

ESTUDIO EXPERIMENTAL EN LABORATORIO SOBRE LA
REPARACION DE RESTAURACIONES DE AMALGAMA DE
PLATA CONVENCIONALES CLASE II MOD.

Tesis presentada por

MARIA ELIZABETH MORALES JIMÉNEZ

ANTE EL TRIBUNAL DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, QUE
PRACTICÓ EL EXAMEN PÚBLICO PREVIO A OPTAR AL TÍTULO
DE:

CIRUJANA DENTISTA

Guatemala, octubre de 2003.

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA

Decano:	Dr. Carlos Alvarado Cerezo
Vocal Primero:	Dr. Manuel Miranda Ramírez
Vocal Segundo:	Dr. Alejandro Ruiz Ordóñez
Vocal Tercero:	Dr. César Mendizábal Girón
Vocal Cuarto:	Br. Ricardo Hernández Gaitán
Vocal Quinto:	Br. Roberto Wehncke Azurdia
Secretario:	Dr. Otto Raúl Torres Bolaños

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PUBLICO

Decano:	Dr. Carlos Alvarado Cerezo
Vocal Primero:	Dr. Alejandro Ruíz Ordóñez
Vocal Segundo:	Dr. Estuardo Vaides Guzmán
Vocal Tercero:	Dr. Ricardo León Castillo
Secretario:	Dr. Otto Raúl Torres Bolaños

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS: Por ser la guía de mi vida.
- A MIS PADRES: Mario Edelberto Morales Lorenzana
Silvia Jiménez de Morales.
Gracias por el ejemplo, dedicación, amor y apoyo que me han brindado durante toda mi vida.
- A MIS HERMANOS: Dra. Silvia Rozana Morales Jiménez.
Mario Roberto Morales Jiménez.
Por toda una vida de amor y momentos inolvidables, gracias.
- A MI SOBRINO: Mario Antonio Guerra Morales
Con todo mi amor.
- A MIS ABUELOS: Luis Humberto Morales Ramos. (Q.E.P.D)
Maria Albertina Lorenzana.(Q.E.P.D)
Francisco Jiménez Linares.
Andrea De Maria Ménendez de Jiménez.(Q.E.P.D)
Por todo su amor, consejos y cuidados.
- A MIS TIOS Y PRIMOS: A todos por el cariño que me han demostrado siempre.
- A MIS AMIGOS: En especial a: Vicky Figueroa, Ivonne Recinos, Dra. Any Bolaños, Dr. Bruno Gaitán y Edgar Areano, gracias por todo lo que pasamos juntos durante una de las mejores épocas de mi vida.

TESIS QUE DEDICO

A MI PATRIA GUATEMALA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA

A MI ASESOR DE TESIS: Dr. Estuardo Vaides Guzmán, gracias por todo su apoyo y ayuda ya que sin ellos no hubiera podido realizar este estudio

A TODOS MIS MAESTROS: En especial a: Dr. Guillermo Barreda, Dr. Héctor Córdón, Dr. Luis Fernando Ramos, Dr. José Mendoza, y Dr. Julio Pineda; gracias por su amistad incondicional.

A TODAS LAS PERSONAS QUE COLABORARON CON LA ELABORACION DE ESTA TESIS.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Tengo el honor de someter a vuestra consideración mi trabajo de tesis titulado: "ESTUDIO EXPERIMENTAL EN LABORATORIO SOBRE LA REPARACION DE RESTAURACIONES DE AMALGAMA DE PLATA CONVENCIONALES CLASE II MOD", conforme lo demandan los Estatutos de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar al título de:

CIRUJANA DENTISTA

Patentizo mi agradecimiento al Dr. Estuardo Vaides Guzmán por su colaboración y orientación en la elaboración de esta tesis.

Y a los miembros del Honorable Tribunal Examinador, presento mi respeto y alta consideración.

INDICE

SUMARIO-----	1
INTRODUCCION-----	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA-----	5
JUSTIFICACIÓN-----	7
REVISIÓN DE LITERATURA-----	8
OBJETIVO GENERAL-----	159
OBJETIVOS ESPECIFICOS-----	160
HIPOTESIS-----	163
DEFINICIÓN DE VARIABLES-----	164
METODOLOGIA-----	165
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS-----	167
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS-----	174
CONCLUSIONES-----	177
RECOMENDACIONES-----	179
LIMITACIONES-----	180
ANEXOS-----	181
BIBLIOGRAFIA-----	183

SUMARIO

En esta investigación se efectuó un estudio experimental en laboratorio sobre la reparación de restauraciones de amalgama de plata convencionales clase II MOD. El cual se realizó en 36 piezas naturales extraídas, divididas en grupos de acuerdo a diferentes tipos de corte de preparación y utilizando diferentes materiales intermedios entre la restauración original y la parte restaurada. Se elaboró una ficha para la recolección de datos de cada una de las diferentes tipos de preparación cavitaria y materiales intermedios. Se procedió a realizar el estudio preparando las piezas cubriendo la raíz con dos capas de barniz de uñas y su ápice con cianoacrilato de metilo para evitar que por esta zona pudiera penetrar el tinte y se colocaron 48 horas en suero fisiológico a 37 °C para hidratarlas. Luego se realizaron las cavidades clase II MOD y se procedió a obturarlas siguiendo la técnica adecuada, después se separaron en 4 grupos de corte de preparación cavitaria, se eliminó una porción de la obturación y se procedió a realizar 4 formas de preparación en el resto de material de obturación que quedaba (corte paralelo al eje largo, oblicuo al eje largo convergente a oclusal, doble escalonado paralelo al eje largo y doble escalonado convergente a

oclusal), luego en un grupo se colocó la obturación; sin poner material intermedio entre la unión de las dos restauraciones; en otro grupo se colocó material intermedio: Barniz de Copal y en otro grupo Cemento Adhesivo dual Relyx 3M; seguidamente se colocaron en solución de fucsina básica al 5% en incubadora a 37°C por 48 horas y se seccionaron las piezas en sentido mesio distal, para ser evaluadas en el estereoscopio y así poder medir el grado de filtración (0,1,2 y 3) Los resultados obtenidos determinaron que la técnica reparativa restauradora es mas efectiva utilizando el cemento dual conjuntamente con la adecuada técnica adhesiva en cuanto a la preparación; los cortes A y B fueron los más efectivos y fáciles de realizar. en la preparación el corte B (corte oblicuo convergente a oclusal) combinando con el uso de un material adhesivo intermedio como el cemento adhesivo dual Relyx 3M con la debida utilización de la técnica de grabado, adhesión y utilización del adhesivo combinándose con la amalgama dental como material obturador, obteniéndose el 100% de efectividad en dicha técnica.

INTRODUCCIÓN

La amalgama dental es usada como material restaurador desde el siglo XIX. Dentro de las ventajas que se le atribuyen están su fácil manipulación bajo costo y su excelente desempeño clínico, además de ser capaz de impedir la micro filtración a través de los productos de corrosión que con el tiempo sellan la interfase (diente/material restaurador) y como consecuencia presentan una vida de servicio relativamente larga. El avance más importante que ha tenido este material fue la introducción de las aleaciones de alto contenido de cobre; lo que mejoro sus propiedades físicas (dureza, resistencia a la compresión, expansión de fraguado, corrosión y deterioro marginal). Sin embargo cuando ocurre fractura en algún segmento de la restauración; tejido dentario o en ambos es menester reemplazarla completamente actualmente con el avance de los adhesivos al tejido dentario existe la posibilidad de reparar dicha restauración siempre y cuando no exista caries dental tanto en el resto del tejido dentario adyacente al resto del material restaurador como por debajo del mismo; además que la misma cumpla con los criterios de aceptabilidad conocidas para dicho tratamiento. Por tal razonamiento fue objetivo de

este estudio el evaluar la técnica reparativa restauradora sin tener que llegar a la remoción total de la misma; habiendo utilizando para ello con fines de retención y de sellado así como evitando la micro filtración, al haber colocado un material intermedio (Adhesivo/Cemento Dual) entre la restauración y el tejido dental y poder comparar ésta técnica con otras en las que se aplicó Barniz de Copal y en casos en donde no se colocó ningún material intermedio.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La amalgama de plata en Odontología se ha utilizado con éxito por más de un siglo como material restaurador, la popularidad de uso del mismo es el resultado de múltiples ventajas como su costo relativamente bajo, la facilidad de manipulación, propiedades físicas y mecánicas adecuadas, longevidad, buen sellado marginal y sensibilidad de la técnica baja. Sin embargo algunas deficiencias en cuanto a sus propiedades (falta de adhesión), susceptibilidad a empañarse, inadecuada integridad marginal a corto plazo; han limitado su éxito. Como ya se mencionó, este tipo de restauración y material es comúnmente utilizado, pero en algunos casos se puede producir la fractura parcial o total del mismo debido a deficiencias en cuanto a la preparación cavitaria y/o fallas en la manipulación del material y/o debilidad del tejido remanente. Una fractura en el material ocurre en su punto más débil, debido a impurezas, porosidades, etc. cuando esto ocurre y la restauración es grande, compleja, se sabe que no existe caries dental adyacente o por debajo de la misma y cumple con los criterios de aceptabilidad de este tipo de tratamiento y/o se produce macro fractura dentaria, la reparación de la restauración debe ser considerada como una opción en lugar del reemplazo completo de esta.

La razón de haberse realizado dicha reparación se basa en que el reemplazo completo puede consumir tiempo clínico adicional, aumenta el costo y además podría que ser potencialmente traumático al órgano pulpar y de existir la posibilidad de cortar adicionalmente tejido dentario sano, debilitando así la estructura dentaria remanente. Por lo anteriormente expresado se hizo necesario realizar un estudio experimental a nivel de laboratorio por medio del cual se comprobó científicamente la posibilidad de utilizar esta técnica reparativa restauradora, que nos permitió la posibilidad de pensar en realizar un estudio clínico in vivo en pacientes además de reparaciones en las restauraciones de amalgama de plata sin tener que recurrir a su remoción total.

JUSTIFICACIÓN

- No se ha realizado en Guatemala un estudio sobre dicho tema.
- La información que generó esta investigación será de retroalimentación en el proceso de enseñanza aprendizaje para la Facultad de Odontología y Departamento de Operatoria Dental.
- El conocimiento que generó esta investigación será de beneficio para la población y El Gremio Odontológico en General.

REVISIÓN DE LITERATURA

ÁTOMO

La partícula final que puede existir de un elemento se le llama átomo; un átomo también es la partícula más pequeña que puede participar de una reacción química. Los átomos están constituidos de otras partículas subatómicas todavía más pequeñas, pero tales corpúsculos subatómicos no tienen ya las propiedades químicas de los elementos.

(6)

ELECTRÓN

Es una partícula con carga eléctrica negativa y con una masa de 9.110×10^{-28} g. Esta masa es $1/1837$ de un átomo de hidrógeno y corresponde a 0.0005486 unidades de masa atómica (uma). Una unidad de masa atómica tiene 106606×10^{-24} g. aunque se conoce que se le ha asignado una carga eléctrica relativa de -1. El tamaño de un electrón no se ha determinado con exactitud, pero se cree que su diámetro es menor que 10^{-12} cm. (6)

PROTÓN

Los protones fueron observados por primera vez por el físico alemán E. Goldstein (1850-1930) en 1886. Sin embargo, fue Thomson quien descubrió la naturaleza del protón. Demostró que el protón era una partícula, y calculó que su masa era de aproximadamente 1837 veces la de un electrón. El protón es una partícula con una masa relativa de una una y una masa real de 1.673×10^{-24} g. Su carga relativa +1 es igual en magnitud, pero no de signo opuesto, a la de la carga del electrón. La masa de un protón sólo es ligeramente menor que la de un átomo de hidrógeno.

Thomson había demostrado que los átomos contenían partículas cargadas tanto positiva como negativamente. Es claro que el modelo de átomo de Dalton no era ya aceptable. Los átomos no resultaron indivisibles. Están compuestos por partes más pequeñas, y Thomson propuso un nuevo modelo de átomo. (6)

MOLÉCULA

Una molécula es la unidad sin carga más pequeña de un compuesto, y está formado por dos o más átomos. El agua es un compuesto molecular típico. Si se divide una gota de agua en partículas más y más pequeñas, finalmente se obtiene una sola molécula de agua que consiste en dos átomos de hidrógeno enlazados a un átomo de oxígeno. Esta molécula es la partícula ínfima de agua; no se puede subdividir más sin destruir la sustancia agua y originar hidrógeno y oxígeno.(6)

SISTEMAS ADHESIVOS

Adhesión:

Se ha definido la adhesión como el estado mediante el cual dos superficies se mantienen unidas por fuerzas de la interfase. En sentido estricto, estas fuerzas de la interfase se refieren a fuerzas de valencia química, ya sean primarias o secundarias. Pero de hecho, actualmente se considera también adhesión cuando se tratan de fuerzas micro mecánicas, ya que está demostrado que múltiples adhesivos funcionan por ese mecanismo, sin participación química, alcanzando valores altos de adhesión. Se considera por tanto la adhesión como: "el estado en el

que se mantienen dos superficies unidas por fuerzas de la interfase, de tipo químico o micro mecánico.” (7)

ESTRUCTURA DE LA MATERIA.

Adhesión:

Todo empleo de materiales dentales implica una selección. Con base en el entendimiento o la experimentación, es posible resaltar cualquier propiedad pero en ninguna aplicación es posible seleccionar un material sólo por alguna de sus características. El estudio de los materiales dentales requiere conocimiento básico de la materia, en especial de los sólidos, si se desea comprender y predecir las propiedades y reacciones de los materiales. Toda restauración dental, ya sea cerámica, plástica o de metal está compuesta de átomos. Las reacciones colectivas de los átomos, sean físicas o químicas determinan la eficacia del material. Por eso es conveniente hacer una revisión breve de la teoría atómica para partir de un conocimiento básico.(9)

¿COMO SE MANTIENEN JUNTOS LOS ATOMOS?

MECANISMOS DE ADHESIÓN

De la definición de adhesión se deduce que existen dos mecanismos por el cual dos superficies se mantienen adheridas, el mecanismo químico y el mecanismo micro mecánico.(9)

Mecanismo Químico:

La adhesión química se produce cuando ponemos en íntimo contacto dos materiales cuyos átomos de superficies son capaces de unirse mediante algunos de los tipos de enlaces atómicos, ya sean primarios, iónico, covalente o metálico, o bien secundarios, del tipo fuerzas de Van der Waals (9)

Mecanismo Micro mecánico:

Este mecanismo de adhesión tiene lugar cuando el adhesivo entra en contacto con una superficie irregular, con entrantes y salientes que son retentivos a nivel microscópico, quedando atrapado en su interior. En este mecanismo de adhesión entran en juego dos factores, el diseño

retentivo de las micro irregularidades y el razonamiento entre las dos superficies, magnificado por la gran extensión de las mismas.

En el caso de que este diseño sea a nivel macroscópico no podemos hablar de adhesión, sino de retención.

Cualquier superficie que a simple vista sea lisa, si la observamos a gran aumento encontraremos múltiples irregularidades que pueden servirnos para este mecanismo adhesivo. Pero, además, podemos tratar estas superficies con ácidos de forma que aumentemos estas irregularidades y mejoremos la adhesión.

Al referirnos a los mecanismos específicos de adhesión al diente, debemos que tener en consideración distintas posibilidades:

- Adhesión micro mecánica a esmalte y a dentina.
- Adhesión química al componente inorgánico (hidroxiapatita) del esmalte y la dentina.
- Adhesión química al componente orgánico (fibras colágenas, principalmente tipo I) de la dentina.

- Precipitado de sustancias en la superficie dentinaria a las cuales el adhesivo pudiera unirse químicamente. (7)

UNIONES INTERATÓMICAS PRIMARIAS

Las fuerzas de unión que enlazan a los átomos son fuerzas Cohesivas. Las uniones interatómicas se clasifican como uniones primarias y uniones secundarias. Las primarias son de naturaleza química mientras que las secundarias se caracterizan por fuerzas físicas; las uniones atómicas primarias son de varios tipos. (9)

UNIONES IÓNICAS

Este tipo de uniones son del tipo químico simple; resultan de la atracción mutua de cargas positivas y negativas; el ejemplo clásico es el cloruro de sodio, $\text{Na}^+ \cdot \text{Cl}^-$; ya que el átomo de sodio contiene un electrón monovalente en su capa externa y el del cloro tiene siete electrones en esa misma capa, la transferencia de la electro valencia de sodio al átomo del cloro produce un compuesto estable, NaCl . (1)

UNIONES COVALENTES

En muchos compuestos químicos se comparten electrones bivalentes. La molécula de hidrógeno, H_2 , es un ejemplo de unión covalente. El electrón univalente de cada átomo de hidrógeno se comparte con el de otro átomo con el que combina, y las capas se estabilizan.

La unión covalente importante es la que ocurre en muchos compuestos orgánicos. El átomo de carbono tiene cuatro valencias que se estabilizan mediante su combinación con hidrógeno. Esta combinación es importante para la comprensión de la estructura molecular de las resinas sintéticas, de metales y sus reacciones de polimerización. (9)

UNIONES METALICAS

Un tercer tipo de unión primaria es la unión metálica. Una de las características principales del metal es su capacidad para conducir calor y electricidad. La conducción de energía surge de la movilidad de los

llamados electrones libres presentes en los metales. Es posible retirar con facilidad del átomo metálico los electrones con valencia de la cubierta externa, afín de dejar el mismo número de electrones en relación con el núcleo, y así formar un ión positivo. Los electrones de valencia libre se desplazan en la red espacial del metal y forman lo que en ocasiones se describe como "nube" o "gas" de electrones. La atracción electrostática entre la "nube" de electrones y los iones positivos en la red aporta la fuerza que une a los átomos de metal entre sí como un sólido.

Los "electrones libres" funcionan como conductores de energía térmica y eléctrica. Transfieren energía al desplazarse con facilidad desde zonas de energía superior hasta otras de energía más reducida, bajo influencia de un gradiente térmico o un campo eléctrico (gradiente potencial).

Como las propiedades de unión y transporte de un metal dependen de la interacción entre centros iónicos positivos en la red espacial y la nube continua de electrones "libres", se podría esperar que las propiedades de un metal dependan de la forma y dimensiones de la red citada. Por

ejemplo, el carbono puede presentarse en dos estructuras cristalinas distintas, como grafito o diamante. El primero es un conductor eléctrico conveniente y exhibe propiedades semi metálicas; el diamante aísla y se comporta como no metal. De igual modo, el estaño blanco, de forma cristalina, es un metal adecuado; no obstante, el estaño gris es un semiconductor. (9)

UNIONES INTERATOMICAS SECUNDARIAS

FUERZAS DE VAN DER WAALS

Hay atracción entre átomos o moléculas que no son de naturaleza química primaria. De no ocurrir así, sería difícil imaginar la existencia de líquidos, y en particular de sólidos rígidos sin unión química; este tipo de unión se llama unión secundaria o fuerzas de Van der waals. Es una unión débil, de naturaleza más física que química.

Las fuerzas de Van der Waals se explican por atracción bipolar, por ejemplo, en una molécula simétrica, como la de los gases inertes, en el campo del electrón muestra una fluctuación constante. Por lo general, el

átomo aparece con los electrones distribuidos de manera uniforme alrededor del núcleo, y producen un campo electrostático alrededor del átomo. Sin embargo, el campo fluctúa y se convierte momentáneamente en positivo o negativo, se crea un dipolo fluctuante que atraerá a los dipolos similares. Estas fuerzas interatómicas son muy débiles, sin embargo, existen.

Hay un dipolo permanente en las moléculas asimétricas; el ejemplo más importante de este tipo es la unión de hidrógeno, la unión primaria dentro de la molécula es de tipo covalente. En la estructura electrónica del agua, los dos átomos de hidrógeno comparten sus electrones monovalentes con el átomo de oxígeno; sin embargo, la densidad de electrones alrededor del núcleo de oxígeno es mayor que la del núcleo de hidrógeno. Como resultado, las partes de hidrógeno de la molécula son positivas en relación con el oxígeno: de esta manera se forma un dipolo eléctrico.

Cuando una molécula única de agua se une con otras moléculas de la misma especie, la parte de hidrógeno (positiva) de una molécula es atraída hacia la parte de oxígeno (negativa) de la molécula vecina, y se

establecen las fuerzas intermoleculares de Van der Waals; esta estructura ha dado en llamarse puente de hidrógeno. La polaridad de esta naturaleza es importante en las reacciones intermoleculares de muchos compuestos orgánicos en la absorción de agua por las resinas dentales sintéticas.

CONDICIONES PARA LA ADHESIÓN

Para que entre dos materiales se produzca adhesión es necesario que se cumplan una serie de condiciones:

- Para que se produzca adhesión, química, micro mecánica o combinada, es necesario que las dos superficies a unir estén lo suficientemente próximas como para que puedan actuar las fuerzas interatómicas y/o se produzca la retención a nivel microscópico. Lógicamente, esta adaptación sólo se consigue cuando colocamos un líquido sobre un sólido. Al líquido le llamamos adhesivo y al sólido adherente o substrato.
- Para que esta perfecta adaptación se produzca es necesario,

además, que el líquido humecte la superficie adherente, formando un ángulo de contacto pequeño, para que la superficie de adhesión sea mayor. Para conseguir este objetivo, el adhesivo deberá tener una baja tensión superficial y el adherente una alta energía superficial.

- Para poder utilizar el mecanismo micro mecánico, además es importante que el adhesivo entre por capilaridad en el interior de las retenciones microscópicas, lo cual tiene lugar gracias a la Tensión Superficial del adhesivo mismo. Por eso, la tensión superficial del adhesivo debe ser lo suficientemente baja como para que se produzca la capilaridad.
- Otra condición para la adhesión es que el adhesivo en estado líquido, deberá polimerizar una vez que haya entrado en íntimo contacto con el substrato. En la mayoría de los adhesivos la reacción de polimerización implica una contracción del mismo. Si la fuerza de contracción es superior a la fuerza de adhesión las uniones se romperán y fallará la adhesión. Por lo tanto el adhesivo debe no contraer, o hacerlo mínimamente, durante la

reacción de polimerización.

- Una vez realizada la adhesión, es necesario que esta se mantenga en el tiempo, venciendo a los factores que tienden a romperla, como son: Las tensiones debidas a los cambios dimensionales térmicos, las generadas por las cargas oclusales sobre el material y la solubilidad del adhesivo, ya que siempre estamos en un medio húmedo.(7)

IMPORTANCIA DE LA ADHESIÓN EN ODONTOLOGIA

La adhesión es la palabra clave en la moderna odontología restauradora y protésica. Esto es debido a varios factores:

La adhesión es fundamental para la retención de la restauración, tanto en obturaciones como en prótesis adhesiva, evitando retenciones macro mecánicas lo cual permite una mayor conservación del tejido dentario sano.

El sellado marginal conseguido mediante técnicas adhesivas efectivas es superior al conseguido sin adherir.

La adhesión del material restaurador a la dentina conlleva un aislamiento absoluto del complejo dentino pulpar, consiguiéndose, por tanto, la protección pulpar tanto tiempo buscada, ya que evita la entrada de gérmenes y productos tóxicos al interior de los túbulos dentinarios, así como la salida del fluido dentinario de los mismos y la transmisión a través del mismo hacia la pulpa de la deformación producida por las cargas oclusales y los cambios térmicos.

El comportamiento mecánico de la restauración es mejor si está adherida que si no lo esta, ya que las tensiones se transmiten mejor y se concentran menos.

La estética también será mejor y mas duradera ya que evitamos la tinción de los límites de la restauración debido a la micro filtración. (7)

ADHESION A OTRAS SUPERFICIES

Además de adherir a los tejidos dentarios, en múltiples ocasiones en clínica tenemos que hacerlo a otras superficies:

Resinas compuestas

Las resinas compuestas tienen una Tensión Superficial moderada, ya que su estructura se basa en uniones covalentes, que son las más débiles de las uniones primarias. Por lo tanto el adhesivo no humecta bien.

Ionómero de vidrio:

Los ionómeros de vidrio son unos materiales con una energía superficial similar a las de las resinas compuestas, por lo que el adhesivo no humecta bien su superficie.

Porcelana:

La porcelana es un material con predominio de uniones iónicas entre sus átomos lo que le condiciona una elevada Energía Superficial y una buena capacidad de humectancia.

a. Metales

Energía Superficial: en los metales las uniones entre átomos son las uniones metálicas, que son las más resistentes de las fuerzas de valencia primaria. Esto les da una elevada energía superficial a estos materiales. Pero hay que recordar que, al igual que las demás estructuras, cuando están en la cavidad bucal sobre su superficie se deposita una película orgánica de baja energía superficial que hay que eliminar.

Estructura Microscópica: La estructura de los metales imposibilita su tratamiento con los ácidos habituales usados en clínica y sólo mediante el grabado electrolítico en laboratorio es posible transformar esta superficie en micro retentiva. Para el tratamiento directo en boca sólo podemos crear irregularidades groseras rayando la superficie con una fresa de diamante.

Estructura Química: el mecanismo de adhesión químico a los metales se realiza mediante la unión de unas resinas (4-META) con los radicales COOH de la capa oxidada de los mismos. Es por eso que esta adhesión

es más favorable en los metales no nobles, ya que los nobles sufren muy poca oxidación.

Todo esto hace que la adhesión a metal con técnicas indirectas sea buena, ya que podemos realizar un tratamiento previo del metal para que sea micro retentivo pero cuando realizamos técnicas directas la capacidad micro retentiva es menor. En ambos casos se puede aumentar ligeramente la adhesión utilizando agentes químicos.

ANALISIS DEL SUSTRATO DENTAL PARA LA ADHESIÓN

En nuestro trabajo clínico diario adherimos a los tejidos duros del diente y, en ocasiones materiales restauradores. Vamos pues a analizar todas estas superficies posibles de adhesión, considerando las siguientes características:

- Energía superficial, que nos condicionará la humectación.
- Estructura microscópica, que nos condicionará la adhesión micro mecánica.
- Estructura química, que nos condicionará la adhesión química.

ESMALTE

El esmalte es un tejido duro del diente que cubre toda la superficie externa coronal y tiene un espesor que varia dependiendo del diente y de la localización, llegando a alcanzar en vértices cuspídeos o bordes incisales 2.5 Mm. y siendo el espesor mínimo, menor de 100 micrones a nivel cervical y en el fondo de surcos y fisuras.

Energía Superficial

El esmalte es un tejido muy calcificado, con escaso porcentaje de materia orgánica y agua , lo cual hace que tenga una alta energía superficial. Pero la superficie del esmalte en la cavidad bucal sufre un cúmulo o depósito de materia orgánica proveniente de la saliva, constituyendo la cutícula. Esta capa orgánica, es de baja Energía Superficial, por lo que dificultará la humectancia del esmalte por parte del adhesivo, siendo necesaria su eliminación.

Estructura microscópica

A nivel microscópico, el esmalte está constituido por cristales de

hidroxiapatita que forman una estructura denominada varillas o prismas del esmalte, con su característica forma en "ojo de cerradura", delimitada por la vaina de las varillas o prismas y rodeadas de las áreas inter varillas o inter prismáticas, repitiéndose esta estructura ordenada en todo el espesor del esmalte dispuestas de manera radial desde la dentina, con una ligera inclinación hacia la cúspide a medida que se dirigen hacia la superficie del esmalte o superficie adamantina (de diamante). Si bien la composición química de estas dos estructuras, varilla y área inter varilla son iguales, son diferentes en el porcentaje de materia orgánica. De esta forma, la acción de un ácido sobre la superficie del esmalte va a solubilizar y disolver de forma también variable, y en distinta magnitud, estas estructuras. Esto hace que, tras el tratamiento con ácido de la superficie del esmalte, previamente decorticado, durante 15 segundos, se pierda un espesor de 5micras, apareciendo en el fondo una superficie irregular y porosa, donde se puede producir un mecanismo de adhesión micro mecánica.

El esmalte se origina histológicamente a partir de unas células de estirpe epitelial llamadas ameloblastos, que han desaparecido al final de la odontogénesis, pero que han dejado a este tejido suficiente dureza

para protección frente al constante desgaste que ocasiona la masticación. Su color es transparente pero puede variar de amarillo claro a blanco-grisáceo. Un mayor espesor del esmalte o una escasa mineralización de este no dejan pasar bien la luz y los dientes parecen más blancos.

En su composición encontramos un 96% de sales minerales, un 1% de matriz orgánica y siendo el resto 3% de agua. La matriz mineral la integran cristales parecidos a la hidroxiapatita $CA_{10} (PO_4)_6 OH_2$ sobre los que se depositan abundantes trazas de otros elementos (Sr, Mg, Pb y F). La matriz orgánica del esmalte maduro cuenta con enamelinas y proteínas de los penachos. Si bien el esmalte necesita de cierto intercambio mineral con la saliva, podemos decir debido a una falta de sus células que este tejido no es una parte viva de nuestro cuerpo, como ocurre con las porciones libres del pelo y uñas, pero a diferencia de éstos que poseen células regeneradoras en su matriz el esmalte carece de ellas y por tanto su pérdida, por desgaste o caries, no puede ser regenerada. El agua y algunos elementos pueden incorporarse directamente, como es el caso del flúor, que intercambiándose por iones oxidrilo $(OH)^-$ incrementan la resistencia a la caries, de ahí que se

incorpore a los dentífricos.

Los mencionados prismas tienden a mantenerse en estratos que conforman láminas circulares alrededor del eje mayor del diente. Así pues, en la cúspide encontramos láminas de radio pequeño con prismas muy verticales y en la zona próxima al cuello láminas de amplio radio y dirección transversal. La disposición de estas láminas tiene trascendencia clínica pues la fractura del esmalte se produce entre láminas adyacentes. Al microscopio electrónico, el material orgánico aparece como una fina red alrededor de los cristales. La matriz orgánica se acumula alrededor de los prismas y constituye una fina capa llamada: **Vaina del esmalte o vaina prismática.**

Los prismas tienen una longitud que ocupa todo el espesor del esmalte y una anchura promedio de 5μ , siendo más estrechos (3μ) hacia la dentina y más anchos (6μ) en la superficie dentaria. No obstante, tanto en la superficie dentaria como en la inmediata proximidad de la dentina no se aprecian los prismas, quedando sólo el material orgánico. A la sección trasversal los prismas del esmalte muestran en general formas poligonales irregulares y también formas

circulares elípticas y burdamente semilunares. En las secciones decalcificadas que han retenido suficiente material orgánico aparecen como las escamas de un pez, rodeadas por la vaina. En otras preparaciones, sobre todo de microscopia electrónica, las secciones de los prismas aparecen redondeadas, con una prolongación a modo de pedúnculo que puede terminar ensanchándose, ofreciendo una imagen en raqueta o en ojo de cerradura.

Los cristales de hidroxiapatita, que al parecer se muestran como prismas hexagonales, se originan principalmente en sentido longitudinal, pero en la periferia del prisma se angulan progresivamente hacia fuera, llegando a situarse perpendiculares en la prolongación peduncular. Esta disposición tan regular confiere al esmalte su gran resistencia y es responsable de la mayor parte de las características estructurales que iremos comentando. Así por ejemplo, clásicamente se describía una región ínter prismática con los prismas, pero en realidad esta región ínter prismática corresponde a la prolongación peduncular de los prismas, en donde los cristales angulan su dirección.

El esmalte se produce a oladas y esto condiciona la presencia de

unas líneas de contorno oscuras, como en los troncos de los árboles, que son visibles en las preparaciones por desgaste, y se llaman **líneas o estrías de Retzius**. Tales estrías aparecen de disposición radial en los cortes longitudinales y concéntricas en los transversales. Se ha propuesto que son consecuencia de una menor cantidad de cristales en esa zona. Una estría de Retzius que suele aparecer más marcada se corresponde con el momento del nacimiento y se llama Línea Neonatal del esmalte. Determinadas alteraciones y patologías pueden asimismo afectar al esmalte, quedando impresa una marca indeleble en el mismo. Así algunos procesos febriles afectan la formación del esmalte (amelogénesis), produciendo marcadas estrías de Retzius.

También se han descrito estriaciones, a intervalos de 4μ , que corren transversales a los prismas y que pudieran deberse a constricciones periódicas de los mismos, quizás consecuencia de un ritmo circadiano en su formación, ya que se ha comprobado que el esmalte humano se forma a una velocidad de 4μ al día. Otras veces aparecen imágenes de estrías transversales al microscopio de luz y electrónico que son en realidad artefactos por efecto del corte oblicuo. Los prismas, en su dirección hacia la superficie dentaria muestran cierta ondulación, a la

vez que se van inclinando hacia dicha superficie. Esta inclinación difiere en cierta medida de la de los prismas vecinos, de tal manera que estas diferencias de oblicuidad provocan un efecto óptico de bandas claras y oscuras en alternancia que se cruzan con estrías de Retzius. Tales bandas claras y oscuras se llaman estrías o bandas de Hunter-Shreger y se ven más claramente en las secciones longitudinales por desgaste cuando se observan con luz reflejada, pudiéndose revertir mediante un cambio en la dirección de la iluminación. En la región de la cúspide los prismas se entrelazan debido a su ondulación y proximidad, conformando el denominado esmalte nudoso. Finalmente se observan las denominadas láminas del esmalte que, dispuestas linealmente en los cortes longitudinales, parecen deberse a fallos en la arquitectura del esmalte.

Estas fallas se llenan de matriz orgánica del esmalte y de detritos de la cavidad bucal.

Zona Yuxtadental:

La unión entre el esmalte y la dentina o unión amelodental presenta

un contorno festoneado, observándose cómo algunos túbulos dentinales penetran una corta distancia en el esmalte. Estos son los husos del esmalte. Otra estructura, poco importante-visible en la zona yuxtadental son los penachos del esmalte (de Linder), formados por grupos de prismas contorneados y poco mineralizados debido a la presencia de las proteínas de los penachos. Estos penachos aparecen con un aspecto ramificado o de flecos. Se piensa que se deben a cambios abruptos de la dirección de grupos de prismas.

Superficie Adamantina:

Es el diente que acaba de hacer erupción se pueden distinguir dos capas de células en su superficie. La más interna, denominada cutícula, muestra un espesor de 1μ aproximadamente, parece ser que corresponde a los ameloblastos en su etapa final, previa a su desaparición y se muestra como un material amorfo, que en su zona más profunda, incluye pequeños cristalitos. La capa externa corresponde probablemente a los restos queratinizados del saco dentario, que constituye el cemento en la raíz y acaba desapareciendo en la corona.

Una vez erupcionado, las proteínas de la saliva se absorben, con gran afinidad, a la superficie dentaria y forman una capa no mayor a 1μ llamada película salival, que aparece como una capa densa al microscopio electrónico. También se adhieren bacterias, productos de éstas y otros constituyentes salivales y compuestos inorgánicos que, en conjunto, se denominan placa dental, cubierta bacteriana o placa bacteriana. Esta placa dental puede mineralizarse y formar cálculos que llegan a formar extensos depósitos alrededor de los dientes y son bastante resistentes al lavado.

En la superficie adamantina tienen expresión microscópica algunos accidentes presentes en el interior.

Las estrías de Retzius se notan en la superficie como ligeras depresiones denominadas Periquematías y las laminillas del esmalte aparecen como mellas. Con la edad, el esmalte se desgasta por la abrasión mecánica y desarrolla las facetas de desgaste, que en el anciano pueden llegar a ser considerables y alcanzar la dentina. Además, los cristales se hacen mayores y de menor contenido acuoso y disminuyen los poros entre los cristales, por lo que se reduce la

permeabilidad del esmalte.

Como ya se ha descrito, el esmalte esta constituido por cristales de hidroxiapatita, integrada por hidroxifosfato cálcico cuya fórmula química es $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Por lo tanto un alto contenido en calcio, y es posible que sobre él se produzcan fenómenos de adhesión química con los adhesivos que tengan reactividad con el calcio.

Existen una serie de factores que dificultan el grabado ácido del esmalte y que debemos tener en cuenta.

Esmalte Superficial:

El esmalte superficial presenta una configuración amorfa sin varillas que dificulta la acción de los ácidos.

Esta capa denominada capa amorfa sin varillas ("capa aprismática" en la literatura clásica), presenta un espesor variable, llegando a alcanzar 30μ observándose en el 70% de los dientes permanentes y en todos los dientes decíduos. En dientes permanentes se observa en el

35% de su superficie y en dientes decíduos en el 60-70%. En esta capa superficial del esmalte los cristales de hidroxiapatita se disponen de forma perpendicular a la superficie externa del diente. A nivel del límite amelo-dentinario, los primeros 5µ de esmalte también muestran una estructura amorfa sin varillas.

La existencia de la cutícula, que ya hemos descrito, y de la capa amorfa sin varillas impiden el grabado ácido, por lo que es necesario eliminar la cutícula y la zona superficial del esmalte para tener acceso al esmalte subsuperficial, en el que las varillas ordenadas condicionan la estructura adecuada para obtener una adhesión micro mecánica mas favorable

DENTINA:

La dentina es el tejido duro del diente que condiciona la delimitación de la cámara pulpar y el conducto radicular. Es un tejido mineralizado que se sigue formando mientras exista tejido pulpar que por lo tanto va sufriendo continuos cambios.

Energía Superficial:

La dentina esta constituida, en un alto porcentaje por materia inorgánica lo que le condiciona una baja Energía Superficial y por lo tanto, una mala humectación de los adhesivos sobre ella.

Estructura Microscópica:

La dentina tiene una estructura homogénea, por lo que la acción de ácidos, en general, produce una descalcificación superficial que no condiciona la formación de micro retenciones. Pero la acción de algunos ácidos en ciertas condiciones puede producir una superficie dentinaria adecuada para que, junto con el adhesivo, forme la denominada "capa híbrida", de la que hablaremos mas adelante.

Sin embargo, el hecho de que la dentina esté atravesada en todo su espesor por lo túbulos dentinarios nos dan una posibilidad de adhesión micro mecánica, siempre que tengamos en cuenta la eliminación o no del barrillo dentinario.

Cuando realizamos un tratamiento de abrasión o corte de la dentina con material rotatorio, se produce un polvo de dentina que, junto con el agua de la refrigeración y el fluido dentinario, forman una estructura, generalmente colonizada por bacterias, que se denomina "barrillo dentinario", "capa untuosa", o "smear layer".

Esta capa cubre toda la superficie de la dentina, introduciéndose en el interior de los túbulos dentinarios y adhiriéndose a ella mediante débiles fuerzas de Van der Waals. El barrillo dentinario interfiere en la adhesión a dentina, ya que evita la utilización de las micro retenciones que suponen los túbulos dentinarios, pero por otro lado, forma un tapón fisiológico de protección pulpar ya que dificulta, y en ocasiones impide, el paso de sustancias nocivas y microorganismos hacia la pulpa a través de dichos túbulos. Todo ello va a depender de la integridad y permeabilidad del barrillo. Por otro lado, es dudosa la supervivencia de las bacterias en esta capa, por lo que se discute su conservación o no.

Pero para tener acceso a la estructura micro mecánica de la dentina es necesario eliminar o modificar este barrillo dentinario mediante la acción de ciertos ácidos.

Además, un factor importante a tener en consideración es que en el interior de los túbulos dentinarios existe un fluido procedente de la cámara pulpar. Este fluido tiende a drenar continuamente hacia el exterior, ya que la presión intrapulpar es superior a la presión atmosférica, que es la que existe en la superficie de la dentina, dificultando mecánicamente la entrada a los adhesivos de los túbulos dentinarios.

Estructura Química:

La dentina está constituida por materia orgánica e inorgánica, por lo que es susceptible a que sobre ella se produzcan fenómenos de adhesión química con sustancias adhesivas tanto al calcio como al colágeno.

Existen una serie de factores a tener en consideración a la hora de aprovechar estas estructuras para la adhesión micro mecánica.

Dichos factores son:

-*Profundidad de la dentina*: La dentina superficial suele tener túbulos en un menor número y de menor diámetro, lo que disminuirá la retención con respecto a la dentina más profunda, ya que en esta el número sería mayor, así como el diámetro de los túbulos, pero la proximidad de la pulpa facilitaría el trasudado del fluido.

-*Dentina esclerótica*: Corresponde a la zona de la dentina más mineralizada en la que los túbulos se encuentran ocluidos por materia inorgánica, siendo un elemento estructural beneficioso de protección, que dificulta o imposibilita el grabado ácido y por lo tanto la retención micro mecánica.

La dentina es un material blanco- amarillento, avascular, mucho más duro que el hueso, pero dotado de cierta elasticidad. Su composición bioquímica revela un gran parecido al hueso: 70% de material mineral, consistente en cristales de 100μ de largo parecidos a la hidroxiapatita, 20% de matriz orgánica y 10% de agua. De la matriz orgánica el 19% es colágeno de tipo I y el resto se reparte entre fosfolípidos y glicosaminoglicanos, todo lo cual confiere a la dentina una intensa eosinofilia. En la corona la dentina se une al esmalte a través de la

unión amelodentinal, en tanto que su unión al cemento en la raíz no se distingue tan claramente.

Como ya dijimos la dentina es producida por ameloblastos desde su proceso distal o fibra de Tomes segregando primero la matriz orgánica y mineralizada posteriormente. De esta forma, al ir sintetizando la dentina, el proceso odontoblástico va quedando rodeado por ella. Los espacios que quedan en la dentina y que están ocupados por los procesos odontoblásticos se denominan conductillos o túbulos dentinales y se extienden por todo el espesor de la dentina, siguiendo en general direcciones paralelas. En las preparaciones de diente por desgaste los túbulos dentinales confieren a la dentina una característica estriación transversal.

A medida que va sintetizándose más dentina, la previamente formada va quedando más externamente, de ahí que la primera dentina formada conocida como *dentina del manto* ocupe la capa más externa. Si la zona de dentina más próxima al soma del odontoblasto se encuentra más inmadura, sin mineralizar, lo que se puede distinguir al microscopio por su menor tinción, apareciendo como una zona más clara que ocupa

las 25 μ a 30 μ más internas del espesor de la dentina y recibe el nombre de predentina. Los cristales de hidroxiapatita se depositan sobre las fibras colágenas, generalmente de forma paralela a éstas siguiendo el frente de mineralización, de manera que tienden a quedar orientados perpendiculares a los túbulos dentinales. Algunas zonas de la corona, justo por dentro de la dentina del manto y de regiones más profundas, quedan si calcificar y son conocidas como espacios o áreas interglobulares.

Los túbulos dentinales en la zona de la corona siguen una dirección ondulada, en *S itálica*, lo que corresponde a la denominada ondulación primaria. Además, los túbulos dentinales muestran una fina ondulación secundaria, transversal a lo largo de su trayecto. Los túbulos dentinales se van adelgazando distalmente y pueden emitir ramificaciones laterales que incluyen o no las ramificaciones del proceso odontoblástico. Esta estructura perforada de la dentina la hace particularmente permeable, ofreciendo amplias vías para la difusión de sustancias y la extensión de la caries.

En la pared del tubo dental se observan pocas fibras colágenas y

una mayor mineralización, lo que otorga a esta dentina peritubular mayor densidad a la tinción, así como gran refringencia a la luz polarizada. La anchura de esta dentina peritubular se incrementa desde la cara pulpar (400μ) a la unión amelodentinal (750μ), y como mantiene cierta continuidad en su formación, puede llegar a obliterar el túbulo. Si esta obliteración se da en varios túbulos contiguos se habla de esclerosis. La dentina esclerótica, también llamada por desgaste, se incrementa con la edad y se observa con frecuencia en el tercio apical de la raíz y en la zona media de la corona. La esclerosis conlleva un aumento de la fragilidad y una disminución de la permeabilidad. Con la edad también se observa una retracción de los procesos odontoblásticos, así como desaparición de muchas de estas células, produciéndose obliteración de los túbulos dentinales correspondientes, que dan al microscopio una imagen oscura a la luz transmitida. A estas zonas se las llama tractos necróticos, suelen estar unidos por bandas de dentina esclerótica y son más frecuentes en la corona. Por otro lado, la oclusión de estos túbulos dentinales las hace más resistentes a la caries.

Al igual que ocurría con el esmalte, la dentina se deposita de forma cíclica, con fases de reposo, lo cual deja una serie de líneas incrementales, aquí menos evidentes que en el esmalte.

Las menos marcadas de estas líneas, que podemos ver con luz polarizada, se llaman líneas de von Ebner y reflejan el ritmo circadiano de aposición; más rápido en la corona (6μ de distancia entre líneas en la corona por 3.5μ en la raíz). Otras líneas incrementales más pronunciadas son las líneas de contorno de Owen, las cuales resultan de la alineación de curvaturas secundarias, aunque más recientemente se las ha relacionado con déficit de mineralización. A consecuencia de la alteración de la mineralización que tiene lugar en el nacimiento, se produce una marcada línea de contorno denominada línea neonatal. Otras circunstancias, como nutrición inadecuada o estados patológicos pueden también aquí dejar su señal en cambios de coloración o líneas de contorno. En la raíz encontramos otro detalle morfológico, sólo visible en cortes por desgaste con luz transmitida, que es el estrato granular de tomes, el cual se muestra como una estrecha zona formada por varias hileras irregulares de pequeñas granulaciones oscuras, huecas, justo por debajo de la unión con el cemento, quedando

separado de éste por una fina lámina hialina que une la dentina al cemento.

Parece ser que estos espacios huecos corresponderían a cortes tangenciales de la curvatura que los túbulos dentinales presentan en este nivel.

Tipos de dentina:

La mayor parte de la masa de la dentina está constituida por la denominada Dentina Primaria cuya estructura es la que acabamos de describir. En su superficie más extensa esta dentina se encuentra algo menos mineralizada y es la que hemos denominado dentina del manto, conociéndose al resto como dentina circumpulpar. En la dentina circumpulpar las fibras colágenas son mucho más pequeñas y se hallan más entremezcladas. Además de la dentina primaria, se distinguen otros dos tipos de dentina: la dentina secundaria y la dentina terciaria o reactiva.

La dentina secundaria se produce más lentamente una vez

completada la formación de la raíz. Se halla menos mineralización y posee menor cantidad de mucopolisacáridos ácidos. Su estructura es algo menos regular y de menor densidad tubular que la dentina primaria, pero en esencia es semejante a ésta. El límite entre la dentina primaria y secundaria queda señalado por una línea basófila. El depósito de dentina secundaria es irregular, lo que provoca asimetrías en la cámara pulpar, con la consiguiente recesión de la pulpa.

La dentina terciaria o dentina reactiva es la que aparece como intento reparativo ante alteraciones dentinales como la caries. Por tanto, a diferencia de las anteriores, la dentinogénesis reactiva es un proceso localizado y proporcional al grado de destrucción. Ante daños ligeros la dentina reactiva es más regular y de más lenta formación, en tanto que ante lesiones mayores la dentina reactiva es más irregular y con altas tasas de deposición ($3-5\mu/\text{día}$) puede llegar a atrapar odontoblastos. A este tipo de dentina reactiva con células incluidas se la llama Osteodentina. Algunos autores llaman dentina secundaria a esta dentina reactiva y reservan el nombre de dentina adventicia para la que hemos denominado secundaria.

Sensibilidad Dentinaria:

La dentina presenta sensibilidad táctil y dolorosa a la temperatura, presión deshidratación con algodón o chorro de aire y a las sustancias ácidas. Esta sensibilidad no puede explicarse exclusivamente sobre la base de las escasas terminaciones nerviosas que penetran en la dentina. En primer lugar, estas terminaciones llegan sólo a la zona más interna, de modo que no se encuentran en el límite amelodentinal, que es la zona justamente más sensible junto con la zona yuxtapulpar; y en segundo lugar, el plexo de fibras nerviosas que se encuentra bajo el soma de los odontoblastos y las terminaciones intradentinarias aparecen pasada la erupción dentinaria y sin embargo los dientes recién erupcionados son sensibles.

Por todo ello y basándose en la presencia de contactos entre terminaciones nerviosas y procesos odontoblásticos, se ha pensado en la posibilidad de que los odontoblastos pudieran transmitir estímulos sensoriales a las neuronas, pero en contra de este papel del odontoblasto como receptor esta su bajo potencial de membrana y la falta de efecto de los anestésicos locales aplicados sobre ellos.

Finalmente, también se ha barajado la hipótesis de que el líquido de los túbulos dentinales pudiera incrementar la presión en el tejido pulpar, lo cual es necesario en la fisiopatología de la odontalgia, comprobándose que al sellar los túbulos dentinales disminuye o desaparece la odontalgia.

CEMENTO:

El cemento como sustrato para la adhesión tiene unas consideraciones especiales. Como ya es sabido, el cemento se nutre a partir del ligamento periodontal. En las zonas de cemento donde esta insertado el ligamento periodontal no podemos realizar técnicas adhesivas, ya que este imposibilita la adhesión. En zonas donde no existe ese ligamento, que son las zonas susceptibles para adherir, el cemento se puede eliminar por abrasión, por lo que en escasas situaciones clínicas vamos a tener que adherir sobre su superficie. En estos casos es preferible eliminar el cemento y adherir sobre dentina que es una superficie más favorable para la adhesión.

En la raíz del diente el esmalte que recubre la corona es sustituido

por el cemento, existiendo una pequeña zona del cuello en la que el cemento se superpone al esmalte.

No obstante, en el 10% de los casos esmalte y cemento no entran en contacto, por lo que queda una pequeña zona de la dentina expuesta, la cual puede tener mayor sensibilidad y ser asiento de caries de la raíz. Desde el cuello anatómico, el cemento forma una capa delgada (150-200 μ), penetrando escasamente en ellos. La zona del cemento próxima a la dentina carece de células y se conoce como cemento acelular, que es el responsable del ensanchamiento hacia la raíz. La bioquímica revela que la sustancia intercelular posee aproximadamente un 47% de contenido mineral, compuesto por hidroxapatita con trazas de otros elementos. En el resto encontramos colágeno y, en menor proporción, sustancia fundamental que incluye abundante osteopontina, sialoproteína ósea, osteoclastina y glicoproteína X-2HS.

El cemento proviene del saco dentario, de cuya región radicular se diferencian células que se convierten en cementoblastos. Los cementoblastos son células redondeadas, basófilas, de cromatina laxa, que recuerdan a los osteoblastos. Se encuentran en el borde del

ligamento periodontal, de manera que al formarse el cemento acelular los cementoblastos se van retirando, pero en el cemento celular quedan atrapados por éste en una laguna de manera análoga a los osteoblastos y se transforman en cementocitos.

Los cementocitos muestran escaso citoplasma, núcleo condensado y prolongaciones que recuerdan al osteocito. Al igual que ocurre con la amelogénesis y dentinogénesis, la cementogénesis también es fásica, lo cual deja señales correspondientes en líneas incrementales basófilas. Dado que se mantiene cierta cementogénesis a lo largo de la vida, la aposición de nuevo cemento provoca la constricción del agujero y terminaciones apicales. Por lo tanto su composición química como por su estructura, el cemento recuerda al tejido óseo, pero a diferencia de éste, es avascular, y al depender de los vasos del ligamento periodontal, los canalículos por los que discurren las prolongaciones de los cementocitos se dirigen hacia éste.

La sucesivas laminillas de cemento formadas dificultan la difusión de los nutrientes por lo que las lagunas más profundas aparecen vacías, una vez degenerado el cementocito. Otra diferencia importante entre el

hueso y el cemento es que éste no puede ser remodelado y es más resistente a la reabsorción que el hueso, salvo durante la eliminación de los dientes de leche cuando los odontoclastos, -células de tipo osteoclástico- reabsorben cemento y dentina. Los odontoclastos pueden aparecer también ante una excesiva tensión del aparato de ortodoncia y en determinadas condiciones patológicas.

En lo que se refiere a la matriz, encontramos dos tipos de fibras: intrínsecas y extrínsecas. Las primeras son las sintetizadas por los cementoblastos, en tanto que las extrínsecas son fibras del ligamento peirodental que se incorporan al cemento para llevar a cabo su anclaje. De forma semejante a como se anclan las fibras de Sharpey del periostio en el tejido óseo existen unas fibras de Sharpey en el Ligamento Periodontal que se anclan al cemento.

TRATAMIENTO DEL SUSTRATO DENTAL PARA LA ADHESIÓN

Dadas las específicas características de la adhesión, es necesario realizar un tratamiento del sustrato para que sobre él se produzcan los fenómenos de superficie. Al ser esmalte y dentina dos estructuras

totalmente distintas, las consideraciones sobre su tratamiento deben hacerse de forma independiente, aunque el tratamiento se haga en ocasiones de forma integral.

Esmalte

Para que el esmalte sea micro retentivo es necesario acondicionarlo con un ácido. A este tratamiento se le denomina "grabado ácido del esmalte", y fue descrito por Buonocore en 1955. Al esmalte tratado de esta manera se le denomina "esmalte grabado" y macroscópicamente se identifica porque adquiere un color tiza característico, si bien con los ácidos actuales esta coloración puede no ser observada, así como cuando se utilizan técnicas húmedas que no desecan el esmalte.

Para realizar esta técnica es necesario colocar el ácido sobre la superficie del esmalte, esperar un tiempo determinado en función del tipo de ácido a utilizar y de la concentración del mismo, por último lavar profusamente y secar.

Inicialmente, Buonocore (1955) utilizó ácido fosfórico al 85%.

Posteriormente se utilizaron soluciones al 50% de ácido fosfórico taponado, con un 7% de óxido de cinc en peso. Silverstone (1974) estableció que el ácido fosfórico al 30% sin taponar era la concentración ideal para obtener unas irregularidades del esmalte lo suficientemente profundas y retentivas.

Uno de los temas mas debatidos durante muchos años ha sido el tiempo de grabado, antiguamente el tiempo de grabado del esmalte era de un mínimo de 60 seg. Aumentándose a 90 seg. en dientes fluorados y 120 seg. en dientes decíduos. A medida que se realizan más investigaciones, el tiempo de grabado ácido del esmalte se ha ido acortando según diversos autores; entre 40 seg. 15 e incluso 5 seg. según Gilpatrics y cols.(1992). Además, es necesario grabar un tiempo ligeramente superior cuando se utiliza el ácido en gel o semigel que cuando se utiliza el ácido en solución acuosa.

Los clínicos siempre han grabado sin saberlo más tiempo del establecido, que desde que se comienza a colocar el gel y se empieza a cronometrar hasta que se termina, transcurren entre 15-30 seg. por lo tanto la acción del ácido generalmente se realiza por encima de este

tiempo.

Además del tiempo de grabado, es importante el tiempo de lavado. El lavado del ácido sobre el esmalte ha de ser abundante y durante unos 40 seg. sobre todo cuando se utiliza un ácido en consistencia de gel. La consistencia de gel se consigue espesando el ácido con airosil (sílice pirolítico), el cual deja en la superficie del esmalte un residuo que dificulta la adhesión, por lo que hay que eliminarlo mediante lavado.

Una vez lavada la superficie es necesario secarla, utilizando el aire del equipo, de forma intensiva, con lo que nos quedará el clásico esmalte de color blanco tiza, o bien de forma somera, mediante la denominada técnica húmeda de la que hablaremos más adelante en relación a la dentina.

El grabado de la dentina es de unas 10μ y produce una superficie porosa de unos $25-75\mu$ de profundidad.

El hecho de la desmineralización en profundidad es el responsable de los fallos cohesivos de la adhesión a esmalte.

La realización del grabado ácido integral con los nuevos sistemas adhesivos, es decir grabado simultaneo de esmalte y dentina, condicionado que el grabado ácido del esmalte se realice con otros tipos de ácidos más débiles, distintos del ácido ortofosfórico, como la solución 10-3 (solución al 10% de ácido cítrico + cloruro férrico al 3%), aumentando en estos casos el tiempo de grabado a 30 segundos. También con el ácido cítrico a concentraciones de 50% y 25% durante 15 seg, se consiguen patrones de grabado igual al fosfórico.

A la hora de realizar una técnica clínica adhesiva, uno de los primeros problemas con que nos encontramos es el de la existencia, en áreas no determinadas, de la capa amorfa sin varillas. Una solución ácida elimina aproximadamente 10um de espesor del esmalte sin decorticar, lo cual no nos elimina la totalidad de esta capa amorfa (30um), y por lo tanto no exponemos las varillas adamantinas. El grabado de esta capa sin decorticar nos condicionará un mal grabado, con una superficie irregular pero no lo suficientemente profunda como para conseguir la retención micro mecánica. En el esmalte fluorado no decorticado la profundidad de grabado es de 2 a 5µ, por lo que también se requiere decortificación.

Para algunos autores, la utilización de ácido fosfórico al 10% durante 15-30 segs, en un esmalte decorticado condiciona las irregularidades necesarias para conseguir una buena adhesión. Si no esta decorticado, se necesitaría más tiempo o la utilización de un ácido a una concentración mayor, como puede ser al 32%.

Cuando exista un esmalte fluorado debemos recomendar un aumento de 10 seg. como mínimo sobre el tiempo de grabado.

Si realizamos un grabado ácido sin proteger los dientes contiguos, debemos tener presente que el esmalte que se graba no se remineraliza con los fluidos orales inmediatamente, sino que se rellena con mucoproteínas de la saliva y que la remineralización tarda 2-3 meses. Somos de la opinión de que la pérdida de sustancia no se recupera, por lo que la protección de los dientes contiguos es indispensable.

Independientemente del ácido que se utilice, en el esmalte se pueden dar tres patrones distintos de grabado ácido, según que estructura sea la que más se solubilice con el mismo:

Patrón tipo I: Es el que se solubiliza fundamentalmente el núcleo de

la varilla adamantina o prisma del esmalte, quedando sobresaliendo el área inter varilla y dando el aspecto en "panal de abeja".

Patrón tipo II: Que muestra solubilización del área inter varilla, sobresaliendo el cuerpo de la varilla.

Patrón tipo III: ES un patrón anárquico en el que no se distingue bien ninguna estructura.

Estos tres tipos de patrones de grabado pueden aparecer simultáneamente en el mismo diente, bajo el tratamiento con el mismo ácido, desconociéndose su mecanismo de formación, aunque el patrón tipo III parece relacionarse con un mayor tiempo de grabado. Los patrones estructurales tipo I y tipo II son igualmente efectivos para la adhesión micro mecánica, siendo importante controlar perfectamente el tiempo de aplicación del ácido para no producir un patrón anárquico (tipo III), que suele ser mas desfavorable.

Dentina

Como hemos observado al describir las características de la dentina, la adhesión a esta superficie es difícil por su hidrofilia, por su baja energía superficial y por su estructura. Antes de analizar el tratamiento de este sustrato tenemos que considerar el barrillo dentinario.

Características del barrillo dentinario

Cuando utilizamos un instrumental rotatorio sobre la dentina, se producen unos residuos en forma de polvo los cuales, combinados con el refrigerante y con el fluido dentinario, nos producen un barrillo dentinario, que es una capa constituida por restos de materia orgánica e inorgánica.

El espesor del barrillo dentinario es variable según diversos autores, oscilando entre 0.3μ y 4μ . Para algunos autores su espesor es independientemente de la técnica empleada en su formación, aunque otros encuentran que los cortes producidos sin refrigeración agua-aire producen una capa de barrillo más grueso si se utiliza de igual forma;

las fresas de diamante grueso producen una capa más gruesa que las de carburo tungsteno.

El barrillo dentinario está constituido por cristales de hidroxiapatita del esmalte y dentina, si bien la mayor parte está formada por proteínas coaguladas en forma de gelatina, procedentes del colágeno dentinario desnaturalizado por la temperatura de corte. Los cristales de hidroxiapatita son arrancados del tejido como consecuencia de la deformación elástica y de la temperatura alcanzada por el sustrato, quedando mezclados con el colágeno de la dentina y agua, especialmente a nivel dentinario.

La conservación del barrillo dentinario, al ocluir los túbulos dentinarios, sirve para impedir la movilización del fluido dentinario, disminuyendo la permeabilidad dentinaria, pudiendo ser considerado como un mecanismo fisiológico de protección pulpar.

El barrillo dentinario está débilmente adherido a la dentina mediante fuerzas de Van der Waals, por lo que se considera que es la zona débil de la cadena de adhesión dentinaria con las resinas compuestas. Si el

barrillo dentinario se conserva, la resistencia adhesiva no superará a la fuerza de adhesión, del barrillo dentinario con la dentina.

Por todo esto es posible comprender la importancia del barrillo dentinario en la adhesión a dentina.

Durante muchos años ha existido una gran controversia en cuanto a su eliminación total o parcial. Esto es debido, fundamentalmente, al uso de resinas hidrofóbicas que, debido al fluido dentinario, no podían entrar en el interior de los túbulos dentinarios. En estos casos la presencia parcial del barrillo dentinario aislaba la resina de la humedad y permitía, en parte, la penetración de ésta en los túbulos. Actualmente, con el uso preferencial de resinas hidrofílicas, la permanencia del barrillo dentinario no tiene sentido.

Sobre la dentina se realizan dos tipos fundamentales de tratamiento: el tratamiento con ácidos y la colocación de imprimadores.

Tratamiento ácido

El tratamiento ácido de la dentina se puede hacer de forma

simultánea con el esmalte o de forma independiente. Consiste en la colocación de un ácido sobre la superficie de la dentina durante un tiempo determinado, generalmente durante 20 seg., condicionado por el tipo de ácido y su concentración.

Al colocar el ácido sobre la superficie de la dentina, en primer lugar reaccionará con el barrillo dentinario y posteriormente con la estructura de la dentina subyacente. Por eso tenemos que considerar la acción del ácido a estos dos niveles, barrillo dentinario y dentina.

-A nivel del barrillo dentinario: no se elimina con agua, pero si con ácidos. La eliminación de este va a estar en función del ácido utilizado, la concentración del mismo y su tiempo de aplicación. En función de estas variables, va a ser eliminado total o parcialmente.

-Eliminación Total: los ácidos que producen la eliminación total del barrillo dentinario son los siguientes:

- El ácido ortofosfórico a concentraciones entre el 32 y 37% durante 5 seg. o a concentración del 10% durante 30 seg.

- El ácido cítrico durante 60 seg, a concentración entre el 5% y 6%. Incluso con concentraciones al 6% y durante 5 segs, se ha conseguido la eliminación del barrillo dentinario. También se elimina totalmente añadiéndole al ácido cítrico al 10% cloruro férrico al 3% (solución 10-3)
- El EDTA al 17% durante 60 segs.
- El ácido maléico y otros ácidos orgánicos como el pirúvico y el succínico, a concentraciones de 10%.
- La solución Bowen (oxalato férrico)

-Eliminación parcial del barrillo dentinario: todos los ácidos mencionados en el apartado anterior a bajas concentraciones o actuando durante poco tiempo, pueden eliminarlo parcialmente. También el ácido poli acrílico y otras sustancias no ácidas como el peróxido de hidrógeno y el hipoclorito sódico pueden condicionar el mismo resultado.

-A nivel de la dentina: el tratamiento con estos ácidos no sólo afectan al barrillo dentinario sino que además tienen una acción sobre la dentina.

Como ya hemos visto, la dentina está formada por dos tipos de componentes, uno orgánico (colágeno) y otro inorgánico (hidroxiapatita). Estos dos componentes tienen distinta sensibilidad al ataque ácido por lo que, aunque en superficie el ácido elimina a los dos, en profundidad atacará a uno solo, el componente inorgánico, quedando siempre fibras colágenas expuestas.

En general la acción del ácido consiste en una descalcificación de la dentina ínter tubular y peri tubular, junto con la afectación de la matriz existente entre las fibras colágenas, con mayor o menor apertura de los túbulos dentinarios y, según que ácido se utilice, una mayor o menor destrucción de las fibras colágenas de la dentina, tanto tubular como peri tubular. Todo esto es fundamental para conseguir una adhesión adecuada en función de la formación o no de la capa híbrida.

Debido a los cristales de hidroxiapatita, el colágeno de la dentina es

inaccesible a los agentes que reaccionen con los grupos químicos del mismo. Por lo tanto, cuando la dentina es desmineralizada los agentes adhesivos pueden unirse a las fibras colágenas.

Según el tipo de ácido utilizado se va a producir diferentes modificaciones de la superficie dentinaria tanto inter como peri tubular.

La acción del ácido ortofosfórico sobre la dentina deja en superficie fibras colágenas con destrucción de los proteoglicanos que las unen y produce una desnaturalización de la colágena. En general, los autores japoneses encuentran en sus estudios que el ácido fosfórico desnaturaliza la colágena, impiden la formación de la capa híbrida y disminuyen las cifras de resistencia adhesiva con respecto a la alcanzada mediante otros tratamientos de la dentina.

Esto no es coherente con el hecho de que son ellos los primeros que preconizaron el grabado ácido integral, es decir el tratamiento de la dentina con ácido ortofosfórico. Sin embargo, otros autores encuentran capa híbrida cuando se utilizan la mayoría de los actuales sistemas adhesivos, que incluyen el tratamiento de la dentina con ácido

ortofosfórico.

Actualmente se considera que el ácido ortofosfórico deja indemne la suficiente estructura de fibras colágenas como para que se pueda formar la capa híbrida.

El ácido cítrico elimina parte de la dentina superficial y ensancha los túbulos dentinarios. El tratamiento con una solución acuosa de ácido cítrico al 10% y de cloruro férrico al 3% (solución 10-3) durante 10 seg, permite disolver una capa fina de calcio sin lesionar el colágeno. Las pruebas realizadas con este método en dientes de bovinos, mejoraron la adhesión.

El ácido maléico y otros ácidos orgánicos (succínico y pirúvico) en soluciones acuosas al 10%, exponen la colágena, tanto de superficie como en el interior de los túbulos, en una profundidad de 3-6µm. Esto es debido a que las fibras colágenas son más resistentes a la acción del ácido maléico que la materia orgánica del barrillo y de la capa superficial de dentina.

Por último tenemos que tener en cuenta que estos ácidos débiles pueden modificar las propiedades mecánicas, de dureza y elasticidad, de la superficie dentinaria, por lo tanto es necesario utilizarlos bajo un gran control y durante el tiempo indicado por el fabricante.

La eliminación mediante lavado de este ácido va a estar en función de la solubilidad de las sales que se formen. El ácido ortofosfórico reacciona con el calcio de la dentina formando una sal insoluble de fosfato cálcico las cuales precipitan sobre la superficie dentinaria. Estos cristales insolubles dificultan la adhesión, por lo que es necesario lavarlos y eliminarlos. En cambio, el ácido maléico forma con el calcio una sal soluble de maleato cálcico, la cual se solubiliza en el fluido dentinario y por lo tanto no es necesario eliminarla por lavado ya que no dificulta la adhesión

Por todo esto podemos decir que, de forma general, todos los ácidos que producen precipitados insolubles tendrán que ser eliminados mediante lavado, mientras que los que forman precipitados solubles pueden dejarse sin lavar.

El siguiente paso clínico es el secado de la superficie. A raíz de la

introducción de las resinas hidrofílicas en los sistemas adhesivos se empieza a producir adhesión en presencia de humedad, hasta el extremo de que se comienza a hablar de "técnica húmeda".

Trabajos recientes han observado que el incremento de la humedad de la dentina favorece las fuerzas de adhesión de los adhesivos. KANCA III (1993) interpreta estos resultados por la interacción entre la acetona y el agua. La acetona de los adhesivos reduce la tensión superficial del agua y permite extender la mezcla por las superficies cubiertas de agua. Según este mismo autor "Trabajar con humedad permite que el clínico trabaje con el substrato en vez de contra el", aunque trabajar con humedad no significa con saliva, ya que esta posee bacterias y contamina la preparación.

En caso de usar resinas hidrofílicas, la humedad de los túbulos dentinarios favorece la vehiculación de estas resinas hacia el interior de los túbulos, lo que en caso de condiciones totalmente secas, se producirá solamente capilaridad.

Además la humedad evita el colapso de las fibras colágenas lo cual

favorecerá la formación de la capa híbrida. (7)

Imprimadores:

Consideramos a los imprimadores como sustancias que se colocan sobre la dentina ínter tubular, muy especialmente, en el interior de los túbulos dentinarios, con las siguientes funciones:

Promover la hidrofilia: para facilitar la posterior penetración de resinas hidrofílicas. Esta es la acción de los denominados “primers” o “promotores de la adhesión”. El “primer” consiste en un polímero disuelto en un solvente orgánico. Al colocarse sobre la dentina, el “primer” se introduce en el interior de los túbulos dentinarios gracias a su hidrofília; el solvente, que suele ser un lado unido a la superficie dentinaria y por otro con afinidad por el adhesivo. Moléculas de este tipo son el HEMA (la de más frecuente utilización), el NTG-GMA, PMDM, BPDM y el PENTA, entre otras

Facilitar el fraguado de la resina: que posteriormente ocupará el interior de los túbulos. Para que la adhesión se produzca es

fundamental que el adhesivo polimerice en el interior de los túbulos. Cuanto más penetre peor será el fraguado ya que será difícil polimerizar con fosfoactivación. Además la resina esta rodeada de fluido dentinario.

En condiciones idóneas la conversión del monómero en polímero solo se observa en el 55-60%. Además, si los monómeros que no fraguan son vinculados hacia la pulpa pueden causar irritación pulpar de corta duración; generalmente solo dura 24-48 horas.

El cloruro férrico es bajas concentraciones (0.075%) favorece la polimerización y endurecimiento del monómero.

Reforzar las fibras de colágena: de la dentina inter y peri tubular tratada para la formación de capa híbrida. Ya hemos observado que los ácidos, aunque no las destruyan por completo, lesionan las fibras colágenas; por eso es necesaria su conservación. Otra de las funciones importantes de los iones férricos en la solución 10-3 es la conservación de los haces de fibras colágenas para poder formar la capa híbrida con el uso de resinas ya que se ha demostrado que si se elimina de la fórmula el cloruro férrico, la adhesión a dentina disminuye debido a que

no se produce la capa híbrida.

Por otro lado, el uso del cloruro cálcico en la solubilidad 10-20 produce distintos cambios en la ordenación de fibras colágenas.

Por último, se considera que en la acción de estos imprimadores influyen factores desconocidos, todavía en investigaciones, que aumentan la adhesión.

RESINAS ADHESIVAS:

Son resinas acrílicas o epoxi que se introducen en las micro retenciones del esmalte grabado, en los túbulos dentinarios y/o en la dentina tratada (capa híbrida) para una vez fraguados en su interior, producir una adhesión micro mecánica. En general, estas resinas no son adhesivas por si solas sino que requieren un sustrato tratado de forma que sea micro retentivo.

Esto hace que actualmente la tecnología de los sistemas adhesivos vaya encaminada a aumentar la humectancia del sustrato y a la

obtención de condiciones de adhesión química.

Estas resinas tienen una doble misión: por un lado adherir, de forma fundamentalmente micro mecánica, a la dentina previamente tratada, y por otro lado adherir, de forma química, a la resina compuesta. Pero esta doble misión es conflictiva, ya que un sustrato es hidrofílico (dentina) y el otro hidrofóbico (resina compuesta).

En función de todo esto, las resinas adhesivas pueden ser de varios tipos:

RESINAS HIDROFOBICAS:

Son resinas que carecen de afinidad por el agua, no produciendo con ella fenómenos de adsorción ni absorción. Esto se debe a que tienen una mayor tensión superficial que el agua.

La hidrofobia es un inconveniente para la adhesión a dentina, ya que los túbulos dentinarios están llenos de agua, lo que impediría la penetración de este tipo de resina en su interior. Sin embargo, es una

buena característica en relación al material restaurador.

Son resinas hidrofóbicas, entre otras, el BIS-GMA, los dimetacrilatos, los uretanos, etc.

RESINAS HIDROFILICAS:

Son resinas que tienen afinidad por el agua, produciendo con ella fenómenos de adsorción y absorción. Esto se debe a que tienen una menor tensión superficial que el agua.

La hidrofilia es fundamental para que las resinas puedan introducirse en el interior de los túbulos dentinarios húmedos, ya que en este caso el agua no es un freno para la resina, sino un vehículo para su penetración. De la misma manera, las resinas hidrofílicas tienen peor compatibilidad con el material restaurador hidrofóbico.

Son resinas hidrofílicas el PMDM (Dimetacriloxiethylpiromeliato), los dimetacrilatos hidrofílicos y otros hidrofílicos, el HEMA (Hidroxiethylmaetacrilato), el penta ester fosfato, etc.

RESINAS BIFUNCIONALES:

Son moléculas complejas poli funcionales que tienen distintos tipos de radicales, unos hidrofílicos y otros hidrofóbicos, para compatibilizar con los distintos elementos.

Son resinas bifuncionales, también denominadas bipolares, el MMI 152, patentado por la casa Bayer y el MDP (Metacrioxil Decametileno Fosfórico) de la casa Kuraray.

Todas estas resinas se colocan sobre la superficie dentinaria previamente tratadas y producen dos tipos de estructuras mecánicamente micro retentiva:

Tapones de resina o "Tags": en el caso de que la hidrofília se lo permita, las resinas se introducen y fraguan en el interior del túbulo dentinario en el que previamente se ha eliminado el barrillo dentinario. La longitud de estos tapones es muy variable, siendo de aproximadamente 10-20 μm en dientes vitales, aunque son mayores en dientes extraídos, pudiendo alcanzar entre 40 y 30 μm .(micrones).

Pese a ello no parece existir una buena correlación entre la longitud de los tapones y la Resistencia Adhesiva alcanzada.

El problema de los tapones de resina es que, debido a la contracción de polimerización de la misma, quedan sueltos en el interior del túbulo produciendo mínimo rozamiento y, por lo tanto, poca adhesión micro mecánica.

Capa Híbrida:

Cuando se trata la superficie dentinaria, tanto ínter tubular como peri tubular, de forma que queden expuestas las fibras colágenas, se introduce entre ellas la resina produciéndose una zona de imbricación entre la resina y la dentina de alto poder micro retentivo llamada "capa híbrida" que fue descrita por Nakabayashi en 1982. Más recientemente Van Meerbeek y cols. (1993) la describen al (Microscopio Electrónico de Barrido) MEB y al MET (Microscopio Electrónico de Transmisión) denominándola "zona de interdifusión".

Nakabayashi y cols (1991) consideran que para que se produzca la

formación de la capa híbrida son necesarias las siguientes condiciones:

- Los péptidos dentinarios (incluyendo al colágeno) no deben desnaturalizarse cuando la dentina se acondiciona.
- La resina adhesiva debe poseer monómeros hidrófilos e hidrófobos que puedan penetrar en la dentina y combinarse con ella.
- El catalizador debe permitir la polimerización en presencia de oxígeno y agua.

La capa híbrida se describe tanto en dentina como en esmalte, pero su importancia en dentina es mucho mayor debido a la dificultad de adhesión a este nivel. A nivel de esmalte la capa híbrida se forma entre la resina y el material inter varilla atacado selectivamente por el ácido ortofosfórico.

Nakabayashi y cols. (1991) señalan que la capa híbrida es muy resistente a los ácidos y que permanece intacta incluso después de que

el esmalte y la dentina se hayan disuelto en HCL. Esto sugería la intrigante posibilidad del doble beneficio, la adhesión al diente y la resistencia a la caries sin emplear flúor.

Perdigao (1995) encuentra capa híbrida al utilizar la mayoría de los sistemas adhesivos actuales.

Como ya hemos mencionado, la resina se introduce en el interior de los túbulos dentinarios formando los tapones de resina, y distribuyendo en el interior de la trama de colágena existente en la pared del túbulo formando la capa híbrida. Es en ese lugar donde se inicia el fraguado de la resina, quedando adherida a la pared cuando se produce la contracción de polimerización. Este hecho condiciona que el tapón de resina o "tag" tenga una forma de embudo. Somos de la opinión de que este cono inicial de los tags de resina puede ser debido a la adhesión con formación de capa híbrida, pero también hay que considerar los túbulos en el tercio exterior.

Estas resinas pueden realizar adhesiones no solo micro mecánica, sino también química, reactivas con la estructura dentaria. La realidad

de esta adhesión química esta actualmente muy cuestionada, ya que

según algunos autores, no hay evidencia de que se produzca una reacción química entre estos componentes y la estructura dentaria. Actualmente se utilizan dos tipos de sustancias que pueden tener una adhesión química al diente.

Resinas Fosforadas:

Son diferentes tipos de resinas que llevan un radical fosfórico que interacciona químicamente con el calcio del esmalte y de la dentina, produciéndose uniones de tipo iónico.

Glutaraldehído:

Es una sustancia que tiene capacidad de reaccionar con el colágeno de la dentina, produciendo adhesión química mediante uniones de tipo covalente.

Munksgaard y Asmunssen (1984) fueron los primeros en conseguir enlaces entre el colágeno y la resina restauradora. El mecanismo de adhesión sugerido es la interacción entre el Glutaraldehído y los grupos aminos del colágeno. Según Kubo y cols. (1991) cuando se añade Glutaraldehído se modifica el colágeno dentinario mediante enlaces cruzados y hace que la dentina sea más hidrofóbica, pero no estableciéndose conexión química.

El colágeno dentinario esta compuesto por cadenas proteínicas que presentan grupos hidrófilos e hidrófobicos alternantes. El desarrollo de monómeros bipolares que comprende mitades hidrofílicas e hidrofóbicas hacen que se adapten mejor al colágeno. La parte de la molécula es el grupo metacrilato. La parte hidrofílica, la mitad forma mida, que permite enlace de hidrógeno al grupo peptídico de la cadena proteica.

Además de las estructuras micro mecánicamente retentivas que ya hemos analizado, tapones de resina y capa híbrida, tenemos que tener en consideración el espesor de capa de resina que queda en la superficie dentinaria y por la adhesión al material restaurador, química si

se trata de materiales basados en resinas o micro mecánica si se trata de amalgama de plata.

Cuando realizamos reconstrucciones estéticas con técnicas adhesivas, tenemos que unir dos estructuras rígidas que son el diente y la resina compuesta. Si interponemos entre estas dos estructuras una capa flexible y elástica, como es la capa de resina, conseguimos que, bajo tensiones oclusales o de polimerización, la resina se deforme elásticamente y absorba estas tensiones, recuperando posteriormente su forma primitiva.

Para ello, es necesario que la capa de resina tenga un espesor suficiente, pero no demasiado, ya que es la zona menos resistente de la restauración.

Esta zona es también importante para la adhesión a la resina compuesta, ya que gracias a la capa inhibida de la resina, tenemos radicales libres por polimerizar conjuntamente con el material restaurador.

Por lo tanto, la resina adhesiva tiene una doble función, por un lado penetrar en las micro retenciones, para lo que deben ser hidrofílica y con muy baja viscosidad, y por otros nos debe dar un espesor de capa suficiente y adherir químicamente a la resina compuesta hidrófoba, para lo que debe ser más viscosa e hidrófoba, para lo que debe ser más viscosa e hidrofóbica. Este doble comportamiento se puede conseguir de dos maneras:

- con los sistemas adhesivos clásicos se utilizan dos tipos de resinas hidrofílicas muy fluidas para iniciar la adhesión e hidrofóbica y viscosa (BIS-GMA) para completarla.
- con los sistemas adhesivos monocomponentes se utiliza una sola resina muy fluida e hidrofílica, con grupos hidrofóbicos o no, colocada en varias capas para aumentar su espesor.

Para que la adhesión, tanto micro mecánica como química, se realice, es condición indispensable que esta resina frague en el interior de las micro retenciones, es decir que se produzca la polimerización. El oxígeno y el agua dificultan la polimerización de los sistemas adhesivos,

lo cual es un grave inconveniente ya que es imposible que la dentina esté totalmente seca.

La ventaja de que el adhesivo polimerice en presencia de agua y oxígeno es múltiple ya que:

- Se inicia la polimerización en profundidad antes que en superficie, por lo que la contracción de polimerización es más favorable para la adhesión.
- Se garantiza la polimerización en zonas profundas, no quedando monómero libre que puede irritar la pulpa.
- No hace falta desecar la dentina, lo que facilita la técnica.

TI TBB (tri-N-butil burano) requiere la presencia de agua para inicial la polimerización (Nakabayashi y cols. 91), por lo que es un elemento muy interesante en los sistemas adhesivos.

Al tratarse de materiales poliméricos lo que se produce es una reacción de polimerización por adición. Para que la polimerización se produzca es necesario que coincidan tres elementos; el monómero, el

activador y el iniciador. En función de cuales sean estos elementos podemos tener sistemas adhesivos de varios tipos.

RESINAS QUIMIOPOLIMERIZABLES:

El adhesivo viene presentado en dos recipientes, en los que en uno va el monómero de resina y el activador (aminas aromáticas) y en el otro monómero de resina y el iniciador (peroxido de benzoilo). Se utilizan mezclando una gota de cada recipiente para que se pongan en contacto los tres elementos de la polimerización: monómero, activador e iniciador, produciéndose así la reacción.

RESINAS FOTOPOLIMERIZABLES:

El adhesivo lleva monómeros de resina más fotoiniciadores (aminas alifáticas y canforoquinonas). Fraguan aplicándole luz halógena al material para que se pongan en contacto los tres elementos de la polimerización, ya que el activador sería la luz halógena.

RESINAS DE POLIMERIZACIÓN DUAL:

En estos casos, el sistema adhesivo lleva fotoiniciadores y peróxido de benzoilo en dos recipientes separados. Si se aporta luz produce la fotopolimerización, pero donde no llega se produce el fraguado químico.

POLIMERIZACION OPCIONAL:

Más recientemente aparecen los sistemas adhesivos que podemos llamar de polimerización opcional, ya que mediante un complejo sistema de intercambio de recipientes podemos controlar el momento y la vía de polimerización.

VALORACION DE LOS SISTEMAS ADHESIVOS

Para valorar la efectividad de un adhesivo se mide la Resistencia Adhesiva y la localización del fallo adhesivo.

Resistencia Adhesiva:

Podemos definirla como la máxima tensión medida en (MPa) que puede soportar un adhesivo sin separarse de la interfase. Para que un adhesivo cumpla su función, esta resistencia adhesiva debe ser mayor o igual a las tensiones que ha de soportar la restauración.

Estas tensiones son:

Tensión de contracción de polimerización:

Todas las resinas contraen al polimerizar, ya que el polímero ocupa menor lugar que el monómero. Esta contracción produce una fuerza traccional que oscila entre 4 y 20 MPa en el interior de la cavidad durante la polimerización según algunos autores, mientras que para otros oscila entre 20 y 70 MPa. En función del espesor de resina compuesta utilizado.

Tensiones Oclusales:

Las tensiones oclusales medidas por distintos autores, oscilan entre 2 y 5 MPa, y son inferiores a las desarrolladas por los actuales adhesivos.

Tensiones debidas a cambios térmicos:

Estas tensiones son pequeñas, y debidas a que los coeficientes de expansión térmica del diente y de la resina compuesta son diferentes. De todas maneras los cambios térmicos cíclicos que se producen en la cavidad bucal suelen, a la larga, producir un fallo por fatiga.

De todo esto podemos deducir que para empezar a hablar de adhesión necesitamos una resistencia adhesiva de por lo menos 20 MPa, siempre que la resina compuesta se coloque entre 10 MPa y 17 MPa. La cifra límite para poder hablar de adhesión aceptable.

Existe poca correlación entre las cifras de resistencia adhesiva que distintos estudios nos dan de un mismo sistema adhesivo. Esto es

debido a que la resistencia de un adhesivo va a ser sensible a una serie de variables, como son: tipo de diente (humano o bovino; deciduo o permanente), tipo de ensayo, método de conservación del diente post extracción, métodos in vivo o in vitro, localización y profundidad de la cavidad.

Por todo esto podemos decir que las cifras de resistencia adhesiva son siempre aproximadas y no correlacionables en distintas condiciones.

Fallo Adhesivo:

Cuando analizamos la resistencia de un sistema que involucra varios elementos, es necesario hacer un análisis del punto donde falla la adhesión para no llegar a conclusiones erróneas.

En el caso de producirse una fractura en una restauración adherida es necesario analizar al MEB los dos fragmentos ya que podemos encontrarnos frente a varias posibilidades de fallo:

- Adhesivo: diente-resina compuesta.

- Adhesivo: resina-resina compuesta.
- cohesivo: en diente.
- Cohesivo: en resina compuesta.

La localización de este fallo es importante por dos motivos principalmente:

- Para ver exactamente que interfase de la adhesión ha fallado o si se ha producido un fallo cohesivo debido a la baja resistencia de esa estructura. Esto es más importante desde el punto de vista de la investigación que desde el punto de vista clínico.
- Por su importancia biológica, ya que un factor fundamental en el fallo adhesivo es la micro filtración.

Un fallo cohesivo en resina o adhesivo resina-resina compuesta producirá una grieta en una zona que no tiene contacto con el tejido dentario, por lo que la micro filtración no puede dar sensibilidad dentinaria ni producir caries dentinaria ni producir caries marginal, ya que las bacterias ni tienen substrato. Además este tipo de fallo es

frecuente que se produzca de forma discontinua, y puede motivar el buen resultado clínico del sistema cohesivo con resistencia adhesiva inferior a la contracción de polimerización, ya que por esas zonas se producirá la relajación de las tensiones.

Sin embargo, un fallo adhesivo resina-diente, desencadenará una filtración marginal, con un entrada de bacterias directamente al interior de los túmulos dentinarios y la consecuente caries marginal, y una transmisión de estímulos mecánicos a la pulpa con la aparición de sensibilidad pulpar.

El fallo cohesivo en el diente generalmente es debido a un exceso de desmineralización en profundidad, ya que como apuntan algunos autores, el uso de los ácidos pueden modificar las propiedades mecánicas de las estructuras subyacente que producirán falta de adhesión. (7)

TENSION SUPERFICIAL

¿Ha observado el lector el agua y el mercurio en forma de pequeñas gotas? Estos líquidos toman la forma de gotas debido a la tensión superficial de los líquidos. Una gotita de líquido que no cae o no está bajo la influencia de la gravedad (como en un trasbordador espacial) asumirá la forma de una esfera. La esfera es la forma geométrica que tiene un mínimo de superficie. Las moléculas dentro del líquido son atraídas hacia las demás moléculas de líquido que las rodean. Sin embargo, en la superficie del mismo, la atracción casi toda es hacia adentro, tirando de la superficie para hacerla tomar la forma esférica. La resistencia de un fluido a un aumento de su área superficial se llama Tensión Superficial del líquido. Las sustancias con grandes fuerzas de atracción entre sus moléculas tienen tensiones superficiales altas.

El efecto de la tensión superficial en el agua se muestra por el fenómeno de un aguja que flota en la superficie de agua en reposo. Otros ejemplos son el movimiento de los mosquitos o zancudos sobre el agua de un estanque tranquilo, o el agrupamiento de gotas de agua en un vehículo recién encerado. (6)

SOLUBILIDAD

El término solubilidad describe la cantidad de una sustancia (solute) que se puede disolver en una cantidad específica de otra sustancia (solvente) en condiciones determinadas. Por ejemplo, 36.0 g de cloruro de sodio (NaCl) se disuelven en 100 g de agua a 20°C. Decimos, entonces, que la solubilidad del NaCl en agua es 36.0 g por 100 g de agua a 20°C.

La solubilidad se usa con frecuencia de modo relativo. Se dice que una sustancia es muy soluble, moderadamente soluble, poco soluble, o bien insoluble. Aunque estos términos no indican exactamente cuánto soluto se disuelve, se usan con frecuencia para describir la solubilidad cualitativamente. (6)

ENERGIA SUPERFICIAL

Para que exista adhesión las superficies tienen que ser atraídas entre sí a su interfase. Es posible la presencia de esta condición sin importar las fases (sólido, líquido o gas) de las dos superficies, con la excepción

de que no habrá adhesión entre dos gases por falta de una interfase.

La energía de la superficie de un sólido es mayor que la de su interior. Las distancias interatómicas son iguales y la energía es mínima. En la superficie de la red, la energía es mayor porque la mayor parte de los átomos no son atraídos por igual en todas direcciones. El ordenamiento de los átomos más cercanos al átomo A se equilibra, mientras que los átomos B y C tienen un número desequilibrado de átomos adyacentes.

El aumento de energía por unidad de área en la superficie se llama energía superficial o tensión superficial. La tendencia que muestra una película de jabón para condensarse y las gotas de un líquido para formar esferas por la tensión superficial, se debe al principio de un sistema que alcanza un estado de energía más bajo al minimizar sus área de superficie.

Los átomos superficiales de un sólido tienden a formar uniones con otros átomos próximos a la superficie para reducir la energía superficial del sólido. Esta atracción hacia la interfase para las moléculas

diferentes se llama adhesión; por ejemplo, las moléculas en el aire son atraídas hacia la superficie, y adsorbidas por el material. La plata, platino y oro ejercen adsorción de oxígeno con facilidad. En el oro, las fuerzas de unión son de tipo secundario, pero en el caso de la plata es posible que la atracción sea por unión química o primaria, y que se forme óxido de plata.

Cuando actúa la unión primaria, la adhesión se denomina quimioadhesión, a diferencia de la unión física por las fuerzas de van der waals. En la quimioadsorción, la unión química se forma entre el adhesivo y el adherente como hemos visto, un ejemplo de este tipo de adhesión es la película de óxido sobre la superficie de un metal. Las fuerzas de van der waals son más débiles que la adhesión primaria ya que son intermoleculares y no intramoleculares.

Las fuerzas de van der waals siempre preceden a la quimioadsorción. Después, a medida que la distancia entre el adhesivo y el adherente disminuye, la unión primaria se hace efectiva. Sin embargo, la quimioadsorción se limita a la primera capa del adhesivo que está sobre el adherente.

La energía de la superficie y, por tanto, las cualidades adhesivas de un sólido determinado pueden disminuir por cualquier impureza de la superficie, así como la adsorción de gas u oxidación. Los grupos químicos funcionales disponibles, incluso el tipo de plano cristalino de una red espacial presente en la superficie, afecta la energía superficial. En resumen, a mayor energía superficial mayor capacidad de adhesión.

HUMEDECIMIENTO

Es muy difícil conseguir que dos superficies sólidas se adhieran; a pesar de lo que parezcan sus superficies, son muy rugosas cuando se ven en dimensiones atómicas o moleculares. En consecuencia, cuando se colocan en aposición sólo están en contacto las "elevaciones" o puntos salientes. Como estas áreas constituyen apenas un pequeño porcentaje de la superficie total, no se produce adhesión perceptible. La atracción es insignificante cuando las moléculas superficiales de las sustancias atraídas están separadas por distancias mayores de 0.0007 micrómetros o micrones (μm).

Un método para superar esta dificultad consiste en utilizar un líquido

que fluya en estas irregularidades y produzca el contacto en la mayor parte de la superficie del sólido; por ejemplo, cuando se colocan dos vidrios pulidos, uno contra otro y se presionan, tienen poca tendencia a adherirse por las razones expuestas. Sin embargo, si se introduce una película de agua entre ellos será muy difícil separarlos. La energía superficial del vidrio es lo suficientemente grande como para atraer las moléculas de agua.

Para producir adhesión de esta manera, el líquido tiene que fluir con facilidad sobre toda la superficie y adherirse al sólido. Esta característica se llama humedecimiento. Si el líquido no moja la superficie del adherente, la adhesión entre líquido y adherente se ve limitada o inexistente. Si hay un humedecimiento real de la superficie en el sólido o adhesión en sí, no en la interfase en la que el sólido y el adhesivo están en contacto.

La capacidad de un adhesivo para mojar la superficie depende de varios factores; como ya se dijo, la limpieza de la superficie tiene particular importancia. Una película de agua de apenas una molécula de espesor en la superficie del sólido produce la energía superficial del

adherente e impide el humedecimiento con el adhesivo. De igual manera, una película de óxido de una masa de una superficie metálica inhibe el contacto de un adhesivo.

La energía superficial de algunas sustancias es tan baja que pocos o ningún líquido humedecerán su superficie; por ejemplo, algunas sustancias orgánicas. El empaquetamiento ordenado de los grupos orgánicos estructurales y la presencia de halógenos impide el humedecimiento. La resina sintética llamada en el comercio Teflón (politetrafluoroetileno) puede usarse con frecuencia para impedir la adhesión de películas a la superficie. Por otro lado, los metales interactúan bien con el líquido adhesivo, porque su energía superficial es alta; en general, las energías superficiales más o menos bajas de los líquidos orgánicos y la mayor parte de los inorgánicos permiten su diseminación libre sobre los sólidos de energía superficial alta. Así, la formación de una solución adhesiva fuerte requiere de un buen humedecimiento. (9

POLIMERIZACION

La composición de una sustancia polímera se describe en términos de sus unidades estructurales, como lo indica la etimología de la palabra polímero (es decir, "muchas partes"). La polimerización se produce a través de una serie de reacciones químicas por las cuales se forma una macromolécula o polímero a partir de una gran cantidad de moléculas simples conocidas como monómeros (una molécula o un mero). En otras palabras, gran cantidad de moléculas (meros) de bajo peso molecular, de una o más especies, reaccionan y forman una molécula grande de elevado peso molecular. Las características más importantes de los polímeros son: que están compuestas de muchas moléculas grandes; casi invariablemente el peso molecular de las macromoléculas individuales no es constante con un gran margen de variabilidad, y su estructura molecular es capaz de adoptar configuraciones y conformaciones casi ilimitadas.

El polímero consta básicamente de una unidad estructural simple repetida en particular, y que en esencia se relaciona con la estructura del monómero. Las unidades se conectan una con otra en la molécula

del polímero por enlaces covalentes. En algunos casos, el peso de la molécula de polímero llega a 50 millones. Cualquier compuesto químico cuyo peso molecular exceda 5 000, se considera macromolécula. Por tanto, la polimerización es una reacción intermolecular repetida capaz de continuar de manera indefinida.

La macromolécula puede ser un polímero inorgánico, como el grafito o arcilla; en la actualidad, los que se utilizan en odontología son orgánicos.

Las moléculas de un polímero constan invariablemente de especies cuyo grado de polimerización varía dentro de un gran margen considerable. Pero el promedio divide el número total de unidades estructurales entre el número total de moléculas. Otro método para expresar el grado de polimerización es el promedio de peso molecular, que representa el peso de la muestra dividido entre la cantidad de moles que contiene.

El número molecular promedio de los diferentes polvos de polímero dental comercial varía de 3,500 a 36,000, mientras que los mismos

productos después del curado muestran 8.000 a 39,000. Las bases para dentadura polimerizadas registran pesos moleculares de hasta 600,000. Los dientes artificiales de resina con cadenas cruzadas tienen peso molecular aún más alto.

La polimerización nunca termina por completo y el porcentaje del monómero residual tiene efecto notable en el peso molecular. Por ejemplo, cuando queda 0.9% de monómero residual en una muestra de resina de polímero cuyo número promedio de peso molecular es 22,400, el peso molecular de la resina curada es de 7,300. (9)

POLIMERIZACION POR CONDENSACION:

Las reacciones que producen polimerización por condensación se llevan a por los mismos mecanismos de las reacciones químicas entre dos o más moléculas simples. Los compuestos primarios reaccionan con la formación de productos colaterales como agua, ácidos halógenos y amoniaco. La estructura de los monómeros es tal que el proceso puede repetirse por sí mismo y dar lugar a macromoléculas. Sin embargo, los meros (unidades que se repiten) contienen menor número

de átomos que el monómero original.

En el pasado en odontología se utilizaron varias resinas por condensación en la elaboración de bases para dentadura. La resina principal fue la de fenol-formaldehído conocida como "baquelita", denominada así en nombre de su inventor, L.H, Bakeland.

Las reacciones de esta resina son muy complicadas y se desconoce la naturaleza exacta de su estructura final. Las primeras reacciones se producen entre el fenol y formaldehído para formar alcohol de algún tipo; luego, los alcoholes reaccionan por condensación y forman macromoléculas.

Cuando el peso molecular es relativamente bajo, el material se conoce como "resol". En esta fase es termoplástico y soluble en alcohol. Es posible moldearlo, además reacciona bajo la acción del calor y para transformarse en su forma final, una "resina". En esta fase es insoluble y no se funde.

Aunque el producto se utilizaba en bases para dentaduras, era

translúcido y resistente, y carecía de estabilidad química en la boca. Es posible que, por oxidación gradualmente perdiera su color.

Al progresar la ciencia, se amplió la clasificación de resinas por condensación. Los polímeros cuyas unidades se ligaban por grupos funcionales (como amida, uretano, éster o azufre), aun sin la formación de un producto colateral, también se clasificaron como resinas por condensación. El poliuretano es un ejemplo de polímero de este tipo; se forma al reaccionar un diol con disocianato. La unión de uretano (OCONH) se repite en toda la cadena.

Así, las resinas por condensación son aquellas en las que: 1. La polimerización se acompaña de eliminación repetida de moléculas pequeñas o 2. Los grupos funcionales se repiten en la cadena de polímero.

La formación de polímeros por condensación es lento por su formación paso a paso, de monómero o dímero, trímero y así sucesivamente, hasta que se forman grandes moléculas de polímero que contienen muchas moléculas de monómero. Con esto, el proceso

de polimerización tiende a detenerse antes de que las moléculas alcancen un tamaño realmente grande porque, a medida que crece la cadena, se tornan menos móviles y numerosas. Los productos como el nylon, adquieren sus propiedades más valiosas cuando alcanzan un peso molecular de 10,000 a 20,000.

Pero es muy difícil generar moléculas cuyos pesos estén en las centenas de millar o en unidades de millón por medio de la condensación.

En la actualidad, las resinas por condensación no tienen gran empleo en restauraciones o aparatos dentales protésicos; sin embargo, los adelantos en la química de polímeros alteran en forma rápida esta situación. El hule de polisulfuro como material para impresiones es ejemplo de una reacción de polimerización por condensación que se utiliza ampliamente en odontología. La pasta polisulfuro de bajo peso molecular se convierte en un material de alto peso molecular por una reacción de condensación.

POLIMERIZACION POR ADICION:

Las resinas de mayor uso en los procedimientos dentales son productos de la polimerización por adición. De hecho, este proceso es tan frecuente, que muchas veces al utilizar el término de polimerización solo, se da por entendido que se trata de polimerización por adición. A diferencia del proceso por condensación no hay cambio en la composición.

Las macromoléculas se forman a partir de unidades más pequeñas o monómeros sin cambios de composición, pues tienen las mismas fórmulas empíricas. Es decir, se repite en el polímero muchas veces la estructura del monómero. Este proceso se lleva a cabo sin la formación de productos colaterales.

En contraposición con la polimerización por condensación, aquí es posible formar con facilidad moléculas gigantes, casi de tamaño ilimitado. Comienzan por un centro activo, incorporan un monómero a la vez y arman una cadena que en teoría puede seguir su crecimiento de manera indefinida hasta que lo permita el aporte de unidades que lo

constituyen. El proceso es simple pero no fácil de controlar. Uno de los requisitos para un compuesto polimerizable por adición es la presencia de un grupo no saturado. El etileno es el monómero más simple capaz de polimerizarse.

En teoría R puede ser casi cualquier radical que se escoja; por ejemplo, el hidrógeno y el gas etileno original puede polimerizar bajo calor y presión hasta convertirse en polietileno. (9)

AMALGAMA

Es una aleación formada por dos o más metales, siendo uno de ellos el mercurio. Si fuera una aleación binaria, por Ej. la plata y el mercurio, tendría la característica que sus elementos se han mezclado a temperatura ambiente, siempre y cuando la plata estuviera en forma de pequeñas limaduras lo cual facilitaría su mezcla con el mercurio cuyo estado es el líquido a dicha temperatura ambiente. Ahora bien si la amalgama a la que nos referimos es un aleación de tipo terciario o formada por más de tres metales, se de la siguiente situación, el mercurio se mezcla con las pequeñas limaduras, de la aleación previa

de los metales obtenida tras enfriamiento después de su fusión y mezcla.

Estas aleaciones previas tienen unas propiedades definidas según los metales utilizados, así como sus proporciones y todo el proceso de fabricación que suele ser distinto de unos fabricantes a otros. La utilización de amalgama a nivel industrial es muy importante y su campo de aplicación extenso. La base de la amalgama es el mercurio, metal líquido en condiciones normales.

Amalgamas Dentales:

Es una aleación formada por dos o más metales, siendo uno de ellos el mercurio en una proporción aproximada de un 50%. La aleación previa, ya citada anteriormente, está compuesta por plata principalmente, por estaño y por cobre. Dependiendo de muchos factores como son : elementos de la aleación previa, su composición, sus proporciones, la forma y el tamaño de sus partículas, así como los tratamientos de fabricación y del factor mercurio, existen un gran número de tipos de amalgamas que describiremos posteriormente.

La mezcla de aleación previa y mercurio se realiza a temperatura ambiente mediante procedimientos mecánicos, es interesante que durante esta mezcla o amalgamación se produce una reacción exotérmica de carácter mecánico y no químico como algunos cementos y resinas dentales, de ello la importancia de una manipulación correcta.

El producto de la mezcla, en los primeros dos minutos aproximadamente, es una masa blanda, deformable a la presión con los dedos (se puede experimentar esta característica a efectos de demostración pero no en la práctica clínica), que permite su inserción en cavidades preparadas oportunamente adaptándose a sus paredes mediante el procedimiento denominado condensación, de una gran importancia clínica y en ocasiones no muy tenida en cuenta.

En estos momentos iniciales de mezcla, la amalgama experimenta reacciones entre sus componentes y va adquiriendo una textura más rígida hasta alcanzar, en el plazo de tres, cuatro a seis minutos la característica de cuerpo sólido, rígido e indeformable, que ha adquirido la forma de la cavidad donde ha sido insertada. Al cabo de este tiempo, aún podemos conformar la superficie, la cual ha debido ser dotada de

mayor volumen que el definitivo, mediante elementos recortadores a base de instrumento manuales de metal que con bordes afilados que permiten recortar la amalgama colocada en exceso obteniendo una superficie anatómica y al mismo nivel que tiene el esmalte dentario, en el caso de aplicaciones para obturaciones, conformando un correcto límite cavo-superficial.

HISTORIA Y EVOLUCION DE LAS AMALGAMAS DENTALES

Siempre en la confección y evolución de cualquier material existen unos inicios conocidos, en este caso ocurre igual. Sabemos que se inicia el uso de las amalgamas (nos referimos a las amalgamas dentales) en Francia en 1826, de donde pasan a la América del Norte bajo la denominación de pasta de plata, nombre adecuado según el mercado de aquellos tiempos, compuesto seguramente a base de limadura de algún tipo de monedas hechas de plata, cobre y estaño, que mezcladas con mercurio, de forma manual, mediante un pequeño mortero y pistilo de vidrio, eran colocadas en las cavidades que habían sido más o menos limpiadas de los tejidos cariosos. Como era fácil de manejar este material, después de un cierto tiempo tuvo una regular difusión entre la

profesión dental.

Se mejoraron sus propiedades gracias a las aportaciones de E. Townsend que preparó una aleación previa (que a partir de ahora mencionaremos solo como "aleación") a base de plata y estaño a iguales proporciones J.F. Flagg, mejoró esta aleación, con un 65% de plata, 35% de estaño y un 5% de cobre. G.V.Black, en 1896, estudió y demostró que una aleación con un 65% de plata y proporciones de un 28% de estaño y el resto de cobre y cinc, daba a la amalgama resultante unas propiedades realmente buenas clínicamente.

Naturalmente se probaron otros tipos de amalgamas con proporciones de distintos metales como oro, níquel etc. que por dificultades en las reacciones con el mercurio se abandonó su estudio, después de dar unos resultados pobres.

Hacia 1900, se utilizó la "amalgama de cobre", tratando de aprovechar el efecto bactericida del cobre, pues las amalgamas hasta entonces utilizadas no eliminaban el gran número de caries recidivantes, pero al no dar los resultados esperados se abandonó su uso. No

obstante hoy día se utilizan amalgamas con cobre, que pueden ser con alto contenido, más del 12% y de bajo contenido en cobre menos del 5%, como veremos posteriormente.

Siendo importante conocer los componentes de las amalgamas para obtener unos buenos resultados clínicos, no lo es menos el de manipularla adecuadamente, empezando por una correcta mezcla de la aleación y el mercurio, amalgamación.

AMALGAMAS DENTALES: COMPONENTES

Aleaciones dentales para amalgama:

Son partículas que forman un fino polvo.

Composición:

Están formadas generalmente por plata, estaño y cobre, son pues aleaciones ternarias, algo anterior en el tiempo eran cuaternarias, pues llevaban cinc. Este cinc tenía la función de permitir una buena colada,

es decir facilitaban el proceso de fabricación, pero tenía un grave inconveniente, este era el de la expansión que se producía si durante la obturación la amalgama se contaminaba con algo de saliva, lo cual era bastante frecuente, por eso las amalgamas actuales no contienen cinc y así se denominan si no sobrepasan la cantidad de 0.01%. Otros elementos que en ocasiones llevan las aleaciones son metales en pequeña cantidad, menos del 1%. Es frecuente que a la aleación se incorpore algo de mercurio, incluso un 3% lo cual facilita la amalgamación posterior.

Porcentajes:

Existen multitud de tipos de amalgamas según el porcentaje de los elementos que la componen, pero refiriéndonos a lo más general, podemos hacer dos grandes grupos, uno, las denominadas aleaciones tradicionales con contenido bajo en cobre, menos del 5%, al que acompañan la plata en un 67% y el estaño un 28% y otro gran grupo donde se encuentran la mayoría de las amalgamas actuales denominadas con alto contenido en cobre, por encima de un 12% y la plata y el estaño en una relación aproximada de 3/1.

Forma y tamaño:

Existen dos tipos de formas de las partículas en función de su preparación industrial a partir de lingotes de unos 10k de la aleación preparada al efecto, uno es el de limaduras que se obtienen mediante el uso de tornos en conjunción con mallazos hasta obtener unas

dimensiones adecuadas, estas dimensiones en su uso inicial, tenían un tamaño de unas 10 micras, hoy día se obtienen limaduras de 20 y 40 micras, o parecidas que mezcladas en distintas proporciones confieren a la aleación una granulometría óptima para formar la amalgama confiriéndola unas buenas propiedades mecánicas.

Otra forma de las partículas en la esférica o esferoidal, que se obtienen en una cámara de vacío donde se inyecta la aleación fundida, formándose una especie de spray en la parte superior de la cámara de vacío tomando las partículas que se van formando la forma esférica, debido al vacío, y al ir cayendo se van solidificando, recogándose las partículas en la parte inferior. El tamaño de estas partículas puede elegirse fácilmente, simplemente variando el flujo y el vacío en la

cámara. Se pueden obtener tamaños desde 1 micra en adelante e igual que con las limaduras se tiende a obtener una aleación con distintas granulometrías. Alguna amalgama, con partículas esferoidales, las someten a un proceso suave de triturado posterior, con el fin de obtener unas ciertas irregularidades en las partículas esferoidales para facilitar su condensación en el momento de realizar las obturaciones.

Mercurio:

Es un metal que en condiciones normales es líquido, tienen una gran densidad 13.6 g/ml, n° atómico 80, de color grisáceo y aspecto brillante, tendiente a formar, en caso de derramamiento sobre una superficie pequeñas bolitas, debido a su gran tensión superficial, 450 dinas/cm (el agua tiene 73), de ello se deriva su baja mojabilidad. Es sólido a -38° C. el mercurio, además de tóxico y muy volátil a la temperatura ambiente teniendo una presión de vapor de 20 mg/m³ , unas 400 veces al máximo del nivel permitido. Una pequeña gota puede saturar el aire de un consultorio.

Por lo dicho anteriormente se desprende que la potencial toxicidad

del mercurio recae, sobretudo, en el personal que trabaja en un consultorio, aunque actualmente el mercurio no se maneja directamente sino que viene preparado en cápsulas herméticas que impiden el contacto con la atmósfera; tras ser activada la cápsula, se produce la amalgamación en la cual el mercurio ya está ligado a la aleación desapareciendo, prácticamente su volatilidad y peligro para el personal del consultorio.

Mucho se ha escrito sobre la toxicidad del mercurio debido a obturaciones, pero poco ha sido lo demostrado. A grandes rasgos, citaremos que se han producido y demostrado, algunas hipersensibilidades debidas al mercurio, que dentro de los millones de obturaciones que se hacen tiene poca relevancia, en cuanto a problemas de carácter sistémico, en órganos, existe una gran controversia y por lo tanto falta de demostración clara permiten incinerar cadáveres con obturaciones de amalgama, aunque tal vez sean permisivos con el mercurio que tienen muchos peces por contaminación de vertidos industriales en las aguas.

Clasificación:

Una clasificación, es un ordenamiento de cosas en relación a una propiedad o característica común, por ello una clasificación de las amalgamas puede ser, y es lo más común, en relación a las distintas aleaciones y dentro de ellas según su composición, proporción, forma etc., por ello podríamos hacer una clasificación interminable si combináramos todos esos parámetros con las variaciones que pueden tener, así que damos una clasificación que creemos sencilla:

Amalgamas Tradicionales:

Son aquellas con proporciones aproximadamente de 70% de plata, 25% de estaño y menos de un 5% de cobre, no suelen tener cinc y la forma de las partículas de las aleaciones son limaduras entre 20 y 50 micras. Hoy también se fabrican con partículas esféricas y tamaño variable. Como se ve, tienen un contenido denominado bajo en cobre, menos del 5%.

Amalgamas ricas en cobre:

Se les apellidan "sin fase γ_2 ". Son aquellas cuyas proporciones de mercurio son mayores de un 12 %, siendo las proporciones de plata y estaño muy variables, ello debido a que las normas de la ADA, que inicialmente fueron muy rígidas, son más elásticas que en los inicios de su utilización, dentro de ellas y en función de las formas y proporciones de las partículas tenemos dos subgrupo

AMALGAMAS RICAS EN COBRE DE PARTICULAS ESFEROIDALES:

Sus proporciones suelen ser de 70% de plata, 17% de estaño y 13% de cobre. Se obtienen mediante la fusión de sus elementos y sometidos a la ya citada cámara de vacío, como la proporción que resulta de cada una de las partículas es la misma a este tipo de amalgamas se la denomina <<de composición única>> al hablar de la metalografía de las amalgamas haremos alguna otra consideración.

AMALGAMAS DE FASE DISPERSA:

Son mezclas de dos tipos de aleaciones, 2/3 son de amalgamas tradicionales, tanto en su composición como en las limaduras que forman sus partículas y el otro 1/3 está formado por una aleación rica en cobre y plata, en tales proporciones que se denomina eutéctico plata-cobre.

Metalografía de las amalgamas:

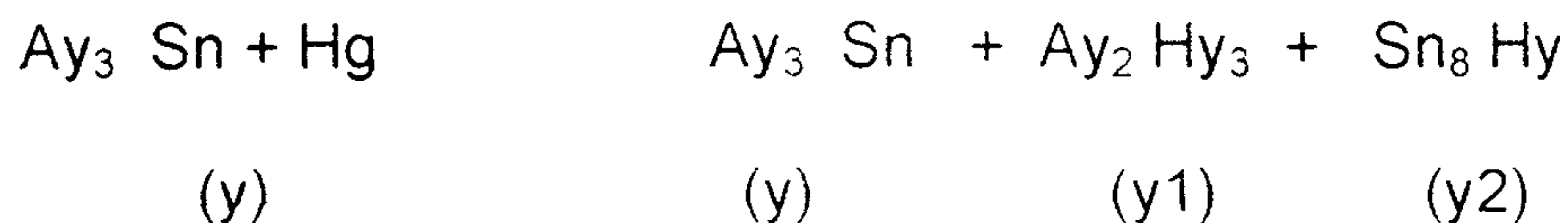
Este es un tema que parece difícil de entender y sin aplicación clínica, pues bien, aunque cuesta algo de entender tiene gran importancia clínica, pues de alguna forma depende según la manipulación que de la amalgama hagamos. Damos una explicación sencilla con visión global.

En el caso de las amalgamas convencionales o tradicionales, las partículas son uniones entre la plata y el estaño formando la denominada fase γ (gamma) o Ag_3Sn , al mezclarla, con el mercurio, este difunde dentro de las partículas, con lo cual disminuye ligeramente

el volumen, o dicho de otro forma se produce una leve contracción, al mismo tiempo reacciona con la parte externa de las partículas disolviéndolas, si tenemos en cuenta que la solubilidad de la plata en el mercurio es de 0.035% en peso y la del estaño es de 0.6%, al pasar de estos límites precipitan la plata y el estaño, de manera cristalino cúbico centrado en el cuerpo en el caso de la plata y que es conocido como fase Y1 o Ag_3Hg_3 , siendo su característica principal la de gran resistencia a las fuerzas mecánicas de compresión; en el caso del estaño se forma un compuesto cristalino hexagonal denominado fase y2 ó Sn_8Hg , con características especial de ser corrosible dando unos productos secundarios como óxidos produciendo un aumento de volumen o dicho de otra forma una expresión, con lo cual no es deseable su aparición. Por este motivo aparecen las amalgamas ricas en cobre, que obvian en gran parte este problema.

Durante la reacción, parte de la fase γ (gamma) se queda sin reaccionar, formando un núcleo rodeado por las fases gama 1 y gamma 2 que al crecer arborescentemente forman la denominada matriz donde el mercurio al reaccionar con la palta y el estaño pasa a formar parte de unas estructuras sólidas, dando rigidez al producto final que es una

amalgama fraguada por cristalización. La reacción puede resumirse así:



Como ya hemos visto, a las amalgamas con más de un 12% de cobre, las denominamos "ricas en cobre" y su función principal es evitar la formación, en lo posible, de la nefasta fase y2. Veamos como reaccionan los dos tipos de amalgamas ricas en cobre.

En el caso de las amalgamas ricas en cobre de composición única o simple, los elementos de plata estaño y cobre se encuentran formando fases como la y (a base de plata y estaño) o bien como fase épsilon a base de cobre y estaño o $\text{Cu}_3 \text{ Sn}$, también puede haber otras fases como la Beta que tienen menos importancia , pues bien el momento de la amalgamación en el mercurio penetra dentro de las partículas reacciona con los elementos que tienen sus fases formando otras fases distintas, y ello en función de la distinta solubilidad del mercurio en los otros metales. La solubilidad del cobre en el mercurio es muy pequeña.

Por lo cual la fase épsilon, a base de cobre y estaño, apenas varía. El igual que ocurría con las amalgamas convencionales, la fase gamma, base de las partículas, reacciona con el mercurio formando alrededor fases Gamma 1 y Gamma 2, mientras que en la periferia de la fase gamma la composición que resulta es una aleación de plata y cobre, que al reaccionar con la fase gamma 2 que la rodea forma fase $(Cu_6 Sn\%)$ y $(Ag_2 Hg_3)$, de ello se desprende que al igual que en las amalgamas ricas en cobre de fase dispersa, la fase gamma 2 desaparece al cabo de unos días.

En el caso de las amalgamas ricas en cobre la de fase dispersa, la fase gamma 2 se produce alrededor de las limaduras e irregularidades plata-estaño o fase gamma 1, y se elimina alrededor de las partículas esferoidales plata- cobre eutécticas.

Propiedades de las amalgamas:

Las propiedades tanto físicas como químicas de las amalgamas pueden variar según la manipulación. La American Dental Association (A.D.A) determina que las amalgamas deben cumplir tres requisitos

necesariamente dentro de unos rangos:

- El primero es el cambio dimensional cuyo rango es de ± 20 micras medido en un probeta a las 24 horas de preparada.
- El segundo es el "creep" cuyo valor máximo aceptado es de un 3%. El "creep", es la variación de la longitud, disminución, que se produce al cabo de 4 horas después de aplicar una carga de 36 MN/m^2 sobre una probeta específica a los siete días de su preparación.
- El tercero es la resistencia a la fuerza mecánica de compresión sobre una probeta a la hora de su preparación, ejercida con un régimen de carga de 0.25 mm/minuto y debe ser un mínimo de 80 MN/m^2 antes de producirse la fractura

Factores que influyen sobre los requisitos mínimos de aceptación de las amalgamas:

Sobre el primer requisito, cambio dimensional existen tres factores que lo afectan, son:

Tamaño de las partículas:

Cuanto más pequeñas sean, a igual peso, mayor superficie presentan para reaccionar con el mercurio, el cual al difundir en su interior con más facilidad determina una contracción inicial mayor.

Cantidad de mercurio inicial:

Si existe más mercurio del necesario, este reaccionará más con las partículas produciendo más cantidad de fases gamma 1, y gamma 2, produciendo una mayor expansión.

Tiempo de trituración:

Si este tiempo es mayor del normal, se produce una contracción inicial mayor.

Actualmente, las amalgamas, en general, tienen una discreta contracción que si es mayor de 50 micras permite la filtración marginal y posibilidad de recurrencias de caries, por ello se utilizan barnices

previamente a la colocación de las amalgamas que ocupando esta interfase evitan en lo posible las filtraciones marginales, no obstante se utilizan adhesivos previos a la colocación de las amalgamas disminuyendo más aún las filtraciones que con los barnices. Sólo las amalgamas ricas en cobre de fase dispersa tienen una ligera expansión inicial, dificultándose por ello la filtración marginal. El mismo efecto, aún mayor, tienen las denominadas aleaciones a base de galio.

Sobre el segundo requisito, "creep", hay que hacer alguna consideración. En primer lugar el "creep" es un ensayo o prueba de carácter "in vitro" donde la probeta es sometida a una carga constante, determinando el cambio de tamaño en % al cabo de un cierto tiempo, en cambio, existe otra denominación que fácilmente se confunde con ella, es la de escurrimiento dinámico, mediante la cual se somete a una probeta a una carga fluctuante y por debajo de su límite elástico, que termina por producir una deformación permanente o plástica. Otro término que induce a confusión es el de "flow", que es una prueba similar al "creep" pero antes de que la probeta fragüe. Estos fenómenos son debidos al carácter viscoelástico que tiene la amalgama. Los factores que influyen sobre el "creep" son:

Tipo de aleación:

Los valores más altos, de un 6% aproximadamente de "creep", son los peores clínicamente, se encuentran en las aleaciones con bajo contenido de cobre., los valores más bajos, de un 0.05% aproximadamente es decir los mejores en clínica, se encuentran en las amalgamas con aleaciones de alto contenido en cobre, de composición única y partículas esferoidales, por último en las amalgamas de fase dispersa el "creep" es inferior al 0.4%.

Condensación:

El "creep" disminuye al aumentar la presión durante la condensación.

Cantidad de mercurio:

El "creep" disminuye si disminuye la cantidad de mercurio utilizado.

Temperatura:

Al aumentar la temperatura aumentara el "creep".

En cuanto el tercer requisito o resistencia a la fractura por compresión, depende de varios factores:

Fases de las aleaciones:

Cuanta más cantidad de fase gamma lleve la aleación, mayor será su resistencia mecánica, mientras que si la aleación lleva otras fases como la beta, caso muy frecuente, o eutécticos, darán amalgamas menos resistentes.

Tamaños y formas de las partículas:

Las partículas pequeñas dan mayor resistencia que las mayores. Las partículas esféricas, que necesitan menos mercurio ofrecen más resistencia a la compresión que las de forma de limadura.

Tiempo de trituración:

A menor tiempo, mayor fragilidad y similar resistencia compresiva.

Cantidad de mercurio:

Si la cantidad de mercurio final está entre 45 y 53% no se afecta mucho la resistencia a la compresión, pero si pasa del 55%, la resistencia puede ser la mitad, lo cual ocurre con un 60% de mercurio.

Condensación:

En las amalgamas con aleaciones de partículas a base de limaduras, una buena condensación elimina una gran parte del mercurio sobrante, que apareciendo en la parte sobre obturada se elimina fácilmente al tallar la superficie para dar la forma anatómica a la restauración, mientras que en las amalgamas con aleaciones a base de partículas esféricas, la condensación es menos importante, pues el mercurio no aflora tan fácilmente a la superficie, es como si escurriera entre las partículas esferoidales, este es el motivo por el que algunas casas comerciales que producen este tipo de partículas, las someten a una deformación mecánica posterior, para facilitar su unión entre sí durante la condensación, permitiendo la afloración del mercurio a la superficie.

Pigmentación y corrosión:

Las aleaciones están formadas por distintas fases, y cada una con distintos potenciales eléctricos y por tanto distinta resistencia a la corrosión. La más resistente es la fase gamma 1, seguida por la gamma y a continuación por el eutéctico, fase h y por último la gamma 2. La corrosión puede tener varios grados, desde un simple deslustrado superficial hasta una corrosión en profundidad. En las amalgamas ricas en cobre se observa corrosión pero solo en la superficie, estas amalgamas tienen carácter catódico en relación con las amalgamas bajas en cobre y si se colocan de ambos tipos es una misma boca se produce una corrosión, acelerada, en la baja en cobre.

Utilización de la amalgama

Conlleva las siguientes fases:

Elección de la amalgama: estará en función del tipo de aleación según composición, alto o bajo contenido en cobre, según forma de las partículas, según tamaños y porcentajes así como de la cantidad de

mercurio a utilizar. Además tendremos la opción de elegir la presentación del producto, siendo el más seguro, tanto para el resultado del trabajo como el de la seguridad en cuanto a efectos tóxicos no deseados, la presentación en cápsulas que tendrán además una codificación según la cantidad a emplear, variando desde el no 1 con unos 350 mg de producto hasta el no. 3 con unos 900 mg. Otras opciones más baratas consisten en la mezcla mediante aparatos dispensadores de partes preelegidos por nosotros de aleación y mercurio, aunque tiene mayor riesgo de contaminación mercurial.

Preparación de la amalgama: es el proceso conocido como amalgamación, mediante el cual y de forma mecánica mezclamos enérgicamente y en un tiempo determinado la aleación con el mercurio. Se realiza mediante aparatos que regulan tanto la energía de mezclado, ciclos por segundo como el tiempo. Debido a la trituration mecánica se produce un aumento de temperatura que puede llegar a los 70 °C, por lo cual existen ya amalgamadores con mezclado, parada y mezclado, regulado electrónicamente para obviar este inconveniente.

Condensación: Realizada la mezcla, se abre la cápsula vertiendo la

amalgama en un vaso de metal con paredes que terminan en un fondo cónico ("fuente") que permite fácilmente tomar porciones de la amalgama mediante un instrumento denominado porta amalgama y que llevamos a la cavidad preparada depositándola en el fondo, procediendo a continuación a su condensación con una cierta presión mediante instrumentos manuales, de tal forma que mediante cantidades incrementales obtengamos una sobre obturación que al ser la zona donde se acumula mayor proporción de mercurio este será eliminado al proceder al tallado de la superficie de forma anatómica obteniendo unas buenas propiedades mecánicas.

Otro medio de realizar la condensación es mediante procedimientos mecánicos, pero tienen el grave inconveniente de producir en elevado nivel de vapor de mercurio en la atmósfera del consultorio. De forma similar se produce este vapor de mercurio al retirar las amalgamas anteriores, en casos de recidivas u otros tratamientos, mediante el uso de turbinas, por lo cual es imprescindible utilizar spray de agua.

Terminado: En esta primera sesión clínica se termina la obturación mediante el bruñido y si fuera necesario control de la oclusión, dejando

para otro momento la terminación definitiva mediante el pulido que realizaremos al menos pasadas 24 horas.

Amalgamas adheridas:

Son procedimientos que se realizan colocando antes de la amalgama unas sustancias denominadas adhesivos de amalgama, tratando de unir íntimamente la amalgama al tejido dentario con objeto de eliminar la interfase que se produce generalmente impidiendo con ello la filtración marginal y por tanto la recurrencia de caries.

Los adhesivos utilizados más frecuentemente son hidrofílicos con grupos químicos como el 4-META, B.PD.M. y HEMA. (7)

EVOLUCION DE LAS AMALGAMAS ADHERIDAS

Los adhesivos para amalgama a partir de adhesivos con capacidad de unión a metales, desarrollados en el área de prótesis fija, en la búsqueda de alternativas a los métodos convencionales de retención mecánica para las resinas sobre el metal o de fijación de los puentes

adhesivos, con el fin de simplificar los procedimientos de laboratorio y mejorar el resultado clínico. Los primeros adhesivos para metales se basaron en un derivado del anhídrido 4-metacriloxietiltrimelítico (4-META), que mostró elevados valores de adhesión a distintas aleaciones metálicas de uso protésico. Posteriormente surgió otro producto con capacidad adhesiva sobre distintos metales basado en una formulación diferente, consistente en un éster fosfórico de la resina de Bowen o bis-GMA, que constituye el componente fundamental de la matriz orgánica de los composites (Panavia Ex, Kuraray, Osaka, Japón)

Los primeros trabajos sobre amalgamas adheridas fueron llevados a cabo en 1986, por Vargas y colaboradores utilizando Panavia y un derivado del 4-META no comercializado, con estudios de fuerza de adhesión y filtración marginal.

Posteriormente, Staninec en diferentes trabajos y Lacy desarrollaron las posibilidades clínicas de utilización de la amalgama adherida. También Padrós y colaboradores publicaron una serie de interesantes trabajos sobre este tema. La aparición de nuevos adhesivos, como los denominados adhesivos de cuarta generación o universales, basados en

diferentes resinas hidrófilas, y las distintas posibilidades clínicas que la técnica de adhesión sobre la amalgama ofrece, determina que se siga desarrollando una intensa actividad investigadora sobre ésta área en la actualidad.

TIPOS DE ADHESIVOS

En la actualidad disponemos de diferentes tipos de adhesivos para amalgama. Los continuos avances que se producen en el campo de la adhesión permiten esperar que en un futuro nuevas formulaciones, cada vez con mayor eficacia adhesiva. Solo serán útiles como adhesivos para amalgama aquellos materiales que sean autopolimerizables o con sistema de polimerización dual, ya que el éxito de la restauración deriva, como se verá mas adelante de la condensación de la amalgama sobre el adhesivo aún en estado líquido, debiendo producirse su polimerización posteriormente. Los sistemas adhesivos disponibles en la actualidad son los siguientes:

DERIVADOS DEL 4-META

Pertenecen al grupo de las resinas hidrófilas. El sistema consta de una base de metacrilato (MMA) e hidroxietilmetacrilato (HEMA), en la que se incorpora el componente activo 4-META, usando como catalizador tri-N-butilburano (TBB). Pertenecen a este grupo los siguientes productos: Amalgabond, Amalgabond Plus, Metabond y Cover Up.

DERIVADOS DEL BPDM

Su componente básico deriva del sistema de adhesión de oxalatos desarrollado por Bowen en 1982. Se trata también de resinas hidrófilas y consiste en una combinación de N-tiliglicin-glicidilmetacrilato (NTG_GMA) y bifenildimetacrilato (BPDM). Incorpora modificadores de la tensión superficial, para mejorar la capacidad de impregnación del adhesivo sobre los sustratos, aspecto básico en este tipo de adhesión (All-Bond y All-Bond II, Bisco, Itasca, Il., EE.UU).

ESTERES DE FOSFATO DE BIS-GMA

Su capacidad adhesiva deriva de los grupos fosfato activos incorporados en el monómero de resina. Pertenecen a este grupo: Clearfil New Bond, Clearfil Photo Bond y Panavia (Kuraray, Osaka, Japón). El último de los citados incorpora además relleno inorgánico, por lo que se trata de una resina compuesta. Tiene la característica de presentar polimerización anaeróbica, es decir, no polimeriza en contacto con el oxígeno, siendo necesaria la aplicación de un aislante protector contra el oxígeno, como el que suministra el fabricante en forma de gel, para permitir su polimerización.

MECANISMO DE ACCIÓN

Debemos decir en primer lugar que el principal componente de la unión entre los distintos adhesivos y la amalgama es de tipo mecánico, por imbricación del adhesivo con el sustrato adhesivo, siendo el componente químico de escasa importancia. Por ello, es fundamental que el adhesivo se encuentre en estado líquido en el momento de producirse la condensación de la amalgama, de modo que pueda

establecerse una trabazón adecuada.

Considerando como base de la adhesión el componente mecánico, es importante considerar los factores que se produzca un óptimo ensamblaje entre ambos materiales, como el espesor de película que forma el adhesivo al ser utilizado en las condiciones clínicas de manipulación y la humectancia (capacidad de mojado del adhesivo) sobre el sustrato. Esta, a su vez, depende de dos factores:

- Tensión superficial de adhesivo.
- Viscosidad del adhesivo.

Cuanto menores sean ambos, mayor será la humectancia del adhesivo. Una condición adicional para lograr un buen mojado del adhesivo es disponer de una superficie metálica de alta energía, lo cual se logra manteniéndola libre de contaminantes orgánicos e inorgánicos. Por esto es imprescindible mantener libre de sangre y saliva el campo operatorio durante todo el proceso de obturación.

Por otro lado, una buena capacidad de mojado del adhesivo sobre el

sustrato permite que ambos se mantengan en íntimo contacto, lo que posibilita el establecimiento de uniones químicas entre ambos. Los mecanismos químicos de adhesión no están por el momento claramente establecidos. En el caso de Panavia pueden responder a la aparición de fuerzas de Van der Waals. Respecto a los adhesivos tipo 4-META, se ha descrito la posibilidad de que se produzca una reacción de los grupos carboxilos de la resina con el metal, con la formación de compuestos organometálicos mediante enlaces iónicos.

UNION AL ESMALTE

La unión sobre el esmalte es excelente en el caso de todos los adhesivos, cada uno con su técnica de preparación específica (ácido cítrico-cloruro férrico en el caso del Amalgabond, ácido ortofosfórico al 10 o al 32% en All-Bond, ácido ortofosfórico al 37% en el caso de Panavia, etc.). La Unión que se produce sobre el esmalte es fundamentalmente de tipo micromecánico, como sucede con los demás sistemas tradicionales de unión para las resinas compuestas, con valores de adhesión elevados, aunque con muy amplias variaciones según los diferentes autores.

UNION A LA DENTINA

Los adhesivos tipo 4-META y el sistema All-Bond presentan elevados valores de fuerza de adhesión a la dentina, tras su acondicionamiento y la consiguiente eliminación del smear-layer. La unión a la dentina se basa en la formación de la capa híbrida descrita por Nakabayashi, en la que se produce una penetración de la resina hidrófila en los túbulos dentinarios con la formación de tapones de resina, y la impregnación de la dentina peri tubular e ínter tubular con imbricación tonel colágeno dentinario, mecanismo que aporta valores de adhesión relativamente elevados. Se ha descrito incluso recientemente que Amalgabond Plus y All-Bond II pueden producir una fuerza de retención de amalgama sobre la dentina tanto o más elevada que los pines parapulpares roscados.

Por el contrario, los adhesivos tipo éster fosfato del Bis-GMA como Panavia se unen pobremente a la dentina, ya que basan su unión en la conservación del smear-layer y en el intercambio calcio-fósforo (como los antiguos adhesivos dentinarios de segunda generación), lo cual aporta valores de adhesión bajos y poco aprovechables por tanto clínicamente como adhesivos dentinarios. Puede mejorarse su eficacia

empleando un acondicionamiento adecuado de dentina y una resina hidrófila previamente, como eslabón de unión entre el adhesivo de fosfato y la dentina.

INDICACIONES

El empleo de adhesivos de amalgama está indicado en todos los casos de restauraciones de amalgama incluso en aquellos en los que no sea necesario un adhesivo para retener el material, como alternativa al barniz en el control de la filtración marginal. Esta especialmente indicado su uso en casos en que existan problemas de retención o de sustentación del esmalte socavado. También en situaciones en las que el piso gingival de la restauración se extienda apicalmente al límite amelocementario, lo que complica el empleo de compositas. Constituye además una alternativa sencilla y económica en el tratamiento de grandes destrucciones que de otro modo requerirán la realización de restauraciones coladas como coronas o incrustaciones.(4)

VALORES DE ADHESION AMALGAMA-DENTINA DE ALGUNOS
ADHESIVOS

ALL-BOND II	6.23 MPa
CLEARFILL-BOND-LINER	6.82 MPa
INTERBA DUAL BOND	7.23 MPa
OPTIBOND	8.20 MPa
AMALGABOND PLUS	11.92 MPa (2)

**VALORES DE ADHESION DE ALGUNOS ADHESIVOS
DEPENDIENDO DEL TIPO DE AMALGAMA**

	ESFERICA	DISPERSA
ALL-BOND	4.98 MPa	6.36 MPa
AMALGABOND	8.42 MPa	3.89 MPa
AMALGABOND-PLUS	12.06 MPa	9.91 MPa
OPTIBOND	14.17 MPa	7.30 MPa
FUJI PLUS	12.02 MPa	9.67 MPa
RESINOMER	10.82 MPa	9.19 MPa
SCOTCH BOND PLUS	10.85 MPA	5.96 MPa

PRINCIPALES ADHESIVOS PARA AMALGAMA EN EL MERCADO
GUATEMALTECO

<i>ADHESIVO PARA AMALGAMA</i>	<i>MARCA COMERCIAL</i>
-------------------------------	------------------------

METABOND	
----------	--

	PARKEL
--	--------

MULTIPORPOSE	
--------------	--

	3M
--	----

SINGLE BOND	
-------------	--

	3M
--	----

PRIME AND BOND	
----------------	--

	DENSTPLAY
--	-----------

ALL BOND	
----------	--

	BISCO
--	-------

ALL BOND II	
-------------	--

	BISCO
--	-------

CLEARFILL PHOTO BOND	
----------------------	--

	J.MORITA
--	----------

PANAVIA	
---------	--

	J.MORITA.
--	-----------

PIGMENTACION Y CORROSION DE LA AMALGAMA

Las restauraciones de amalgama se pigmentan y corroen con frecuencia en el medio bucal. El grado de pigmentación y el cambio cromático resultante parecen depender mucho del ambiente bucal individual y, hasta cierto grado, de la aleación particular utilizada. Estudios electroquímicos señalan que como resultado del proceso de pigmentación hay cierto efecto de pasividad que ofrece protección parcial contra mayor corrosión. La tendencia hacia la pigmentación, si bien tal vez no sea estética, por el sulfuro de plata negro, no significa por necesidad que habrán de presentarse la corrosión activa y la falla precoz de la restauración.

La corrosión activa de una restauración colocada recientemente recae en la interfase entre el diente y la restauración. Este espacio permite la micro filtración de electrolitos; el resultado es el proceso clásico de celdilla de concentración (corrosión de minúsculas HENDIDURAS).

La acumulación de productos de corrosión sella de manera gradual

dicho espacio y hace de la amalgama dental una restauración autosellante.

Aún falta por establecer la función precisa de la corrosión en el proceso del deterioro marginal. Sin embargo, hay diversas teorías que las relacionan.. De modo indirecto se afirma que la fase gamma 2 interviene en la falla marginal y la corrosión activa en las aleaciones tradicionales. Sin embargo, una correlación semejante es imposible para las aleaciones, ricas en cobre.

Los óxidos y los cloruros de estaño son los productos de corrosión encontrados más a menudo en las aleaciones tradicionales de amalgama. Se localizan en la interfase del diente y la aleación, y penetran en la masa de restauraciones antiguas de amalgama. En el caso de las amalgamas ricas en cobre, se identifican muchos de los mismos productos.

En las que tienen alto contenido de cobre también se encuentran productos de corrosión que contienen cobre.

No obstante, el proceso de corrosión es más limitado, ya que la fase Cu_6Sn_5 es menos susceptible a la corrosión de la gamma 2 de las amalgamas tradicionales. Se debe hacer todo lo posible por generar una superficie uniforme y homogénea en la restauración para reducir al mínimo la pigmentación y corrosión, sin importar el sistema de la aleación utilizado.

Siempre que se coloque una restauración de oro en contacto con otra de amalgama, se anticipará la corrosión de ésta por las grandes diferencias EMF (fuerza electromotriz) de ambos materiales. El proceso de corrosión emite mercurio libre, que contamina y debilita la restauración de oro. En ocasiones también se notan efectos biológicos (p. ej., galvanismo); se evitará una práctica semejante.

La amalgama rica en cobre es catódica en relación con otra ordinaria. En consecuencia, existe la preocupación de que si se colocan en la misma boca restauraciones de amalgama rica en cobre con otras presentes de amalgama tradicional, en la última se aceleraría la corrosión y el fracaso.

Las observaciones clínicas no señalan corrosión acelerada en tales situaciones. Los modelos de laboratorio establecido para vigilar la corrosión en restauraciones contiguas indican que las vías del flujo de corriente provocan que la interacción electroquímica de las restauraciones sea mínima.

Por ser más anódica la fase gamma 2 en las aleaciones de amalgama cristalizada, las que tienen alto contenido de cobre, que casi eliminan esta fase, muestran mejor comportamiento de corrosión en el laboratorio en comparación con las tradicionales.

Sin embargo, como se mencionó, las proporciones altas entre el mercurio y la aleación dan origen a la formación de gamma a₂ incluso en aleaciones ricas en cobre, con lo cual se fomenta la corrosión. (9)

ALEACIONES CON GALIO

Uno de los problemas que plantean las amalgamas es la toxicidad del mercurio exacerbada por un mercado, que preconiza el uso alternativo de composites.

Pues bien, han aparecido en los últimos tiempos unas aleaciones que tratan de sustituir a las amalgamas, a base de galio que no tiene toxicidad del mercurio que además tiene una expansión inicial que impediría la existencia de micro filtración marginales. Tiene como inconveniente el precio elevado y su dificultad para manejarlos.

Composición:

Al igual que las amalgamas constan de dos partes una sólida y otra líquida. La parte sólida está formada por una aleación a base de partículas esféricas compuestas de un 50% de plata, 26% de estaño, 15% de cobre y 9% de paladio. La parte líquida está compuesta por 65% de galio, 19% de indio y 16% de estaño.

Su presentación es en cápsulas similares a las de las amalgamas pero más grandes y otro sistema de activación.

En cuanto a su utilización, según su productor Tokuriki, japonés, son las mismas que las de la amalgamas. (1)

CEMENTO DE RESINA ADHESIVO DUAL 3M RELYX ®ARC

Este sistema es una resina de cementación permanente pasta-pasta, de doble polimerización desarrollada para ser utilizada con el Sistema Adhesivo Dental 3M Single Bond. El fabricante dice que utilizado en esta combinación, el sistema está indicado para cementar restauraciones indirectas como las coronas, puentes Maryland (adhesivos), inlays, onlays, pernos endodónticos y restauraciones adhesivas con amalgama (adheridas).

El cemento de resina Relyx ARC proporciona un sistema de doble polimerización que tiene un tiempo de trabajo de aproximadamente 2 minutos.

Tiene fraguado por polimerización automática de 10 minutos desde el inicio de la mezcla. El material también puede ser fotocurado para acelerar el tiempo de fraguado de la reacción para las aplicaciones en las que la luz es reaccsible al cemento.

El cemento de resina Adhesivo Relyx ofrece un material con gran

resistencia física, alta resistencia al desgaste, gran resistencia adhesiva a una variedad de substratos y un bajo espesor de película cuando se utiliza con el adhesivo Single Bond. Las propiedades estéticas, el color y la opacidad, fueron determinadas con la información del Odontólogo.

Esta resina de cementación está disponible en colores A1 y A3.

El cemento de Resina Relyx proporciona propiedades como facilidad de mezcla, fácil de limpiar y fácil de ajustar. Estas deseables características son producto de un nuevo componente en la fórmula el cual es un polímero de dimetacrilato que modifica la reología o manipulación del material y permite los siguientes beneficios:

- El cemento fluye fácilmente al cargar las coronas, pero no escurre al invertir la corona.
- El cemento fluye durante el asentamiento de la corona al someterla a una fuerza constante, pero no se detiene cuando la corona está asentada. Luego forma un collar de excesos de cemento que posibilitan un margen bien sellado y un fácil acceso

al material para su limpieza.

- El exceso de cemento forma una fase intermedia de gel en aproximadamente 2-3 minutos que permite que el cemento sea fácilmente limpiado con un instrumento.
- El cemento puede ser pincelado para una aplicación más fácil como adhesivo de amalgamas.

El cemento de Resina Relyx Arc está diseñado para ser utilizado con el adhesivo Dental 3M Single Bond. El adhesivo Single Bond es aplicado inicialmente antes de asentar la restauración.

La capa polimerizada de adhesivo Single Bond tiene un bajo espesor de película alrededor de 10 micrones y no interferirá con el asentamiento de la restauración o la colocación de la amalgama cuando es usado adecuadamente.

El uso del adhesivo Single Bond con el cemento de Resina Relyx permite un procedimiento simplificado versus sistemas tradicionales que

utilizan los sistemas adhesivos de doble polimerización que en general tienen más pasos y requieren un tiempo de aplicación mas largo.

COMPOSICIÓN:

El cemento de Resina Adhesivo Relyx ARC es un material de cementación con base de metacrilato diseñado para ser utilizado con el Sistema Adhesivo 3M Dental Single Bond. El cemento de Resina Relyx ARC es un sistema de dos componentes que está compuesto de un pasta A y una B envasados en un dispensador 3M Clicker.

La resina está compuesta por bisfenol-A-diglicidileter dimetacrilato (Bis GMA) y el polímero trielilen glicol dimetacrilato (TEDGMA). El relleno de Zirconia7Sílice es utilizado para impartir radiopacidad, resistencia al desgaste y resistencia física. La carga de relleno del cemento Relyx ARC mezclado es de aproximadamente 67.5% por peso. El tamaño promedio de las partículas para el material de relleno es de aproximadamente 1.5 μ .

Pasta A:

Compuesta aproximadamente por un 68% por peso, de relleno de zirconio/sílice. Contiene los pigmentos para los dos colores. También las aminas y el sistema fotoiniciador. El fotoiniciador permitirá el fotocurado cuando sea expuesto a la luz visible, en el rango de 400-500 nanómetros. Las aminas reaccionarán con el peróxido de la pasta B para iniciar la reacción de autocurado.

Pasta B:

Compuesta por aproximadamente 67% por peso, de relleno de zirconio/sílice. Contiene la porción de peróxido de la química de auto polimerización. El peróxido de benzoilo reaccionará con la amina de la pasta A para iniciar la reacción de auto curado.

Dado que el tiempo de trabajo de un material es acelerado por las temperaturas más altas en la boca, el tiempo de trabajo clínico actual es alrededor de 2 minutos en las incrustaciones, para asegurar que el dentista haya realizado el procedimiento de compactación con suficiente

tiempo.

El tiempo de fraguado del material es de 6.5 minutos por el método de prueba ISO. Sin embargo, los datos IR indican que un fraguado más completo del material se produce a los 10 minutos desde el inicio de la mezcla. Para las restauraciones que requieren que el cemento auto polimerice, se recomienda dejar la restauración sin perturbar, con la excepción de la limpieza marginal, durante 10 minutos desde el inicio de la mezcla.

El cemento de resina adhesivo Relyx ARC contiene resinas de acrilatos. Se sabe que un pequeño porcentaje de la población produce una reacción alérgica a las resinas de acrilatos. Para reducir el riesgo de dicha respuesta, reduzca al mínimo la exposición a estos materiales.

En especial, la exposición a resina sin polimerizar debería ser evitada.

Se recomienda el uso de guantes protectores y una técnica que evite tocar directamente dicho material.

BARNIZ DE COPAL:

Es una solución de resina de copal (árboles tropicales) en líquidos orgánicos o solventes volátiles (éter, cloroformo o alcohol). Cuando se aplican al diente, se evapora el solvente dejando una película resinosa y porosa que puede tener como promedio 20 micras de grosor. SE necesitan varias capas delgadas para que actúe como una barrera efectiva.

El barniz de copal es soluble en los fluidos orales. Además reducen la filtración alrededor de los márgenes de la interfase restauración-diente y parecen prevenir la penetración de los productos de corrosión de la amalgama dentro de los túbulos de la dentina, y con reduce la decoloración del diente asociada a las restauraciones de amalgama.

Las capas de barniz de copal no son barrera suficiente para los traumatismos térmicos. Aunque la conductividad térmica de los barnices es baja, cuando son aplicados de manera correcta el espesor de la capa no suele ser superior a 4 μ y, por tanto, resulta demasiado delgada para dar aislamiento térmico eficaz. Cuando es necesario proteger la

pulpa de estímulos se utiliza una base sobre ella. Los barnices pueden destruir los monómeros de las restauraciones de resina compuesta y no deben de usarse bajo una base terapéutica.

Las soluciones de barniz de copal usualmente se aplican por medio de una pequeña torunda de algodón al extremo de una pinza o un ensanchador de canal radicular. Se puede usar poca corriente de aire para secar, pero se debe tener cuidado de evitar el formar rebordes. Se añade una nueva capa sólo a la que se a secado previamente. Se ha encontrado que dos capas delgadas son más protectoras que una capa pesada. Para prevenir la contaminación del barniz cavitario, se debe usar una nueva torunda de algodón para cada aplicación. Los frascos de las soluciones de barniz de copal deben de cerrarse herméticamente para disminuir la pérdida de solvente.

La mayoría de los barnices se proporcionan en un frasco separado del solvente puro. Este solvente es útil para evitar que el barniz espese demasiado. El frasco se debe conservar medio lleno con el solvente diluido; poco a poco el solvente se evaporará y se adquirirá uno nuevo. El solvente también es útil para retirar el barniz de las superficies

externas del diente.

La indicación de estos barnices como protector pulpar único en cavidades a obturar con amalgama, es en aquellas superficies o bien sobre la base correspondiente de hidróxido de calcio u óxido de cinc-eugenol en cavidades medianas y profundas, por lo que el efecto de su acción biológica, si lo hubiera, es despreciable.

Los barnices tradicionales como el de copal pueden emplearse bajo bases de cemento de oxifosfato de cinc, o de manera directa bajo amalgamas, pero nunca bajo resinas compuestas o cementos de ionómero de vidrio, ya que afecta la adhesión de este último a la estructura dentaria. Según señala Pashley, el Copalite reduce la permeabilidad en cierto grado, pero su residuo es hidrofóbico y tiende a depositarse en la parte superior de las superficies de cavidades de una muy parecida a un empaque. Aunque a un principio reduce la micro filtración, el capalite tiende a permitir una mayor filtración después de tres meses. Está demostrado que se desarrollan orificios sobre cada túbulo abierto a medida que el líquido se desplaza a través de los mismos. (4)

Ejemplos de barnices Cavitarios:

PRODUCTO

FABRICANTE

Copalite

Harry J. Bosworth Co.

Caulk Varnish

L.D. Caulk Co.

S.S.White Cavity Lining and Varnish

S.S. White

Handi-Liner

Mizzy, Inc.

TÉCNICA DE REPARACIÓN DE AMALGAMA

En un estudio realizado por el departamento de Operatoria Dental en la Facultad de Odontología de la Universidad Selcuk en Konya , Turkia, publicado en 2,002 en la Revista Operatoria Dental, describieron la siguiente técnica de reparación de amalgama.

Noventa premolares humanas extraídas fueron usadas para la prueba de micro filtración las preparaciones Clase II MOD fueron realizadas en cada diente, la profundidad oclusal en las cavidades fue de aproximadamente 2mm, el ancho en la pared gingival fue de aprox. 2mm los márgenes gingivales fueron preparados a 1 mm sobre la unión cemento- amélida. La mitad distal de las cavidades fue restaurada con amalgama. Después fueron almacenadas en agua a 37 °C por dos días, se utilizo una fresa de fisura de punta de diamante (Denta GMBH, Germany, G837.010) fue utilizada con alta velocidad y se hizo un corte plano en le área a reparar, entonces el remanente de la cavidad mesio-oclusal fue llenado siguiendo los procedimientos a aplicar en los estudios de resistencia del adhesivo. Los dientes fueron teñidos con barniz de uñas en los próximos 2 mm. en los márgenes de la restauración y los ápices de las raíces fueron sellados con resinas foto

curadas.

El ciclo térmico fue llevado afuera con fucsina básica al 0.5% como solución de a una temperatura de 4 °C (+- 2 °C) y 55 °C (+-2 alternándolos 250 veces por 5 seas. a cada temperatura). Después del termo ciclo el diente fue guardado en la solución de tensión por 48 hrs. A 37 °C y dividida en 9 grupos de 10 muestras cada una.

Entonces los dientes fueron seccionados con una sierra Isomet (Isomet Buehler Int, Evanston, USA) en dirección mesio-distal a través del centro de la restauración. La penetración de la tinción fue evaluada entre la amalgama y las partes reparadas de la preparación en las regiones oclusales. La micro filtración en los márgenes gingivales de las partes de las restauraciones reparadas también fue comparado con estéreo microscopio con un nivel de magnificación de (x20) utilizando el siguiente sistema de anotaciones.

0. No penetración de la tensión.

1. Penetración de la tensión a menos de la mitad entre el piso de la pared pulpar y el margen de la amalgama (cervical-menos de la mitad de la pared axial).

2. Penetración de la tinción hasta el piso pulpar en la interfase de la amalgama reparada (cervical-a la pared axial).
3. Penetración de la tinción a lo largo de la mitad del piso pulpar en la interfase oclusal de la amalgama.(cervical a lo largo de la mitad de la pared axial).
4. Penetración de la tinción a lo largo de la longitud del piso pulpar en la interfase oclusal de la amalgama.(cervical a lo largo de toda la pared axial)

Utilizaron para ello materiales intermedios como barniz de copal, Liner Bond, M Opal Luting Cement, Panavia, Metabond, Fuji Bond, HytacOSB, Liner Bond2V, Clearfil AP-X .

RESULTADOS

1. La fuerza de tensión adhesiva de amalgamas reparadas fue mayor cuando se utilizo cemento de resina de curado dual Panavia (PF) y materiales adhesivos de curado dual entre dos partes de amalgama.

2. El material de adhesión de resina de base FB-ionómero de vidrio
(no mostró)

fuerzas de tensión.

3. La micro filtración a nivel de márgenes gingivales de amalgamas reparadas fue mayor que la micro filtración a nivel gingival de compositas y compómeros reparados.

4. El barniz cavitario, Liner Bond (2V), 4-META Bond y Panavia (PF) previnieron la micro filtración entre las interfaces de la amalgama original y "reparadas". (3)

OBJETIVO GENERAL

Determinar la efectividad de la Técnica Reparativa
Restauradora para amalgama de plata convencional.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar la efectividad de la Técnica en Base a medir el grado de micro filtración que resulta a partir de la reparación de la amalgama:

- En base al diseño de la preparación de reparación:
 - Corte paralelo al eje largo de la pieza (fig. A)
 - Corte oblicuo al eje largo de la pieza, convergente hacia oclusal (fig. B)
 - Corte doble escalonado paralelo al eje largo (fig. C)
 - Corte doble escalonado convergente hacia oclusal. (fig. D)
- En base al material intermedio que se va a utilizar:
 - Ninguno
 - Barniz de copal
 - Sistema Adhesivo/ Cemento Dual para amalgama de plata (Relyx 3M).

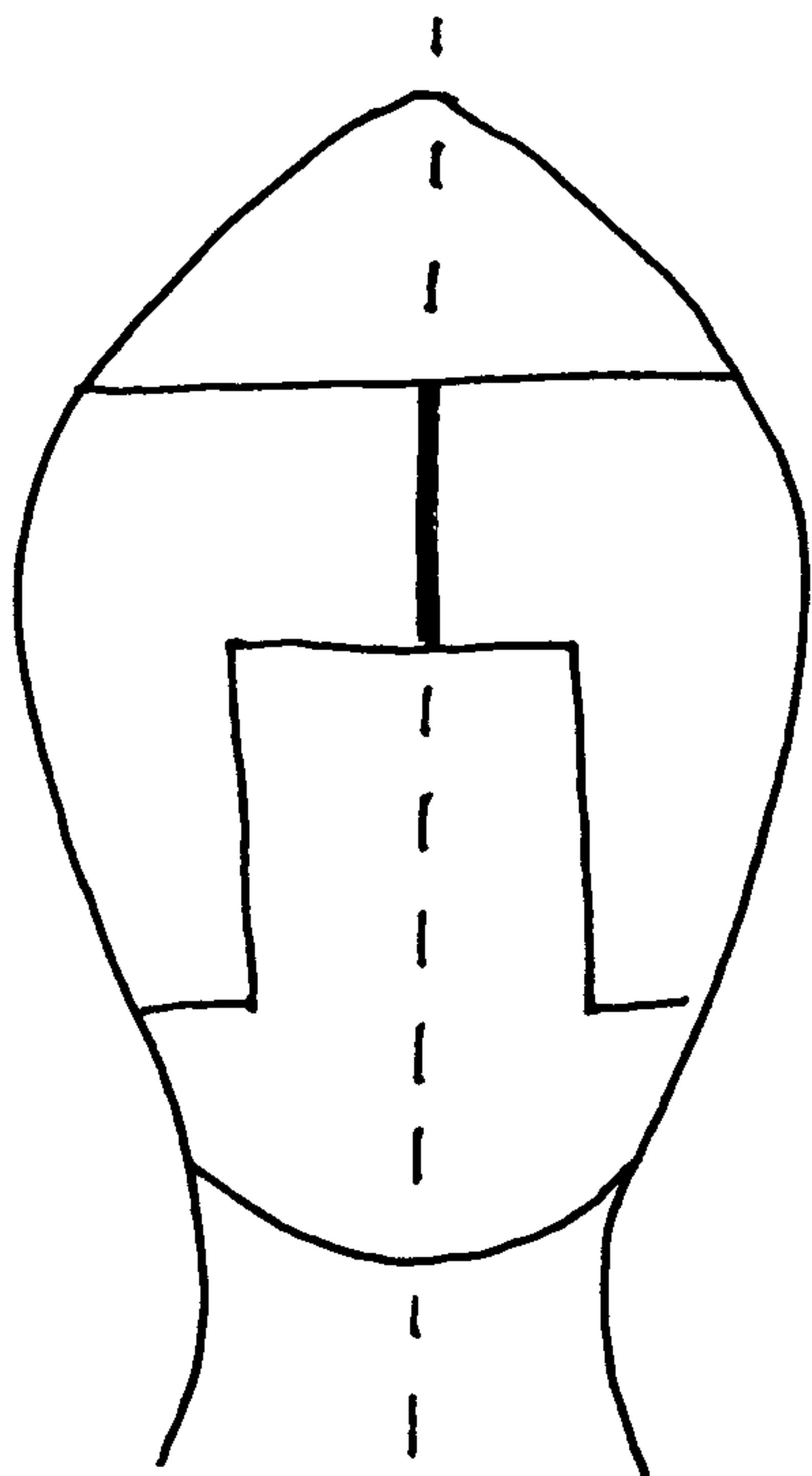


FIG. A
CORTE PARALELO AL EJE LARGO DE LA PIEZA

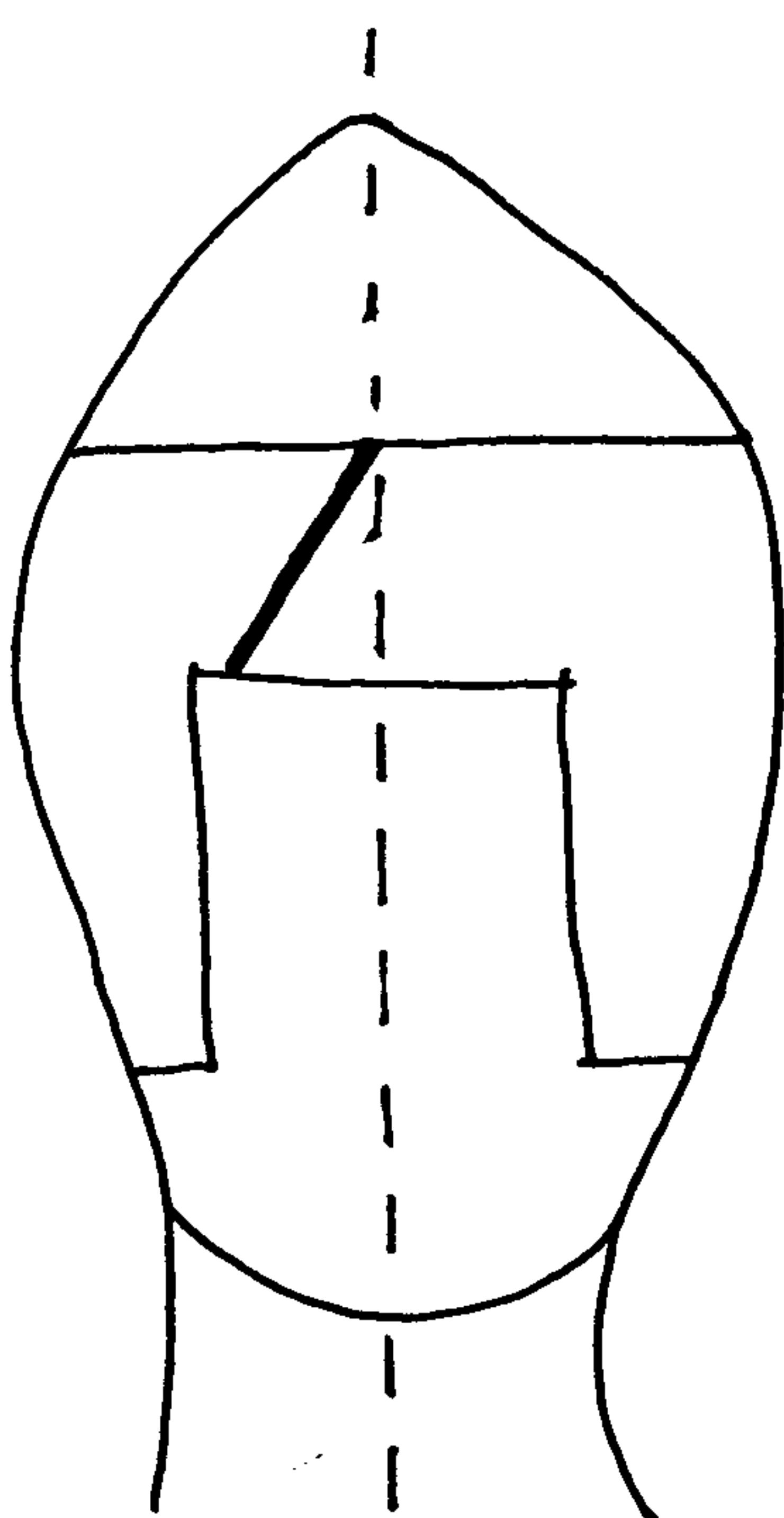


FIG. B
CORTE OBLICUO AL EJE LARGO DE LA PIEZA CONVERGENTE
HACIA OCLUSAL

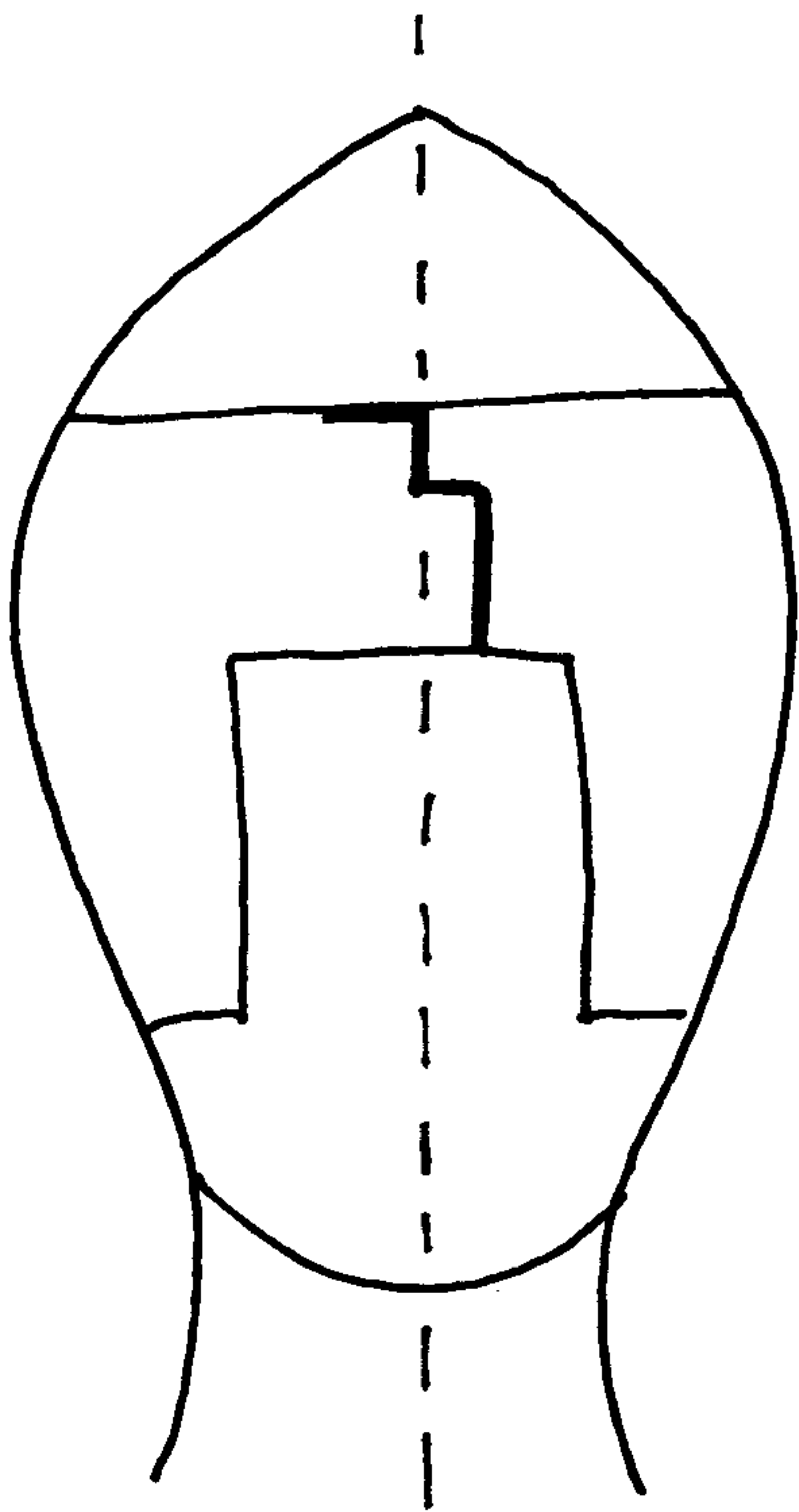


FIG. C

CORTE DOBLE ESCALONADO PARELELO
AL EJE LARGO DE LA PIEZA.

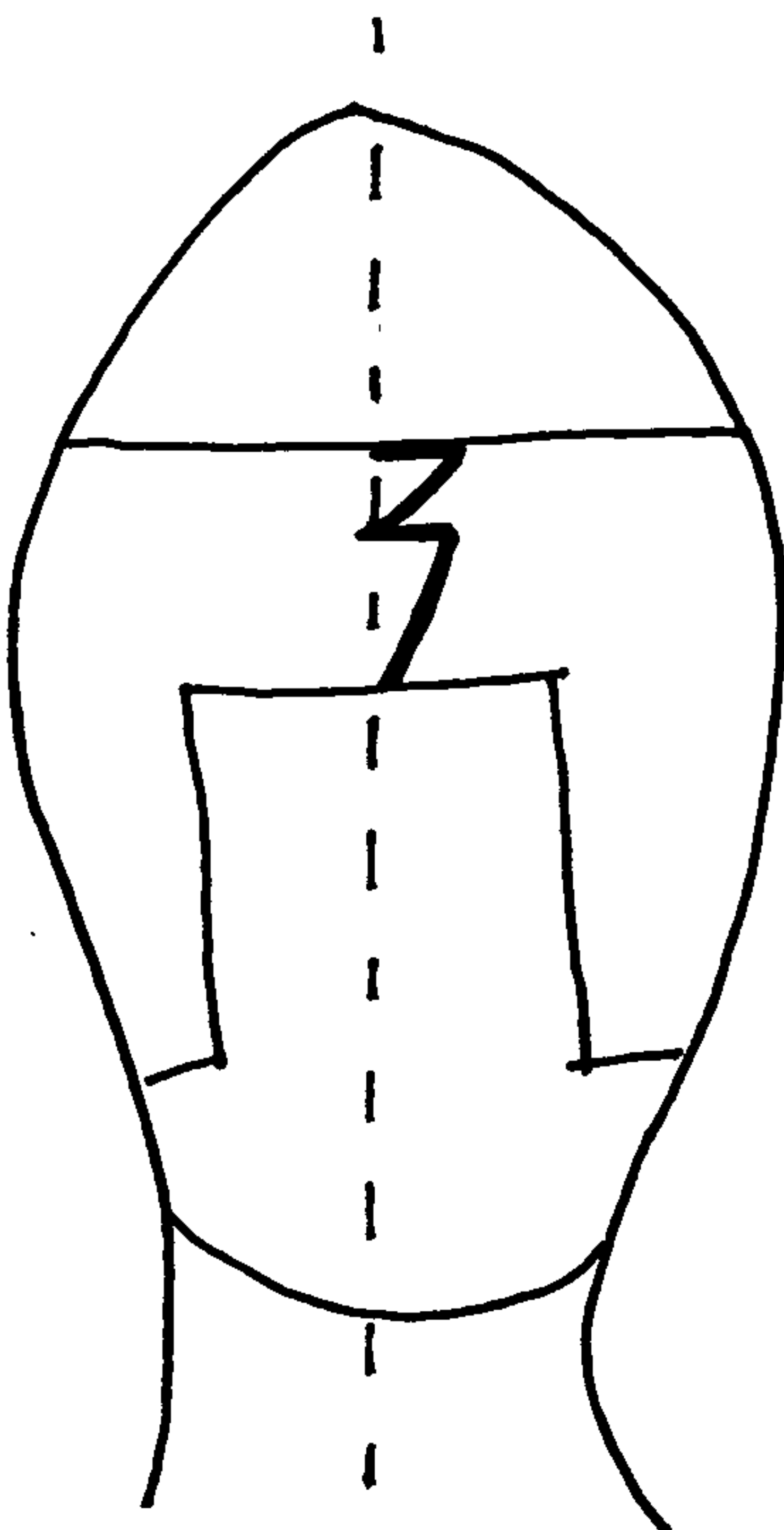


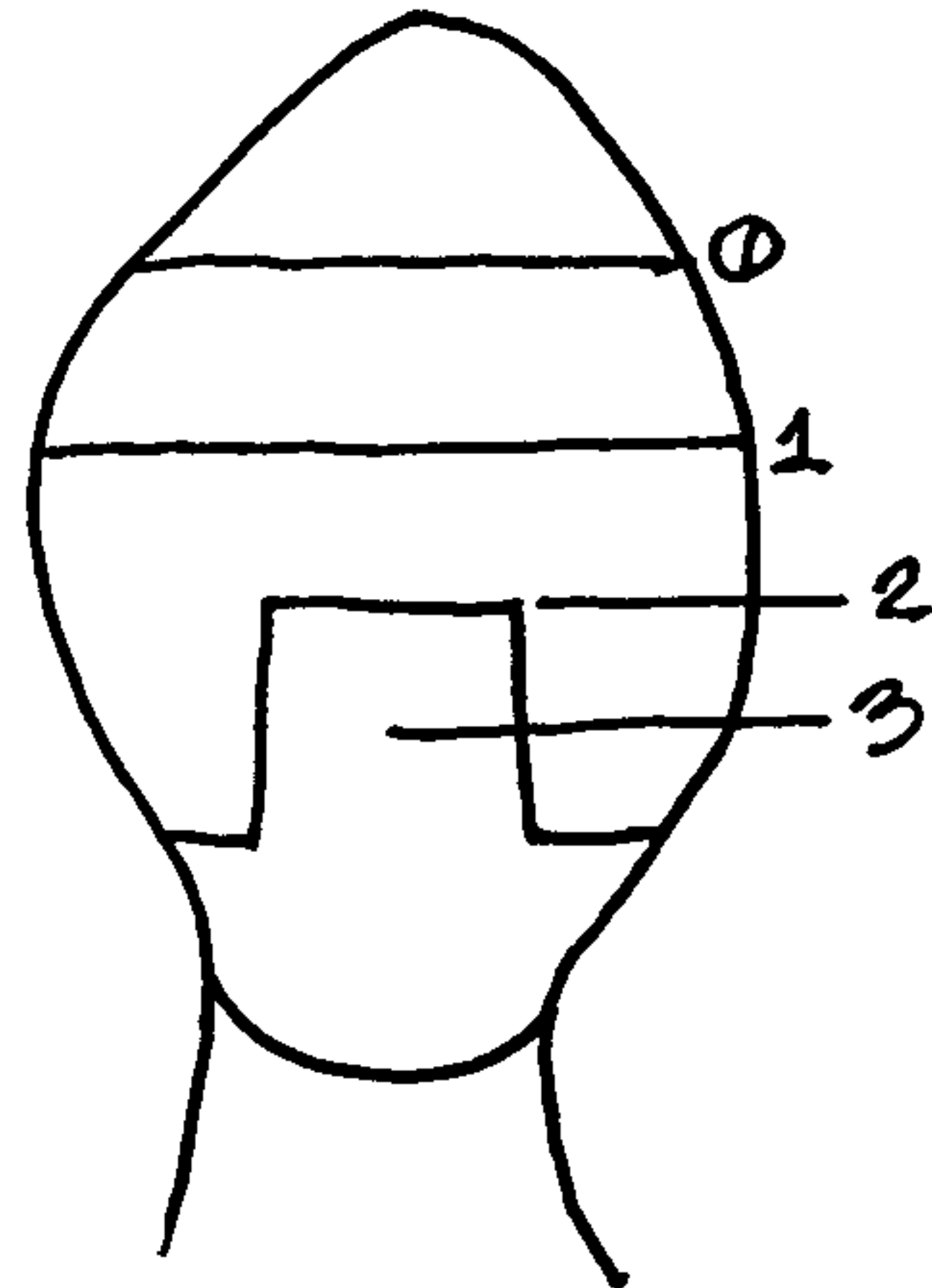
FIG. D

CORTE DOBLE ESCALONADO
CONVERGENTE HACIA OCLUSAL

HIPOTESIS

La técnica Reparativa Restauradora para amalgama de plata con adhesivo/cemento dual es más efectiva que en la que se aplica Barniz de Copal y ésta más efectiva que cuando no se coloca ningún material intermedio.

DEFINICION DE VARIABLES

IDENTIFICACIÓN		DEFINICIÓN	OPERACIONALIZACIÓN
			GRADOS DE FILTRACIÓN
En Base al diseño de preparación	A	Corte paralelo al eje largo de la pieza	0. El tinte no penetró. 1. El tinte penetra hasta antes de la pared pulpar. 2. El tinte penetra hasta la pared axial. 3. El tinte penetra el tejido pulpar.
	B	Corte oblicuo al eje largo de la pieza convergente a oclusal	
	C	Corte escalonado doble paralelo al eje largo de la pieza	
	D	Corte escalonado doble convergente a oclusal.	
En base al material Intermedio	Ningún Material	Ausencia de material intermedio.	
	Barniz de Copal	Solución de resina de Copal en un solvente volátil como el cloroformo.	
	Sistema Adhesivo/Cemento Dual	Sistema de resina para adhesión cementación permanente de doble polimerización.	
Efectividad de la Técnica			Si el 75% (27 piezas) presentan un grado de filtración entre 0 y 1

METODOLOGIA

El estudio se realizó en treinta y seis piezas naturales posteriores extraídas sin caries o caries mínima, las cuales fueron restauradas con amalgama de plata, clases II MOD de tipo convencional.

La preparación cavitaria se realizó siguiendo la técnica adecuada y los criterios de aceptabilidad del Departamento de Operatoria Dental para este tipo de tratamiento.

Posterior a esto las piezas fueron colocadas en suero fisiológico durante dos días a 37 grados centígrados (incubadora); para simular el ambiente oral.

Después de los dos días, las piezas fueron sacadas del suero fisiológico y divididas en 4 grupos en base a los 4 grupos de cortes de reparación. Es decir 9 piezas por grupo, cada grupo subdividido según al material intermedio utilizado (2), y sin ningún material.

Con una fresa de fisura de punta plana numero 556 de alta velocidad se procedió a realizar los 4 diferentes tipos de preparación,

removiendo por completo la porción mesial de la preparación y dejando toda la porción distal, formando entonces una nueva cavidad sabiendo que la pieza dental no tenía caries y la preparación cavitaria es aceptable, ya que la restauración fue realizada por nosotros mismos anteriormente y estuvimos seguros de que no existía caries remanente o defectos en la preparación de la cavidad, para ello los cortes fueron:

- Corte paralelo al eje largo de la pieza.
- Corte oblicuo al eje largo de la pieza, convergente hacia oclusal.
- Corte doble escalonado paralelo al eje largo.
- Corte doble escalonado convergente hacia oclusal.

Luego utilizando los diferentes materiales intermedios se procedió con la obturación de la porción removida del material.

Cada uno de los dientes fue pintado con dos capas de barniz de uñas transparente desde el margen gingival hasta el ápice, además los ápices fueron sellados con cianoacrilato de metilo; para evitar la filtración del tinte por la raíz de la pieza dentaria.

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

CUADRO No. 1

CUADRO COMPARATIVO SOBRE LOS DIFERENTES TIPOS DE PREPARACION CAVITARIA PARA LA TECNICA REPARATIVA RESTURADORA DE AMALGAMAS DE PLATA CONVENCIONALES CLASE II MOD SIN UTILIZAR MATERIAL INTERMEDIO.

GRADO DE FILTRACIÓN	TIPO DE PREPARACIÓN				TOTALES
	A	B	C	D	
O	1	1	2	0	4
1	1	1	0	2	4
2	1	1	1	1	4
3	0	0	0	0	0
TOTALES	3	3	3	3	12

Fuente:

Resultado de la evaluación realizada a 12 piezas dentales extraídas reparadas.

Ficha de recolección de datos junio de 2,003

El cuadro No. 1 muestra que la técnica reparativa restauradora sin utilizar ningún material intermedio es efectiva en un 66.66 % en base a los grados de filtración 0 y 1 e inefectiva en un 44.44% en base a los grados de filtración 2 y 3; Los 4 tipos de preparación cavitaria fueron efectivas en un 66.66% e inefectivas en un 33.33%. Es decir que 8 de 12 piezas presentaron un grado de filtración entre 0 y 1 Siendo el corte A y el B los mas fáciles de realizar por fines prácticos.

FILTRACION

O. EL TINTE NO PENETRA

1. EL TINTE PENETRO HASTA LA MITAD ENTRE LA SUPERFICIE DE LA RESTAURACIÓN Y LA PARED PULPAR.

2. EL TINTE PENETRA HASTA LA PARED PULPAR O AXIAL

3. EL TINTE PENETRA EL TEJIDO PULPAR

PREPARACIONES (PREP.)

A. CORTE PARALELO AL EJE LARGO

B. CORTE OBLICUO AL EJE LARGO CONVERGENTE A OCLUSAL

C. CORTE DOBLE ESCALONADO PARALELO AL EJE LARGO

D. CORTE DOBLE ESCALONADO CONVERGENTE A OCLUSAL

CUADRO No. 2

CUADRO COMPARATIVO SOBRE LOS DIFERENTES TIPOS DE PREPARACION CAVITARIA PARA LA TECNICA REPARATIVA RESTURADORA DE AMALGAMAS DE PLATA CONVENCIONALES CLASE II MOD UTILIZANDO COMO MATERIAL INTERMEDIO BARNIZ DE COPAL.

GRADO DE FILTRACIÓN	TIPO DE PREPARACIÓN				TOTALES
	A	B	C	D	
0	0	2	0	2	4
1	2	0	2	1	5
2	0	0	1	0	1
3	1	1	0	0	2
TOTALES	3	3	3	3	12

Fuente:

Resultado de evaluación realizada a 12 piezas dentales extraídas reparadas.
Ficha de recolección de datos junio de 2,003.

El cuadro No. 2 muestra que la técnica reparativa restauradora utilizando barniz de copal como material intermedio es efectiva en un 75% en base a los grados de filtración 0 y 1 e inefectiva en un 25% en base a los grados de filtración 2 y 3; es decir que 9 de 12 piezas presentaron un grado de filtración entre 0 y 1 siendo el corte A y B los mas fáciles de realizar parara fines prácticos.

FILTRACION

0. EL TINTE NO PENETRA

1. EL TINTE PENETRO HASTA LA MITAD ENTRE LA SUPERFICIE DE LA RESTAURACIÓN Y LA PARED PULPAR.

2. EL TINTE PENETRA HASTA LA PARED PULPAR O AXIAL

3. EL TINTE PENETRA EL TEJIDO PULPAR

PREPARACIONES (PREP.)

A. CORTE PARALELO AL EJE LARGO

B. CORTE OBLICUO AL EJE LARGO CONVERGENTE A OCLUSAL

C. CORTE DOBLE ESCALONADO PARALELO AL EJE LARGO

D. CORTE DOBLE ESCALONADO CONVERGENTE A OCLUSAL

CUADRO No. 3

CUADRO COMPARATIVO SOBRE LOS DIFERENTES TIPOS DE PREPARACION CAVITARIA PARA LA TECNICA REPARATIVA RESTURADORA DE AMALGAMAS DE PLATA CONVENCIONALES CLASE II MOD UTILIZANDO COMO MATERIAL INTERMEDIO ADHESIVO CEMENTO DUAL RELYX 3M.

GRADO DE FILTRACIÓN	TIPO DE PREPARACIÓN				TOTALES
	A	B	C	D	
0	1	2	2	2	7
1	2	1	1	1	5
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
TOTALES	3	3	3	3	12

Fuente:

Resultado de la evaluación realizada a 12 piezas dentales extraídas reparadas.

Ficha de recolección de datos junio de 2,003.

El cuadro No. 3 muestra que la técnica reparativa restauradora utilizando como material intermedio, adhesivo y cemento dual, realizada con cualquiera de los 4 tipos de preparación cavitaria fue efectiva en un 100 %; ya que las 12 piezas presentaron un grado de filtración entre 0 y 1; siendo el corte; A y B los más fáciles de realizar para fines prácticos.

FILTRACION

0. EL TINTE NO PENETRA

1. EL TINTE PENETRO HASTA LA MITAD ENTRE LA SUPERFICIE DE LA RESTAURACIÓN Y LA PARED PULPAR.

2. EL TINTE PENETRA HASTA LA PARED PULPAR O AXIAL

3. EL TINTE PENETRA EL TEJIDO PULPAR

PREPARACIONES (PREP.)

A. CORTE PARALELO AL EJE LARGO

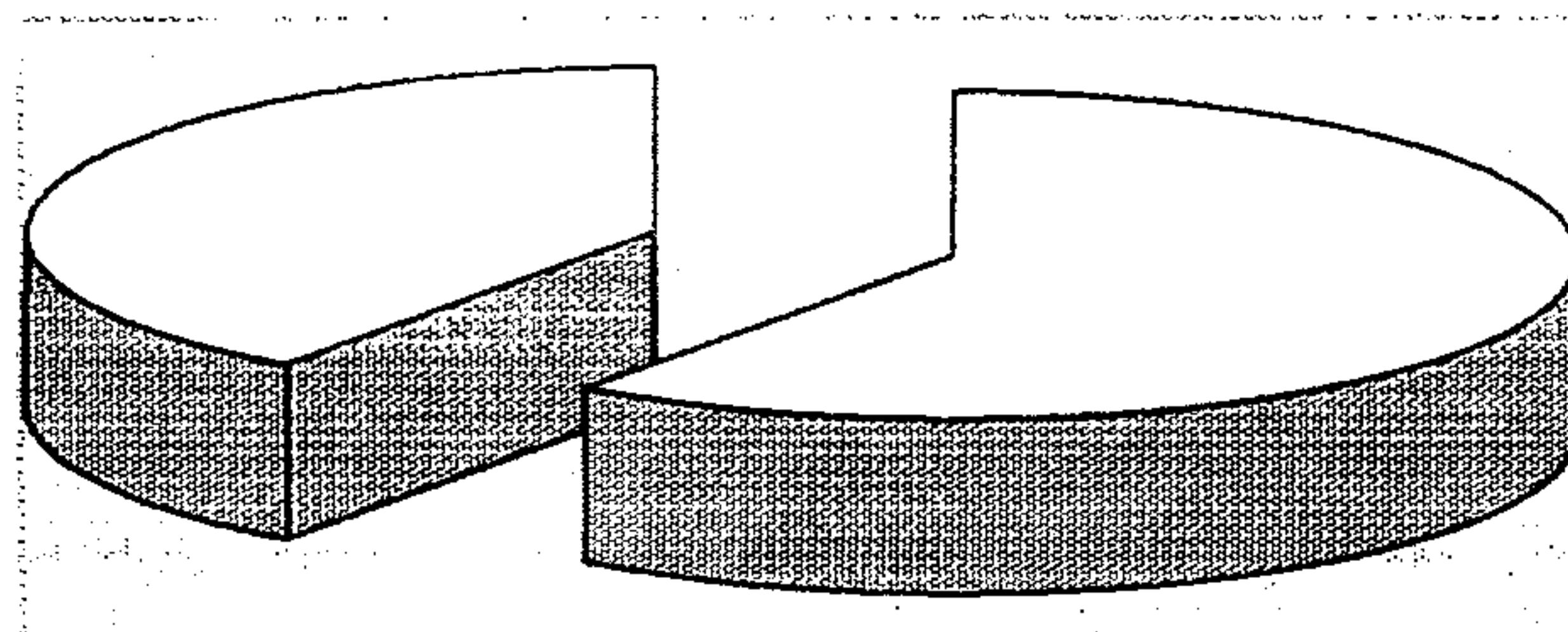
B. CORTE OBLICUO AL EJE LARGO CONVERGENTE A OCLUSAL

C. CORTE DOBLE ESCALONADO PARALELO AL EJE LARGO

D. CORTE DOBLE ESCALONADO CONVERGENTE A OCLUSAL

**REPRESENTACION GRAFICA DEL CUADRO SOBRE LOS DIFERENTES TIPOS
DE PREPRACIÓN CAVITARIA PARA LA TECNICA REPARATIVA
RESTAURADORA DE AMALGAMAS DE PLATA CONVENCIONALES CLASE II
MOD SIN UTILIZAR MATERIAL INTERMEDIO.**

EFFECTIVO	NO EFFECTIVO
66.66%	44.44%



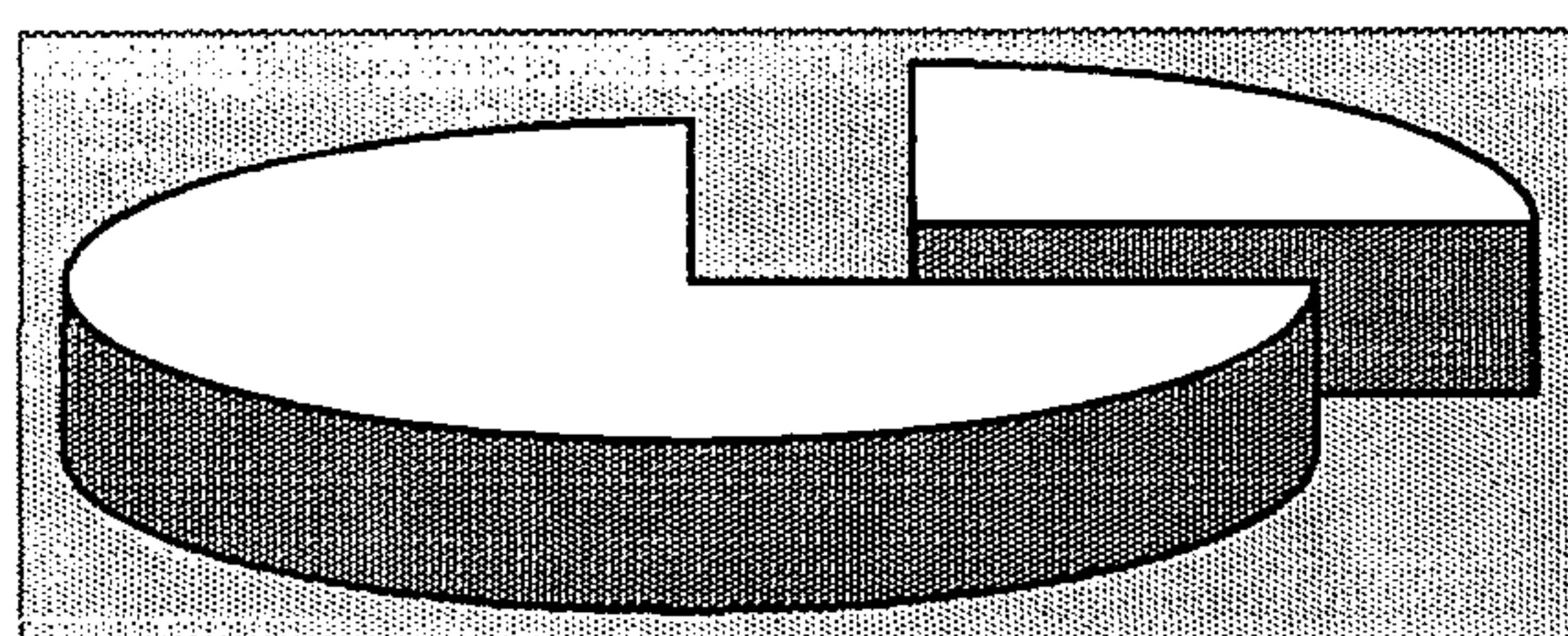
☐ **EFFECTIVO**
66.66%

☐ **NO EFFECTIVO**
44.44%

En la grafica anterior se muestra como la técnica reparativa restauradora sin utilizar ningún material intermedio fue efectiva en un 66.66% e inefectiva un 44.44% en base a los grados de filtración 0 y 1; es decir que 8 de 12 piezas en este grupo presentaron filtración a este nivel.

**REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CUADRO SOBRE LOS DIFERENTES TIPOS
DE PREPARACIÓN CAVITARIA PARA LA TECNICA REPARATIVA
RESTAURADORA DE AMALGAMAS DE PLATA CONVENCIONALES CLASE II
MOD UTILIZANDO COMO MATERIAL INTERMEDIO BARNIZ DE COPAL.**

EFFECTIVO 75%	NO EFFECTIVO 25%
-------------------------	----------------------------

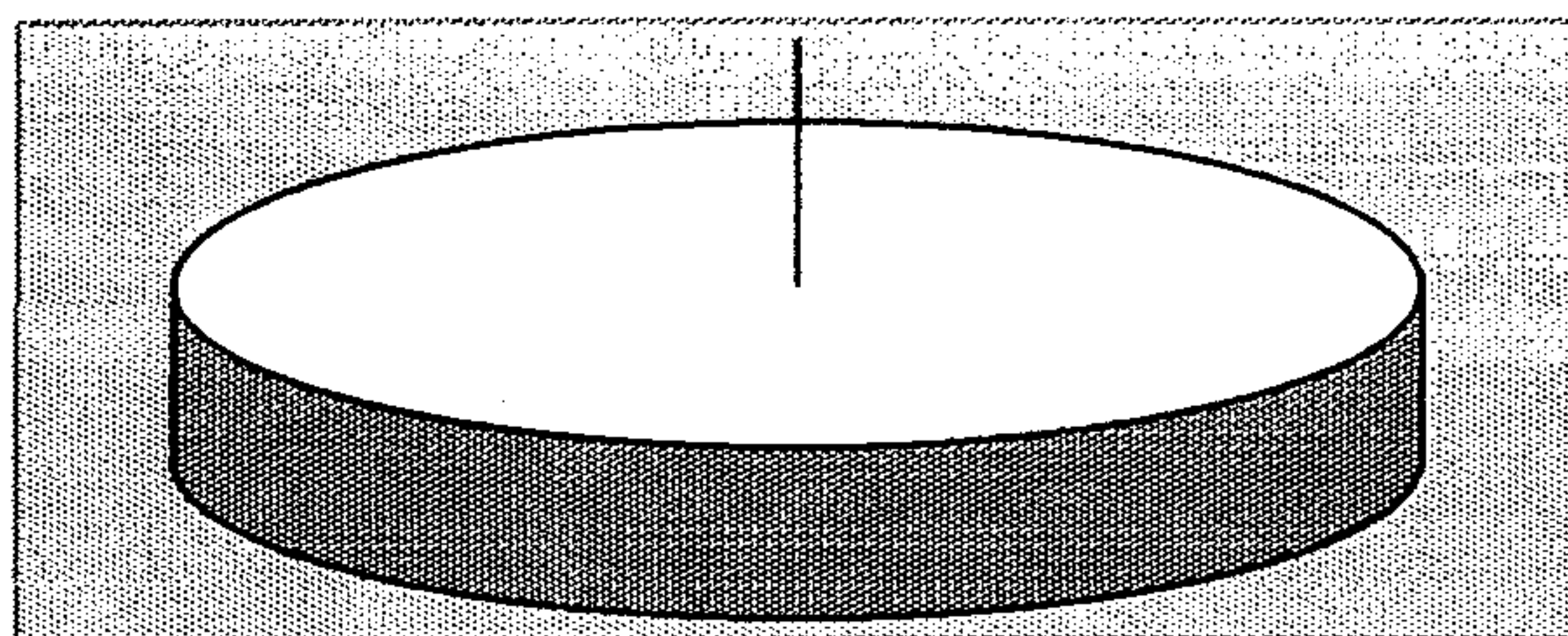


☐ EFFECTIVO 75%
☐ NO EFFECTIVO 25%

En la gráfica anterior se muestra que la técnica reparativa restauradora utilizando como material intermedio barniz de copal fue efectiva en un 75% e inefectiva en un 25% en base a los grados de filtración 0 y 1; es decir que 9 de 12 piezas en este grupo presentaron filtración a este nivel.

**REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CUADRO SOBRE LOS DIFERENTES TIPOS
DE PREPARACIÓN CAVITARIA PARA LA TECNICA REPARATIVA
RESTAURADORA DE AMALGAMAS DE PLATA CONVENCIONALES CLASE II
MOD UTILIZANDO COMO MATERIAL INTERMEDIO SDHESIVO CEMENTO
DUAL REALYX 3M.**

EFFECTIVO	NO EFFECTIVO
100%	0%



☐ EFFECTIVO
100%
☐ NO EFFECTIVO
0%

En la gráfica anterior se muestra que la técnica reparativa restauradora utilizando como material intermedio cemento adhesivo dual Relyx 3M fue efectiva en un 100% en base a los grados de filtración 0 y 1; es decir que las 12 piezas del grupo presentaron filtración a este nivel.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los presentes resultados corresponden a las evaluaciones realizadas a las piezas reparadas en laboratorio con amalgamas convencionales clase II MOD en el Laboratorio Multidisciplinario y Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos De Guatemala.

Para tal estudio se utilizaron 36 piezas naturales extraídas las cuales fueron preparadas y reparadas con cada una de las técnicas estudiadas.

Para fines de este estudio se tomo como efectiva la técnica que presento un porcentaje no menor de 75% en base a los grados de filtración entre 0 y 1.

En el Cuadro No. 1 se muestra como la técnica reparativa restauradora sin utilizar material intermedio la cual fue efectiva en un 66.66 % en base a los grados de filtración 0 y 1 e inefectiva en un 33.33.% en base a los grados de filtración 2 y 3 no habiéndose encontrado diferencias significativas entre ninguno de los tipos de

preparación cavitaria; sin embargo la preparación A (corte paralelo al eje largo) y B (corte oblicuo al eje largo convergente a oclusal) son más fáciles de realizar para fines prácticos.

En el Cuadro No. 2 se resume los resultados de la técnica reparativa restauradora utilizando como material intermedio barniz de copal, la cual fue efectiva en un 75% en base a los grados de filtración 0 y 1 e inefectiva en un 25% en base a los grados de filtración 2 y 3, la preparación a (corte paralelo al eje largo) y B (corte oblicuo convergente a oclusal) son más fáciles de realizar por su simplicidad de corte.

En el Cuadro No. 3 se obtuvieron los resultados de las preparaciones utilizando como material intermedio adhesivo cemento dual Relyx 3M, encontrándose que la técnica con este material y con cualquiera de los tipos de preparación cavitaria es efectiva en un 100% pero debido a fines prácticos la preparación A y B son más fáciles de realizar debido a que con este material se logra un mejor y mayor sellado lo que disminuye el riesgo de filtración que cuando se utiliza el barniz de copal probablemente porque este es susceptible a volatilizarse ocurriendo así más filtración y menor eficiencia en el sellado; y sin colocar ningún

material es mas riesgoso debido a que a corto plazo no hay auto sellado de la amalgama.

CONCLUSIONES

1. La técnica reparativa restauradora utilizando como material intermedio el adhesivo cemento dual Relyx 3M, con la debida técnica de preparación de esmalte y dentina como grabado ácido, técnica adhesiva y colocación adecuada del material combinado con amalgama dental convencional como material de obturación es efectiva en un 100%; con cualquiera de los tipos de corte de preparación. Sin embargo el corte A (corte paralelo al eje largo) y B (corte oblicuo al eje largo convergente a oclusal) son los más fáciles de realizar para fines prácticos. Según el planteamiento de este estudio esta técnica fue efectiva.

2. La técnica reparativa restauradora utilizando barniz de copal como material intermedio fue efectiva en un 75% en base a los grados de filtración 0 y 1 e inefectiva en un 25% en base a los grados de filtración 2 y 3; siendo el corte A (corte paralelo al eje largo) y B (corte oblicuo convergente a oclusal) los más fáciles de realizar por fines prácticos.

Según el planteamiento de este estudio esta técnica fue efectiva.

3. La técnica reparativa restauradora sin utilizar ningún material intermedio fue efectiva en un 66.66% en base a los grados de filtración 0 y 1 e inefectiva en un 33.33% en base a los grados de filtración 2 y 3. Siendo el corte A (corte paralelo al eje largo) y el B (corte oblicuo al eje largo) los mas fáciles de realizar por fines prácticos.

Según el planteamiento de este estudio esta técnica fue no fue efectiva.

4. La técnica reparativa restauradora sin utilizar ningún material intermedio es menos efectiva que la técnica reparativa restauradora utilizando barniz de copal como material intermedio, y ésta menos efectiva que la técnica reparativa restauradora utilizando como material intermedio adhesivo cemento dual.

Se comprobó la Hipótesis planteada.

RECOMENDACIONES

1. Que se promueva la utilización de la técnica reparativa restauradora de amalgama de plata convencional para cavidades clases II MOD en el Gremio Odontológico.
2. Que se realice un estudio sobre la técnica reparativa restauradora in situ, ya que este estudio no es concluyente por ser a nivel de laboratorio (in vitro).
3. Que se prefiera al realizar la técnica reparativa restauradora la preparación A (corte paralelo al eje largo) y/o B (corte oblicuo convergente hacia oclusal) y además utilizar un material intermedio como el cemento dual con base de metacrilato como el Relyx 3M con la combinación de la adecuada técnica adhesiva.

LIMITACIONES

- Escasa información sobre la técnica reparativa restauradora de amalgama de plata en restauraciones clase II MOD.

ANEXOS

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

ESTUDIO EXPERIMENTAL EN LABORATORIO SOBRE LA TECNICA REPARATIVA RESTAURADORA DE AMALGAMA DE PLATA CONVENCIONALES CLASE II MOD

NINGUN MATERIAL

PIEZA	PREP. A	PREP.B	PREP.C	PREP.D
1				
2				
3				

BARNIZ DE COPAL

PIEZA	PREP.A	PREP.B	PREP.C	PREP.D
1				
2				
3				

SISTEMA ADHESIVO/CEMENTO DUAL

PIEZA	PREP.A	PREP.B	PREP.C	PREP.D
1				
2				
3				

FILTRACION

PREPARACIONES (PREP.)

0. EL TINTE NO PENETRA

1. EL TINTE PENETRA HASTA LA MITAD
ENTRE LA SUPERFICIE
DE LA RESTAURACIÓN Y LA PARED
PULPAR.

2. EL TINTE PENETRA HASTA
LA PARED PULPAR O AXIAL.

3. EL TINTE PENETRA
EL TEJIDO PULPAR.

A. CORTE PARALELO AL EJE LARGO

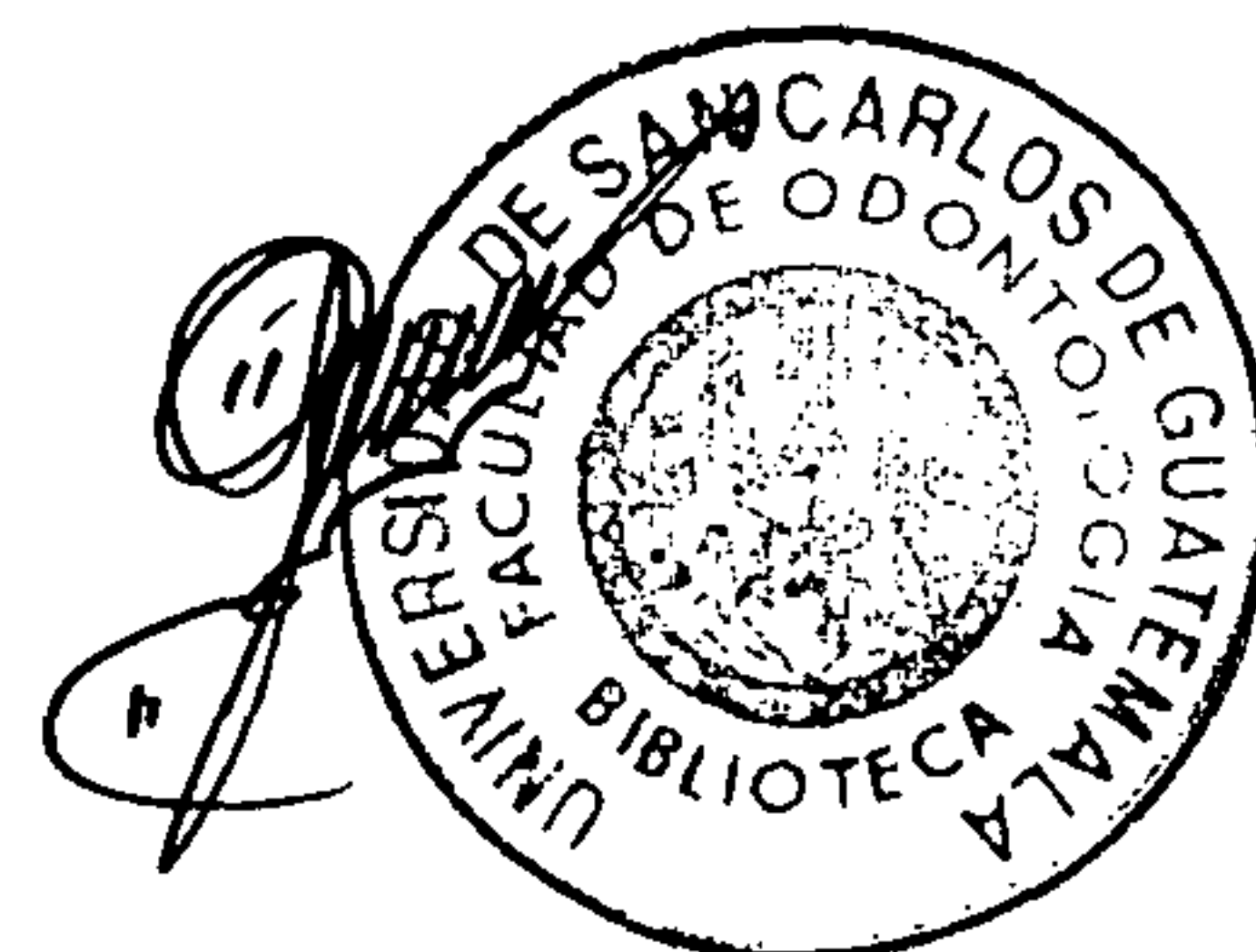
B. CORTE OBLICUO AL EJE LARGO CONVERGENTE A
OCLUSAL

C. CORTE DOBLE ESCALONADO PARALELO AL
EJE LARGO

D. CORTE DOBLE ESCALONADO CONVERGENTE
A OCLUSAL

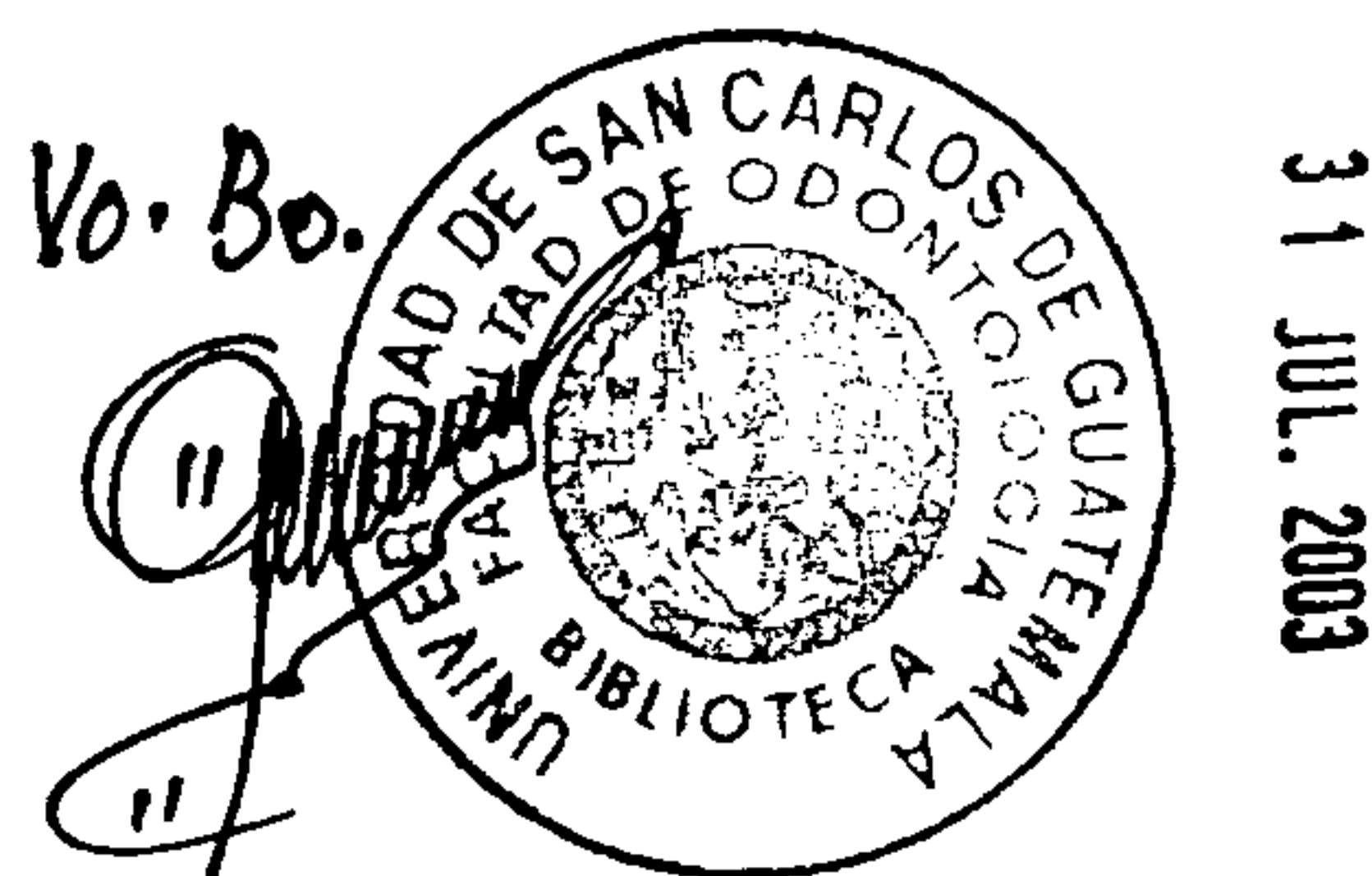
BIBLIOGRAFIA

- 1.- Baños Martín, J. L.-- Aleaciones plásticas en odontología a temperatura ambiente: amalgamas. aleaciones de galio.-- pp. 1789-1795.-- En: Tratado de Odontología / Antonio Bascones Martínez, Autor.--2ª ed.-- Madrid : Ediciones Avances Médico-Dentales, 1998.-- Tomo II.
- 2.- Benfelt, Fajardo. Otto Federico.-- Estudio clínico de la respuesta (hipersensibilidad secundaria) post operatoria restauraciones convencionales de amalgama de plata clase II utilizando la técnica de protección con barniz de Copal, Técnica Adhesiva y Técnica sin protección pulpar.-- Tesis Cirujano Dentista) -- Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 2001.-- pp. 97.
- 3.- FÜsun, Ozer... [et al.]. Amalgam repair: evaluation of bond strength and microleakage. Operative Dentistry, 27 : 199-203 2002.
- 4.- Galicia Rodas, Rafael Giovany.-- Evaluación y comparación in vitro del grado de filtración marginal que permiten el barniz de copal y la resina acrílica en restauraciones de amalgama de plata, realizadas en la facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el año 2000.-- Tesis (Cirujano Dentista) -- Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 2000.-- 80p
- 5.- Garrosa García, M. ... [et al.].-- Histología del diente y estructuras asociadas.--pp. 365-372.-- En: Tratado de Odontología / Antonio Bascones Martínez, Autor.-- 2ª ed.-- Madrid : Ediciones Avances Médico-Dentales, 1998.--Tomo I.

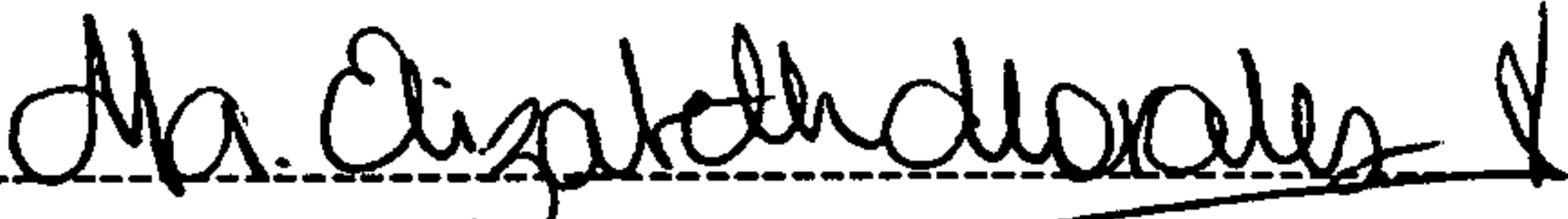


31 JUL. 2003

- 6.- Hein, Morris.-- Química / Morris Hein ; trad. por. Virgilio Gonzales Poza.-- 2ª ed.-- México : Grupo Editorial Iberoamericana, 1992.-- pp. 101, 344-345, 378.
- 7.- Jiménez Planas, A., R. Llamas Cadaval.-- Sistemas adhesivos.-- pp. 1749-1763.-- En: Tratado de Odontología / Antonio Bascones Martínez, Autor.-- 2ª ed.-- Madrid : Ediciones Avances Médico-Dentales, 1998.-- Tomo II.
- 8.- Lesson, Thomas S.-- Texto / Atlas de histología / Tomas S Lesson, Roland Lesson, Anthony A. Paparo ; trad. por Carlos Hernández Zamora.-- México : Interamericana McGraw-Hill 1990.-- pp. 401-409.
- 9.- Skinner, Eugene W.--Texto / La ciencia de los materiales dentales / Ralph W. Phillips ; trad. por Claudia Patricia Cervera Pineda.-- 9ª ed.-- Mexico : Nueva Editorial Interamericana, 1993.-- pp. 12-13, 344-345, 378.

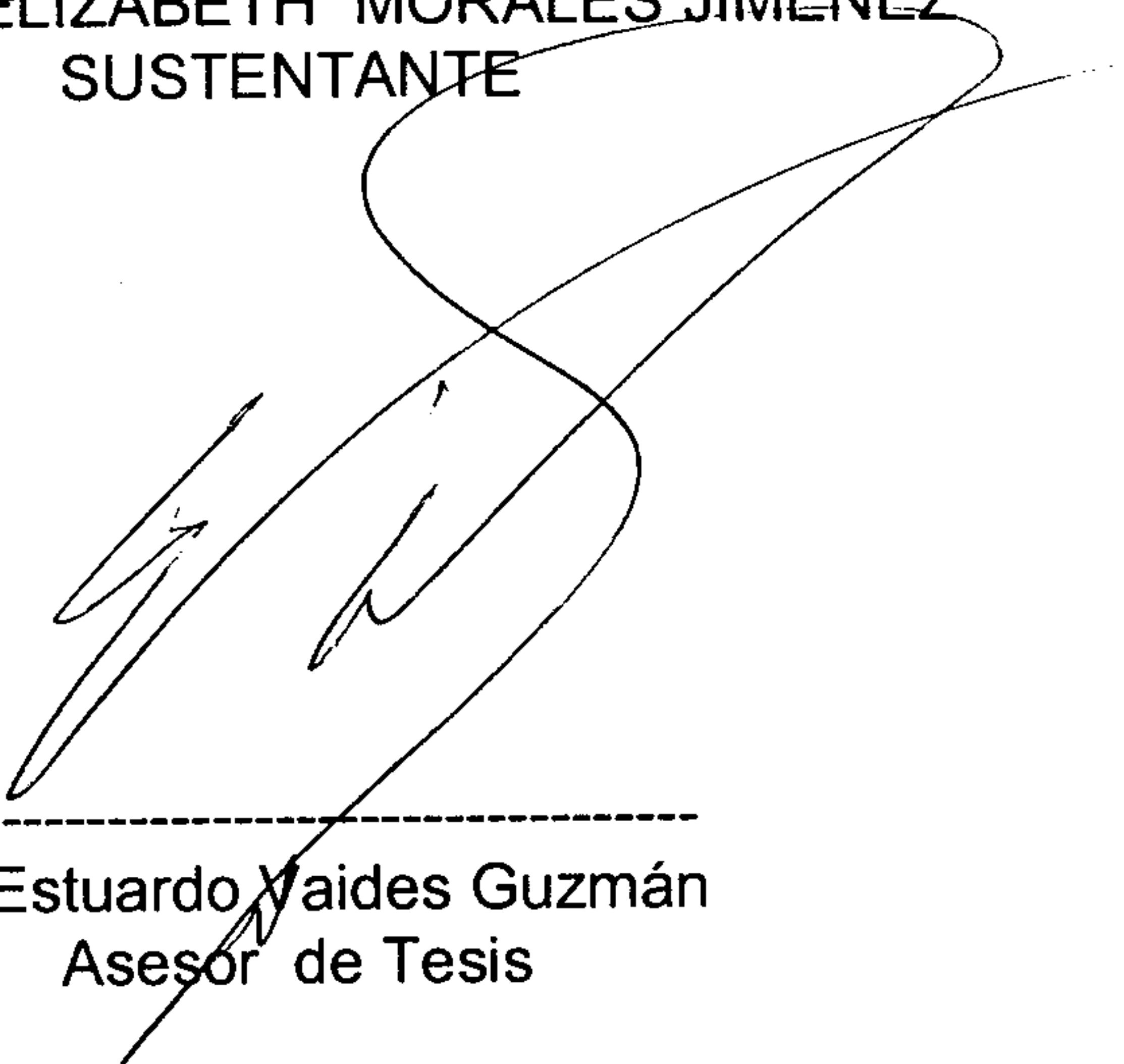


EL CONTENIDO DE ESTA TESIS ES UNICA Y EXCLUSIVA
RESPONSABILIDAD DE LA AUTORA.



MARIA ELIZABETH MORALES JIMENEZ


BR. MARIA ELIZABETH MORALES JIMÉNEZ
SUSTENTANTE


Dr. Estuardo Vaides Guzmán
Asesor de Tesis

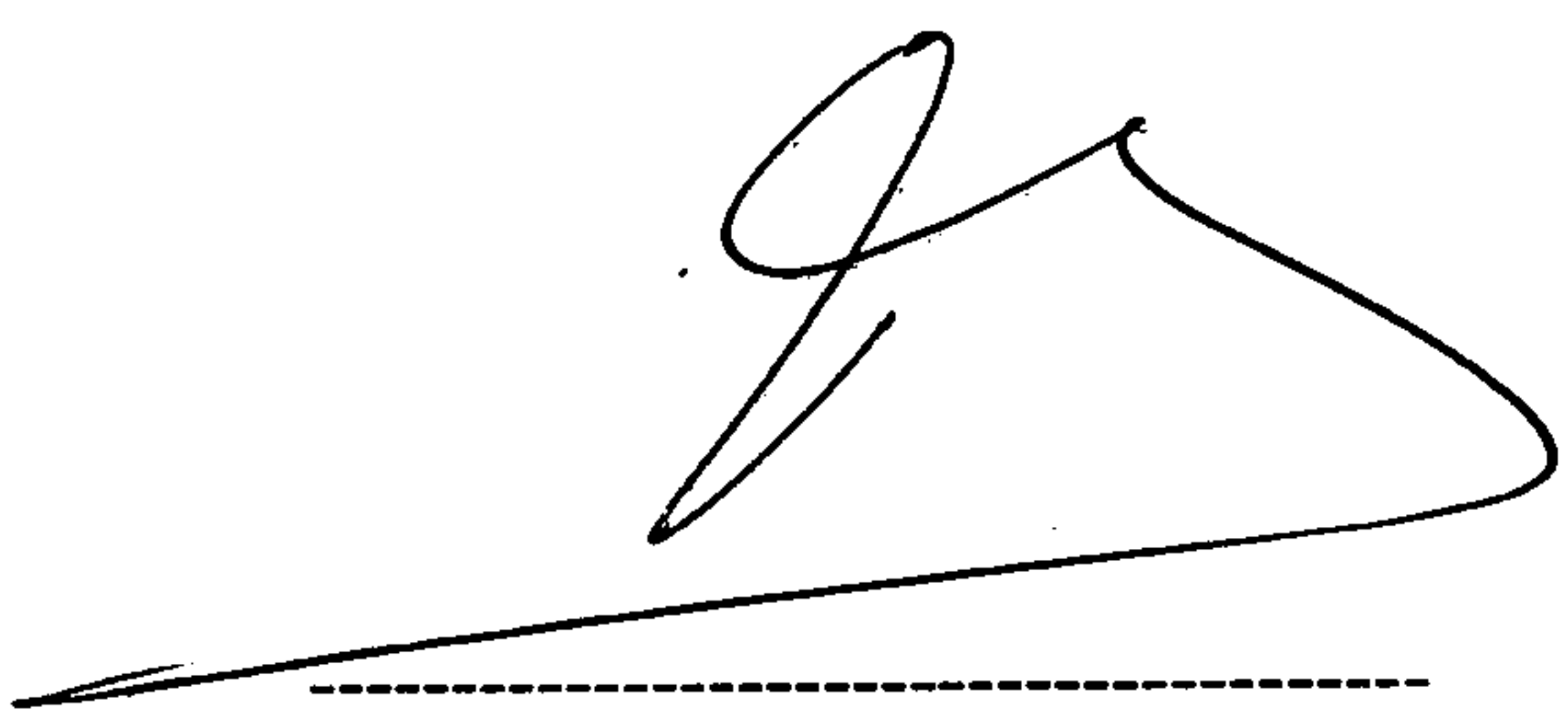

Dr. Ricardo Leon Castillo
Comision de Tesis




Dr. Estuardo Montoya Flores
Comision de Tesis

Vo. Bo.
IMPRIMASE




Dr. Otto Raul Torres Bolaños.
Secretario