación de la denominada capa híbrida, descrita inicialmente por Nakabayashi. Se basan en la difusión e impregnación de las resinas en el sustrato de la dentina parcialmente descalcificada, seguida de la polimerización para formar la denominada capa híbrida tienen en este mecanismo de la

hibridación el poder de adherirse y sellar la resina a la dentina tratada. Se basan en el 4-Meta y originalmente el grabado de la dentina se hacía con ácido cítrico al 10 por ciento y cloruro férrico al 3 % (solución 10:3). Son adhesivos universales: se unen a esmalte, dentina, amalgama, metal y cerámica. Incluye muchos productos: All-Bond 2 (Bisco). Resistencia al cizallamiento: 23 Mpa. Líder del mercado durante varios años, con solvente basándose en acetona. Sobre él Kanka definió la técnica de la adhesión húmeda. Scotchbond Multisuperficie (3-M). Inicialmente incorporaba el ácido maleico al 10 por ciento, y luego fue sustituido por el ácido ortofosfórico. Resistencia al cizallamiento: 23 Mpa.

Imperva Bond (Shofu), Permaquik (Ultradent), Optibond (Kerr). Res. al ciz.: 19 Mpa, Solibond (Kulcer), Probond (Caulk); ese tiene la particularidad de sólo acondicionar el esmalte, no elimina el barrillo, sólo lo modifica. Resistencia al cizallamiento: 16 Mpa, Liner Bond 2 (Kuraray), con un preparador autograbante que no necesita lavado.

- 5.ª Generación. Se denominan sistemas adhesivos monocomponentes (primer más adhesivo), aunque casi siempre precisan el acondicionamiento previo del esmalte y de la dentina.

Uno de los inconvenientes es la falta de versatilidad respecto a los de 4.ª generación, sólo son fotopolimerizables; aunque en parte se solucionó en el caso del Prime Bond NT con la incorporación del activador, convirtiéndolo en polimerizado dual. El activador (Self Cure Activator) tiene como componentes: Sal de sulfinato aromático (catalizador), Acetona (transportador de resinas adhesivas y solventes) y Alcohol etílico (solvente). Casi todos incorporan flúor, evitando recidivas de caries.

Los primeros fueron One-Step (Bisco) y Prime-Bond (Dentsply). Otros son: Prime Bond 2.1 (Dentsply). Resistencia al cizallamiento: 21 Mpa, Prime Bond NT (Dentsply), Prime Bond NT Dual Cure (Dentsply). Con curado dual, auto y foto (muy útil en restauraciones indirectas). Este producto es uno de los más versátiles, además de ser de baja viscosidad, incorpora relleno, y puede incorporar un sistema de grabado sin ácido ortofosfórico, con el NRC (grabador sin lavado).

Optibond Solo (Kerr). Resistencia al cizallamiento: 23 Mpa, Single Bond (3M). Resistencia al cizallamiento.: 30 Mpa. Tenure Quik (Den-Mat), Syntac Single Bond (Vivadent).

#### **5.1.2 Clasificación según tratamiento de la dentina:**

1. Adhesivos dentinarios que no acondicionan la dentina; mantienen intacta la capa de barrillo dentinario (Smear-Layer).
2. Adhesivos dentinarios que modifican la capa de barrillo dentinario.
3. Adhesivos dentinarios que eliminan totalmente el barrillo dentinario.
4. Adhesivos dentinarios que además de eliminar la capa del barrillo dentinario, provocan una descalcificación de la dentina conservando intacta la malla de colágeno tanto inter como peritubular, favoreciendo la formación de la capa híbrida.

**5.1.3 Clasificación según el Número de pasos:** Otra clasificación utilizada es la que hace referencia al número de pasos clínicos y constitución física del sistema adhesivo: multicomponentes y monocomponentes: Cuando se hace referencia a estos sistemas, en

realidad se hace alusión a la presentación física del sistema, es decir, la cantidad de botes que constituye el sistema adhesivo.

**Sistemas Multicomponentes:** Se denomina, 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).

En este caso los fabricantes presentan el primer en un bote separado del adhesivo, con la finalidad que el primer asegure la eficiente humectación de las fibras de colágeno que han sido expuestas previamente por el agente acondicionador, transforme el estado hidrofílico de los tejidos en hidrofóbico y facilite la entrada del adhesivo entre los canales interfibrilares,<sup>(38)(40)</sup> Una vez que se ha agotado el tiempo de imprimación se aplica el adhesivo que deberá rellenar todas las irregularidades creadas por el agente acondicionador y sellar todos los túbulos dentinarios que fueron abierto previamente por la sustancia desmineralizadora. La polimerización inicial y avanzada estabilizará la capa híbrida conformada, al igual que la copolimerización que se logre entre la resina compuesta y el adhesivo.<sup>(17)(24)</sup>

**Ventajas:**

Técnica menos sensible: Permite la aplicación por separado del agente acondicionador, primer y adhesivo.

Proveen adhesión efectiva a esmalte y dentina (in vivo / in vitro).<sup>(17)</sup>

Proporciona mayor fuerza de adhesión a esmalte, en comparación con los sistemas monocomponentes y autoacondicionadores.

Los sistemas multicomponentes, se reconoce como los adhesivos más eficaces.

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.<sup>(39)</sup>

**Desventajas:**

Existe mayor riesgo de sobredesmineralizar la dentina.

Necesidad de mayor tiempo clínico.

Posibilidad de contaminar la estructura dental, porque se deben llevar a cabo varias fases clínicas (grabado ácido, lavado - enjuague, imprimación, aplicación del adhesivo y fotopolimerización).

Mayor riesgo de sobresecar el tejido dental o que exista exceso de humedad en el sustrato adherente.<sup>(26)</sup>

**Sistemas Monocomponentes 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). Estos sistemas se sintetizaron con la finalidad de disminuir el número de pasos clínicos y el tiempo de trabajo. Sin embargo, según algunos estudios, <sup>(17)(24)</sup> la ganancia de tiempo no es substancialmente importante, porque la diferencia de tiempo de trabajo total entre un sistema multibotes y otro monobote varía entre 10 – 60 segundos.

**Ventajas:**

Reducción del tiempo de trabajo, en comparación con los sistemas multicomponentes, porque se elimina un paso clínico (aplicación del primer).

Posibilidad de presentación en monodosis: Asegura la composición estable del adhesivo y la evaporación controlada del solvente.

Ayuda a disminuir las infecciones cruzadas, porque permite realizar una aplicación más higiénica.

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. <sup>(37)</sup>

**Desventajas:**

A pesar que los sistemas monocomponentes son adhesivos de alta tecnología, presentan algunas desventajas, entre las más importantes: <sup>(17)(26)(24)</sup>

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.

Técnica más sensible, porque amerita la aplicación de varias capas.

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.

Estudios clínicos a largo plazo insuficientes.

#### **5.1.4 Clasificación según el Mecanismo de Adhesión Utilizado:**

Van Meerbeek & Others (2000), propusieron un sistema de clasificación que se sustenta primordialmente en la estrategia o mecanismo de adhesión utilizado, resumiendo así la diversidad de sistemas que se encuentran en el mercado dental que son capaces de promover la adhesión dental:

**Sistemas adhesivos convencionales:** Según la clasificación de Van Meerbeek & Others (2000), a este apartado pertenecen los sistemas adhesivos que emplean la técnica de grabado total como mecanismo acondicionador de la estructura dental.

Con respecto al mecanismo de adhesión de estos sistemas, se resume de la siguiente manera: previo acondicionamiento de la superficie del esmalte (Ácido ortofosfórico 35% 15 seg. – lavado – eliminación del exceso de húmeda), se aplica el 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 – microtapones de resina. <sup>(69)</sup>

**Sistemas adhesivos autoacondicionadores:** Los sistemas adhesivos autoacondicionadores se basan en el uso de monómeros ácidos que acondicionan, imprimen y se adhieren al tejido dental.

Estos sistemas se comercializaron a principio de los años 90. Al inicio se emplearon solo 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 (Xeno III – Dentsply). <sup>(20)</sup>  
<sup>(69)</sup>

**Primera Generación:** La primera generación de sistemas autoacondicionadores que se introdujeron en el mercado odontológico se utilizaba siguiendo dos pasos clínicos. 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, Scotchbond 2 – 3M). <sup>(20)</sup>

**Segunda Generación:** La segunda generación de adhesivos autoacondicionadores son los denominados todo en uno, es decir, el agente acondicionador, el primer y el adhesivo se encuentran mezclados químico y físicamente en un solo 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).<sup>(41) (64)</sup>

**Mecanismo de Adhesión de los Sistemas Autoacondicionadores:** El mecanismo de adhesión de los sistemas autoacondicionadores, 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, con la diferencia que los tapones de resinas que se logran obtener con el uso de los sistemas autoacondicionadores 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.

Según algunos estudios,<sup>(70) (72)</sup> los monómeros funcionales (grupos carboxílicos o fosfatos) de los sistemas autoacondicionadores 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.

De acuerdo a Van Meerbeek & Others (2000), este mecanismo de adhesión menos agresivo que aquellos que utilizan la técnica de grabado ácido convencional, al parecer, permiten un sellado eficaz de los túbulos dentíales 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. <sup>(48)</sup>

Un aspecto importante a tomar en cuenta es el grosor de la capa del adhesivo que se logra obtener después de aplicar un sistema autoacondicionador moderado, que es menor a la que se obtiene cuando se emplea un sistema adhesivo convencional. Según Blunck (2002), el grosor de la capa adhesiva es un factor secundario en los sistemas autoacondicionadores, 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. Con la finalidad de aumentar el grosor de la capa híbrida algunos investigadores han propuesto la adición de nanopartículas a esta clase de adhesivos, aunque no existen muchos estudios al respecto. <sup>(37)(48)(70)</sup>

Según Gordan & Others (1998), los sistemas autoacondicionadores no solamente simplifican la técnica clínica, sino que también disminuyen la sensibilidad de la técnica en comparación con los sistemas convencionales.

**Ventajas:**

Desmineralización e infiltración de resina simultánea.

Posibilidad de monodosis: Permite el control de la evaporación del solvente y así mantener la composición estable del adhesivo.

Adecuada interacción monómero – colágeno.

Efectivo desensibilizador dentinal.

Menor importancia a la húmeda dentinal.

Disminuye el riesgo de las infecciones cruzadas.

**Desventajas:** <sup>(24)</sup> <sup>(37)</sup>

Insuficientes estudios (In vitro / In vivo) a largo plazo.

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 (técnica de grabado total), aunque éste es un tema controversial en la actualidad.

**Grabado total – Sistemas autoacondicionadores:** La técnica de grabado ácido total se basa en la aplicación de ácido ortofosfórico entre 30 – 40% sobre el esmalte y la dentina simultáneamente.

A inicio de los años 90 una serie de estudios de microscopía electrónica concluyeron que el ácido fosfórico (30 – 40%), como agente acondicionador de la dentina era agresivo, porque era capaz de desmineralizarla entre 7 – 16 micras y que luego el adhesivo no rellenaba toda la superficie tratada. <sup>(37)</sup> Como respuesta a esta problemática y con el objetivo de disminuir la profundidad de desmineralización del tejido dentinal, se implementó el uso de ácido fosfórico a bajas concentraciones (10 – 20%) entre otros ácidos como el maléico, cítrico y nítrico, actualmente estos ácidos son poco utilizados debido a su pobre capacidad para acondicionar el esmalte. <sup>(55)</sup>

Según Van Meerbeek & Others (1994), cuando se aplica ácido fosfórico (30 – 40%) directamente sobre la dentina durante más de 15 segundos este substrato se sobre-desmineraliza, con ciertas excepciones (dentina esclerótica o hipermineralizada),

por lo tanto, no se recomienda aplicar ácido fosfórico durante más de 15 segundos sobre la dentina. Ellos sugirieron que, como el esmalte aparentemente requiere un acondicionamiento más agresivo que la dentina, entonces primero se colocará el ácido fosfórico (30 – 40%) sobre el esmalte, con la finalidad de descontaminar, remover el barrillo que se genera durante la preparación cavitaria, crear microporosidades o grietas micrométricas, además de aumentar la energía superficial, <sup>(1)(2)(5)</sup> 5 segundos más tarde, el agente acondicionador se aplicará sobre la dentina durante 15 segundos, para un tiempo total del acondicionamiento dental de 20 segundos, de esta manera se evitará en gran parte la desmineralización excesiva de la dentina y el colapso de la malla colágena, factores fundamentales para el establecimiento de la capa híbrida.

Es importante destacar, que cuando se utilice la técnica de grabado total + sistema adhesivo convencional, el ácido fosfórico se debe enjuagar antes de aplicar el adhesivo, a diferencia, cuando se emplea un sistema autoacondicionador todo en uno, el paso clínico de lavado y enjuague del agente acondicionador se omite, porque éste, por lo general, se inactiva químicamente 15 – 30 segundos después de haber sido aplicado.

Con respecto a los sistemas autoacondicionadores, se podría decir que su efectividad adhesiva es igual o inferior a los sistemas adhesivos convencionales, aunque no existen estudios a largo plazo que garanticen una adhesión duradera, principalmente sobre esmalte, por otra parte, se sugiere que con los sistemas autoacondicionadores 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. <sup>(41)</sup>

Pashley & Others (1998), con la finalidad de mejorar la adhesión de estos sistemas al esmalte sugirieron la aplicación del adhesivo autoacondicionador (todo en uno), primero sobre esmalte, seguido de la dentina y luego nuevamente sobre esmalte, de esta manera el esmalte podría ser acondicionado de la manera más idónea posible y se incrementaría la fuerza de adhesión.

Otra línea de adhesivos, familia de los sistemas autoacondicionadores se patentaron hace algunos años, son los llamados adhesivos autoacondicionadores para compómeros - Compomer Adhesives - (Ej.: Prompt L Pop for compomer – 3M / ESPE, F2000 Adhesive – 3M / ESPE, Compoglass - Vivadent), se introdujeron en el mercado con la finalidad que se utilizaran como el sistema adhesivo de elección para los compómeros o resinas poliácidas. Inoue & Others (2000), realizaron varios estudios longitudinales in vivo donde utilizaron los adhesivos autoacondicionadores para compómeros como medio de unión con el substrato dental. Ellos reportaron que a los tres meses el 92% de las cavidades obturadas se encontraban en condiciones óptimas, a los 6 meses más del 60% de las cavidades se habían filtrado, el 52% de las cavidades habían cambiado de color y el 72% de los pacientes refería sensibilidad al frío.

Se sugiere que el fracaso de esta clase de adhesivos, se debe a su leve capacidad desmineralizante, que no es capaz de crear un patrón óptimo de retención y eliminar el barrillo dentinario, por lo tanto, a nivel del esmalte no se formaran los macrotaponos de resina y en la dentina debido a la obliteración parcial o total del túbulo dentinal y la escasa hibridación del tejido no se logrará conformar una capa híbrida efectiva que garantice el sellado biológico y la homeostasis del complejo dentino - pulpar. <sup>(21)</sup>

### **5.1.5 Clasificación según la acidez de sus compuestos:**

Aparte de la clasificación cronológica, 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.

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, éste 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 tapones de resinas (imbricación entre el adhesivo y el substrato adherente), se establece la traba mecánica. <sup>(8)</sup>

Entre otras clasificaciones cabe mencionar a continuación una serie de clasificaciones que si bien es cierto están englobadas en algunas de las anteriores su consideración en este apartado enriquece el conocimiento del lector.

**Por el sistema de activación:** La gran ventaja de los materiales fotoactivados es que se da la fotopolimerización sin la formación de compuestos químicos que con el tiempo pueden causar cambios de color.

Los adhesivos fotopolimerizables no son compatibles con las resinas compuestas activadas químicamente y los adhesivos de activación química no son compatibles con las resinas compuestas fotopolimerizables. Los de polimerización dual no presentan esta incompatibilidad.

#### **5.1.6 Por su técnica de empleo:**

**Adhesivos fotoactivados que usan acondicionamiento ácido:** Estos adhesivos se aplican básicamente para restauraciones directas y pueden ser de tres etapas (ácido, primer y adhesivo separados) o de dos etapas (ácido separado del primer y adhesivo que están unidos en un solo frasco)

**Adhesivos fotoactivados que son autoacondicionadores:** Los resultados obtenidos con estos son más uniformes debido a que la desmineralización y la penetración se dan simultáneamente. Evitando el paso de dispensar un ácido que se aplica en el sustrato y luego tener la habilidad para removerlo por completo.

Los adhesivos de esta categoría son aplicados en dos etapas, en la primera el primer ácido y en la segunda el bond o primer bond. En los de una etapa el primer ácido y el bond se aplican juntos. En realidad, solo uno de los adhesivos de una etapa presenta todos sus componentes en un solo frasco, los demás se colocan en esta categoría por que

se aplican en una sola intención aunque previamente hayan sido mezclados de alguna manera.

Los fabricantes de adhesivos autoacondicionadores de suaves o intermedios recomiendan el uso de acondicionamiento ácido previo en esmalte que no está biselado.

**Adhesivos de activación dual que usan el acondicionamiento ácido:** Son los más versátiles. Y por eso son considerados adhesivos multipropósito, ya que puede usarse en prácticamente todas las situaciones. Los adhesivos de este grupo pueden tener tres a cuatro etapas (Acido + primer A+ Primer B+ Adhesivo +Adhesivo B)

**Adhesivos de activación dual que son autoacondicionadores:** Ideales para la cementación de postes radiculares. Tiene dos ventajas considerables: la primera es que evitamos la dificultad de retirar el gel de ácido fosfórico de dentro del conducto; y la segunda es obviar el riesgo de que el ácido fosfórico penetre por los conductos accesorios hasta llegar al ligamento periodontal, con el consiguiente peligro de ocasionar reabsorción radicular.

Y finalmente se presenta una clasificación simplificada que engloba todas las anteriores y que facilita el conocimiento.

Figura 17

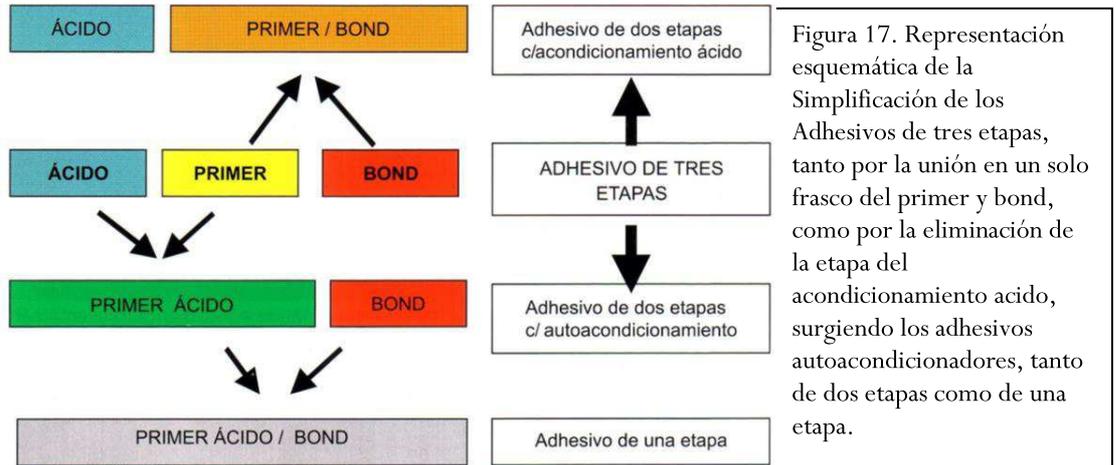


Figura 17. Representación esquemática de la Simplificación de los Adhesivos de tres etapas, tanto por la unión en un solo frasco del primer y bond, como por la eliminación de la etapa del acondicionamiento ácido, surgiendo los adhesivos autoacondicionadores, tanto de dos etapas como de una etapa.

## CONCLUSIONES

**Histoquímica del Esmalte y la Dentina:** La diferencia histoquímica, permite lograr la adhesión con más facilidad al esmalte, que a la dentina. La hidroxiapatita tiene una energía superficial libre, lograda por el acondicionamiento adamantino, lo que permite que el adhesivo, de baja energía superficial, humecte la superficie del sustrato, lo cuál favorece la compatibilidad físico química entre ambos. Únicamente el esmalte superficial aprismático, como el de los dientes deciduos, impide por su composición orgánica, el logro de una adhesión adecuada. Los sustratos hidroxiapatita-colágena de la dentina, poseen una energía superficial libre baja. A la capacidad del sistema adhesivo de impregnar las fibras de colágena, debe agregarse la dirección de los tubulos dentinarios. Entre mayor superficie, interviene en la unión (corte paralelo de los tubulos), mayor resistencia adhesiva existirá. El factor profundidad (proximidad a la pulpa), repercute en un sentido inverso, desfavoreciendo la adhesión y permitiendo por el ancho de los tubulos, la migración de glóbulos microscópicos de resina, que actúan como cuerpo extraño.

**Capa Híbrida.** No está comprendido completamente, que factores reaccionantes, están presentes en la capa híbrida. De sus componentes la dentina desmineralizada, las fibras colágenas y la resina del sistema adhesivo, son los más susceptibles a las variantes extrínsecas e intrínsecas. El fenómeno de la hidrólisis, que puede darse tanto externa, como internamente, predispone al deterioro de la unión resina-dentina. Esta hidrólisis

que puede darse a consecuencia de una nanofiltración, se debe en parte a factores tales como cambios dimensionales que permiten una separación entre las partes a unir, ya sea durante o después del endurecimiento de una de ellas sobre la otra por: Una excesiva deshidratación de la dentina, o una impregnación incompleta del monómero al sustrato, o el tipo y contenido de solventes orgánicos volátiles (alcohol, acetona) y/o de agua, que pueden hacer variar el tiempo de acción de los primers. La sumatoria de todos estos factores conlleva a problemas de biocompatibilidad, sensibilidad postoperatoria y caries secundaria.

**Biocompatibilidad.** No existe hasta el momento un sistema adhesivo, del que pueda aseverarse que no es capaz de producir efectos adversos a la pulpa, a corto, mediano o largo plazo. A pesar de lo que aún se desconoce sobre ellos, adecuadamente seleccionados, cuidados y manipulados, son la alternativa más próxima y conservadora, conocida hasta el momento, para hacer y trabajar una odontología de invasión mínima. Las consecuencias de problemas pulpares se deben primordialmente, tanto a desconocimiento de sus alcances y limitaciones, como a un manejo inadecuado del campo operatorio. La sensibilidad postoperatoria, que se atribuye, a su biocompatibilidad, está fundamentada, principalmente, en los factores antes mencionados.

### **Sistemas Adhesivos:**

Actualmente no existe ninguna clasificación ideal de los Sistemas Adhesivos, debido a la variabilidad y tendencias mercadológicas, así como la falta de unificación de criterios científicos basados en la evidencia que arrojan las investigaciones.

Por lo que se concluye que la clasificación de los Sistemas Adhesivos debe basarse en el principio activo de sus componentes al entrar en contacto con la estructura dentaria; por lo que se considera poco didáctico el establecerla de acuerdo a la tendencia del mercado orientada al consumo y no a la calidad.

Por lo antes expuesto en este trabajo, se considera que hasta el momento la clasificación que se acerca a los parámetros ideales es la propuesta por Van Meerbeek, donde se engloban todos los sistemas que se encontraban dispersos en la Clasificación Generacional.

En cuánto a los sistemas adhesivos en sí, prevalece el criterio que los adhesivos convencionales (componentes separados), basados en el grabado total, son los más cercanos a las características ideales; y los sistemas adhesivos de un solo paso, (autoacondicionadores), requieren en realidad, para ser efectivos, la aplicación y frotamiento de dos o más capas, así como mas investigaciones que respalden su efectividad clínica a largo plazo.

## **RECOMENDACIONES**

1. Dada la variabilidad de criterios adecuados para el manejo del tema de Sistemas Adhesivos, es prudente que se llegue a la unificación de tanto teórica como práctica, para así poder transmitir a los estudiantes la capacidad de diferenciar entre los productos y su empleo clínico.
2. En la práctica clínica tanto el profesional docente como auxiliar debe actualizarse, para no generar vacíos que incrementen en el estudiante temor para aplicar los conceptos expuestos.
3. Es recomendable fomentar investigaciones a nivel experimental en el manejo de Sistemas Adhesivos en el Sustrato Dentinario.
4. Fomentar la capacitación continua del personal docente, debido a la creciente demanda de servicios de calidad, mínimamente invasivos y al continuo progreso en las investigaciones sobre materiales restaurativos.
5. Implementar más laboratorios prácticos y teóricos sobre el comportamiento de los Sistemas Adhesivos, tanto a esmalte como a Dentina.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. **ABATE P, BERTACCHINI S & MACHI R.** (2000) Adhesion of compomer to dental structures. *Quintessence International*. 28 (8): 509 – 512.
2. **ABATE P, RODRIGUEZ V & MACHI R.** (2000) Evaporation of solvent in one bottle adhesive. *Journal of Dentistry*. 2 (6): 437 – 440.
3. **ALBERTS B et al** (1994) *Molecular Biology of The Cell Third Edition*, Garland Publishing, Inc. New York, USA.
4. **ANABALÓN B et al** (1977) Fenómenos de tensión superficial (memoria para optar al título de profesor de estado en matemáticas y Física Universidad de Chile sede Valparaíso).
5. **ATTIN T & HELLWING E.** (1996) Influence of enamel conditioning on bond strength of resin modified glass ionomer restorative materials and polyacid modified composites. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 76 (1): 29 – 33.
6. **AVERY J** (1994) *Oral Development and Histology Second Edition* Thieme Médica; Publishers Inc. New York. USA.
7. **BLUNCK U** (2000) Adhesives: Principles and state of the art. Adhesion, in *The silent revolution in dentistry* Edited by Roulet J y Degrange M Quintessence Publishing Co, Inc, Germany 3 29-44.
8. **BLUNCK U.** (2002) Adhesives: Principles and state of art. En: *The silent revolution in dentistry*. Carol Stream. Quintessence Publishing. Pp. 29 – 44.

9. **BODYE A** (1976) Enamel structure and cavity margins Operative Dentistry 1 13-18.
10. **BRANNSTROM Y JONSON** (1984) Smear layer, pathological and treatment consideration Operative Dentistry. 9 3 35-42.
11. **BURROW MF TANIGUCHI Y, NIKAIDO T, SATOH M, INAI N TAGAMI, J TAKATSU, T.** Influence of temperature and relative humidity on early bond strengths to dentine. J. Dent 1995;23:41
12. **CHANG R** (1992) Chemistry 4th Ed. McGraw-Hill, Inc. USA.
13. **COSTA CA** (1997). Compatibilidad Dentino-Pulpar de los Sistemas Adhesivos. Odontología Clínica a Fines del Milenio. Ed. Kent-von Düring. Córdoba. Argentina. 28 221-228.
14. **EICK J et al** (1993) Adhesives and nonshrinking dental resins of the future Quintessence International 24 632-640.
15. **EICKJ et al** (1991) The dentinal surface: Its influence on dentinal adhesion, Part I. Quintessence International 22 967-977
16. **ERICKSON RL** (1992) Surface interactions of dentin adhesive materials Oper Dent Suppl 5 81.
17. **FINGER W & BALKENHOL M.** ( 1999) Practitioner variability effects on dentin bonding with an acetone based one bottle adhesive. Journal of Adhesive Dentistry. 1(4): 311 – 314.
18. **GARONE FILHO, W** (2002) Resinas Compostas e Adesivos Estetica do Sorriso 137-165; Editora Santos.

19. **GARONE NETTO, N ET AL** (2003) Introducao á Dentística Restaurador Adhesivos Dentários capítulo 11 193 á 216 Edit Santos.
20. **GORDAN V, VARGAS M & COBB D.** (1998) Evaluation of acidic primers in microleakage of class V composite resin restorations. Operative Dentistry. 23 (5): 244 – 249.
21. **GWINNETT A.** (1992) Moist versus dry dentine. Its effect on shear bond strength. American Journal of Dentistry. 5 (3): 127 – 129.
22. **HANNING M et al** (1999) Self-etching primer vs phosphoric acid: An alternative concept for composite-to-enamel bonding Operative Dentistry 24 3 172-180.
23. **HENOSTROZA G** (2003) Adhesión en Odontología Restauradora, Editora MAIO, ALODYB. Paraná Curitiba, Brazil.
24. **INOUE S, VARGAS M, VAN MEERBEEK B & YOSHIDA Y.** (2000) Adhesion mechanism of self etching adhesives. En: Advanced Adhesive Dentistry. 3º International Kuraray Symposium. pp. 131 – 148.
25. **JENDRESEN M y GLANTZ P** (1981). Microtopography and clinical adhesiveness of an acid etched tooth surface. Acta Odontologica Scandinavica 39 47-53
26. **KUGEL G & FERRARI M.** (2000) The science of bonding: From first to sixth generation. Journal of the American Dental Association. 131
27. **LEES S y ROLLINS F** (1972) Anisotropy in hard dental tissues Journal of Biomechanics 5 6 557-566.

28. **M.MIYAZAKI**, (2002) operative dentistry vol. 27, N°3 “ influence of the adhesive application duración on dentin bond strength of single application bonding systems.
29. **MAIZTEGUI AP y SABATO JA** (1977) Introducción a la Física Kapelusz Buenos Aires - Argentina.
30. **MONGRUEL OM** (1998) Analise in vitro da Microfiltracao Marginal em Cavidades Classe V Restauradas com tres Diferentes Sistemas Adesivos Araracuara - Brasil
31. **NAKABAYASHI N et al** (1982) The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates Journal of Biomedical Materials Research 16 265-273.
32. **O'BRIEN WJ et al** (1968) Capillary penetration around a hydrophobic filling material J Prosthet Dent 19 400.
33. **OMAR A. VARGAS BELTRAN** (2004) Sistemas Contemporáneos de Adhesión en Odontología Journal de la Sociedad Colombiana de Odontologia.
34. **OSBORN J** (1968) Direction and interrelationship of prisms in cuspal and cervical enamel of human teeth Journal of Dental Research 47: 395-402.
35. **PASHLEY D** (1992) The effects of acid etching on the pulpodentin complex Operative dentistry 17 229-242.

36. **PASHLEY, SANO, YOSHIYAMA,** (2000) Dentin, a Dynamic Bonding Substrate: Effects of Dentin Variables on Resin Adhesion in Dentin/Pulp Complex/III.
37. **PERDIGAO J & LOPEZ M.** Dentin bonding. (1999) Question for the new millennium. *Journal of Adhesive Dentistry.* 1 (3): 191 – 209.
38. **PERDIGAO J, FRANKERBERGER R, ROSA B & BESCHI L.** (2000) New trends in dentin / enamel adhesion. *American Journal of Dentistry;* 13: 25D – 30D.
39. **PERDIGAO J, LAMBRECHTS P, VAN MEERBEEK B & VANHERLE G.** (1995) A field emission SEM comparison of four post fixation drying techniques for human dentin. *Journal of Biomedical Materials Research.* 29 (9): 1111 – 1120.
40. **PERDIGAO J, VAN MEERBEEK B & AMBROSE W** (1999) The effect of re wetting agent on dentin bonding. *Dental Materials.* 15 (4): 282 – 295
41. **PERDIGAO J, VAN MEERBEEK B, YUCEL T & VANHERLE G.** (1996)The interaction of adhesive system with human dentine. *American Journal of Dentistry.* 9(4): 167– 173.
42. **PRATI C et al** (1999) Effects of removal of surface collagen fibrils on resin-dentin bonding *Dental Materials* 15 323-331.
43. **PRIOTTO E et al** (1995) Morphological and numerical characteristics of dentine tubules destined to adhesion *Journal of Dental Research* 74 734 (38).

44. **RAHARIMALALA V, POGGI Y, FILIPPINI JC.** Influence of polymer morphology on water treeing. IEEE Trans Dielect Elec Insul 1994; 1: 1094-1103.
45. **ROULET JF et al** (1986) Quantitative margin analysis in the scanning electron microscope Scanning Microscopy 147-159.
46. **ROYDHOUSE** (1961) Adhesives and caries prevention: a preliminary report. British Dental Journal.
47. **SANO H et al** (1998) Nanoleakage: Leakage within the hybrid layer Operative Dentistry 20 1 18-25.
48. **SANO H, TAKATSU T, & PASHLEY D.** (1999) Nanoleakage: Leakage with – in the hybrid layer. Operative Dentistry. 20 (1): 18 – 25.
49. **SCHWARTZ et al** (1996) Fundamental Operative Dentistry, A contemporary approach Quintessence Publishing Co, Inc.
50. **SPADILIERO DE LUTRI M** (1991) Defectos de polimerización de los sistemas resinosos compuestos. Soluciones clínicas. Tesis Doctoral. Facultad de Odontología. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
51. **STEENBECKER O** (1999) Fundamentos y Principios Sobre Adhesión en Odontología Restauradora U de Valparaíso Valparaíso - Chile.
52. **SWIFT EJ y CLOE BC** (1993) Shear bond strengths of new enamel etchants Am J Dent 6 62-164.
53. **TAY et al** (2001) Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives Part II: etching effects on unground enamel. Academy of Dental Materials. Published by Elsevier Science Ltd.

54. **TAY F, GWINNETT A & WEI S.** (2000) Variability in microleakage observed in total etch wet bonding technique under different handling conditions. *Journal of Dental Research.* 74 (5): 1168 – 1178.
55. **TAY F, KWONG S & PASHLEY D.** (2000) Bonding of self etching primers to noncarious cervical sclerotic dentine: Interfacial ultrastructure and microtensile bond strength evaluation. *Journal of Adhesive Dentistry.* 2 (1): 9 – 28.
56. **TAY FR et al** (2003) Bonding of some self-etch adhesives lo ungrounded0 enamel AADR 0027 San Antonio.
57. **TAY FR, PASHLEY DH, SUH BI** et al. Single step adhesives are semipermeable membranes. *J Dent* 2002; 30: 371-382.
58. **TAY FR, PASHLEY DH, YIU CKY** et al. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemical cured or dual-cured composites. Part I. Single step, self etching adhesive. *J Adhes Dent* 2003; 5: 27-40.
59. **TAY FR, PASHLEY DH, YOSHIYAMA M.** Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. *J Dent Res* 2002; 81: 472-476.
60. **TAY FR, SUH BI, PASHLEY DH** et al. Factors contributing to the incompatibility between simplified- step adhesives and self-cured or dual cured composites. Part II. Single bottle, Total-etch adhesive. *J Adhes Dent* 2003; 5: 91-105.
61. **TEN CATE A** (1986) *Oral histology: development structure and function* Second Edition St Louis CV Mosby.

62. **THOMAS P. KEOGH, JOSE CASTRO PADIAL**, 2004 Fiabilidad y Rapidez en adhesión dental: una revision actual y sus multiples controversias.
63. Tomado de clase impartida por Doctor Fidel Márquez Aviles, ciclo I 1999, pregrado, Facultad de Odontología de Universidad de El Salvador.
64. **TAY M.** (2000) Three year clinical evaluation of a polyacid modified resin composite (Dyract). Operative Dentistry. 25 (3): 152 – 154.
65. **URIBE ECHEVARRIA** (1990) Operatoria Dental, Ciencia y Práctica, Ediciones Medico-Dentales S.L Madrid España.
66. **URIBE ECHEVARRÍA J** (1997) Capa de Hibridización DentinaResina ¿Es una adhesión efectiva? Odontología Clínica a Fines del Milenio. Ed. Kent-von Düring. Córdoba. Argentina. 29 229-241.
67. **URIBE-ECHEVARRÍA J et al** (1994) Adaptation of dentin walls of composite resinosos systems and glass ionomer resins Journal of Dental Research 73 728 (45).
68. **VAN MEERBEEK B et al** (1993) Comparative SEM and TEM examination of the ultrastructure of the resin- dentin interdiffusion zone Journal of Dental Research 72: 495-501.
69. **VAN MEERBEEK B, PERDIGAO J & VANHERLE G.** (2000) Enamel and dentin adhesion. En: Fundamentals of operative dentistry. A contemporary approach. Chicago Quintessence Publishing. 2º Ed
70. **VAN MEERBEEK B, YOSHIDA Y, INOUE S, VARGAS M & VANHERLE G.** (2000) Bonding mechanism and microtensile bond strength of

4 – Met based self etching adhesive. Journal of Dental Research. 79: 249.

Abstract 845.

71. **VAN MEERBEEK B. et al** (1999) Factores que influncian el éxito clínico de la adhesión a dentina y esmalte (II) Maxillaris; 15:20.

72. **YOSHIDA Y, VAN MEEBEEK B, VANHERLE G & WAKASA K.** (2000) Evidence of chemical bonding at biomaterial hard tissue interfaces . Journal of Dental Research. 79 (2): 709 – 714.

**CUADRO 1. TIPOS DE SUSTRATOS DENTINARIOS**

<b>Sustrato Dentinario</b>	<b>Característica de la Dentina</b>	<b>Túbulos</b>	<b>Producida por:</b>	<b>Sustrato Adhesivo</b>	<b>Caracterizada por:</b>
Esclerótica	Hipermineralizada	Parcialmente Ocluidos	Agresiones externas de escasa intensidad Ej.:caries de avance lento, abrasiones atriciones y cambios funcionales por la edad	Adecuado	Formación de Cristales de alto contenido cálcico
Terciaria Reparativa	Neodentina de estructura irregular	Mínima cantidad	Agresiones patológicas externas severas con destrucción de la Barrera Odontoblástica Ej.: caries, fracturas, abfracciones, calor generado por instr. rotatorio	Inseguro	Puente dentinario que deforma la cámara pulpar. Las células mesenquimáticas indiferenciadas remplazan los odontoblastos perdidos
Del diente con TCR	Sería posible la adhesión pero usando ácidos en Alta Concentración	Deshidratados	Diente Despulpado	Imperfecto	Fibras colágenas desnaturalizadas y susceptibles a microfractura por disminución de la humedad del tejido
Cariada Externa	Infectada 100.000.000 bacterias x gm. De dentina		Ácidos débiles en baja concertación generados por el metabolismo microbiano	Debe ser eliminado	Componentes orgánicos degenerados, desnaturalizados y fracturados, sin soporte mineral
Cariada Interna o Desmineralizada	Desmineralizada; con 100.000 bacterias x gm de dentina		Lesiones Cariosas Extensas	Remineralizable	Componentes orgánicos normales o reversiblemente desnaturalizados
Fracturada	Expuesta, Sana	Abiertos y preparados para recibir adhesivo	Traumatismo	Depende del nivel de la fractura	Sin Barrillo Dentinario
Abrasionada	Sana	Luz disminuida	Pastas y dentríficos usados en THO		No hay sensibilidad, Sin Barrillo Dentinario, con alto contenido mineral
Abfraccionada	Alta Permeabilidad y Difusión	Abiertos	Por esfuerzos masticatorios que exceden la deformación del esmalte causada por stress oclusal, bruxismo, maloclusión, esclerosis		Hipersensibilida y Barrillo Dentinario
Erosionada	Bordes de esmalte irregulares con base en dentina	Abiertos por desmineralización	Ácidos orgánicos e inorgánicos, débiles o fuertes, causada por Problemas GI, Reflujo, bebidas.		Sensibilidad marcada

**CUADRO 2. CLASIFICACION MORFOLOGICA DE TIPOS DE DENTINA**

<b>Tipo de Dentina</b>	<b>Número de Túbulos/mm<sup>2</sup></b>	<b>Producida :</b>	<b>Sustrato Adhesivo</b>	<b>Característica del Túbulo</b>	<b>Caracterizada por:</b>
Superficial	18.000	Antes y durante la Erupción Activa, es dentina Primaria	Mas eficiente	Sin Proceso Odontoblástico	Presenta la máxima cantidad de Fibras Colágenas e Hidroxiapatita y menor cantidad. de agua
Media	25.000	Dentina Primaria	Efectivo	Con o sin proceso odontoblástico	Presenta fibras colágenas, hidroxiapatita y agua en cantidad. ½ entre DS y DP
Profunda	66.000 a 90.000	Primaria o Secundaria de acuerdo con la edad del px.	Deficiente	Diámetro y cantidad de túbulos disminuyen la superficie de DI	Disminución de Colágeno e hidroxiapatita y aumento en la cantidad de agua.

**CUADRO 3. COMPONENTES QUIMICOS DE SISTEMAS ADHESIVOS REPRESENTATIVOS EN ODONTOLOGIA**

NOMBRE	FABRICANTE	COMPONENTES
Scotchbond 2	3 M Dental	<b>Imprimador:</b> Acido Maleico- HEMA- H2O- Copolímero de Acido Polialquenoico. <b>Adhesivo:</b> BIS.GMA- HEMA- Camforoquinona.
Syntac	Vivadent	<b>Imprimador:</b> TEG.DMA- H2O- Acido Maleico- Acetona. <b>Adhesivo:</b> PEG.DMA- Glutaraldehido- H2O. Diquetona.
Optibond FL	Kerr	<b>Imprimador:</b> HEMA- GPDM- PAM- Etanol- H2O- Camforoquinona. <b>Adhesivo:</b> BIS.GMA- HEMA- GPDM- 48% Carga de Vidrio de Bario Aluminio Boro Silicato-Camforoquinona
Permaquick	Ultradent	<b>Imprimador:</b> HEMA- Balsamo Canada- Etanol- Acido Metacrilico- Fosfato Monom-Camforoquinona. <b>Adhesivo:</b> BIS.GMA- TEG.DMA- Monomeros- Aminas Terciarias- Camforoquinona- 40% de Carga de Vidrio.
Primer & Bond NT	Dentsply	<b>Sistema adhesivo tipo Monofrasco</b> BIS.GMA- UDMA - PENTA- Hidrofloruro de Cetilamina-Acetona- SiO2 nano filler- Canforoquinonas
P Q – 1	Ultradent	<b>Sistema adhesivo tipo Monofrasco</b> BIS.GMA- TEG.DMA- HEMA- Etanol- Acido Metacrilico- 40% de Carga de Vidrio.
Single Bond	3 M Dental	<b>Sistema adhesivo tipo Monofrasco</b> BIS.GMA- HEMA- Copolimero de Acido Poliacrilico Itaconico- DMA- Etanol- H2O- Camforoquinona.
Excite	Vivadent	<b>Sistema adhesivo tipo Monofrasco</b> BIS.GMA- HEMA- MMPAA- Acrilato de Acido Fosfónico- Etanol- Diquetona- Carga de Vidrio de Silice.
One Coat Bond	Coltene	<b>Sistema adhesivo tipo Monofrasco</b> UDMA- HEMA- HPMA- H2O- Diquetona- Acido poliacrílico- Carga de Vidrio de SiO2.
Optibond Solo	Kerr	<b>Sistema adhesivo tipo Monofrasco.</b> BIS.GMA- HEMA- GPDM- Camforoquinona-Etanol-Carga de Vidrio de Bario Aluminio Boro Silicato.

## GLOSARIO

1. **Absorción:** penetración de las moléculas de una sustancia entre las de otra, dando lugar a una disolución, un complejo de inclusión o una auténtica combinación química. // Fenómeno físico por el cual ingresan al interior de un cuerpo sólido fluidos del medio en el cual están inmersos.
2. **Adhesión Química o Específica:** es la que se logra exclusivamente por la reacción química entre dos superficies en contacto y es la que la Odontología actual erróneamente acepta como adhesión real y única. Ella no solo es capaz de fijar permanentemente la restauración al diente, sino que también puede sellar túbulos dentinarios e impedir, mientras esta se mantenga, la microfiltración y sus problemas derivados. Y esta puede ser: por enlaces primarios o por enlaces secundarios de los que anteriormente se habló.
3. **Adhesión:** La Adhesión es un fenómeno superficial entre dos cuerpos en íntimo contacto, en donde al menos uno es sólido (tejidos dentarios). La atracción aquí se realiza entre moléculas dispares; cuando se realiza entre moléculas de la misma clase, se denomina cohesión.
4. **Adsorción:** fenómeno físico por el cual se retienen o concentran en la superficie de un sólido sustancias disueltas o dispersas en un fluido // Proceso por el cual los átomos o moléculas de una sustancia se adhieren sobre la superficie de otra.
5. **Azeotropismo:** fenómeno de adhesión en presencia de humedad donde el acetona persigue el agua en los túbulos dentinarios, arrastrando consigo el adhesivo hacia la dentina tubular, peritubular e intertubular.
6. **BIS.GMA:** Bisfenol-glicidil-metacrilato
7. **BPDM:** Bifenil-dimetacrilato.
8. **Capa de desecho/lodo o barrillo dentinario también conocida como Barrillo Dentinario:** La capa de detritus producida iatrogénicamente tiene una gran influencia sobre el enlace adhesivo formado entre el diente tallado y el material restaurador. Su composición indica la estructura de la dentina subyacente, contenido de hidroxiapatita pulverizada y colágeno alterado, mezclado con saliva, bacterias y otros detritus de la superficie abrasionada. El espesor de la capa de Barrillo dentinario varía de 0.5 a 5.0 nanómetros y tiende a ocluir los tubulos dentinarios por medio de la formación de proyecciones de Barrillo dentro de estos.
9. **Capa Híbrida o de Interdifusión:** Esta capa híbrida es formada por colágeno, hidroxiapatita y resina. Es una difusión de resina dentro de la red de colágeno de la dentina que fue previamente acondicionada. La relación entre la profundidad de la desmineralización y la extensión en la penetración de los monómeros de resina es la llave para crear una capa híbrida de alta calidad. La capa híbrida es cerca de cuatro veces más elástica que la dentina normal.
10. **Capilaridad:** Es el conjunto de fenómenos relacionados con la tensión superficial de los líquidos por la acción de las fuerzas intermoleculares. Este fenómeno se presenta en la línea de separación de un líquido, con un sólido (el tubo) y con un gas (el aire), dentro de un capilar. Anabalón B y col. 1977, Maiztegui Ap y Sabato Ja 1977.
11. **Cuatro meta (4-META):**-metacril-oxi-etil-trimelitato-anhídrido.
12. **Dentina Interglobular:** Es el término utilizado para describir zonas de dentina no mineralizada o hipomineralizada que persisten dentro de la dentina madura, donde las áreas globulares de mineralización (calcoferitos) no se han

unido para formar una masa homogénea. Se ve más frecuentemente en la dentina circumpulpar por debajo de la dentina de manto, donde el patrón de mineralización es especialmente globular. Como esta irregularidad de la dentina es un defecto de la mineralización y no de la formación de la matriz, el patrón arquitectónico normal de los túbulos permanece inalterado y corren sin interrupción por las áreas interglobulares. Sin embargo, no hay dentina peritubular dentro de los túbulos que corren a través de los glóbulos. Estas zonas se llaman a menudo espacios interglobulares, pero este nombre es incorrecto, puesto que no hay un verdadero espacio.

13. **Dentina Intertubular:** Esta localizada entre la dentina peritubular y constituye el mayor componente de la dentina. Representa el principal producto de los odontoblastos y consta de manera principal de una red estrechamente tejida de fibras colágenas que miden entre 50 y 200 nanómetros de diámetro, en las cuales se depositan los cristales de apatita. Los cristales son de 100 nm de largo se orientan generalmente con sus ejes mayores paralelos a la fibrilla de colágena.
14. **Dentina Peritubular:** La periferia del túbulo dentinario está compuesta por un anillo hipermineralizado de dentina, que es fácilmente visible con el microscopio óptico en cortes de dentina sin descalcificar, en los que los túbulos han sido cortados transversalmente. Los análisis indican que la dentina Peritubular es un 9% más mineralizada que la dentina Intertubular, notando variaciones significativas, en su simetría y grado de mineralización. La dentina peritubular se forma dentro de la dentina mineralizada y posee una matriz orgánica en la cual hay muy pocas fibras colágenas. Su proceso de formación es continuo y puede acelerarse por estímulos ambientales.
15. **Dentina Primaria:** En los dientes humanos pueden reconocerse tres tipos de dentina primaria: a) La dentina primaria que forma la mayor parte del diente y delimita la cámara pulpar de los dientes ya formados. b) La capa externa de la dentina primaria, llamada dentina del manto que difiere del resto de la dentina primaria; (es la primera capa de dentina formada por los odontoblastos recientemente diferenciados) tiene unos 20 nanómetros de ancho y posee una matriz orgánica compuesta por sustancia fundamental y fibrillas colágenas laxamente empaquetadas y c) Dentina Circumpulpar que es con probabilidad ligeramente menos mineralizada que el resto de la dentina primaria.
16. **Dentina Secundaria:** Representa la aposición continua, pero más lenta, de dentina, por parte de los odontoblastos después de completada la formación de la raíz. Posee un patrón incremental y una estructura tubular menos regular (menos túbulos por mm<sup>2</sup>).
17. **Dentina Terciaria:** También llamada dentina reparativa o reactiva; se produce como reacción a los estímulos nocivos tales como caries o procesos restaurativos. A diferencia de la dentina primaria y secundaria, que se forman a lo largo de todo el borde pulpodentinario, esta es producida sólo por los odontoblastos directamente afectados por el estímulo. La calidad o arquitectura y cantidad o grado de dentina terciaria producida, se relaciona con la intensidad y duración del estímulo. Por ejemplo, el estímulo de una lesión de caries activa ocasiona destrucción extensa de la dentina y daño pulpar considerable. En tales casos, la dentina terciaria se deposita rápidamente (hasta 3.5 nanómetros diarios) y posee un patrón tubular irregular-disperso con frecuentes células incluidas. Con frecuencia se le llama osteodentina. Por otra parte, si el estímulo es menos activo, la dentina terciaria se deposita menos

rápido, su patrón tubular es más regular y hay menos o ninguna inclusión celular.

18. **DMA:** Dimetacrilatos
19. **Efecto Geométrico:** se refiere a las irregularidades superficiales que puedan tener dos superficies sólidas en contacto. Al penetrar un adhesivo líquido o semilíquido y endurecer entre ellas, las trabará. Dichas irregularidades se producen ya sea por fresado o por acondicionamiento ácido.
20. **Efecto Reológico:** si sobre una superficie sólida endurece un semisólido o un semilíquido y este cambia dimensionalmente, es posible que por contracción o por expansión se ajuste de tal manera que termine adhiriéndose físicamente sobre el. Un ejemplo es la expansión de fraguado de una amalgama en una cavidad de un plano, pues al aumentar el volumen de la amalgama condensada esta se comprime contra las paredes cavitarias, aumentando la fricción y por ende su fijación.
21. **Elemento:** es la materia que está formada por un solo tipo de átomos. Ej.: Hidrógeno
22. **Energía Cinética:** es el movimiento vibratorio causado por la rotación de los electrones, el cual origina constantes cambios de posiciones del átomo y las moléculas. A mayor energía cinética, mayor movimiento y mayor probabilidad de que la materia se encuentre en estado Líquido o Gaseoso. A la inversa a menor energía cinética menor movimiento y mayor probabilidad de que la materia esté en estado Sólido.
23. **Energía Electroestática o de Valencia Secundaria Molecular:** son mucho más débiles que las uniones de valencia primaria, siendo los responsables de las fuerzas de cohesión intermolecular, que se manifiestan preferentemente en los enlaces primarios por covalencia. En las macromoléculas formadas por covalencia los enlaces son fuertes, lo que es sinónimo de encontrar la materia en estado líquido o sólido.
24. **Energía Interatómica:** es la energía que mantiene en equilibrio las distancias entre los átomos, balanceando las fuerzas de atracción (cohesión) y repulsión. A mayor energía interatómica, mayor estabilidad de la materia frente a cambios externos, como presión y temperatura. Si predominan las fuerzas de repulsión, los átomos estarán más separados, disminuyendo las fuerzas de atracción, por lo que la materia tenderá a ser gas.
25. **Energía Química de los Enlaces Primarios o Interatómicos:** estos enlaces tienden a restringir el movimiento atómico, contrarrestando la energía cinética. A mayor energía de enlace, mayor posibilidad de que la materia sea sólida o líquida.
26. **Enlace Covalente:** es el formado por la unión de dos átomos que poseen igual electronegatividad o poca diferencia de ella, compartiendo los electrones entre los átomos enlazados, esto implica que los electrones del enlace actúan como estabilizadores para ambos átomos. Ocurre especialmente en la unión de un no metal consigo mismo o con otro no metal diferente.
27. **Enlace Iónico:** se da entre dos átomos de igual o distinta naturaleza que se unen, transfiriendo uno de ellos sus electrones de valencia, que son captados por el o los otros átomos con los cuales conformara un compuesto molecular. Produce cristales cuya configuración atómica depende de la carga y equilibrio en tamaño. En odontología, los enlaces iónico existen en ciertas fases cristalinas en algunos materiales como los cementos de fosfatos y el yeso.

28. **Enlace Metálico:** los átomos de los elementos de la parte izquierda de la tabla periódica tienen solo una pequeña cantidad de electrones de valencia; en ellos se alcanza una estructura estable simplemente perdiendo estos electrones externos y la consecuente formación de una nube de electrones libres, que se mueven al azar entre los átomos que lo conforman. Esto es lo que los hace buenos conductores del calor y la electricidad.
29. **Enlaces Interatómicos Moleculares o de Valencia Secundaria (También llamadas fuerzas de Van der Waals):** son mucho más débiles que las uniones de valencia primaria siendo responsables de las fuerzas de cohesión intermolecular (Macchi 1980; Craig 1998; Williams y Cunningham 1982; Guzmán 1999); de importancia en la Adhesión de los Biomateriales restauradores a los tejidos dentarios.
30. **Esmalte Nudoso:** Sobre las cúspides de los dientes, las varillas aparecen como entrelazándose en una disposición aparentemente compleja conocida como esmalte nudoso, las cuales se disponen en anillos concéntricos alrededor del eje longitudinal del diente, como ondulando hacia atrás y hacia adelante.
31. **Estado Gaseoso:** las características de la materia en este estado son muy poca resistencia al libre movimiento de las moléculas y no tener ni forma ni volumen definidos, dependiendo esto último del tamaño del recipiente en que se encuentre el gas.
32. **Estado Líquido:** las distancias interatómicas son mayores que en los sólidos, lo cual significa que las fuerzas cohesivas se encuentran disminuidas (a menor distancia interatómica aumentan las fuerzas cohesivas).
33. **Estado Sólido:** los sólidos se caracterizan por tener una forma y volumen definidos, estando su energía cinética a tal punto restringida que solo existe una vibración atómica puntual alrededor de centros nucleares atómicos fijos. Los átomos que forman las moléculas de la materia tienden a atraerse hasta un cierto límite (en el que no se vean afectadas sus áreas de influencia), sus distancias interatómicas serán constantes, lo cual hace que ellos se ubiquen en posiciones equidistantes. Esta disposición que adoptan los átomos permite clasificar la materia sólida en sólidos cristalinos y sólidos amorfos.
34. **Estrias de Retzius:** Se extienden a menudo desde el límite amelodentinario hasta la superficie externa del esmalte y forman valles poco profundos conocidos como periquematis. Son líneas de crecimiento incremental, prominentes en la mayoría de dientes humanos permanentes, menos prominentes en el esmalte de las piezas deciduas y raras en el esmalte prenatal.
35. **Factor configuración cavitaria también conocido como Factor C:** Es el número de paredes adheridas/ paredes libres o no adheridas. Es una relación en la que a mayor número de paredes adheridas y la contracción por polimerización, mayor es el riesgo de desadaptaciones interfácicas. La preparación clase I simple es la que más se presenta este fenómeno.
36. **Fenómeno de Destrucción polimérica arboriforme o watertreeing:** este fenómeno ha sido recientemente descrito para los adhesivos dentales hidrofílicos por Tay y cols y se caracteriza por la formación de vacuolas llenas de agua que nacen en la cara del adhesivo hidrofílico que mira hacia dentina y que se extienden por la superficie hasta el exterior, pudiendo poner en peligro el sellado marginal.

37. **Fibroblastos:** Son las células que aparecen en mayor número en la pulpa, especialmente numerosos en la parte coronaria de la pulpa, donde forman la zona celular.
38. **Filtración:** es el paso de un líquido a través de cualquier cuerpo permeable// Ingreso de residuos y microorganismos a través de márgenes deficientes de obturaciones dentales, provocando recidiva de caries.
39. **Fuerza de Keeson:** Es la primera fuerza de tipo atractivo, conduce a lo que se llama energía de orientación y está presente en las agrupaciones moleculares. Se producen entre dos o más moléculas que son naturalmente polares, en las cuales los dipolos se orientan eléctricamente para disminuir su energía interna y de esta manera lograr una atracción máxima. Eje.: HCl, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O.
40. **Fuerzas de Atracción Electroestática:** son las que se presenta entre dos cuerpos cargados con electricidad de distinto signo. Se ejercen entre cargas en reposo y obedecen a la ley, de Coulomb, análoga a la de Newton. Son repulsivas o atractivas según las cargas eléctricas sean, respectivamente de igual o distinto signo.
41. **Fuerzas de Debye:** Este tipo de fuerza se presenta entre una molécula con dipolo permanente y otra sin dipolo. En este caso la cercanía de la molécula polar a la no polar, induce a esta última a polarizarse, en virtud de su campo electrostático, formando un dipolo inducido. La energía en este caso es de inducción. La interacción atractiva entre el dipolo permanente y el dipolo inducido proporciona la segunda contribución de Van der Waals.
42. **Fuerzas de London:** son también llamadas fuerzas de dispersión. Existen en todas las moléculas (polares o no polares); se deben a las deformaciones transitorias de las nubes electrónicas, que originan un dipolo inducido o transitorio. Los electrones están en continuo movimiento, en algún momento puede haber mayor densidad electrónica en una zona de la molécula que en otra, con lo que se genera un polo negativo y un polo positivo transitorios, es decir un dipolo inducido. La magnitud de las fuerzas de London depende del número de electrones involucrados.
43. **Fuerzas de Van der Waals:** son fuerzas de naturaleza intermolecular debidas a un desbalance electrostático de la masa electrónica atómica. Esto hace que eléctricamente algunas moléculas se polaricen y como consecuencia de este fenómeno se manifiesten atracciones cohesivas (Guzmán, 1999).
44. **Fuerzas Intermoleculares:** Son las que tienden a atraer (cohesión) o repeler (repulsión) entre si las moléculas de los elementos o de los compuestos. Son las responsables de la conservación de la forma y volumen de los sólidos y volumen de los líquidos.
45. **Fuerzas Interparticulares:** fuerzas que mantienen unidas a las distintas partículas.
46. **Fuerzas intraparticulares:** fuerzas que mantienen unidos a los átomos
47. **GPDM:** Glicerol-propano-dimetacrilato
48. **Grabado dinámico:** es referido como la aplicación sucesiva de capas frescas de agente acondicionador para mantener un ph ácido, óptimo para el acondicionamiento de la cavidad.
49. **HEMA 2:** Hidroxi-etil-metacrilato
50. **Hidrólisis o hidrolisis:** es el desdoblamiento de la molécula de ciertos compuestos orgánicos por acción del agua.
51. **HPMA:** Hidroxi-propil-metacrilato

52. **Microfiltración o Infiltración Marginal:** paso de fluidos orales, al interior del diente, por una interfase diente-restauración no sellada.
53. **Microfiltración o Infiltración Marginal:** paso de fluidos orales, al interior del diente, por una interfase diente-restauración no sellada.
54. **MMPAA:** Poliacidos-dimetacrilato-modificado
55. **Molécula:** es la fracción más diminuta de una sustancia que conserva todas las propiedades de la misma.
56. **Odontoblastos:** La célula más distintiva de la pulpa dental, es el odontoblasto. Estas células forman una sola capa que recubre la periferia de la pulpa y poseen una prolongación que se extiende en la dentina. En la porción coronaria del diente, los odontoblastos a menudo aparecen como en una disposición empalizada, apareciendo como una capa de tres a cinco células, ocasionado por el apiñamiento de los odontoblastos.
57. **Osmosis:** es el paso de líquidos a través de membranas semipermeables. Debido a una presión denominada osmótica, que es la presión que se desarrolla por difusión de un líquido o de un solvente que intenta pasar a través de una membrana semipermeable, tratando de igualar las concentraciones de ellos en ambos lados de la membrana (Mongruel, 1998).
58. **PEG.DMA:** Polietilen-glicol-dimetacrilato
59. **Penachos y laminillas:** Pueden compararse con las fallas geológicas. Los penachos de esmalte o de Linderer, se proyectan en el esmalte por una corta distancia desde la unión amelodentinaria, son hipomineralizados (contienen mayor concentración de proteína de esmalte que el resto de este) y aparentan ser ramificados. Las laminillas se extienden en profundidades variables desde la superficie del esmalte y corresponden a defectos lineales de orientación longitudinal llenos de proteínas del esmalte o de desechos orgánicos de la cavidad bucal.
60. **PENTA :** Ester-fosfonato-penta-acrilato
61. **Percolación:** Si los coeficientes de variación térmica lineal del diente y de la restauración son diferentes, es fácil comprender que la interfase diente-restauración aumentara o disminuirá sus dimensiones, frente a estas variaciones de temperatura, actuando no solo como tubo capilar sino también como una bomba aspirante impelente.
62. **Permeabilidad dentinaria o trasdentinaria:** se denomina al movimiento del fluido dentinario a través de los túbulos, desde la pulpa dentaria hacia la unión amelodentinaria y viceversa. Este movimiento constante hace que el isosistema dentino-pulpar se comporte como una bomba aspirante-impelente, siendo el responsable del estímulo hidrodinámico. Pashley 1993, Uribe-Echeverría, 1997).
63. **Permeabilidad:** Propiedad de la Membrana celular de permitir el paso de diversas sustancia a través suyo. Puede ser de dos tipos: Pasiva, debida al gradiente de presiones y activa dependiente de procesos activos que se desarrollan de la misma membrana.
64. **pH:** logaritmo cambiado de signo de la concentración (mol/l) del Ión  $H_3O^+$ .
65. **Predentina:** Es una capa de 25-30 nanómetros de espesor que bordea la pulpa y es la matriz de la dentina no mineralizada. Es similar al tejido osteoide. Su presencia es importante dado que si se mineralizara, la dentina se haría vulnerable a la absorción por parte de los odontoclastos.
66. **Presión:** si la presión es de tipo compresivo facilita el acercamiento molecular en los gases, los cuales se transformarán en líquidos a temperatura ambiente.

Allí se encuentra la explicación, del porque el gas propano que viene en balones a presión con este gas en estado líquido, al dejarlo salir lo notaremos frío, ya que para volver a ser gas, necesita adquirir la energía que perdió al ser comprimido, la obtiene del medio y de cualquier materia que se ponga en contacto, inclusive el cuerpo humano.

67. **Primer o Imprimador:** son promotores de la adhesión al estar constituidos por monómeros hidrófilos-hidrófugos que se comportan como una molécula bifuncional, por lo que a través de su actividad hidrófila se unen al colágeno de la dentina por traba micromecánica y por su extremo hidrófugo se incorporan al sistema resinoso de restauración mediante una reacción química.
68. **Puentes de Hidrógeno:** Se dan por la atracción (de naturaleza *electrostática*), entre el hidrógeno (+) y el enlace polar de una molécula o parte de ella y el átomo cargado negativamente del enlace polar de otra molécula o parte de ella. Los enlaces polares más importantes que permiten la formación de puentes de hidrógeno son los formados por hidrógeno y los elementos más electronegativos: flúor, oxígeno, nitrógeno y cloro. El agua es un ejemplo de ello. Las uniones por puente de hidrógeno también se forman en presencia de radicales altamente polares como los hidroxilos (OH)- y carboxilos (COOH)- presentes en los tejidos dentarios y también en los sistemas adhesivos de resinas compuestas. Un ejemplo esta presente en la reacción de los ionómeros de vidrio (grupos COOH)- y la hidroxiapatita.
69. **Pulpa:** Es el tejido conectivo blando que mantiene a la dentina. Cuando se examina su histología se pueden distinguir cuatro zonas diferentes: 1)La zona odontoblástica en la periferia pulpar 2)Una zona acelular (la zona de Weil o capa basal de Weil) por debajo de los odontoblastos, la cual es muy visible en la pulpa coronaria; 3) una zona celular, de tejido pulpar donde la densidad celular es alta, fácilmente visible en la pulpa coronaria adyacente a la zona acelular y 4) el corazón o zona central de la pulpa, que se caracteriza por la presencia de vasos y nervios pulpares. Las células principales de la pulpa son los odontoblastos, los fibroblastos, las células mesenquimatosas indiferenciadas y los macrófagos.
70. **Sólidos Amorfos:** al carecer de cualidades direccionales, poseen las mismas propiedades en todas las direcciones. Por el hecho de formar una red espacial de corto alcance y tener una cantidad considerable de unidades desordenadas, características de las estructuras líquidas, también se les denomina líquidos sobre enfriados. Ej. Ceras, compuesto de modelar, porcelana fundida, vidrio y resinas sintéticas.
71. **Sólidos Cristalinos:** poseen propiedades direccionales definidas debido a su estructura interna geoméricamente ordenada, así como anisotropía que es la propiedad de un cuerpo sólido cristalino de tener distintos comportamientos físico-mecánicos según la cara superficial en donde se estudien sus comportamientos físicos.
72. **Soluciones:** suspensiones y soluciones está íntimamente relacionadas. La diferencia entre ambas esta dada principalmente por la capacidad del sólido de solubilizarse ionicamente o no en un líquido. Así las partículas grandes y no disociadas darán origen a las suspensiones; en cambio, las pequeñas y disociadas darán origen a las soluciones.
73. **Sorción:** nombre genérico asignado al proceso de absorción y adsorción, cuando producen simultáneamente, pero quedan dudas sobre cual de ellos predomina. Su función es la de formar y mantener la matriz de la pulpa, la cual

consta de colágeno y sustancia fundamental. Con la edad, la necesidad de la síntesis disminuye y los fibroblastos aparecen como achatados, adoptando la forma fusiforme con núcleos de cromatina más densa.

74. **Suspensiones:** Si a un líquido se le incorpora un sólido que sea insoluble y que no entre en reacciones químicas con él, el sólido se disgregará, al dejar en reposo la suspensión, decantará cayendo al fondo del depósito que lo contiene, a esta mezcla de un sólido disuelto no ionizado en un líquido se llama suspensión.
75. **Sustancia o Compuesto:** es toda materia que está formada cuando menos por dos átomos distintos. Ej.: Agua.
76. **Tamponamiento/ Tampón:** una disolución que resiste cambios de pH cuando se añaden ácidos y bases, una disolución tampón, contiene un ácido y su base conjugada con concentraciones suficientes para reaccionar con la base o ácido añadido.
77. **TEG.DMA:** Tri-etilen-glicol- dimetacrilato
78. **TEG.GMA:** Tri-etilen-glicol-glicidil-metacrilato.
79. **Temperatura:** aumenta la energía cinética molecular, por lo que tiende a aumentar las distancias interatómicas facilitando el cambio de estado. Por el contrario una disminución de temperatura disminuye la energía cinética y los átomos se acercarán permitiendo que los gases pasen a líquidos y los líquidos a sólidos.
80. **Tubo Capilar:** es aquel tubo cuyo lumen o sección transversal interior es menor de 0.5mm. Pueden actuar como tubos capilares: una fisura de esmalte, un túbulo dentinario, una interfaz diente-restauración, las zonas de contacto proximales.
81. **Túbulos Dentinarios:** Los túbulos dentinarios o conductillos dentinarios son espacios tubulares pequeños ubicados dentro de la dentina, llenos de líquido tisular y ocupados en toda su longitud por las prolongaciones de los odontoblastos.
82. **UDMA:** Dimetacrilato de Uretano
83. **Varilla de Esmalte:** Es de forma algo cilíndrica compuesta por cristales que poseen sus ejes mayores paralelos a su eje longitudinal (particularmente los ubicados a lo largo del eje central de la varilla) y cristales más distantes a su eje central que se inclinan lateralmente a medida que se aproximan al límite de las varillas.