

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA



**“EVALUACIÓN DE LA FUERZA DE ADHESIÓN A DENTINA,
EMPLEANDO LA TÉCNICA MODIFICADA DE DESPROTEINIZACIÓN
CON GEL DE HIPOCLORITO DE SODIO AL 5.25% Y LA TÉCNICA
CONVENCIONAL EN PREMOLARES SANOS, AREQUIPA 2015”**

Tesis presentada por:

BRIGITTE GRICEL MUJICA ORTEGA

Para obtener el Título Profesional de
Cirujano Dentista

AREQUIPA – PERU

2015

DEDICATORIA

A mi hermano Erick, quien fue el principal cimiento de mi vida profesional, y como dijo, sé que siempre estará protegiéndome.

A mis padres, con todo mi cariño y mi amor por ser las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme; a ellos por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

A mis hermanos Angel, Hoover y Carla por estar siempre pendientes, acompañándome para poder realizarme. A mi sobrina Fabiana quien ha sido y es una motivación, inspiración y felicidad.



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrar siempre su preocupación, cariño y apoyo incondicional.

A una gran amiga, Sara Rodríguez Alayza por su entusiasmo, colaboración y por compartir momentos de alegría y tristeza; demostrando que siempre podré contar con ella.

A mis profesores, gracias por su tiempo, apoyo y gran amistad así como por la sabiduría que me transmitieron en mi desarrollo profesional y personal.

Finalmente a Enrique Barazorda, Adriana Meza, Carlos Alayza e Ing. Guillermo Escobedo por toda la colaboración brindada, durante la ejecución de esta investigación.

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación *In vitro* es evaluar y comparar la fuerza de adhesión en dentina utilizando un sistema de adhesión con grabado ácido, sumándole posteriormente el procedimiento desproteinizante mediante la aplicación de un gel de hipoclorito de sodio a una concentración de 5.25% . La fuerza de adhesión se ha medido mediante la fuerza de resistencia a la tracción en la unión dentina- resina, para lo cual fueron seleccionados 40 unidades experimentales (premolares humanos libres de caries y material orgánico), que fueron divididos en dos grupos de 20 cada uno, correspondientes a la técnica convencional y a la técnica modificada (desproteinización).

Los dientes fueron seccionados longitudinalmente 3mm., para obtener superficies de dentina expuesta, en la cual se realizó una preparación cavitaria de dimensiones 3x2x2 mm., posteriormente los dientes fueron restaurados con resina compuesta Herculite Précis (Kerr), y sometidos al test de tracción, en una maquina universal de ensayos Zwick/Roell Z050, a una velocidad de 50 mm/min., obteniéndose valores individuales en Newtons/mm².

Tras realizar el análisis estadístico comparativo de las muestras, mediante el software de ensayos testxpert II y la prueba t de student se ha demostrado que existe diferencia estadísticamente significativa entre la técnica convencional que tiene un valor de 73.4 Newtons/mm² y la modificada con 115.92 Newtons/mm², siendo la segunda la que ofrece mayores valores de adhesión en dentina.

Se concluye que la fuerza de adhesión en dentina utilizando la técnica modificada de desproteinización con un gel de hipoclorito de sodio al 5.25% es la que ofrece mejor resistencia a la tracción con 115.92 Newtons/mm², debiendo en lo sucesivo utilizar para las restauraciones de las piezas dentales.

Palabras Claves: Adhesión, dentina, hipoclorito de sodio, desproteinización, resistencia, tracción.

ABSTRACT

The main objective of this research is to evaluate in vitro and compare the dentin bond strength using a bonding system with etching, then adding the deproteinizing procedure by applying a gel of sodium hypochlorite at a concentration of 5.25%. The adhesion strength is measured by the strength of tensile strength on dentin bonding resin, for which they were selected 40 experimental units (free human premolars of decay and organic material), who were divided into two groups of 20 each one corresponding to the modified conventional technique (deproteinization) and technique.

The teeth were sectioned longitudinally 3mm., For surfaces exposed dentin, in which a cavity preparation of dimensions 3x2x2 mm was performed., Then the teeth were restored with resin composite Herculite Précis (Kerr), and subjected to tensile test, a universal testing machine Zwick / Roell Z050, at a speed of 50 mm / min., obtaining individual values in Newtons / mm².

After performing comparative statistical analysis of the samples by the test software testXpert II, it has shown that there is statistically significant difference between the conventional technique has a value of 73.4 Newtons / mm² and modified 115.92 Newtons / mm², with the second which it offers higher adhesion values on dentine.

It is concluded that the bond strength in dentin using the modified technique (deproteinization with a gel of sodium hypochlorite 5.25%) is the one that offers better tensile strength with 115.92 Newtons / mm² and shall hereinafter be used for restorations the teeth.

Keywords: Adhesion, Dentin, sodium hypochlorite, deproteinization, endurance, strength.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, han ocurrido transformaciones en la búsqueda de una odontología restauradora más conservadora, principalmente con la aparición de nuevos sistemas adhesivos, los cuales nos permiten realizar procedimientos más seguros y con excelentes resultados; sobre todo en dentina, siendo éste el procedimiento de restauraciones más frecuentes en consulta; surge así uno de los mayores retos de la odontología, ya que pretende reconstruir partes afectadas de la estructura dentaria y su estética mediante la inserción de un material restaurador. El primer y el impulso más grande en la "era adhesiva" fue alcanzado después del acondicionamiento con ácido fosfórico en esmalte. Sin embargo, la adhesión a la dentina no es tan simple y tampoco está consolidada como ya ocurre en el esmalte. Esta imprevisibilidad se debe a la propia composición de la dentina siendo un tejido conjuntivo mineralizado, donde el 70% de su peso está en forma de hidroxiapatita, el 18% de material orgánico y el 12% de agua. La unión de los materiales resinosos a la dentina se debe a la retención micromecánica proporcionada por la formación de la capa híbrida. Sin embargo, existen dificultades en lo que respecta a la infiltración del monómero en la red de fibrillas de colágeno. Cuando la dentina desmineralizada se deshidrata con chorros de aire, las fibrillas de colágeno se desecan, lo que resulta en el colapso de la matriz orgánica que, en consecuencia, reduce la permeabilidad de la zona desmineralizada.

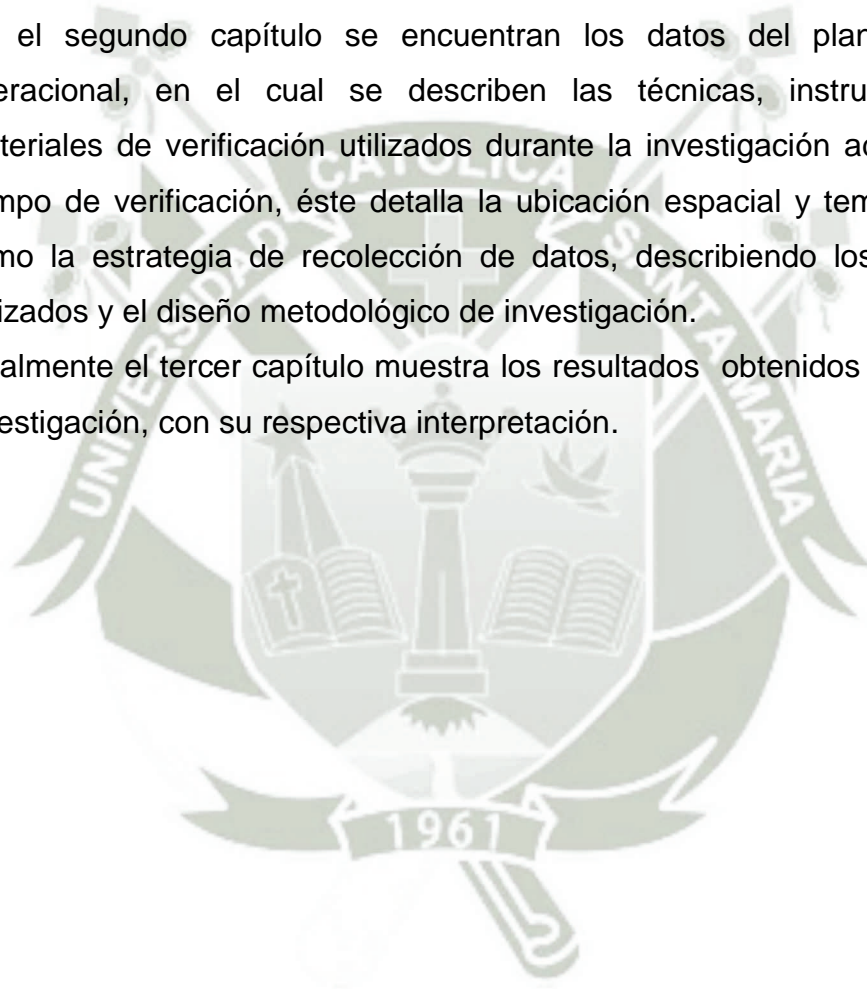
Por ello en esta investigación, se realiza una etapa adicional en el proceso de adhesión que es la desproteínización mediante la aplicación de un gel de hipoclorito de sodio al 5,25%, el cual provoca la remoción de la capa de colágeno expuesta después del acondicionamiento ácido, facilitando la penetración de la resina adhesiva directamente en la capa mineral de la dentina, con la finalidad de incrementar la calidad del sustrato al recibir un material restaurador, lo que significa una mejora en

los valores de resistencia adhesiva, sellado marginal y durabilidad de la restauración.

La investigación se dividió en tres capítulos: el primero consta del planteamiento teórico, el cual desarrolla el problema de investigación, objetivos, marco teórico, antecedentes investigativos y finalmente la hipótesis planteada.

En el segundo capítulo se encuentran los datos del planteamiento operacional, en el cual se describen las técnicas, instrumentos y materiales de verificación utilizados durante la investigación además del campo de verificación, éste detalla la ubicación espacial y temporal, así como la estrategia de recolección de datos, describiendo los recursos utilizados y el diseño metodológico de investigación.

Finalmente el tercer capítulo muestra los resultados obtenidos durante la investigación, con su respectiva interpretación.



ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO TEÓRICO.....	11
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA	11
1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	13
2. OBJETIVOS.....	13
3. MARCO TEÓRICO	14
3.1. ESQUEMA DE CONCEPTOS BÁSICOS.....	14
3.1.1. Dentina.....	14
3.1.1.1. Generalidades.....	14
3.1.1.2. Composición química.....	15
3.1.1.3. Estructura histológica de la dentina	16
3.1.1.4. Clasificación y tipos de dentina.....	19
3.1.1.5. Propiedades físicas.....	27
3.1.2. Esmalte.....	28
3.1.2.1. Generalidades.....	28
3.1.2.2. Composición química.....	29
3.1.2.3. Estructura histológica del esmalte.....	30
3.1.2.4. Propiedades físicas.....	33
3.1.3. Adhesión	35
3.1.3.1. Generalidades.....	35
3.1.3.2. Propiedades	36
3.1.3.3. Evolución de las técnicas adhesivas.....	37
3.1.3.4. Adhesión a dentina	41

3.1.3.5.	Adhesión al esmalte.....	52
3.1.4.	Adhesivos	54
3.1.4.1.	Perspectiva Histórica	54
3.1.4.2.	Introducción.....	60
3.1.4.3.	Componentes básicos de un adhesivo.....	61
3.1.4.4.	Evolución de los adhesivos	65
3.1.4.5.	Clasificación de los adhesivos	67
3.1.5.	Hipoclorito de sodio	76
3.1.5.1.	Definición	76
3.1.5.2.	Historia.....	76
3.1.5.3.	Reacción química del hipoclorito de sodio	78
3.1.5.4.	Mecanismo de acción del hipoclorito de sodio	78
3.1.5.5.	Forma	79
3.1.5.6.	Propiedades	79
3.1.5.7.	Otros usos	81
3.1.6.	Desprotección	82
3.1.6.1.	Concepto.....	82
3.1.6.2.	Antecedentes.....	83
3.1.6.3.	Efecto del hipoclorito de sodio sobre esmalte	84
3.1.6.4.	Efecto del hipoclorito de sodio sobre dentina.....	84
3.1.7.	Fuerza de tracción.....	89
3.1.7.1.	Definición	89
3.1.7.2.	Fórmula.....	90
3.1.7.3.	Medición de la resistencia de tracción	90
3.1.7.4.	Microtensión.....	91
3.2.	Antecedentes Investigativos.....	92
4.	HIPÓTESIS.....	95
CAPITULO II. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL.....		96
1.	TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN.....	96
1.1.	Técnica	96
1.2.	Instrumentos.....	104
1.3.	Materiales	105

2.	CAMPO DE VERIFICACIÓN.....	109
2.1.	Ubicación espacial.....	109
2.2.	Ubicación temporal.....	109
2.3.	Unidades de estudio	109
3.	ESTRATEGIA DE RECOLECCIÓN	110
3.1.	Organización	110
3.2.	Recursos	110
3.3.	Validación del instrumento.....	110
4.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	111
4.1.	Tipo de investigación	111
4.2.	Información.....	111
4.3.	Metodología estadística.....	111
4.4.	Criterios para el manejo de resultados.....	112
	CAPITULO III.RESULTADOS.....	113
	DISCUSIÓN	124
	CONCLUSIONES.....	125
	RECOMENDACIONES.....	126
	BIBLIOGRAFÍA.....	127
	INTERNET	129
	ANEXOS	131

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

En el tratamiento de caries con compromiso dentinario, el odontólogo generalmente utiliza resina para la restauración, logrando así una unión resina-dentina, la cual no esta tan consolidada como ocurre en la unión resina-esmalte, ya que existe adhesión mediante la capa híbrida de la dentina, la que es difícil de lograr debido a su naturaleza hidrofílica, dicha capa está constituida por fibras de colágeno; si al momento de colocar el adhesivo, la superficie no cuenta con una adecuada hidratación no existe dicha adhesión correcta, generando espacios que causan problemas de sensibilidad post operatoria como también recidivas cariosas ya que suelen quedar bacterias que al contacto con el colágeno desprotegido de minerales, generan ácidos principalmente láctico que degeneran el tejido dentinario.

Teniendo en cuenta que con el gel de hipoclorito de sodio al 5.25% al eliminar la capa de colágeno expuesta en dentina, se puede generar una superficie rica en minerales y con ello lograr una similitud semejante al esmalte que presenta valores elevados en fuerza de adhesión. Incluso las bacterias que podrían haber sobrevivido, no pueden proliferar en dentina que se encuentra libre de sustancia orgánica necesaria para la creación de los ácidos de desecho que las bacterias excretan al consumir dicho colágeno, disminuyendo la frecuencia de recidivas cariosas, y al no poseer espacios libre de adhesión no existe variación de presiones las que generan sensibilidad post operatoria; con lo que se espera mejor la capacidad de adhesión de la resina a la dentina.

1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA

“Evaluación de la fuerza de adhesión a dentina, empleando la técnica modificada de desproteinización con gel de hipoclorito de sodio al 5.25% y la técnica convencional en premolares sanos”.

1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. ÁREA DEL CONOCIMIENTO

Área General: Ciencias de la salud

Área Específica: Odontología

Especialidad: Materiales dentales

Tópico Específico: Adhesión en dentina

1.3.2. ANÁLISIS DE VARIABLES

VARIABLES	INDICADORES
<p>ESTÍMULO 1</p> <p>Técnica modificada de desproteínización con gel de hipoclorito de sodio al 5.25%</p>	
<p>ESTÍMULO 2</p> <p>Técnica convencional</p>	
<p>RESPUESTA</p> <p>Fuerza de adhesión a dentina (tracción)</p>	<p>Newtons/mm²</p>

1.3.3. INTERROGANTES BÁSICAS

- ¿Cuál es la fuerza de adhesión a dentina empleando la técnica modificada de desproteínización con gel de hipoclorito de sodio al 5.25% en premolares sanos?
- ¿Cuál es la fuerza de adhesión a dentina empleando la técnica convencional en premolares sanos?
- ¿Cuál de las dos técnicas presenta mayor fuerza de adhesión a dentina en premolares sanos?

1.3.4. TIPO DE INVESTIGATIVO DEL PROBLEMA

De laboratorio: *In vitro*

1.3.5. NIVEL INVESTIGATIVO DEL PROBLEMA

Cuasi experimental- comparativa

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1. Relevancia científica

Esta investigación tiene relevancia científica debido a que se experimenta una nueva técnica, la cual nos ofrecerá mejores valores de adhesión en dentina, que serán usados para obtener tratamientos exitosos en restauraciones con compromiso dentinario.

1.4.2. Originalidad

Es original debido a que en el proceso de adhesión no se incluye el proceso de desproteínización en dentina.

1.4.3. Relevancia contemporánea

Por ser una investigación actual, que ofrece una nueva técnica de adhesión en dentina, que nos permite obtener mejores valores de adhesión.

1.4.4. Contribución académica

La presente investigación constituye un aporte científico para la comunidad odontológica así como para los odontólogos en formación de la especialidad de Cariología.

1.4.5. Viabilidad

Las condiciones de este estudio son viables, dado que se cuenta con los instrumentos necesarios para realizar las investigaciones requeridas.

1.4.6. Interés personal

Realizar un aporte científico con el afán de desarrollar un nuevo producto que permita una adecuada técnica para la colocación de resinas en Odontología, además de posibilitarme obtener el título profesional de cirujano dentista.

2. OBJETIVOS

- Determinar la fuerza de adhesión a dentina empleando la técnica modificada de desproteínización con gel de hipoclorito de sodio al 5.25% en premolares sanos.

- Determinar la fuerza de adhesión a dentina empleando la técnica convencional en premolares sanos.
- Comparar cuál de las dos técnicas es que la que presenta mayor fuerza de adhesión a dentina en premolares sanos.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. ESQUEMA DE CONCEPTOS BÁSICOS

3.1.1. Dentina

3.1.1.1. Generalidades

La dentina, llamada también sustancia ebúrnea o marfil, es el eje estructural del diente y constituye el tejido mineralizado que conforma el mayor volumen de la pieza dentaria¹. Es un tejido de origen mesodérmico, más blando que el esmalte, y su alto grado de elasticidad protege al esmalte subyacente contra fracturas.²

Está estrechamente vinculada a la pulpa dentaria, cuyas células especializadas, los odontoblastos, la elaboran dejando en su estructura sus prolongaciones citoplasmáticas o fibrillas de Tomes. Además de los componentes citoplasmáticos o fibrillas de Tomes, la dentina está constituida por una matriz colágena calcificada, atravesada por conductillos o túbulos dentarios desde el límite pulpar hasta el esmalte en corona y cemento en raíz.³

La dentina es radio-opaca por su relativamente alta impregnación de sales minerales. Su color amarillento y la elasticidad es una capacidad de la que goza este tejido y que depende de su estructura orgánica y contenido de agua.

Este tejido es producido por los odontoblastos, que se ubican entre la dentina y la pulpa dentaria, y que conservan su relación

¹ GOMEZ DE FERRARIS. Histología y Embriología e ingeniería tisular bucodental. Pg. 256.

² RAMOS ATANCE. Bioquímica Bucodental. Pg. 171.

³ FIGUN. Anatomía Odontológica. Pg. 210

con la dentina durante toda la vida del diente, pudiendo esta autorrepararse. La dentina presenta canalículos dentarios, que contienen las prolongaciones citoplasmáticas de los procesos odontoblasticos.

El espesor de la dentina varía según la pieza dentaria, en los incisivos inferiores es mínimo (1 a 1,5 mm), mientras que en caninos y molares es de 3 mm, aproximadamente. En cada diente en particular, el espesor es mayor en los bordes incisales o cuspídeos y menor en la raíz. Es importante recordar que, debido al tipo de crecimiento aposicional que presenta la dentina, el espesor es mayor en dientes viejos que en los elementos jóvenes.

3.1.1.2. Composición química

La composición química de la dentina es aproximadamente la siguiente: 70% de materia inorgánica (principalmente, cristales de hidroxiapatita), 18% de materia orgánica (principalmente, fibras colágenas), y 12% de agua. Aunque se asume esta composición química general para la dentina existen variaciones entre las distintas regiones de la misma, así como entre la dentina de la corona y de la raíz.⁴

Matriz orgánica

La matriz orgánica está constituida por varios componente principalmente el colágeno que se sintetiza en el odontoblasto, representa el 90% de la matriz, el colágeno tipo I representa el 98% del colágeno y los colágenos tipo III y V, el 1-2% y 1% respectivamente. Los colágenos tipo IV y VI se han descrito en muy pequeñas proporciones y en diferentes circunstancias. El colágeno tipo III se segrega en casos de dentina opalescente y ocasionalmente está presente en la denominada dentina peritubular, el de tipo IV, en los momentos iniciales de la

⁴ GOMEZ DE FERRARIS. Ob. Cit. Pg. 257

dentinogenesis, cuando existe una membrana basal que separa la dentina no mineralizada de los ameloblastos secretores y, finalmente, los de tipo V y VI se han descrito en distintas regiones de la predentina.

Matriz inorgánica

La matriz inorgánica está compuesta por cristales de hidroxiapatita, similares, químicamente, a los del esmalte, cemento y hueso. Por su tamaño se diferencian de los grandes cristales del esmalte, ya que los cristales de dentina son pequeños y delgados, más parecidos a los que se encuentran en el tejido óseo. Las dimensiones de los cristales son 36 μm de longitud, 25 μm de anchura y 10 μm de altura. Los cristales se orientan de forma paralela a las fibras de colágeno de la matriz dentinaria, disponiéndose entre las fibras (70%-75%) y también, dentro de las mismas (25-30%), ya que ocupan los espacios entre las moléculas de colágeno que la forman.

En la fracción mineral, además de los cristales de hidroxiapatita hay cierta cantidad de fosfatos amorfos carbonados, sulfatos y oligoelementos, como flúor, cobre, zinc, hierro, magnesio, etc. Existe, asimismo, calcio ligado a componentes de la matriz orgánica que actuarían como reservorio para la formación de cristales de hidroxiapatita.

3.1.1.3. Estructura histológica de la dentina

La dentina está constituida por una serie de túbulos dentinarios que la atraviesan y por una matriz o dentina intertubular y peritubular.⁵

Túbulos dentinarios

Los conductillos o túbulos dentinarios atraviesan a la dentina y tiene una dirección en forma de S, desde el límite del esmalte o

⁵ CANALDA SAHLI. Endodoncia: técnicas clínica y bases científicas. Pg. 7

cemento hasta la pulpa. Alojan en su interior a la fibrilla de Tomes o prolongación citoplasmática del odontoblasto.

El diámetro de los túbulos es muy variable según la edad del diente, su condición fisiopatológica y el sitio donde se lo mide. Es mayor junto a la pulpa que en el límite amelodentinario.⁶

Los túbulos muestran ramificaciones colaterales o túbulos secundarios que contactan unos con otros, bifurcándose en sus extremos en la dentina superficial.⁷

Dentina intertubular

Está formada por fibras colágenas, glicosaminoglicanos, proteoglicanos y factores de crecimiento y proteínas dentinogénicas que sostiene a los cristales de hidroxiapatita.

Las fibras colágenas constituyen las principales fibras del tejido conectivo, son flexibles, elásticas y proporcionan resistencia. Están constituidas por 3 cadenas polipeptídicas, llamadas cadenas alfa que se organizan en una triple hélice entrelazada entre sí para formar un cordón estabilizado y resistente.

Estas proteínas participan activamente en los mecanismos de adhesión: el colágeno oponiéndose a las fuerzas de compresión desarrolladas y los glicosaminoglicanos y proteoglicanos oponiéndose a las fuerzas de tensión-deformación.

Las proteínas dentinarias pueden ser alteradas, degradadas y desnaturalizadas fácilmente por la caries, el calor friccional desarrollado por el instrumental rotario y los ácidos acondicionadores en alta concentración. Esta matriz que varía según la profundidad de la dentina que se analice y que juega un papel fundamental en el mecanismo de adhesión, representa el 86% de la totalidad del tejido en las proximidades de la unión

⁶ BARRANCOS MOONEY. Operatoria Dental. Pg. 268.

⁷ CANALDA SAHLI. Ob. Cit. Pg. 7

amelodentinaria, para decrecer al 18% en las inmediaciones de la pulpa dentaria.

Dentina peritubular

Constituye un anillo hipermineralizado que rodea a los túbulos dentinarios, caracterizándose por su riqueza de cristales de hidroxiapatita y por su carencia en fibras colágenas.

La formación de la dentina peritubular se produce cuando se termina de completar la mineralización de la dentina intertubular. Se deposita en forma centrípeta en relación al túbulo dentinario, de manera lenta y gradual, y con la edad puede llegar a obliterar parcial o totalmente los túbulos dentinarios.⁸

La dentina peritubular puede ser diferenciada fácilmente de la dentina intertubular, debido a que presenta menos cantidad de fibrillas de colágeno y mayor proporción de proteoglicanos sulfatados, mientras que la dentina intertubular contiene gran cantidad de colágeno.

Además está más mineralizada y por ello es más dura que la intertubular. La dureza de esta dentina puede proporcionar un soporte estructural adicional para la dentina intertubular y con ello fortalecer el diente.⁹

Las características estructurales y la composición sufren importantes modificaciones con la edad ya que la dentina peritubular aumenta de espesor disminuyendo el diámetro interno de los túbulos por el depósito de minerales

Esta dentina denominada dentina esclerótica fisiológica, para diferenciarla de la dentina esclerótica reactiva o reaccional que

⁸ CAMPOS A. Histología y embriología bucodental. Pg. 175.

⁹TROWBRIDGE H. Estructura y funciones del complejo dentino-pulpar. Pg. 235.

se produce en respuesta a estímulos externos de baja intensidad.¹⁰

3.1.1.4. Clasificación y tipos de dentina

3.1.1.4.1. Clasificación histopográfica

Dentina de manto

Es la primera dentina sintetizada por los odontoblastos recién diferenciados, constituye una delgada capa de 20 μm de espesor que queda ubicada por debajo del esmalte y el cemento. La matriz orgánica de este tipo de dentina está formada por fibras de colágeno muy gruesa que se dispone en forma ordenada y regular. La dentina del manto posee abundante sustancia fundamental, rica en GAG sulfatadas, pero carece de DPP (fosforina dentinaria). Además presenta un número aumentado de túbulos, pues contiene las ramificaciones terminales de los mismos.¹¹

Dentina circumpulpar

Una vez formada la dentina del manto, comienza a depositarse el resto de dentina, que se conoce como dentina circumpulpar. Esta forma el mayor volumen de dentina de la pieza dentaria, y se extiende desde la zona del manto hasta la predentina; su nombre proviene del hecho de que rodea a la pulpa. Las fibras colágenas son considerablemente más delgadas que las del manto, y se disponen irregularmente, formando una malla densa. La calcificación de esta dentina es de tipo globular y no lineal como ocurre en la dentina del manto.¹²

¹⁰ HENOSTROZA, Gilberto. Adhesión en odontología restauradora. Pg. 84.

¹¹ TROWBRIDGE H, Ob. Cit. Pg. 235.

¹² CAMPOS A. Ob. Cit. Pág. 176.

Predentina

Es una capa de dentina sin mineralizar, de 20 μm a 30 μm de ancho, situada entre los odontoblastos y la dentina circumpulpar. Está constituida por prolongaciones citoplasmáticas, acompañadas por fibras nerviosas amielínicas y matriz orgánica dentaria.

La primera capa de matriz extracelular formada por los odontoblastos es la predentina; a medida que esta se calcifica se forma nueva predentina. Así, dicha capa se mantiene durante toda la vida del diente, como consecuencia de la actividad cada vez más lenta, pero continua, de los odontoblastos. La presencia de esta dentina es importante ya que constituye una fuente de producción continua de dentina. También es muy importante conocer que si la predentina se calcifica completamente, esta podría comenzar a ser resorbida por los odontoclastos.

3.1.1.4.2. Clasificación histogenética

Dentina primaria

Es la dentina que se forma primero, representa la mayor parte, esta delimita la cámara pulpar de los dientes ya formados. Desde el punto de vista funcional se considera dentina primaria la que se deposita desde que comienza las primeras etapas de la dentinogénesis hasta que el diente entra en oclusión, es decir, cuando se pone en contacto con su antagonista.

Cuando el volumen de la pulpa disminuye como consecuencia de la formación de la dentina primaria los odontoblastos modifican su distribución y se organizan en varios estratos en la zona coronaria.¹³

¹³ CAMPOS A. Ob. Cit. Pg. 271

Dentina secundaria

Es la dentina que se forma después que se ha completado la formación de la raíz del diente. Clásicamente se describía como la sintetizada a partir del momento en que el diente entra en oclusión, pero se ha demostrado que también se halla presente en dientes que aún no han erupcionado o están retenidos. Esta dentina se deposita más lentamente que la primaria, pero su producción continúa durante toda la vida del diente. También se ha denominado dentina adventicia o regular fisiológica.¹⁴

En cuanto a la distribución de los túbulos en esta dentina, es ligeramente menos regular que la dentina primaria. El límite entre ambas se manifiesta por un cambio en la dirección de los túbulos dentinarios. La dentina secundaria se forma por dentro de la circumpulpar en toda la periferia de la cámara pulpar, alcanzando mayor espesor en el piso, techo y paredes, especialmente en el piso, mientras que es más delgada en los cuernos y en los ángulos diedros que los une. La formación de esta dentina determina una progresiva disminución de la cámara pulpar, la cual es marcada en los dientes monoradiculares cuya cámara pulpar carece de techo y piso y en las raíces de los multiradiculares.¹⁵ La disminución del volumen de la pulpa como resultado de la formación de dentina secundaria trae como consecuencia la disminución del número de odontoblastos.

Dentina terciaria

También llamada dentina reparativa, reaccional, irregular o patológica, se forma más internamente, deformando la

¹⁴ TEN CATE. Histología oral. Pg. 86.

¹⁵ MJÖR L. Dentin-Predentin complex and its permeability pathology and treatment overview. Pg. 64.

cámara, pero en los sitios donde existe un estímulo localizado. Es decir, que esta dentina es producida por odontoblastos que se encuentran directamente implicados con los estímulos nocivos tales como: caries o los procedimientos operatorios, de manera que sea posible aislar la pulpa de la zona afectada.¹⁶

La cantidad y calidad de la dentina terciaria que se produce se halla relacionada con la duración e intensidad del estímulo; cuanto más sean esos factores, más rápida e irregular será la aposición de dentina reparativa; si por el contrario el estímulo es menos activo, esta se depositará lentamente, siendo su patrón tubular más regular.

Si bien la dentina terciaria ofrece una protección pulpar de acuerdo con su espesor, la pulpa subyacente a la dentina terciaria puede inflamarse y su normalización dependerá de la intensidad y la duración del irritante, la extensión del tejido pulpar dañado y el estado previo de la pulpa.¹⁷

3.1.1.4.3. Modificaciones de la dentina

Dentina esclerótica

Es dentina hipermineralizada que ocluye parcialmente a los túbulos dentinarios. Se forma como una respuesta pulpar a una agresión externa de escasa intensidad como caries de avance lento, abrasiones, atriciones y como cambio funcional durante la vida. Se caracteriza por presentar una capa odontoblástica con algunos cambios estructurales.

Cuando la dentina es expuesta, proteínas de plasma y metabolitos son transportados por el fluido dentinario hacia la zona de dentina intratubular hipermineralizada del túbulo dentinario, aumentando su espesor y reduciendo su luz a

¹⁶ TEN CATE. Ob. Cit. Pg. 86.

¹⁷ CAMPOS A. Ob. Cit. Pg. 271

través de los cristales de alto contenido cálcico. Esta dentina hipermineralizada es adecuada para la adhesión.¹⁸

Dentina terciaria reaccional

Se sintetiza y deposita como respuesta a agresiones patológica externas de moderada intensidad que no llegan a destruir la barrera odontoblástica, como caries de avance lento, procedimientos operatorios, abrasiones, etc., que estimulan a los odontoblastos a la producción rápida y desorganizada de dentina, con deformación de la cámara pulpar. Esta dentina en contacto con la pulpa dentaria es un débil sustrato adhesivo.¹⁹

Dentina de un diente tratado endodonticamente

Es un sustrato imperfecto para la adhesión, ya que las fibras colágenas se encuentran en distintos grados de desnaturalización y microfracturación por disminución de la humedad relativa del tejido. Es interesante destacar que la adhesión resinosa sería posible a través del acondicionamiento con ácidos en alta concentración que activen, desmineralicen la superficie y exponga la luz de los túbulos dentinarios para crear efecto geométrico y reológico a través de *resin-tags* y la hidratación previa del tejido con soluciones acuosas.

Dentina cariada

Presenta dos estados bien diferenciados, que son la:

Dentina cariada externa: es tejido infectado que contiene 100.000.000 bacterias/gramo de dentina, fundamentalmente proteolíticas, altamente desmineralizadas por la acción de los ácidos débiles en baja concentración generados durante lapsos prolongados por el metabolismo microbiano, con

¹⁸ BARRANCO, J. Operatoria dental. Pg. 276.

¹⁹ RAMOS ATANCE, José Antonio. Ob. Cit. Pg. 175

componentes orgánicos degenerados, desnaturalizados y fracturados irreversiblemente, sin soporte mineral, es irrecuperable y debe ser eliminado.

Dentina cariada interna o desmineralizada: es dentina desmineralizada, con menos proporción de microorganismos viables ya que contiene 100.000 bacterias/gramo, de dentina con predominio de microorganismos acidógenos, con componentes orgánicos normales o reversiblemente desnaturalizados que pueden ser recuperada luego de una evaluación clínica criteriosa.

En preparaciones con lesiones cariosas externas donde los microorganismo han penetrado profundamente en la dentina ($\pm 180,2\text{nm}$) la aplicación de soluciones fluoradas de APF o Fluoruro Fosfato Acidulado al 1,23% o NPF Fluoruros Fosfatos Neutros al 1,1% o al 2% permitirán lograr la remineralización de las áreas de dentina desmineralizada actuando también como agentes bactericida y bacteriostáticos.

Dentina fracturada

Es dentina expuesta por un traumatismo con características estructurales y de composición variable de acuerdo a la profundidad del tejido y la dirección de las fracturas. Es dentina sana, donde no existe smear layer, con los túbulos dentinarios abiertos y preparados para recibir un adhesivo dentinario.

Generalmente, para estas lesiones se recomienda el mismo tratamiento superficial de acondicionamiento con ácidos en alta concentración que en dentina expuesta por el accionar del instrumental rotatorio que presenta smear layer.

En una fractura que expone esmalte y dentina superficial, los tejidos estarían preparados para la adhesión a través de un

exponente esmalte dentina superficial, los tejidos estarían preparados para la adhesión a través de un adhesivo, previo acondicionamiento adamantino con ácidos en alta concentración como el fosforo.

Cuando la fractura comprende esmalte y dentina media o profunda con alta permeabilidad, la aérea más próxima al tejido pulpar debería ser cubierta con cemento de ionomero de vidrio y aplicar el sistema adhesivo en el resto del sustrato dentario, previo acondicionamiento del esmalte con ácido fosfórico.

Dentina abrasionada

La alta capacidad abrasiva de los componentes de algunas pastas y dentífricos utilizados en la higiene dental son los agentes causales de estas lesiones cervicales que se caracterizan por su lenta evolución y escasa sensibilidad, con bordes de esmalte regulares. La dentina expuesta es dentina sana donde no existe smear layer, con la luz de sus túbulos disminuida.

Estas superficies que se caracterizan por su alto contenido mineral deberían ser restauradas mediante un sistema resinoso compuesto con acondicionamiento de esmalte con ácidos en alta concentración y un adhesivo u obturadas con un cemento de ionomero de vidrio hibrido o fotopolimerizable.²⁰

Dentina abfraccionada

El esmalte como tejido de recubrimiento derivado del ectodermo y la dentina como tejido de soporte derivado del mesodermo, forma una unidad estructural imbricada que coexiste durante toda la vida del individuo.

²⁰ HENOSTROZA, Gilberto. Ob. Cit. Pg. 86.

El esmalte, para resistir la flexión dental originada por los esfuerzos masticatorios, se compartiría como un casquete duro que recubre la dentina pudiendo efectuar micromovimientos sobre ella sin fracturarse.

Cuando estos movimientos acceden a la deformación adamantina, por intenso stress oclusal, por bruxismo o maloclusión por esclerosis del tejido, se generan cracks en esmalte y microfracturas en dentina que originan la abfracciones. Esta lesión presenta a la dentina con los túbulos abiertos con hipersensibilidad y sin smear layer.

Estas superficies que se caracterizan por su alta permeabilidad y difusión deberán ser restauradas mediante un sistema resinoso compuesto, previo sellado de la dentina profunda con cemento de ionomero de vidrio, con acondicionamientos de esmalte con ácidos en alta concentración u obturadas con un cemento de ionomero de vidrio o fotopolimerizable.

Dentina erosionada

Las erosiones son el producto del accionar sobre el esmalte de ácidos orgánicos e inorgánicos, débiles o fuertes y su posterior ataque al tejido dentinario.

Los trastornos estomacales, duodenales, regurgitaciones acidas, jugos ácidos de frutas naturales, de bebidas gaseosas, vino, champaña, aperitivos, etc., modifican el balance fosforo-calcio del diente y forman áreas de bordes irregulares, con base de dentina. La dentina presenta sus túbulos abiertos por la desmineralización, caracterizándose por su marcada sensibilidad. Las técnicas adhesivas que se deberían aplicar en estos casos clínicos son semejantes a los aplicados para el tratamiento de la dentina fracturada y abfraccionada.

3.1.1.5. Propiedades físicas

Color

La dentina presenta un color blanco amarillento, puede variar de un individuo a otro y, también, a lo largo de la vida. Como el esmalte es translucido, por su alto grado de mineralización, el color del diente lo aporta generalmente, la dentina.

Puede depender, del grado de mineralización, de la vitalidad pulpar, de la edad y de los pigmentos, estos puede tener origen endógeno o exógeno. Los pigmentos endógenos provienen, por ejemplo, de la degradación de la hemoglobina en los casos de hemorragias pulpares por traumatismo y acción medicamentosa, que también ocasiona tonos grisáceos. Los pigmentos exógenos pueden provenir de obturaciones metálicas.

Translucidez

La dentina es menos translúcida que el esmalte, debido a su menor grado de mineralización, pero en las regiones apicales, donde el espesor de la dentina es mínimo, puede verse por transparencia el conducto radicular.

Dureza

Está determinada por su grado de mineralización. Es mucho menor que la del esmalte y algo mayor que la del hueso y el cemento. En dientes de personas jóvenes, la dureza de la dentina es similar a la de la amalgama de plata.

La calcificación dentinaria es más intensa en los caninos y primeros molares, es un tejido acelular pero sensible capaz de reaccionar ante los agentes fisicoquímicos externos su metabolismo se manifiesta tanto cuando cede sus sales como

cuando aumenta de espesor por la producción de dentina adventicia o secundaria.²¹

Radiopacidad

Depende del contenido mineral y es menor que la del esmalte algo superior a la del hueso y cemento. Por su baja radiopacidad, la dentina aparece en las placas radiográficas sensiblemente más oscura que el esmalte.

Elasticidad

La elasticidad propia de la dentina tiene gran importancia funcional, ya que permite como estar la rigidez del esmalte, amortiguando los impactos masticatorios. La elasticidad varía en función del porcentaje de sustancia orgánica y al agua que contiene.

Permeabilidad

La dentina tiene más permeabilidad que el esmalte debido a la presencia de los túbulos dentarios, que permiten el paso a distintos elementos o solutos, que la atraviesan con relativa facilidad. Se han descrito dos mecanismos de transporte a través de los túbulos: por difusión o por presión de los fluidos intersticiales de la pulpa. El movimiento del fluido a través de los túbulos es tanto centrífugo como centrípeto. Dicho movimiento es el responsable del estímulo hidrodinámico en el que se sustenta la teoría de Bramstrom para explicar el dolor dental. La permeabilidad dentinaria es una de las propiedades de mayor importancia en la práctica clínica por el sistema de adhesión de los biomateriales.

3.1.2. Esmalte

3.1.2.1. Generalidades

Es una capa delgada y translucida de tejido mineralizado acelular que cubre la corona del diente²².

²¹ FIGUN, Mario. Ob. Cit. Pg. 209.

Este tejido se deriva embriológicamente del ectodermo y se forma a partir de los ameloblastos²³.

Es el tejido más duro del organismo, propiedad que le permite soportar cargas pesadas de la masticación y limita la magnitud de su desgaste²⁴.

El esmalte recubre la corona anatómica del diente y presenta un espesor variable, 2 mm en los bordes incisales, de 2,3 a 2,5 mm en las cúspides de los premolares y de 2,3 a 3 mm en las cúspides de los molares, es sumamente delgado en los surcos intercuspídeos y fosas; presenta su mínimo espesor a nivel de la conexión amelocementaria²⁵.

3.1.2.2. Composición química

El esmalte está constituido químicamente por una matriz orgánica (1%), matriz inorgánica (96%) y agua (3%).

Matriz orgánica

El componente orgánico más importante es de composición proteica, y constituye un complejo sistema de multiagregados polipéptidos.

Entre las proteínas presentes en mayor o menos medida en la matriz orgánica del esmalte en las distintas fases de su formación se encuentran, las amelogéninas, moléculas hidrofóbicas, son las más abundantes y disminuyen a medida que aumenta la madurez del esmalte, las enamelinas, moléculas hidrofílicas que se localizan en la periferia de los cristales formando las proteínas de cubierta, las ameloblastinas o amelinas, se localizan en las capas más superficiales del esmalte y en la periferia de los cristales.

²² ROSS, MICHAEL H. Histología. Pg. 528

²³ GOMEZ DE FERRARIS. Ob. Cit. Pg. 229

²⁴ BERKOVITZ. Anatomía Oral. Pg. 200

²⁵ HENOSTROZA, Gilberto. Ob. Cit. Pg. 222

También existen proteínas séricas, enzimas y pequeños porcentajes de condritin 4-sulfato, condritin 6-sulfato y lípidos.

Matriz inorgánica

Constituida por sales minerales cálcicas básicamente de fosfato y carbonato, dichas sales muestran una organización apatítica que corresponde a la fórmula general $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, estas sales se depositan en la matriz del esmalte dando origen a un proceso de cristalización que transforma la masa mineral en cristales de hidroxiapatita.

Existen también sales minerales de calcio como carbonatos y sulfatos, y oligoelementos como potasio, magnesio, hierro, flúor, manganeso y cobre.

Agua

Se localiza en la periferia del cristal constituyendo la denominada capa de hidratación, o capa de agua absorbida, el porcentaje de agua en el esmalte disminuye progresivamente con la edad²⁶.

3.1.2.3. Estructura histológica del esmalte

Constituida por la unidad básica (el prisma del esmalte) y por las unidades secundarias²⁷.

- **Unidad estructural primaria**

Esmalte prismático

Morfología: son estructuras longitudinales de 4 μm de espesor promedio, se dirigen desde la conexión amelodentinaria hasta la superficie del esmalte, su longitud es mayor en el esmalte, su diámetro varía entre 4-1 μm , es menor en su punto de origen y aumenta gradualmente a medida que se acerca a la superficie libre, el número de prismas varía entre 5 a 12 millones.

²⁶ GOMEZ DE FERRARIS. Ob. Cit. Pg. 233 y 234.

²⁷ BERKOVITS. Anatomía Oral, Pg., 202.

Composición: constituido por millones de cristales de hidroxiapatita, de tamaño forma variable, densamente condensada formando un patrón de orientación diferenciado que proporciona resistencia e identidad estructural a los prismas del esmalte.

Orientación: los prismas que se dirigen desde la superficie de la dentina hacia la superficie externa del diente, se organizan y disponen en hileras o planos circunferenciales alrededor del eje mayor del diente. Entre las hileras y planos sucesivos existe un cambio de orientación de uno a dos grados.

Esmalte aprismático

El esmalte aprismático es material adamantino carente de prismas, se localiza en la superficie externa del esmalte prismático y posee un espesor de $30\mu\text{m}^{28}$.

- **Unidad estructural secundaria**

Se origina a partir de las unidades estructurales primarias:

Estrías de Retzius: variaciones que se producen en la estructura y la mineralización de los primas del esmalte reciben el nombre de estrías de incremento de Retzius, pueden considerarse como anillos de crecimiento.

Laminillas o fisuras del esmalte: son defectos laminares muy finos que existen entre los grupos de prismas y van desde la superficie del esmalte hacia la unión dentina-esmalte, llegando a veces a la dentina, constituidos básicamente por tejidos pocos o nada mineralizados, contiene materia orgánica y favorecen la penetración bacteriana en el diente y la caries dental.

Penachos de Linderer: son estructuras hipomineralizadas de bastoncillos de esmalte y sustancia adyacentes que se proyectan entre los grupos adyacentes de prismas de esmalte

²⁸ SHWARTZ. Fundamentos en odontología contemporánea. Pg. 125.

desde la unión dentino-esmalte, nace en la dentina y penetran en el esmalte hasta su tercio interno.

Bandas de Hunter-Schreger: los cambios en la dirección de los prismas del esmalte que limitan las fracturas en sentido axial producen un efecto óptico traducido en unas bandas claras y oscuras denominadas parazonas y diazonas, estas bandas presentan anchura variable, permeabilidad y contenido orgánico ligeramente diferente, sus límites son imprecisos y ocupan las cuatro quintas partes más internas del mismo.

Esmalte nudoso: es una zona singular y especial del esmalte prismático que se localiza en regiones cervicales, zonas incisales y oclusales, está formado por grupos de prismas que pueden entrelazarse con grupos adyacentes y seguir rumbo curvo irregular hacia la superficie dental.

- **Superficie del esmalte**

Interna

Límite amelodentinario: no es una zona donde los tejidos tengan una separación lisa y regular; sino, una zona donde se relacionan con un límite irregular festoneado, con salientes de la dentina respecto del esmalte; esto se debe a que la dentina está formada por células colágenas mineralizadas y los cristales de la dentina quedan integrados con los del esmalte, dejando este límite regular. Este límite le da mejor agarre a las fuerzas laterales. Los cristales de esmalte quedan todos en la misma dirección (porque la célula no tiene una punta que de la forma prismática de herradura) por lo que en este límite, en un espesor de 5 micrones, el esmalte es aprismático, de estructura homogénea.

Penachos del esmalte: son zonas del esmalte menos mineralizadas, por lo que tienen más sustancia orgánica; es una lámina pero en un corte se ven sus bordes como un arbusto. No

significan menos resistencia a las caries, porque están en la superficie interna.

Husos: son puntas de las prolongaciones de odontoblastos que quedan metidos en el esmalte.

Libre

Líneas de imbricación, periquematos o periquematias: surcos poco profundos en sentido horizontal, mas tupidos hacia el cuello y menos hacia oclusal, corresponden a las estrías de Retzius. El desgaste masticatorio y del cepillo hace que con los años desaparezcan.

Extremos de los prismas: entre cada línea de imbricación la superficie no es lisa, sino llena de concavidades, cada una de las cuales corresponde al punto de llegada de un bastón. Otras veces hay áreas de unos 30 micrones de espesor de esmalte aprismático (más común en la dentición temporal y zonas cervicales en dientes permanentes) porque el ameloblasto modifica su forma al llegar a la superficie.

Laminillas del esmalte: son líneas que van desde la superficie libre hasta la dentina, aunque no necesariamente llegan a la dentina. No corresponde a trizaduras del esmalte, sino que a zonas hipomineralizadas, lo que se produce durante la formación del esmalte. Se clasifican como laminillas de tipo I, II y III, lo que obedece al mayor o menor compromiso del esmalte.

3.1.2.4. Propiedades físicas

Dureza

Registrada con el número 5 de la escala de Mohs, es la mayor que se observa en la estructura humana y deriva de su composición química, siendo la dureza mínima a nivel de la unión dentina-esmalte.

Elasticidad

Es muy escasa, depende de la cantidad de agua y de sustancias orgánicas que posee; por ello, es un tejido frágil con tendencia a las macro y micro fracturas.

Color y transparencia

El esmalte es translucido, el color varía entre un blanco amarillento a un blanco grisáceo, pero este color no es propio del esmalte sino, que depende de las estructuras subyacentes, especialmente el de la dentina. En las zonas el mayor espesor tiene tonalidad grisácea (cúspides) y de donde es más delgada (cervical) presenta un color blando amarillento.

Permeabilidad

El esmalte es una estructura muy dura y densa pero es permeable a diferentes iones y moléculas, y permite una penetración parcial y completa. Al parecer, la penetración se produce a través de unidades estructurales hipomineralizadas y ricas en componentes orgánicos como las vanas de los bastoncillos, las grietas del esmalte y otros defectos.

Se ha sugerido que existen varias penetraciones submicroscópicas de transporte molecular, el agua actúa como agente transportador de iones en la matriz adamantina. La permeabilidad del esmalte va disminuyendo con la edad debido a cambios en la matriz del esmalte. Los iones flúor sustituyen los grupos hidroxilos del cristal de apatita y la tornan menos saludable a los ácidos.

Otras investigaciones aportan que el esmalte posee la propiedad de una captación continua de ciertos iones o de moléculas existentes en la saliva; esto solo ocurre en un pequeño espesor de la superficie ($30\mu\text{m}$) mecanismo conocido como mineralización.

3.1.3. Adhesión

3.1.3.1. Generalidades

La adhesión se define como el estado en el que dos superficies se mantienen unidas mediante fuerzas o energías interfaciales basadas en mecanismos químicos, mecánicos o ambos, con la medicación de un adhesivo. La superficie o sustrato que se adhiere es denominado adherente. El adhesivo se define como el material que una vez aplicado sobre las superficies de dos sustancias es capaz de mantenerlas juntas, resistiendo a su separación y el espacio que hay entre estas dos superficies se denomina interface.

Aplicando este concepto en la Odontología, se refiere específicamente a la unión de un sustrato sólido, en este caso, el tejido dentario, con el biomaterial a aplicar entre sus superficies o áreas de contacto, las cuales se deben producir fuerzas que las mantengan fijadas en forma permanente.²⁹

Este medio de interacción entre sustratos y sustancias resulta del entrelazado de un adhesivo solidificado en las irregularidades del sustrato, el cual deber estar extremadamente limpio. La adhesión parece depender de la presencia de irregularidades en el sustrato, del potencial de los monómeros en penetrar esas rugosidades, de la posibilidad de escape del aire presente en los poros mientras el material penetra, y de la capacidad de polimerización en esa región. De esta forma, es establecida la llamada unión micromecánica, donde los poros creados son llenados por los monómeros.

Tres factores son considerados fundamentales para el establecimiento de un íntimo contacto entre el adhesivo (sustancia) y la estructura dental (sustrato) y la consecuente adhesión micromecánica: potencial de humectancia o difusión

²⁹ HENOSTROZA, Gilberto. Ob. Cit. Pg. 111.

del adhesivo, viscosidad del adhesivo y rugosidad superficial del sustrato.

3.1.3.2. Propiedades

Humectancia

Capacidad que el adhesivo tiene que recubrir totalmente el sustrato, sin incorporar burbujas de aire entre ellos. Mientras más baja sea la tensión superficial de un líquido, frente a un sólido de alta energía superficial, mejor lo humectará. Lo contrario, alta tensión superficial del líquido y baja energía superficial del sólido, hará que el líquido no moje al sólido y tienda a formar gotas sobre su superficie.

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

Viscosidad

El adhesivo es efectivo cuando además de estar en contacto íntimo con el sustrato, este se distribuye fácil y rápidamente sobre el sustrato. Generalmente, el ángulo de contacto es directamente proporcional a la viscosidad del líquido. Parece claro que el adhesivo más espeso tendrá: 1) mayor dificultad de recubrir rápidamente el sólido por causa de su consistencia y no por tener menor capacidad de humectancia. 2) mayor chance de capturar aire, pues tiende a existir una capa de aire recubriendo los picos de las irregularidades, que puede impedir que el adhesivo se difunda en profundidad, proporcionando su humectancia de pico a pico.³⁰

Rugosidad superficial

³⁰ REIS, Alessandra. Materiales Dentales Directos. Pg. 183.

Amplía el potencial para la adhesión; el aumento del área eleva la capacidad adhesiva, pues hay mayor número de sitios para retener el adherente que penetró.

Angulo de contacto

El ángulo de contacto se forma entre la superficie del sólido en contacto con el líquido (en donde se forma la gota de líquido) y una tangente trazada desde el lugar de contacto de la gota con el sólido y que pasa por su ecuador.

A menor ángulo, el líquido más humectará o mejorará a un sólido. A la inversa, mientras más cercano este de los 90° o lo supere, menos lo humectará.³¹

3.1.3.3. Evolución de las técnicas adhesivas

La odontología estética utiliza materiales hidrófugos, ya que no poseen afinidad con los líquidos que contienen sustancias colaterales, tales como café, té, vino y bebidas gaseosas, impidiendo así la alteración de color de la restauración estética. En realidad, la necesidad de ser hidrófugo no se limita solo al material restaurador, sino también al adhesivo que se encuentra presente en los límites de la restauración, como una delgada capa, y que así mismo deberá ser resistente a la absorción de líquidos que contiene colorantes.³²

Estos adhesivos se comportan muy bien en lo referente a su unión con el esmalte, ya que este, después de volverse poroso por la aplicación previa del ácido se lava y seca totalmente, lo cual hace visible la adecuada penetración del adhesivo hidrófugo.

De esta manera, es posible conseguir una perfecta adhesión de la resina compuesta a los márgenes de una cavidad totalmente circundada por esmalte; sin embargo, el problema persistía en

³¹ BECKER, S. principios y bases de los biomateriales en operatoria dental. Pg. 167.

³² HENOSTROZA, Gilberto. Ob. Cit. Pg. 114.

cavidades de clase II o V, con margen gingival en cemento o dentina.

Hasta la década del 70 no se retiraba el barro dentinario (smear layer), ya que los sistemas adhesivos de entonces eran incompatibles con el substrato dentinario húmedo, y por lo tanto, la adhesión se daba entre el adhesivo y el barro dentinario. Se trataba de una unión muy frágil que terminaba rompiéndose en el momento de la contracción de polimerización de la resina compuesta.

Desde el principio se logró tanto éxito en el proceso de unión al esmalte, que luego se pretendió extender el acondicionamiento ácido a la dentina pero sin obtener el éxito esperado. Esto se debe a que al retirar la capa de barro dentinario y aumentar el diámetro de los túbulos dentinarios, el ácido produce en la superficie de la dentina un nivel de humedad incompatible con las características hidrófugas de los adhesivos utilizados.

La idea brillante consistió en dividir el “adhesivo” en dos componentes, el primero, llamado *primer* (más Fluido e Hidrófilo), con la función de penetrar en las irregularidades húmedas de la dentina desmineralizada. El segundo, llamado *bond* que corresponde al adhesivo en sí, es una resina fluida hidrófuga, que tiene por objeto recubrir al primero y unirlo con la resina compuesta. El único componente que es hidrófilo penetra en la dentina y el esmalte, quedando totalmente recubierto por lo hidrófugos, no pudiendo por lo tanto marcharse. Ese fue el comienzo de la era de los adhesivos que emplean el “acondicionamiento ácido total”.

Los *primers* son monómeros disueltos en un solvente del tipo acetona, alcohol o agua. Las moléculas de los *primers* presentan dos terminaciones, una hidrófila con radicales –OH y –COOH, que gracias a su afinidad por el agua facilitan la

penetración en la dentina húmeda; la otra hidrófuga, con terminación del tipo $-HC=CH_2$, cuyo doble enlace (al romperse) permite la unión con otro doble enlace, así mismo roto, existente en el segundo componente del adhesivo, el “Bond”. Las resinas fluidas, o bonds son monómeros hidrófugos como el Bis-GMA, los cuales pudiendo tener monómeros hidrófilos en menos cantidad, actuaran como intermediarios entre el *primer* y el material restaurador.

Resumiendo, el proceso de adhesión paso a realizarse en tres etapas:

- El acondicionamiento ácido que actúa preparando el sustrato dental para la adhesión.
- La aplicación del *primer* que es la parte del sistema adhesivo compatible con la dentina húmeda, y finalmente;
- La parte hidrófuga o *bond*, compatible con la resina compuesta.

Estos sistemas adhesivos se consideran como el punto de partida para todos los adhesivos modernos.

Los fabricantes siempre persiguen la simplificación; y en el caso de los adhesivos, estos se obtuvieron disminuyendo etapas. La primera simplificación consistió en unir en un solo frasco el *primer* y el *bond*, y por eso quedo la denominación de “adhesivos de frasco único”.

Las técnicas que se utilizaban hasta entonces realizaban como primer paso el acondicionamiento ácido del esmalte y de la dentina.

Como consecuencia de la disolución de los cristales de hidroxiapatita, en la dentina intertubular queda una capa de un espesor de cerca de 5 micrómetros integrada por fibras colágenas que se encuentran separadas unas de las otras por

el agua utilizada para lavar el ácido. Por lo tanto, es necesario poner atención a los siguientes dos aspectos:

- Si el agua que separa las fibras colágenas fuese retirada por el secado de la zona, tales fibrillas quedarán tan próximas entre sí que obstaculizarán la penetración del adhesivo.
- Aun cuando se mantenga la humedad, para facilitar la penetración del adhesivo, este ingresará tan solo cerca de tres micrómetros, dejando así alrededor de dos micrómetros de fibras colágenas sin proteger y consiguientemente expuestas a un proceso de hidrólisis.

En la dentina peritubular, que es más mineralizada, la disolución ácida amplía la entrada de los túbulos dentinarios, si por una deficiencia en la técnica, el adhesivo no hubiese podido penetrar en los túbulos que fueron abiertos, se presenta la posibilidad de un cuadro de sensibilidad post operatoria.

La mejor forma de evitar estos problemas, fue lograr que el *primer* fuese capaz de promover adicionalmente el acondicionamiento ácido. En el inicio de la década de los 90 surgieron “adhesivos autoacondicionadores”, cuyo *primer* consiste en una molécula ácida y polimerizable, de manera que ácido y adhesivo penetren juntos.

Siguiendo la tendencia de simplificación, aparecieron luego los adhesivos de etapa única, los cuales aplican de una sola vez *primer* autocondicionante y *bond*.

En lo que respecta a técnica de utilización, la gran ventaja de los adhesivos autocondicionantes consiste en prescindir del acondicionamiento con ácido fosfórico. Con ello se elimina, así mismo la fase de lavado del ácido, el cambio de rollos de algodón y el secado, manteniendo la dentina húmeda.³³

³³ BARATIERI, Luis. Estética. Pg. 57-60.

3.1.3.4. Adhesión a dentina

Generalidades

Haciendo un recuento histórico breve, la adhesión en dentina está en proceso de lograr nuevos descubrimientos en su fuerza de adhesión, es así que los primeros valores obtenidos eran tan bajos como de 4Mpa, 10Mpa, logrando un cambio significativo en 1998 logrado por Van Meerbick obteniendo 15Mpa, esto parecía ser lo máximo en lograr en adhesión a dentina hasta que nuevas técnicas evidenciaron valores de 18 a 25Mpa, estos valores eran ideales ya que se asemejaban a la adhesión en esmalte.³⁴

Los mecanismos de adhesión a esmalte son predecibles posibilitando lograr éxito clínico, mientras que los métodos y sistemas de adhesión a dentina todavía son discutidos y algunos no debidamente comprobados.³⁵

El primer intento para lograr un agente adhesivo corresponde a Hagger que en 1951, trabajando para Amalgamated Dental CO en Inglaterra y en Suiza que desarrolla el GPDM (ácido glicerofosfórico dimetracrilato), con la idea del acondicionamiento ácido de los tejidos dentales, Kramer y Mclean en 1952, en una investigación realizada en el Eastman Dental Hospital de Londres, mostraron que el GPDM aumentaba la adhesión a la dentina por penetración superficial y formación de una capa intermedia, ahora llamada capa híbrida.

El uso clínico del GPDM que se hallaba incorporado al Sevriton Cavity Seal fue descrito por Mclean y Kramer en 1952 donde recomendaban utilizar el adhesivo en pequeñas cantidades

³⁴ BOTTINO, Marco Antonio. Odontología estética. Pg. 34

³⁵ MIYASHITA, Eduardo. Odontología Estética el Estado del Arte. Pg. 10.

porque su escurrimiento podría causar una escara en los tejidos gingivales.

Posteriormente se utilizaron para obtener adhesión a dentina procedimientos que estaban basados en la misma tecnología descrita por Buonocore en 1955.

La pretensión de tratar a la dentina que es un sustrato heterogéneo y fisiológicamente dinámico, diferente al esmalte que es homogéneo microcristalino con gran contenido mineral, no tuvo éxito clínico debido a la pobre unión proporcionada por las resinas disponibles en esa época.

La humedad de la superficie dentinaria no era compatible con los agentes de unión hidrófugos como las resinas de BIS-GMA o UDMA sin carga inorgánica o con mínima proporción de ella.

Los sistemas adhesivos que no eliminaban el *smear layer*, sino que tratan de unirse químicamente a la porción mineral orgánico o acuosa de la dentina y que estaban basados en uniones estéricas, grupos amonios, fosfonatos, isocianatos y glutaraldehidos resultaron uniones débiles porque eran hidrolizadas por el fluido dentinario generando importantes fracturas adhesivas o coadhesivas en la unión dentina resina.³⁶

Fusayama en 1979, prueba un sistema adhesivo constituido por Bis- GMA y Fenil-metacriloxietilfenil-hidroxifosfato, siendo lanzado al mercado mundial como Claerfil Bond System F. siguiendo esta línea, Fusayama en 1980, publica los resultados de la acción del ácido fosfórico del 40% simultáneamente sobre esmalte y dentina, idea que difundió como acondicionamiento ácido total, basado en la formación de *tags* resinosos que penetraban dentro de los túbulos dentinarios.

Los agentes adhesivos que utilizaban el acondicionamiento ácido total desmineralizan la dentina, peritubular e intertubular,

³⁶ BARATIERI, Luis. Ob. Cit. Pg. 64

exponiendo la red espacial de fibras colágenas para lograr su imprimación con una resina hidrófila-hidrófuga, el 4META-MMA-TBB-O y formar un híbrido reforzado de dentina resina, denominado por Nakabayashi y colaboradores en 1982, capa de hibridación o retículo interpenetrante micromecánico de metacrilato polimerizado y colágeno dentinario. La capa de hibridación que se genera por uniones micromecánicas con el colágeno dentinario y la penetración en los túbulos de *resin tags*, es resistente a los ácidos e insoluble, sin embargo presenta nanofiltraciones y microfiltraciones.

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

- Acondicionamiento total o simultáneo de esmalte y dentina con ácido fosfórico en alta concentración y aplicación de monómero hidrófilo-hidrófugo para obtener adhesión por hibridación.
- PRATI y colaboradores en 1999, usaron el acondicionamiento total o simultáneo total de esmalte y dentina con ácido fosfórico en alta concentración, desproteinización con hipoclorito de sodio en distintas concentraciones y aplicación de monómeros hidrófilos e hidrófugos para alcanzar adhesión por contacto o por hibridación reversa.
- La dentina puede también ser acondicionada, activada y desmineralizada con adhesivos autoacondicionadores, self-etch adhesives, que contiene ácidos débiles en baja concentración y monómeros acídicos que posibilitarían la adhesión a dentina por unión micromecánica por imprimación del colágeno dentinario o imprimación resinosa y por reacción ácido-base o reacción tipo GI o *glass ionmer*,

con formación de sales insolubles con los cristales de hidroxiapatita presentes en la dentina formando una capa de reacción-integración.

Tratamiento del sustrato adhesivo

La adhesión a dentina requiere de³⁷:

- Superficie activa y de alta energía superficial.
- Superficie humectante e imprimable por el adhesivo.
- Interfaz sellada u obliterada permanentemente.
- Compatibilidad física química y biológica.

Características de la dentina

La estructura de la dentina constituida por un enmarañado de fibras colágenas que engloban la hidroxiapatita se encuentran atravesadas por los túbulos dentinarios, desde la pulpa hasta el esmalte. Estos presentan a su vez, numerosas ramificaciones colaterales conocidas como canalículos dentinarios a lo largo de su extensión.

Las paredes de los túbulos están constituidas por una dentina más mineralizada, prácticamente sin fibras colágenas, que se denomina “dentina peritubular”. El resto de la dentina es la llamada “intertubular”, que es menos mineralizada y rica en fibras colágenas.

Acondicionamiento ácido de la dentina

Desde 1979, Fusayama fue el gran divulgador del acondicionamiento ácido de la dentina.

Lamentablemente tuvieron que transcurrir 10 años hasta que los occidentales aceptaras su técnica. El acondicionamiento ácido tiene por finalidad retirar totalmente la capa de barro dentinario producida durante la preparación cavitaria y disolver parcialmente la hidroxiapatita, componente mineral de la

³⁷ HENOSTROZA, Gilberto. Ob. Cit. Pg. 87.

dentina, en la dentina intertubular, dicha disolución expone una trama de fibras colágenas. En los túbulos dentinarios, cuyas paredes están formadas por una dentina más mineralizada, la disolución de la hidroxiapatita promueve la apertura de los túbulos, los cuales quedan con una forma de embudo o cono.

El tiempo de acondicionamiento ácido de la dentina varía en función del ácido empleado. Para los geles de ácido fosfórico de entre 30 y 37%, se utiliza 15 segundos, así se consigue porosidades de 0.05 a 1.0 micrómetro de diámetro en la dentina intertubular y de 1.0 a 3.0 micrómetros en la dentina peritubular, estas porosidades son más pequeñas de las que se crean en el esmalte, que son de 5.0 a 7.0 micrómetros.

Generalmente la profundidad de desmineralización de la dentina intertubular es del orden de 4 a 5 micrómetros, y la penetración del adhesivo de 3 micrómetros. Como consecuencia de ello, subyace a la capa híbrida, queda una capa de colágeno sin haber sido impregnada por esos monómeros, o sea, desprotegida.

El acondicionamiento ácido conjunto del esmalte y dentina llamado “acondicionamiento ácido total” comenzó a ser cuestionado en función de ciertos inconvenientes de la técnica. El primero sería el posible colapso de las fibras colágenas, en caso que al secarse la dentina desmineralizada, quedase desprovista del agua que provee soporte a la red de colágeno. El segundo inconveniente estaría representado por la diferencia entre la profundidad de desmineralización por el ácido y la capacidad de penetración del adhesivo.

La formación de la capa híbrida

Los actuales adhesivos hidrófilos tienen la capacidad de interpenetrar el enmarañado de fibras colágenas resultante de la desmineralización de la dentina, formando una capa híbrida

de colágeno, hidroxiapatita y resina, (de ahí el término híbrida); es decir, formada por la difusión de la resina en la dentina previamente acondicionada por ácido. Este mecanismo es el que provee la retención de la resina en la dentina por un proceso de micro-imbricamiento mecánico, o sea, un mecanismo semejante al caso de la adhesión al esmalte³⁸.

Los adhesivos autoacondicionadores son muy efectivos en penetrar la dentina, formando una capa híbrida exenta de defectos o de dentina desmineralizada y no impregnada. La capa híbrida que se obtiene con los adhesivos autoacondicionadores presenta un espesor más delgado (cerca de un micrómetro) pero más que suficiente para proveer un gran imbricamiento entre el adhesivo y las fibras colágenas³⁹.

Hanning en 2001 hizo un estudio comparativo entre tres adhesivos autoacondicionadores se encontró que, pese a existir una gran diferencia entre los espesores de las capas híbridas, la adhesión fue muy semejante entre ellos.

Mecanismos de las fallas producidas en la adhesión a la dentina⁴⁰:

Fallas cohesiva: en la actualidad, el grado de intensidad que alcanza la unión de los adhesivos modernos a la dentina es prácticamente uniforme.

En realidad, el conjunto funciona como si se tratase de una cadena formada por eslabones de resistencias diferentes que, de someterse a fuerzas fraccionales, en el momento de alcanzar la resistencia del eslabón más débil, este se rompería. Por consiguiente, si en condiciones ideales logramos los 30 MPa, este valor correspondería a la resistencia traccional de

³⁸ GUZMAN, Humberto José. Biomateriales odontológicos de uso clínico. Pg. 215.

³⁹ LANATA, Eduardo. Operatoria dental estética y adhesión. Pg. 110.

⁴⁰ HENOSTROZA, Gilberto. Ob. Cit. Pg. 120.

las fibras colágenas, el integrante más débil de la dentina desmineralizada. No obstante, si comparamos los adhesivos autoacondicionadores con los que usan el grabado ácido previo, constataremos que las magnitudes de su unión a la dentina se mantiene semejantes, y esto también es obvio, puesto que la resistencia a la tracción de las fibras colágenas no depende de su espesor y por ende será la misma, sea este de dos micrómetros, como sucede cuando se realiza el acondicionamiento ácido de la dentina, o de una fracción de micrómetro, en el caso de usar un adhesivo autoacondicionador.

Falla adhesiva: otra posibilidad de que se presenta una falla en la unión a la dentina, sin que se produzca fractura de las fibras colágenas, es cuando se rompe el adhesivo mismo en la interfaz adhesivo/dentina, debido a que en ella la resistencia del adhesivo se encuentra disminuida, en función de su afinamiento producido al penetrar en la dentina, pudiendo en algunos casos llegar a ser inferior a la resistencia de las fibras colágenas. En esta circunstancia, se produciría una falla adhesiva. La situación clínica que más propicia a este tipo de falla es la excesiva remoción de agua en la dentina acondicionada, unida al uso de un adhesivo que contiene acetona.

Fallas marginales: las fallas marginales y su consecuente recidiva de caries son las principales responsables del reemplazo de las restauraciones. Esta característica de la restauración depende mucho de la técnica empleada por el profesional, aunque algunos materiales son más críticos que otros.

El solvente del primer o del primer/bond

El solvente es un componente importante del adhesivo, y su función en los sistemas de acondicionamiento ácido previo es

disolver los monómeros hidrófilos del primer, facilitando su penetración en los intersticios húmedos de la dentina desmineralizada. Por consiguiente, esos solventes deben ser también hidrófilos (entre ellos, los más utilizados son: acetona, alcohol etílico y agua)⁴¹.

Cada solvente en particular se comportara de manera diferente en cada una de las fases de aplicación de un adhesivo.

En la primera fase es posible que el solvente pueda evaporarse aun antes de aplicarse sobre el diente, lo cual puede ocurrir en el propio frasco cada vez que se lo abra, e inclusive cuando se le dispensa muy anticipadamente en el vaso Dapen o equivalente.

En los adhesivos que contienen acetona, debido a la gran volatilidad de sus componentes, debe tenerse mucho cuidado en mantener el frasco siempre bien cerrado, y una vez dispensado en el vaso Dapen, todo adhesivo a base de acetona deber aplicarse inmediatamente sobre el diente. En realidad, esta precaución también es válida para el caso de los adhesivos a base de alcohol, aunque no se trate de una circunstancia tan crítica como la descrita para aquellos que contienen acetona.

Cuando la dentina condicionada y húmeda entra en contacto con el adhesivo, puede contraerse en un rango entre 25 a 30 %, en función del tipo de solvente utilizado.

Las contracciones de mayor magnitud se producen en el caso de la acetona, mientras que los mejores resultados se producen con metanol y etilen glicol.

Por otro lado, si la dentina estuviese seca podrá obtener mejores resultados a la hora de la expansión con el metanol o el etilen glicol como solvente. Por consiguiente, podemos concluir

⁴¹HENOSTROZA, Gilberto. Ob. Cit. Pg. 122.

que los adhesivos a bases de alcohol son menos susceptibles a las variaciones en el grado de humedad de la dentina.

Los adhesivos que contienen acetona como solvente son más susceptibles a la falta de humedad, pues sus componentes se evaporan con mucha facilidad, pudiendo llegar inclusive en ausencia de humedad suficiente a no presentar una adecuada difusión de los monómeros y asimismo promover una deshidratación de la dentina. Pero, por otro lado, en presencia de humedad dentinaria su comportamiento es muy bueno, y tal vez por eso la acetona está presente en la composición de una gran parte de los adhesivos.

Los adhesivos que incluyen agua en su formulación, al mismo tiempo de promover la rehidratación de la dentina actúan como vehículo de los monómeros transportándolos hacia los espacios creados en la trama colágena. Como el agua es más difícil de evaporar respecto al alcohol o la acetona, su eliminación resulta difícil, en los adhesivos autoacondicionadores, el agua al facilitar la ionización mejora la capacidad autoacondicionadora de los monómeros ácidos.

En el mercado está disponible solo un adhesivo que no contiene solvente, se trata del One Coat Bond, que utiliza la propia agua de la dentina como solvente para sus monómeros.

El número de capas del adhesivo

Con un pincel descartable, se aplica adhesivo en cantidad suficiente para cubrir la cavidad en toda la superficie. Se espera 20 segundos para que el primero, el *primer/bond* pueda penetrar en la dentina hasta alcanzar la profundidad que abarca la desmineralización. La mejor técnica de aplicación del primero del *primer/bond* consiste en frotarlo sobre la superficie de la dentina con el pincel que se emplea en su aplicación.

Cuando se trata de decidir el número ideal de capas de un adhesivo se debe tener en cuenta dos factores:

- El espesor de la capa no polimerizada por la inhibición que ocasiona el oxígeno. Cuando esta es gruesa, los fabricantes recomiendan el uso de capas múltiples.
- Los adhesivos sin relleno también requieren un mayor número de capas.

Al comparar la resistencia adhesiva de un adhesivo autoacondicionador con 3 técnicas de aplicación, encontró los resultados siguientes:

- La técnica recomendada por el fabricante, consistente en realizar la aplicación sin frotar (8Mpa)
- Una capa frotando el adhesivo (16,4Mpa)
- Dos capas, la primera frotando y la segunda sin frotar (27,8Mpa)

Secado para eliminar el solvente del adhesivo:

Una vez cumplida su función de facilitar la penetración del *primer* en la dentina húmeda, se debe proporcionar la eliminación por completo del solvente mediante su evaporación con chorros de aire, cuidando de mantener una separación aproximada de tres centímetros entre e la punta de la jeringa y la cavidad. Este cuidado es importante, pues al ser de fácil evaporación el solvente no requiere un chorro fuerte. Y si la jeringa triple se mantuviese muy próxima al diente, la fuerza del aire podría eliminar el adhesivo en determinadas regiones.

Cuando el solvente es el agua y por lo tanto de más difícil evaporación, se requiere tomar la precaución de no aproximar el pico de la jeringa triple al diente, tratando de aumentar la presión de aire, ya que también podría suceder lo mismo que fue descrito en el caso anterior.

Si el solvente no hubiese sido totalmente evaporado, se notara un desplazamiento del adhesivo en la superficie dentinaria por efecto del chorro de aire. En cese de ese movimiento indicara que el solvente ya se ha evaporado. Un detalle particular a tomar en cuenta es que si tal desplazamiento fuese intenso debería incrementarse la distancia a la que se está aplicando el chorro de aire.

Fotoactivación del adhesivo

En el caso de una restauración directa es muy importante que se polimerice el adhesivo antes de colocar la resina compuesta, aunque el fabricante no hubiese hecho esta recomendación. Hoy en día existe una tendencia de simplificar los procedimientos adhesivos, y eso hace que algunas veces los fabricantes recomiendan seguir pasos más simples, pretendiendo demostrar que su producto es el de más fácil utilización. Cuando el adhesivo presenta el *primer* separado del *bond*, generalmente el primero requiere de fotoactivación, en tal caso, luego de evaporar el solvente, se aplica el *bond*, y sin esperar se elimina el exceso con un pincel seco, y entonces si se procede a la fotoactivación.

Otros factores que influyen

La adhesión de un adhesivo autoacondicionador sobre la superficie dentinaria contaminada por sangre, saliva o aceite de motor, se reduce a la mitad. Antes de la aplicación de un adhesivo autoacondicionador, las superficies deben limpiarse con una goma pulidora y piedra pómez, y con una torunda de algodón impregnada de un detergente aniónico (como por ejemplo Tergensol)

Uno de los factores que más influye en el resultado de un adhesivo es el operador; y no estamos refiriéndonos a técnicas

diferentes, sino más bien a los pequeños detalles y cuidados que puede tener uno más que otro.

Existen evidencias de que en los dientes sometidos al blanqueamiento con peróxido de carbamida se produce una disminución en su adhesión al esmalte y dentina. Si fuese necesario restaurar tales dientes con resina compuesta, lo ideal sería separar dos semanas para obtener valores óptimos de adhesión. En el caso de una situación de emergencia, será necesario retirar el esmalte superficial.

3.1.3.5. Adhesión al esmalte

El grabado ácido elimina aproximadamente de 25 a 30 micrómetros de la superficie y se disuelven selectivamente las terminaciones de los primas en el esmalte restante (sustancia inorgánica). Esto produce un patrón retentivo con una superficie porosa de unos 25 a 75 micrómetros de profundidad que actúan como un sistema de canales, dentro del cual puede fluir una resina sin relleno.

Estas cavidades microscópicas sirven para que el sistema adhesivo se pueda pegar⁴².

Silverstone, describe 3 tipos microscópicos de patrones de grabado ácido, independiente de la sustancia ácida a utilizar:

- TIPO1: por la remoción preferencial del centro de los primas, dejando sus áreas periféricas relativamente intactas.
- TIPO2: por la remoción preferencial de la periferia de los primas, dejando como remanente los centros de los prismas.
- TIPO3: no guarda semejanza con el aspecto morfológico de los prismas (erosión indiscriminada).

El patrón de grado ácido depende de la orientación de los cristales, los estudios ultra estructurales de disolución cristalina indican que los cristales se disuelven fácilmente en sus

⁴² HENOSTROZA, Gilberto. Ob. Cit. Pg. 72

extremos que en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. De esta manera, los cristales que se disponen perpendicularmente a la superficie del esmalte son los más vulnerables.

Walshaw y Col refiere que un adecuado grabado del esmalte periférico a la cavidad es un factor importante en la retención a largo plazo de la restauración adherida.

Se ha podido conseguir fuerzas de unión al esmalte de aproximadamente 20 MPa (200 kg.cm) a más de 30Mpa. Y esto debido a los *tags*, que son prolongaciones o conos formados por los polímeros de la resina en la capa desmineralizada del esmalte, también conocidos como flecos de resina, estas prolongaciones proporcionan retención micromecánica. Sobre esta capa de *tags* se aplica la resina la cual realiza una unión química mediante los metacrilatos del sistema adhesivo y los de la resina. Existen dos tipos de *tags*: los *macrotags*, que se forman circularmente en la periferia de los prismas y los *microtags*, que se encuentran en el centro de los primas donde la resina hidrofílica se polimeriza en una multitud de criptas individuales de hidroxiapatita disueltos, estos *microtags* son los de mayor número y área superficial, a estos se debe la mayor fuerza de adhesión⁴³.

Algunos sistemas adhesivos presentan en sus componentes ácido maléico, el cual disuelve parcialmente la parte inorgánica del esmalte y dentina, produciendo un efecto de continua descalcificación, también se encuentra HEMA (2-Hidroxietil metacrilato) y MMPAA (Metacrilatos modificados de ácidos poliácridicos), ambos incrementan la humectación de la superficie adamantina y se acoplan formando complejos iones

⁴³ BOTTINO, Marco Antonio. Ob. Cit. Pg. 125

de calcio, lográndose una fuerte adhesión, anclaje micromecánico al esmalte.

3.1.4. Adhesivos

3.1.4.1. Perspectiva Histórica

Hasta la fecha, han aparecido ya siete generaciones diferentes de adhesivos dentinarios.

La primera generación

Apareció a finales de la década de 1950 y está formada por poliuretanos, cianoacrilatos, dimetacrilato de ácido glicerofosforico y NPG-GMA (N-fenilglicina y glicidilmetacrilato). Todos estos materiales proporcionaron unos resultados clínicos fallidos y desalentadores. La resistencia al cizallamiento era solo de 1-2MPa.

Segunda generación

Tales como (Scotchbond, Dentin Bonding Agent, Creation Bonding Agent, Dentin-Adhesit, Bondlite y Prisma Universal Bond). La mayoría de ellos eran esteres halofosfóricos de BIS-GMA, diseñados para adherirse al componente mineral de la dentina formada, una unión fosfato-calcio. Estos materiales demostraban *in vitro* una fuerza adhesiva de 3-9 MPa. Sin embargo, la adhesión se hidrolizaba al cabo de algún tiempo en el medio oral, lo que contribuía a decepcionantes resultados clínicos.

Tercera generación

El mercado a comienzos de la década de 1980. Bowen presento en 1982 un nuevo sistema adhesivo dentinario a base de oxalato. En un principio este sistema resultaba engorrosos e impredecible, pero suponía una mejora significativa, ya que proporcionaba una fuerza adhesiva de 10-15 MPa. Se creía que el oxalato férrico acidificado producía manchas marginales. Se

mejoró la fuerza adhesiva, llegando a alcanzar casi la fuerza de unión de la resina al esmalte grabado (20-22MPa).

Cuarta generación

Los adhesivos de cuarta generación son los que más se acercan a un adhesivo dentinario ideal. Durante mucho tiempo preocuparon los efectos que tenían sobre la pulpa la preparación de la superficie dentinaria. Se simplificaron los procedimientos clínicos para de manera simultánea lograr el grabado de la superficie de esmalte y la preparación de la dentina. Esta “técnica de grabado total” mejoró también la fuerza de adhesión a la dentina.

El uso de agentes acondicionadores con ácidos débiles para la preparación del sustrato dentinario o el acondicionamiento simultáneo del esmalte y la dentina, con los que se obtiene la remoción o la alteración de la capa de detritus dentinaria persiste y se solidifica como un paso importante en los sistemas adhesivos de esta generación.

Además, es importante mencionar que es hasta esta cuarta generación cuando se menciona que como parte del efecto de los agentes a base de ácidos débiles, se debe de obtener también la exposición de la dentina intertubular y peritubular.

La aplicación de imprimadores con monómeros hidrofílicos se utiliza para facilitar la penetración de la dentina descalcificada que permita embeber una superficie entre 1 a 5 micras dentro de la dentina acondicionada para mantener la red de colágena abierta. Este paso impide que la red de colágeno se colapse y permite que la resina adhesiva penetre efectivamente en la filigrana de la dentina descalcificada. Los sistemas adhesivos de esta generación demostraron mayor similitud en su comportamiento, con una técnica de menor sensibilidad, resultados más homogéneos y valores de 12 a 22 MPa, que

ofrecían una posibilidad mayor de éxito clínico. El desarrollo de la capa híbrida que se obtiene del manejo adecuado de estos sistemas adhesivos en el sustrato dentinario, es el recurso más importante para obtener valores altos de adhesión y buen sellado de la interface material restaurador-dentina. La presencia de la capa híbrida, aumenta la habilidad de estos sistemas de adhesión de unirse efectivamente al sustrato dentinario para sellar la superficie de la dentina eliminando casi por completo el flujo de fluidos en la interface y disminuyendo la sensibilidad posoperatoria propia de estos procedimientos operatorios. Por lo tanto, se considera que la formación de la capa híbrida, actúa como una efectiva barrera fisiológica contra la invasión de microorganismos o de los componentes químicos del material restaurador. Con algunos de los sistemas adhesivos de la cuarta generación se hicieron algunos intentos por buscar alguna forma de obtener adhesión química a la estructura dental.

Un mejoramiento significativo y consistente en el comportamiento clínico demostró correlación con los resultados *in vitro* que demostraron una adhesión más fuerte y más estable con estos sistemas adhesivos de la cuarta generación.

Quinta generación

El recurso de la obtención de adhesión a dentina con la formación de una capa híbrida, se manifiesta y se consolida como el mejor mecanismo. El objetivo principal de los sistemas adhesivos de la quinta generación, fue consolidar la formación de la capa híbrida y la búsqueda de adhesión química, pero con la idea de la simplificación de la técnica.

La idea de simplificar la técnica, se basa principalmente en buscar hacer esta técnica menos sensible y más rápida en obtener la adhesión, con un menor número de pasos clínicos.

Entre la aplicación clínica con más confianza por parte de los dentistas y el desarrollo de los sistemas adhesivos de la quinta generación, surgieron nuevos métodos o formas de clasificar a los sistemas adhesivos. Esto trajo como consecuencia la confusión y la dificultad de entender el funcionamiento de todos los sistemas adhesivos en el mercado. La mayoría de los sistemas adhesivos de la quinta generación, utilizaban el grabado o acondicionamiento simultáneo de la dentina y el esmalte (grabado total) y el sistema de “una botella” (*one bottle*) que contiene el imprimador y el adhesivo juntos y que se aplicaba después del grabado en un solo paso. Algunos sistemas incorporaron pequeñas cantidades de partículas de relleno, para dar más consistencia al adhesivo. La capacidad de penetración y de encapsamiento, basado en la impregnación simultánea de los dos materiales, es el factor primordial para el éxito de los adhesivos y el buen comportamiento clínico de las restauraciones de resinas compuestas.

Estos adhesivos contienen la molécula PENTA la cual se supone gran parcialmente la dentina, por lo cual solo se requiere de grabado del esmalte y no de grabado total.

Sexta generación

Los sistemas adhesivos de sexta generación o sistemas autograbadores, estos permitieron eliminar el paso del grabado ácido, realizando el grabado simultáneo del sustrato dentario y su acondicionamiento para recibir el adhesivo, empleando imprimadores autograbadores y mezclas de adhesivos con imprimadores, generando retención micromecánica en los tejidos duros, permitiendo la unión directamente sobre el *smear layer* que cubre la dentina. Este nuevo sistema se diferencia de los adhesivos de grabado y lavado en varios aspectos como su pH inicial, el tipo de monómeros acídicos, el número de frascos,

y pasos, la concentración de agua y solventes e hidrofiliidad de la capa de unión.

Se reportan valores de resistencia de unión de aproximadamente 26 MPa, para los autograbadores de dos pasos.

Estos sistemas a su vez, pueden clasificarse de acuerdo con su técnica de aplicación como sexta generación tipo I, donde es aplicado inicialmente el *primer* autograbador, es aireado, posteriormente se aplica el adhesivo, de nuevo se airea y se fotopolimeriza. Otra característica de este sistema es que generalmente es compatible con los cementos de resina de autocurado, con este sistema se aplica inicialmente el imprimador en el diente, se airea y posteriormente se aplica y fotocura el adhesivo, y finalmente se aplica el cemento de resina de autocurado para cementar la restauración.

La sexta generación tipo II mezcla el imprimador y el adhesivo, previo a su aplicación en el diente, la primera capa es aireada por diez segundos y la segunda se fotocura. Este sistema generalmente no es compatible con los cementos de resina duales, de autocurado y reconstructores de muñón como son las resinas compuestas convencionales de autocurado. La acidez del agente adhesivo puede interferir en el fraguado de la resina compuesta. Esta incompatibilidad se produce debido a que la polimerización química de resinas se da mediante un sistema binario de curado dual o Redox que consiste en un peróxido y una amina terciaria aromática.

Para los sistemas de fotocurado su activación se da por la generación de radicales libres de la activación de un fotoiniciador (diquetonas como la canforoquinona) seguido por la reducción del fotoiniciador activado por una amina alifática, la cual permite la liberación de los radicales libres. Por lo tanto, la

resistencia de unión de los cementos de resina a dentina está influida por la incompatibilidad entre los modos de polimerización del cemento y el sistema adhesivo, y se cree que la incompatibilidad de los sistemas adhesivos simplificados autograbadores y las resinas de curado dual está relacionada con la acidez de este sistema. La incompleta remoción de agua o solventes del adhesivo también pueden retardar la polimerización de los compuestos de autocurado.

Séptima generación

Los sistemas adhesivos de séptima generación son adhesivos autograbadores de un frasco y un solo paso "*All in one*", en los cuales la técnica ha sido simplificada al máximo permitiendo mantener en una solución los componentes de monómeros acídicos hidrofílicos, solventes orgánicos y agua, indispensables para la activación del proceso de desmineralización de la dentina y el funcionamiento del sistema. Los solventes como acetona o alcohol son mantenidos en la solución, pero al ser dispensados se inicia la evaporación de los solventes, la cual dispara la reacción de la fase de separación, la formación de múltiples gotas de agua y la inhibición por el oxígeno, disminuye su grado de conversión, lo cual favorece la degradación hidrolítica, afectando la capacidad de unión en la interfase adhesiva. Se reportan valores de resistencia de unión de aproximadamente 20 MPa. Este sistema tampoco es compatible con los cementos de resina de autocurado. En contraste con las ventajas de la simplificación del procedimiento, disminución de la sensibilidad de la técnica, desmineralización e infiltración simultánea de la resina, disminución en el tiempo de trabajo y sensibilidad posoperatoria, los resultados en cuanto a la resistencia de unión y nanofiltración ponen en duda la

efectividad clínica de los sistemas adhesivos de séptima generación, debido a su inestabilidad en el tiempo.

3.1.4.2. Introducción

La aplicación de los adhesivos de esmaltes-dentinas representa uno de los procedimientos fundamentales de cualquier área especializada en el ámbito de la moderna odontología. Estos productos se emplean para restauraciones estéticas directas e indirectas, pretratamientos endodónticos, cementación de postes y reconstrucciones preprotésicas, cementación de carillas, coronas y puentes, ferulizaciones peridontales, aplicación de brackets ortodónticos y tratamiento de hipersensibilidad dentinaria.

El paso adhesivo puede considerarse un momento fundamental, entre los más delicados y críticos, del que puede depender el resultado de la restauración.

Las principales funciones del sistema adhesivo son las siguientes:

- Sellar, con la finalidad de permitir un correcto mantenimiento de la restauración en el tiempo.
- Distribuir las fuerzas para garantizar una correcta rehabilitación funcional del diente.
- Resistir a la separación, característica indispensable para la retención del material de restauración y para contrarrestar la contracción inducida por la polimerización.

La primera condición indispensable para un adecuado planteamiento de la odontología adhesiva es el aislamiento idóneo del campo operatorio, que solo puede obtenerse mediante la aplicación del dique de goma.

De hecho, de la bibliografía se deduce que cualquier tipo de contaminación de las superficies dentarias por parte de líquidos biológicos, como saliva, sangre o fluidos creviculares, pueden

generar importantes problemas para la calidad de la unión adhesiva, con la consiguiente reducción de la fuerza de adhesión.

Objetivos de la adhesión de esmalte-dentina

- Retención y estabilidad de la restauración
- Compensación y absorción de las tensiones por contracción.
- Perfecta adaptación marginal, sin fisuras ni microfiltraciones.
- Sellado hermético del complejo de esmalte-dentina.
- Reducción de la sensibilidad postoperatoria.
- Refuerzo de la estructura dentaria restaurada.

Problemas clínicos y aplicaciones

Los principales problemas inherentes a la aplicación de los sistemas adhesivos de esmalte-dentinas hacen referencia a:

- La elección del adhesivo.
- El tratamiento del esmalte y de la dentina, incluyendo la dentina esclerótica.
- Las técnicas de secado y mantenimiento de la humedad del sustrato
- Las técnicas de aplicación de los diferentes productos.

Antes de proceder al análisis de los distintos problemas clínicos, es fundamental el adecuado conocimiento de las composiciones y de las clasificaciones de los adhesivos actuales, con el fin de facilitar la adecuada orientación del profesional clínico en una área que se halla en permanente evolución.

3.1.4.3. Componentes básicos de un adhesivo

La composición de los adhesivos que encontramos a nuestra disposición en el mercado odontológico, es muy variada y difícil de simplificar, si entráramos en composiciones particulares de cada compuesto del mercado este trabajo se haría eterno y probablemente incompleto pues en ocasiones es difícil obtener

datos de la composición cualitativa y cuantitativa de estos productos de las casas comerciales.

Además existen magníficos artículos en la literatura con listas interminables de los distintos adhesivos, su composición y distintas clasificaciones. Es por ello que he tratado de resumir y describir la composición tipo de un adhesivo para matizarla después cuando hablemos de las presentaciones que aparecen en el mercado.

Vamos a ver los componentes fundamentales que forman un sistema adhesivo moderno si bien las pequeñas variaciones en composición pueden tener importancia en el resultado final y conviene conocer a fondo el adhesivo que estemos utilizando.

Desde los sistemas adhesivos de cuarta generación están compuestos básicamente por estos elementos:

Acondicionador

Solución ácida compuesta comúnmente de ácido fosfórico, maléico o cítrico, remueve la capa de barrillo dentinario y desmineraliza superficialmente a la dentina.

Se presenta generalmente en forma de gel con sílica o polímeros solubles, siendo necesario lavarlo después de la aplicación.

Resinas hidrofílicas

Estas son las encargadas de conseguir la unión a dentina impregnando la capa híbrida y formando *tags* aprovechando precisamente la humedad de la dentina. Son resinas como PENTA, HEMA, BPDM, TEGDMA, GPDM o 4-META.

Resinas hidrofóbicas

Son las primeras que formaron parte de los materiales adhesivos y aunque son poco compatibles con el agua su función en los sistemas adhesivos es doble, por un lado conseguir una buena unión a la resina compuesta que también

es hidrofóbica y por otro conseguir que la capa de adhesivo tenga un grosor suficiente para que nuestra interface dentina-resina soporte el estrés a que se va ver sometida ya que suele ser más densos que las resinas hidrofóbicas.

Activadores

Son los encargados de desencadenar la reacción en cascada de la polimerización. Básicamente nos encontramos con dos, los fotoactivadores que son las canforoquinonas o el PPD y los quimioactivadores como el complejo amina peróxido. En algunas ocasiones se encuentran asociados ambos tipos de activadores y estamos entonces ante un adhesivo de fraguado dual.

Relleno inorgánico

Este componente no aparece en todos adhesivos pero en los que lo hace pretende reforzar a través del nanorelleno la resina y conseguir así un adhesivo con propiedades mecánicas mejoradas. Con este tipo de adhesivos es más fácil conseguir un adecuado grosor de capa pues son de menos fluidos.

Solventes

En la mayoría de los productos que usamos el solvente es un mero vehículo del producto pero en los sistemas adhesivos este es uno de los componentes fundamentales para conseguir una adhesión adecuada, ya que es fundamental para conseguir una adecuada capa híbrida. Por otro lado los solventes muy volátiles como la acetona o el etanol pueden tener problemas en su manipulación porque si dejamos abierto el bote de adhesivo se evaporan con facilidad y la proporción resina solvente se altera y con ella las propiedades del producto. Es por ello que se están desarrollando nuevos adhesivos en botes monodosis. Los

solventes que utilizan nuestros adhesivos son agua, etanol y acetona.⁴⁴

Tipos de solventes

El solvente que contiene el *primer* tiene la función de transportar las resinas dentro de la estructura dental, humectando o resecando la superficie dentaria, una vez que las resinas se encuentran dentro de la estructura dentaria, un solvente debe tener la capacidad de evaporación para desaparecer de la estructura dental, es decir la función del solvente se divide en dos pasos: la penetración (transporte de rellenos) y la evaporación.

Existen tres tipos de solventes que se utilizan en el *primer*; acetona, alcohol y agua. Dependiendo de cuál utilice el fabricante, es la técnica de manipulación que tenemos que utilizar.

Acetona

La acetona cumple muy bien con el paso de la evaporación, ya que es altamente volátil y por ello la evaporación es muy rápida, no necesitando chorro de aire para evaporar, también es un buen transportador del *primer*, con este tipo de solvente hay que tener la preocupación de tapar el frasco inmediatamente para evitar que se evapore la acetona. Su presentación comercial generalmente bien en frascos de vidrio. Algunos ejemplos de adhesivos con este solvente; Prime & Bond NT, Syntac Classic (Ivoclar Vivadent).

Alcohol

El alcohol tiene una excelente capacidad de penetración y de humectación además desplaza al agua que hay en los túbulos dentinarios favoreciendo el transporte de las resinas. Su capacidad de evaporación es buena, es menos volátil

⁴⁴BECKER, S. Ob. Cit. Pg. 167.

que la acetona, pero más volátil que el agua, sin embargo se recomienda secar con un chorro de aire para evaporarlo, una vez que se ha evaporado deja buen grosor de película con el primer. La presentación de estos adhesivos es en envases de plástico, no se tiene tanto problema de que se volatilice el solvente. Ejemplos de estos adhesivos con este solvente; Excite (Ivoclar Vivadent), Optibond (Kerr), Single Bond (3M ESPE).

Agua

El agua como solvente, tiene buena capacidad de penetración en los túbulos dentinarios, aunque su evaporación es lenta, por ello es necesario utilizar un chorro de aire aproximadamente entre 5 a 10 segundos para eliminar el agua que se encuentra libre. A diferencia de los otros solventes el agua es más difícil de eliminar. Un adhesivo con este tipo de solvente es por ejemplo: Prompt L Pop (3M ESPE).

3.1.4.4. Evolución de los adhesivos

A lo largo de las décadas, la odontología mantuvo la remoción de dentina sana, como procedimiento para crear áreas retentivas mediante la profundización de cavidades con la finalidad de mantener las restauraciones en posición.

Hoy en día, los adhesivos son materiales indispensables en la mayoría de los procedimientos restauradores, como por ejemplo:

- Restauraciones directas de resinas compuestas.
- Cementaciones adhesivas de incrustaciones inlays, onlays, overlays, coronas o prótesis fija; tanto estéticas como metálicas.
- Los adhesivos también se indican para impermeabilizar superficies dentarias sensibles, no solo por su exposición

por erosión y/o abrasión del esmalte; sino, también por la preparación para procedimientos indirectos (sean adhesivos o no).

Al referirnos a la adhesión, es preciso conocer la magnitud de la resistencia adhesiva requerida para soportar las fuerzas que actúan sobre la restauración adherida. La primera fuerza corresponde a la concentración de la polimerización de la resina compuesta, que genera en la interfaz adhesiva una tensión de cerca de 13Mpa. La segunda fuerza en acción, es la fuerza masticatoria, cuya magnitud es muy difícil de calcular, pues varía en función de la región de la boca, la fuerza muscular del paciente, el área de contacto, y diversas variables que son imposibles de medir con precisión (aquí es preciso adoptar el esquema consistente en trabajar con grandes márgenes de seguridad).

Toda resina compuesta está formada por una gran cantidad de partículas inorgánicas asociadas por moléculas orgánicas pequeñas o monómeros, que se unen durante la polimerización para formar moléculas grandes denominadas polímeros. Es precisamente esta unión que implica una aproximación de moléculas las que ocasionan como consecuencia una concentración de polimerización.

Debido a la contracción, la resina tiende a separarse de las paredes cavitarias, produciendo como primera consecuencia, sensibilidad postoperatoria; ya que los túbulos dentinarios a través del espacio creado quedaran en contacto con el medio bucal. Eso permitirá un libre movimiento de los fluidos allí existentes, generando una presión en el plexo subodontoblástico, con la consecuente sensación de dolor.

A pesar de parecer simple, el proceso de adhesión es complejo e incluye numerosos pasos, cuyo descuido en tan solo uno de ellos, dará como resultado el fracaso del procedimiento.

3.1.4.5. Clasificación de los adhesivos

Los adhesivos actuales ya lograron un grado de confiabilidad bastante aceptable, lo cual volvió bastante previsible el proceso de adhesión. A pesar de que casi todos ellos presenten valores bastante semejantes en cuando a la magnitud de la adhesión, existen particularidades inherentes a ciertas marcas comerciales. Así están, por ejemplo, lo que tienen relleno, lo que tienen flúor, los que son fotopolimerizados, los que tienen polimerización dual, los que obvian la utilización previa del acondicionamiento ácido, los que usan como solvente la acetona, los que usan el alcohol y así sucesivamente. Los adhesivos actuales de no ser debidamente clasificados, podrían generar dudas y llevamos a posibles errores, no solo en cuanto a la indicación más apropiada, si no también respecto a la técnica de utilización⁴⁵.

No utilizaremos la ya conocida clasificación por “generaciones”, pues no contribuye en nada y además solo se le asocia al “*marketing*”, en cuya estrategia el fabricante pretende demostrar que su adhesivo pertenece a una generación más avanzada que los productos de sus competidores.

Por el acondicionamiento ácido

A partir del análisis de las precedentes diferenciaciones y consideraciones, se puede obtener una clasificación que subdivide los modernos adhesivos en cuatro grupos fundamentales, reunidos a su vez en dos grandes categorías, grabado y lavado y autograbado.

Primera categoría, grabado y lavado

⁴⁵ HENOSTROZA, Gilberto. Ob. Cit. Pg. 127.

Caracterizada por grabado completo de esmalte dentina con un ácido fuerte que elimina el barrillo dentinario, pertenecen:

- El adhesivo de grabado y lavado de tres pasos, con los tres pasos tradicionales, constituidos por grabador, primer y adhesivo aplicados por separado.
- El adhesivo de grabado y lavado de dos pasos, llamado también adhesivo con autoimprimación, caracterizado por una fase de grabado análoga a la del sistema de tres pasos, seguida por un agente que combina *primer* y adhesivo en un solo producto.

Segunda categoría

Es la de los adhesivos autograbantes, recientemente denominada de grabado y secado, ya que se caracteriza por secado del grabador sobre el sustrato dentario y no por lavado, agrupa adhesivos que disuelven el barrillo dentinario e filtran al mismo tiempo la dentina. Dichos sistemas puede diferenciarse en:

- Autograbantes de dos pasos, constituidos por grabador y *primer* mezclados en un único producto, que no ha de lavarse (para no eliminar el primer) sino solo secarse, y por un segundo paso de adhesivo, que se debe aplicar y polimerizar.
- Autograbantes de un paso, caracterizados por un sistema que incorpora grabador+*primer*+adhesivo en un único producto (monocomponente puro de un paso).

Sistema de grabado y lavado

Sistemas que retiran el barrillo dentinario

La técnica de grabado y lavado prevé un grabado total, es decir, un tratamiento simultaneo del esmalte y la dentina con un ácido fuerte (generalmente ácido ortofosfórico al 35-37%), y un lavado

posterior con agua para eliminar completamente el ácido de la superficie del diente. La función del ácido se desarrolla:

Sobre esmalte, retirando una fina capa de barrillo dentinario o lo que es lo mismo, los productos de corte de la instrumentación anual o rotatoria, y exponiendo irregularidades superficiales que ponen de manifiesto los característicos primas del esmalte.

Sobre la dentina, al retirar el barrillo y los *tags* dentinarios (*tags* de residuos que obstruyen los túbulos dentinarios), al desmineralizar la superficie de la dentina abriendo la entrada de los túbulos y al exponer las fibrillas de colágenas de la dentina intertubular.

Dentro de este grupo se incluyen dos categorías de sistemas adhesivos, los de tres pasos (grabado, imprimación y adhesión por separado) y lo de dos pasos, en los que el *primer* y el adhesivo se combinan entre sí. La fase de grabado es común a ambos.

Grabado del esmalte

La técnica de grabado del esmalte se remonta a mediados de los años cincuenta, época de la que datan los estudios al respecto de Buonocore, y aun se utiliza con éxito.

El uso del ácido ortofosfórico determina la formación de un completo tridimensional sobre la superficie del esmalte, con un sustancial incremento del área de adhesión disponible y de la energía libre de superficie y, en consecuencia, con el consiguiente aumento de la humectabilidad y la capacidad de adhesión.

Se aconseja emplear concentraciones de ácido ortofosfórico comprendidas entre el 30 y 40%, mientras que los tiempos recomendados oscilan entre los 15 y 60 s, aunque para ciertos autores el tiempo ideal se sitúa entre los 30 y 45 s.

Grabado de la dentina

La acción de un grabado ácido seguido de lavado sobre la superficie de la dentina da lugar a una completa eliminación del barrillo dentinario, o a la disolución e filtración del mismo. En los propios adhesivos de grabado y lavado, la aplicación del ácido ortofosfórico, además de erradicar el barrillo dentinario, desmineraliza la superficie de la dentina en un espesor de 3-5 μm , eliminando el componente inorgánico y poniendo a nivel de la dentina intertubular y peritubular una trama de fibras colágenas, zona ideal para el anclaje micromecánico del adhesivo.

Dada la importancia del proceso de impregnación para la determinación de la unión adhesiva y de su estabilidad en el tiempo, resulta fundamental mantener la integridad y evitar el colapso de esa red tridimensional con maniobras que impliquen excesivo secado de la cavidad grabada. Varios estudios han demostrado que cuanto mayor es el espacio interfibrilar mayor también la fuerza de adhesión. La filtración del adhesivo en el interior de las fibras de colágeno expuestas da lugar a la formación de la “capa híbrida” o zona de dentina filtrada con resina.

Lo ideal es que la resina estuviera en condiciones de impregnar por completo toda la zona desmineralizada. En caso de impregnación incompleta, la capa híbrida en este caso parcialmente porosa, se denominaría “híbridoide”.

Numerosos estudios han valorado el efecto grabador de distintos tipos de ácidos y de diferentes tiempos de aplicación. El ácido más empleado es el ortofosfórico en gel al 35-37% durante 15 s. se ha documentado detalladamente que los tiempos de grabado ácido prolongados no contribuyen a incrementar la fuerza de la adhesión y si determinan, en

cambio, la formación de una capa híbrida inestable, en tanto que el aumento de la desmineralización no se corresponde con una impregnación idónea de las fibrillas colágenas.

También la fase de lavado es de la máxima importancia para eliminar completamente todo el gel grabador sin dejar residuos de sílice (agente agregante que hace posible la preparación en gel del ácido) sobre la superficie de la dentina.

A continuación se procede al secado (nunca excesivo) de la superficie de la dentina y a la aplicación de *primer* y adhesivo (en una única solución o en pasos separados).

Sistemas de grabado y lavado de tres pasos: aplicación clínica

Grabado

El gel grabador se debe aplicar sobre la superficie del esmalte durante 15 s, extendiéndolo a continuación a la dentina durante otros 15 s. Es necesario, además, lavar abundantemente la superficie grabada para eliminar cualquier posible residuo de ácido.

Primer

Debe aplicarse generosamente sobre la superficie, asegurando una cobertura uniforme. El *primer* se frota sobre la superficie, aplicando incluso varias capas, de manera que se garantice la adecuada humectabilidad de la cavidad. A continuación se seca para que se evapore el solvente.

Adhesivo

El adhesivo debe ser aplicado con pincel en la cavidad y soplando suavemente con aire, prestando atención a formar una capa homogénea y abundante. El soplado debe ser delicado, para permitir que se produzca la evaporación de solvente y se pueda proceder a la polimerización.

Grabado y lavado de dos pasos: aplicación clínica.

Grabado

Es análogo al anterior, aunque conviene prestar atención a no secar demasiado la dentina grabada para garantizar una adecuada porosidad del sustrato y favorecer la filtración de las fibrillas de colágeno expuestas al grabado.

Primer/adhesivo

El *primer*/adhesivo se aplica con abundancia sobre la superficie, asegurando una cobertura uniforme del área grabada. En presencia de zonas de aspecto yesoso, debe aplicarse de nuevo, utilizando preferiblemente una técnica de cepillado continuo, o bien frotando el adhesivo en la cavidad, para favorecer la mejor impregnación posible del sustrato.

La aplicación del adhesivo debe durar al menos 30 s para que quede garantizada una impregnación correcta y, a continuación, el adhesivo ha de ser soplado, para asegurar la evaporación del solvente, y adecuadamente polimerizado.

Sistemas adhesivos autograbantes y de grabado y secado

Sistemas que disuelven el barrillo dentinario

Son sistemas caracterizados por un agente grabador que incorpora el *primer* (convirtiéndose, pues en un autograbante/*primer*, autograbante de dos pasos) o que une las tres fases en un solo paso clínico (autograbante de un paso). Dichos sistemas no han de ser lavados tras su aplicación, a fin de no eliminar el *primer*.

En función de la acidez (débil, intermedia o fuerte) pueden disolver el barrillo dentinario o filtrarlo, aunque generalmente no lo eliminan por completo.⁴⁶

A este grupo pertenecen otros dos sistemas:

⁴⁶ VAN MEERBEEK, B. The clinical performance of adhesives. Pg. 1-20.

- Los de autograbado de dos pasos, también llamados sistemas autograbante/*primer* y que se caracterizan por la asociación de grabador e *primer*, seguido por el adhesivo.
- Los de autograbado de un paso, con monocomponente de un solo paso y constituidos por una solución que agrupa todos los ingredientes.

Sistema autograbante de dos pasos: aplicación clínica

Grabador/*primer*

El autograbante *primer* se aplica abundantemente sobre el esmalte y sobre la dentina durante el tiempo indicado por el fabricante, y, a continuación, se sopla suavemente con el fin de eliminar los excesos. Durante la aplicación ésta a veces indicada la técnica de cepillado continuo, para renovar de forma persistente el ácido sobre la superficie dental.

Adhesivo

El adhesivo se aplica teniendo cuidado de formar una capa homogénea y abundante sobre la superficie de la cavidad. A continuación se sopla suavemente para obtener un espesor uniforme y permitir la evaporación del solvente, procediendo seguidamente a polimerizar.

Sistema autograbantes de un paso: aplicación clínica

Grabado/*primer*/adhesivo

El sistema adhesivo deber frotarse sobre el sustrato durante 10-20 s, según cual sea el sistema. La aplicación permite la desmineralización, el acondicionamiento y la filtración simultánea del diente.

Por el sistema de activación

Actualmente los adhesivos puede ser: fotoactivados, de doble activación (dual) o activados químicamente.

En los materiales fotoactivados la polimerización ocurre solo cuando así lo decidimos; o sea, cuando aplicamos la fuente de luz que activara el inicio de la polimerización.

La gran ventaja es que la fotopolimerización se da sin la formación de compuestos químicos que con el tiempo pueden ocasionar cambios de color. Así las restauraciones obtenidas con resinas compuestas y adhesivos fotopolimerizables son más estables respecto a las alteraciones de color.

El principal cuidado que debe tenerse respecto a una posible incompatibilidad entre los productos de diferente activación. Así, los adhesivos fotopolimerizables no son compatibles con las resinas compuestas activadas químicamente y los adhesivos de activación química no son compatibles con las resinas compuestas.

Los de polimerización dual no presentan incompatibilidades de este tipo. Actualmente los adhesivos de activación química están casi en desuso, pues todos los problemas de adhesión se pueden resolver con los adhesivos fotopolimerizables y los de polimerización dual.

Por su técnica de utilización

Esta es la manera más práctica de clasificar a los adhesivos, ya que cada grupo tienen una indicación precisa de uso y requiere de una forma de empleo semejante. Los dos aspectos más importantes en la técnica de utilización son la forma de activación (foto o dual) y la forma de como se trata la superficie dentaria para la adhesión (acondicionamiento ácido previo o adhesivos autoacondicionadores).

Adhesivos fotoactivados que usan acondicionamiento ácido:

Estos adhesivos se indican básicamente para restauraciones directas, y pueden ser de 3 etapas (o sea ácido, *primer* y *bond*

aplicados separadamente), o bien de 2 etapas (el ácido independiente del *primer bond* que están juntos en un frasco único).

Adhesivos fotoactivados que son autoacondicionadores:

Para algunos profesionales el uso de ácido fosfórico es un problema no solo por la necesidad de lavarlo sino, principalmente, por el cuidado que debe observarse en la eliminación del exceso de agua. En este sentido, los adhesivos autoacondicionadores son mucho más fáciles de usar; y, por otra parte, los resultados que se obtiene son más uniformes, ya que la desmineralización y la penetración se dan simultáneamente. El *primer* ácido es neutralizado en el esmalte y dentina.

Adhesivos de activación dual que usan acondicionamiento:

Son los más versátiles, y por eso son considerados adhesivos del tipo multipropósito, ya que pueden usarse en prácticamente todas las situaciones. Se pueden ver el Scotchbond Multipropósito Plus, que es un adhesivo cuya aplicación sigue 4 etapas distintas: ácido, *primer A*, *primer B*, y finalmente *bond A* y *B* mezclados. En la misma figura se tiene el Dentasiic All Purpose DAS, que se aplica en 3 etapas: ácido, *primer A* y *B* mezclados y *bond A* y *B* mezclados.

Adhesivos de activación dual que son autoacondicionadores:

Son nuestros preferidos, para cementación de postes radiculares, pues siendo de actuación dual tenemos la seguridad de una eficiente polimerización a las partes profundas del conducto donde sería difícil llegar con la luz de la lámpara fotopolimerizadora. En el caso de un conducto radicular, el uso de un adhesivo autoacondicionador tiene dos ventajas; la primera es que evitamos la dificultad de retirar el gel de ácido

fosfórico que se encuentra dentro del conducto; y la segunda es obviar el riesgo de que el ácido fosfórico penetre por los conductos accesorios hasta llegar al ligamento periodontal, con el consiguiente peligro de ocasionar reabsorción radicular.

3.1.5. Hipoclorito de sodio

3.1.5.1. Definición

El hipoclorito de sodio, (conocido popularmente como lejía, agua lavandina o agua de Javel) es un compuesto químico, además de un fuerte oxidante químico cuya fórmula es NaClO. Contiene el cloro en estado de oxidación $\square 1$ y por lo tanto es un oxidante fuerte y económico. Debido a esta característica destruye muchos colorantes por lo que se utiliza como blanqueador. Además se aprovechan sus propiedades desinfectantes.

En disolución acuosa es estable a pH básico. Al acidular en presencia de cloruro libera cloro elemental. Por esto debe almacenarse alejado de cualquier ácido.

3.1.5.2. Historia

La historia del hipoclorito de sodio empieza a finales del siglo XVIII. Inicialmente, una compañía de un pueblo llamado Javelle, hoy parte de Paris, distribuyó el producto Agua de Javelle, una solución de hipoclorito de sodio y de potasio destinada para blanquear algodón. Su elaboración consistía en pasar un gas clorado a través de agua con una solución de carbonato potásico y sódico.

Después de la invención de agentes blanqueadores en forma de polvo, el Agua de Javelle paso a mezclarse con estos para que la reaccionara con el carbonato potásico o sódico. La efectividad del cloro como agente blanqueador fue objeto de estudio en 1785 por el reconocido químico francés Claude Louis Berthollet (1748 – 1822).

El Agua de Labareque fue una solución clorada creada por el químico francés Labareque en 1820. Principalmente, fue utilizada para la desinfección de heridas en una concentración al 2.5% en forma de hipoclorito de sodio. Sin embargo, se popularizó, junto al Agua de Javelle como agente blanqueador en las lavanderías de Paris.

Durante la primera guerra mundial, los químicos ingleses Henry Drysdale Dakin (1880-1952) y Alexis Carrel (1873-1944) desarrollaron el método Dakin-Carrel para el tratamiento de heridas en un hospital temporal de Compiègne, Francia.

Años más tarde, en 1920, la solución de Dakin fue descrita en tratamientos endodónticos por el dentista americano Crane⁴⁷, proponiendo una nueva técnica y reemplazando al agua destilada como agente irrigante. Posteriormente en 1936, el hipoclorito de sodio se introdujo en una concentración al 5% para el mismo fin, en primer lugar por Walker⁴⁸. A partir de estas investigaciones, el hipoclorito de sodio se convirtió en el irrigante de primera elección ampliamente aceptado en el mundo para este tipo de procedimientos por su bajo costo, alta accesibilidad, características bactericidas y virucidas disolución proteica y una vida media aceptable.

Sin embargo, la utilización del hipoclorito de sodio como agente desproteinizante empieza tan solo en la década de los ochenta a nivel de dentina con los estudios de Shellis⁴⁹, iniciando una polémica hasta nuestros días dado a las variantes observadas en las técnicas aplicadas, concentraciones del químico, tipos de adhesivos involucrados y calidad del sustrato dentario, las

⁴⁷ CRANE AB. A practicable root canal technique. Pg. 69.

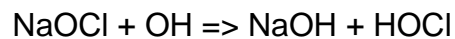
⁴⁸ WALKER, A. A DEFINITIVE AND DEPENDABLE THERAPY FOR PULPLESS TEETH. Pg.23.

⁴⁹ SHELLIS RP. Structural organization of calcospherites innormal and rachitic human dentin. Pg.85–95.

cuales aún no está claro si es efectiva su aplicación y adición al protocolo adhesivo.

3.1.5.3. Reacción química del hipoclorito de sodio

Hipoclorito de Sodio + Ion Hidroxilo => Hidróxido de Sodio + Acido Hipocloroso



3.1.5.4. Mecanismo de acción del hipoclorito de sodio

Es un compuesto químico resultante de la mezcla de cloro, hidróxido de sodio y agua. Fue desarrollado por el francés Berthollet en 1787 para blanquear telas. Luego, finales del siglo XIX, Luis Pasteur comprobó su poder de desinfección, extendiendo su uso a la defensa de la salud contra gérmenes y bacterias.

Según Estrela y Cols., las acciones del hipoclorito de sodio operan mediante tres mecanismos:

- Saponificación: donde actúa como un solvente orgánico que degrada los ácidos grasos hacia sales ácidas grasosa (jabón) y glicerol (alcohol), reduce la tensión superficial de la solución remanente.
- Neutralización: donde el hipoclorito de sodio neutraliza aminoácidos formando agua y sal.
- Cloraminación: la reacción entre el cloro y el grupo amino forma cloraminas que interfieren en el metabolismo celular. El cloro posee una acción antimicrobiana inhibiendo enzimas esenciales de las bacterias por medio de oxidación.

La acción bactericida y de disolución de tejidos del hipoclorito de sodio puede ser modificada por tres factores: concentración, temperatura y pH de la solución.

Se ha estudiado la efectividad de diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio con respecto a su acción solvente y bactericida.

Efectos de los componentes de la reacción química del hipoclorito de sodio

El hipoclorito de sodio cuenta con un pH similar al hidróxido de calcio (CaOH_2), es decir, es altamente alcalino debido a su alta cantidad de iones de hidroxilo creando un ambiente desfavorable para el crecimiento microbiano.

Los iones hidroxilos (OH) libres se unen a iones de Calcio desnaturalizando la formación de proteínas.

El hipoclorito de sodio (NaOH) actúa sobre los ácidos grasos y lípidos formando jabón y glicerol respectivamente, fenómeno que se conoce como saponificación, lo cual reduce la tensión superficial del sustrato dentario.

El ácido hipocloroso (HClO) tiene la capacidad de acondicionar y de neutralizar los aminoácidos. El ión Cloro actúa directamente en el metabolismo celular del microorganismo inhibiendo su actividad enzimática.

3.1.5.5. Forma

El hipoclorito de sodio existe en sólido en forma de sal pentahidratada $\text{NaOCl} \times 5 \text{H}_2\text{O}$ y con 2,5 moléculas de agua de hidratación por molécula: $\text{NaOCl} \times 2,5 \text{H}_2\text{O}$. La primera forma es la más conocida. A 0°C se disuelven 29,3 g de la sal en 100 g de agua y a 23°C ya son 94,2g/100g.

3.1.5.6. Propiedades

Las propiedades de este químico en el campo de la Odontología han sido estudiadas durante casi un centenario. Sin embargo, desde que empezó el auge de la desproteínización, ciertos efectos del hipoclorito de sodio probablemente no tan conocidos en el tejido dentario son factores a considerar para la utilización del mismo dentro del protocolo adhesivo.

Desbridamiento

La irrigación continua con este químico permite expulsar los detritos generados por la preparación biomecánicas de los conductos radiculares y bacterias plantónicas.

Lubricación

Existe una humectación de las paredes del conducto radicular favoreciendo la acción de los instrumentos endodónticos.

Antimicrobiano

La interacción del ión cloro con las fibras colágenas dentinarias forman cloraminas, las cuales tienen un efecto bactericida/bacteriostático sobre todo microorganismo, incluyendo virus y bacterias que se forman por esporas, según la concentración y tiempo de exposición del hipoclorito de sodio y la cantidad de material orgánico del tejido expuesto.

Disolución de tejidos

Es el disolvente más eficaz del tejido pulpar pudiendo ser disuelto entre 20 minutos a 2 horas dependiendo la concentración del hipoclorito de sodio. Su eficacia también dependerá de la integridad de los componentes orgánicos. La disolución es más rápida sobre tejidos necróticos que sobre tejidos sano.

Baja tensión superficial

Permite penetrar a todas las concavidades del conducto radicular. Su capacidad depende de la concentración del hipoclorito de sodio. Al 1% puede penetrar 100 micras, 2.5% 220 micras y al 5.25%, 350 micras dentro de los canalículos dentinarios.

Desproteizante

Esta solución produce la fragmentación de las cadenas polipeptídicas de las fibras colágenas presentes en el tejido dentario principalmente de tipo 1 dejando intacto los cristales de

hidroxiapatita. Al mismo tiempo, a esos grupos terminales se une el cloro resultando en N-cloroaminas, que luego romperán en otros productos. El proceso de desprotección es relativamente lento comparado con la desmineralización, proceso que ocurre con el acondicionamiento ácido.

Blanqueadora

El hipoclorito de sodio es capaz de reducir pigmentaciones intrínsecas amarillas marrones a nivel del esmalte por mecanismos de oxidación/reducción, indicado principalmente sobre dientes permanentes jóvenes.

Acondicionante

Debido a la presencia del ácido hipocloroso, producto de su reacción química, el hipoclorito de sodio acondiciona el tejido dentario de una forma muy leve pero suficiente como para elevar la energía superficial del sustrato expuesto y facilitar el empaquetamiento del material resinoso.

Remineralizante

Existen cambios en la cristalinidad de la apatita, especialmente en la dentina, luego del tratamiento con hipoclorito de sodio. Estudios mediante difracción de iones con rayos x sugieren que un fenómeno de recristalización toma lugar luego de la aplicación de hipoclorito de sodio. Los cristales de apatita sufren de una sustitución de ciertos iones y que esta recristalización puede ser responsable de cambios en la tensión superficial del sustrato.

3.1.5.7. Otros usos

El hipoclorito de sodio se usa mucho como oxidante en el proceso de potabilización del agua, a dosis ligeramente superiores al punto crítico (punto en que empieza a aparecer cloro residual libre).

Se utiliza también como desinfectante en piscinas, ya sea por aplicación directa en forma de líquido, pastillas concentradas o en polvo, o a través de un aparato de electrolisis salina por el que se hace circular el agua de la piscina. Para que la electrolisis tenga lugar se debe salar ligeramente la piscina. El aparato de electrolisis, mediante descargas eléctricas transforma la sal (NaCl) en hipoclorito sódico consiguiendo desinfectar el agua.

También se usa en el proceso de identificación de especies de los distintos filos de animales que poseen espículas o escleritos, como poríferos o equinodermos. El hipoclorito de sodio disuelve la materia orgánica dejando al descubierto estas estructuras, que son de carbonato cálcico o dióxido de silicio y por lo tanto, no se disuelven.

Este químico se puede también utilizar como blanqueador para las fibras textiles, así como para desinfectar los lavados gracias a su poder fungicida y bactericida.

3.1.6. Desproteización

3.1.6.1. Concepto

Es la remoción de la biopelícula que se encuentra en la superficie de todos los dientes, así como la eliminación del colágenos de las superficies previamente acondicionadas, a través del empleo de sustancias como el hipoclorito de sodio o el alcohol, que son capaces de disolver el contenido proteico y de alguna manera minimizar los inconvenientes de la técnica de hibridación, propiciando así un sellado marginal adecuado, sin que haya alteración en la resistencia adhesiva.

Esta técnica se propuso para los adhesivos de grabado total y pretendía eliminar el barrillo dentinario y a la vez favorecer el contacto directo entre adhesivo y superficie dentinaria.

Siguiendo estos pasos se observan patrones de adhesión muy buenos sin presencia de capa híbrida y con superiores fuerzas de adhesión, a la vez se aprecia un gran entramado de tags de resina que penetran incluso por la multitud de canales intertubulares que aparecen tras la desprotección con hipoclorito.

3.1.6.2. Antecedentes

Muchas son las investigaciones que buscando una superficie dentinaria más propicia para la adhesión y partiendo de la idea de que el colágeno no ofrece garantías de durabilidad y además es el principal obstáculo para conseguir una adecuada capa híbrida; es que varios autores proponen eliminar esta capa de colágeno. Tomando como base esto es que se hicieron los primeros trabajos de desprotección, eliminando con la ayuda del hipoclorito de sodio las fibras colágenas superficiales de la dentina, con ello se conseguía una superficie dentinaria muy atractiva para la adhesión; sin elementos orgánicos lábiles y con una superficie mineral más parecida a la que tenemos en el esmalte; que presenta los túbulos más abiertos para recibir a la resina. Cuando se aplicó resina ésta penetraba perfectamente en estas estructuras y no solo formaba tags más largos sino que también aparecían ramificaciones laterales en los túbulos dentinarios infiltradas por resina.

Uno y Finger descubrieron que los patrones de adhesión que se formaban no eran estables en el tiempo, a diferencia de las uniones que disponen de capa híbrida, es decir, sin capa híbrida se consiguen uniones más fuertes, pero más rígidas y por tanto menos duraderas. También observaron que a medida que se exponía la dentina a mayores tiempos de desprotección era cada vez menores las fuerzas de retención, mientras que la filtración permanecía en niveles parecidos a los que la adhesión

con capa híbrida. Sin embargo, si la superficie grabada con ácido y desproteinizada con hipoclorito, le aplicásemos un adhesivo autograbante, lograríamos eliminar el barrillo dentinario, desinfectar la superficie cavitaria, obtener un adecuado patrón de grabado del esmalte y a la vez observaríamos la formación de una nueva capa híbrida gracias al efecto ácido del primer, sin el riesgo de dejar una línea de colágeno desmineralizado no impregnado.

3.1.6.3. Efecto del hipoclorito de sodio sobre esmalte

Sobre este tejido se realizaron las primeras investigaciones pues se observó que la adhesión al esmalte no siempre era tan eficaz, debido a la existencia de la biopelícula (formada por proteínas provenientes de la saliva) que impedían que el ácido grabador actuara de manera adecuada.

Es cuando se propone el uso de un agente desproteinizante, en este caso el hipoclorito de sodio en una concentración al 6% que es capaz de remover físicamente la biopelícula, dejando así un sustrato adecuado para la adhesión.

3.1.6.4. Efecto del hipoclorito de sodio sobre dentina

En la actualidad son utilizados en distintos procedimientos odontológicos, soluciones basadas en hipoclorito de sodio, teniendo como base su acción desproteinizante no específica. La disolución de las fibras colágenas ocurre por el hecho de que el NaOCl es un agente proteolítico no específico que efectivamente remueve componentes orgánicos a temperatura ambiente.

La aplicación del hipoclorito de sodio al 10% por 1 minuto, sobre las superficies dentarias desmineralizadas provoca la disolución de las fibras colágenas expuestas. Esta acción genera una superficie con morfología alterada, caracterizada por un

aumento en la apertura de los túbulos dentinarios y grandes irregularidades en la dentina peritubular.

Las superficies dentinarias acondicionadas y posteriormente tratadas con NaOCl al 10%, por dos minutos, revelaron: aumento de la permeabilidad debido a la remoción de los componentes orgánicos; mantenimiento de la estructura dentinaria subyacente y un aumento del diámetro de los túbulos en la superficial.

A pesar de que el hipoclorito de sodio posee capacidad disolutiva sobre sustancias orgánicas, las alteraciones promovidas por esa solución en la estructura dentinaria dependen del grado de mineralización del substrato, así como de la presencia de barro dentinario. Imágenes de microscopia electrónica de barrido (MEB) revelaron que con el empleo único del NaOCl al 13% se observaron superficies dentinarias parcialmente cubiertas por smear layer, con pocos túbulos visibles. La realización de un acondicionamiento ácido y subsiguiente aplicación del hipoclorito de sodio, propicio superficies bastantes porosa y rugosas, con apertura de los túbulos dentinarios, como también de los orificios más pequeños en la dentina intertubular- ramificaciones laterales-. Así, la actuación del hipoclorito sobre las superficies no acondicionadas, limita su acción proteolítica, resultando en una desproteización incompleta.

En un estudio morfológico de las superficies dentinarias tratadas con hipoclorito de sodio al 5% se observaron superficies con aspecto morfológico con respecto a las pocas acondicionadas. Los análisis en MEB revelaron una mayor cantidad de túbulos, con apertura más ancha, mientras que en imágenes en microscopio de fuerza atómica (AFM), se observó mayor profundidad de los túbulos, posibilitando la visualización

de un extenso laberinto de túbulos secundarios laterales y en anastomosis, los cuales comunicaban con el área intertubular y la región próxima a la superficie.

La remoción de la capa rica en fibras colágenas evitaría problemas relacionados con la poca humedad dentinaria y la penetración del agente adhesivo en el colapso de colágeno. La dentina tratada con NaOCl parece ser más compatible con los materiales hidrofóbicos que la dentina acondicionada, pues, altera la superficie de la dentina y puede cambiar sus propiedades hidrofílicas, transformándola en una superficie rica en mineral, semejante al esmalte dentinario.

Después de un tratamiento con el NaOCl, se espera que la dentina se torne más húmeda, ya que la desproteínización genera una superficie mineralizada, naturalmente hidrofílica. Otros beneficios clínicos asociados al empleo del NaOCl, comprenden la desinfección y limpieza de los tejidos duros dentales, debido a su capacidad antimicrobiana y solvente.

El hipoclorito de sodio, también torna solubles las fibras existentes en la matriz mineralizada subyacente, creando porosidades submicrométricas en la fase mineral.

Desarrollo y características esenciales

La dentina desprovista de colágeno se muestra más favorable para la obtención de valores altos de resistencia adhesiva que un sustrato rico en colágeno. Algunas investigaciones evidencian que la desproteínización aumenta significativamente o hasta semejantes, cuando son comparados con el protocolo adhesivo convencional.

Los resultados y las variaciones de estos estudios dependerán desde el tipo de test empleado (tracción, micro tracción, desalojamiento o microfiltración) hasta el tipo de diente utilizado (humano o bovino).

Los aspectos morfológicos de las interfaces adhesivas de los sustratos son un indicativo para explicar porque la remoción del colágeno propia resultados mejores en relación a la adhesión. Posiblemente, la obtención de túbulos dentinarios extensos después de la aplicación del NaOCl permite que una mayor cantidad de adhesivo interactuarse con la dentina, lo que aumentaría la resistencia adhesiva.

Así, los tags resinosos más anchos podrían aumentar la retención de esas prolongaciones sobre la resistencia adhesiva total, debido a las partículas de nanorelleno que contienen el adhesivo y a las porosidades existente de la dentina intertubular, aumentando, la fuerza de adhesión.

El proceso adhesivo depende de la amplitud de la luz de los túbulos, de la penetración del sistema adhesivo a la dentina tratada, de la proyección de los cristales de hidroxapatita en la matriz colágena y de una posible interacción química en la interface dentina-resina. Se realizó una investigación, evaluando la influencia del hipoclorito de sodio al 12.5% en las superficies dentinarias, después del acondicionamiento ácido, para comprobar así la resistencia adhesiva a la tracción de los sistemas adhesivos Single Bond (3M Dental Products- SB) y One Coat Bond (Coltene – OC). En comparación con el protocolo adhesivo convencional, la aplicación del hipoclorito, por 1 minuto, propicio un incremento en la fuerza de unión de 4.5 MPa (SB) y 4.9 MPa (OC).

A pesar de eso, no todas las investigaciones revelan esa optimización en la adhesión; se realizaron estudios de laboratorio en dientes bovinos y humanos, con el objeto de verificar el grado de interferencia del hipoclorito de sodio al 10% sobre la adhesión dentinaria. Los resultados de los test de resistencia adhesiva al desalojamiento revelaron una

disminución de los valores de fuerza adhesiva a medida que el tiempo de aplicación del gel de NaOCl fue aumentado de 15 a 60 segundos, tanto para el Single Bond (3M/ESPE) como para el Prime & Bond NT (Dentsply Caulk). Los autores concluyeron que la disminución de la resistencia adhesiva podía ser consecuencia de:

- La disolución parcial del colágeno intertubular
- La desestabilización de la molécula de colágeno
- Las alteraciones en los cristales de la hidroxiapatita frente al tratamiento desproteinizante.
- La correlación entre superficies sin colágeno y adhesión puede estar más relacionada con el tipo del sistema adhesivo empleado, sea por su composición o por la posibilidad de la interacción con el hipoclorito residual.
- La utilización de adhesivos a base de acetona han demostrado un desempeño adhesivo superior en superficies dentarias desprovistas de colágeno; estos adhesivos posibilitan una mayor penetración en la superficie dentinaria desproteinizada, lo que promovería una fuerza adhesiva mayor.
- La permeabilidad de la superficie mineralizada libre de colágeno permite una mayor difusión para moléculas ácidas pequeñas.
- La lenta difusión de adhesivos hace que las porosidades manométricas dejadas por el NaOCl no sean efectivamente rellenas por los monómeros, lo que explica los valores inferiores de resistencia adhesiva obtenidos por ese adhesivo frente a la dentina sin colágeno.

Por otro lado, ese tejido con contenido proteico reducido puede representar un sustrato viable para el procedimiento adhesivo de sistemas que poseen monómeros resinosos ácidos (pH de

1.5 a 2.0), como el Prime & Bond 2 y el Optibond FL; ellos serían capaces de reacondicionar la fase mineral de la superficie dentinaria libre del colágeno, a una profundidad no superior a 0.3-0.5 μm , produciendo una capa nanohíbrida suficiente para asegurar altos valores de resistencia adhesiva. Los resultados de resistencia adhesiva después del empleo de NaOCl depende de la especialidad de cada sistema adhesivo al efecto oxidante del hipoclorito la reducción en la resistencia adhesiva puede estar asociada a cambios en la propiedades físicas y químicas de la dentina después de la aplicación del hipoclorito de sodio.

Esa capacidad oxidativa del hipoclorito de sodio sobre la dentina puede ser revertida a través de la aplicación de soluciones reductoras como el ascobato de sodio, tomando ese substrato viable para la adhesión.

La remoción de las fibras colágenas promueve una exposición de radicales; grupos hidroxilo, carbonato y fosfato, lo que puede representar un tratamiento pre emisor para sistemas adhesivos que dependan de esos grupos para adherirse químicamente a la dentina. Posiblemente, la obtención de una mejor unión entre el sistema adhesivo y superficies dentinarias desprovistas de colágeno pueda ser alcanzada a través de la utilización de nuevos materiales y técnicas, como los sistemas adhesivos dentinarios de acción autocondicionante.

3.1.7. Fuerza de tracción

3.1.7.1. Definición

La fuerza de tracción es provocada por una carga que tiende a estirar o alargar un cuerpo. La fuerza de tracción siempre va acompañada de una deformación por tracción. En odontología existen pocas situaciones con fuerza de tracción puras. Sin embargo la fuerza de tracción puede surgir cuando las

estructuras están flexionadas. En los casos con prostodoncia fija se puede emplear un caramelo pegajoso para quitar coronas mediante una fuerza de tracción cuando los pacientes abren la boca. Sin embargo, las tensiones de tracción, compresión y cizallamiento también se pueden producir mediante una fuerza de flexión.

La mayoría de los materiales dentales son bastante frágiles; por eso, son muy susceptibles a fracturarse inicialmente al ser sometidos a fuerzas de tracción cuando existen irregularidades superficiales, como en el caso de un objeto sometido a una carga de flexión. Aunque algunos materiales frágiles pueden ser más fuertes, se fracturan con facilidad, ya que no se produce ningún tipo de deformación plástica que indique un nivel alto de tensión.

La resistencia de tracción es la que por unidad de área se necesita para romper la unión de dos cuerpos, donde la falla generalmente ocurre cerca de la interface. La unidad internacional que se utiliza para medir la resistencia de tracción es el mega pascal (MPa).

3.1.7.2. Fórmula

La fórmula para obtener este valor de adhesión es:

$$\text{Tensión} = \text{Fuerza}/\text{Área}$$

$$\text{Tensión} = \text{N}/\text{mm}^2$$

Es bastante difícil desarrollar condiciones de laboratorio que puedan evaluar la longevidad de la adhesión debido a los numerosos factores envueltos en la degradación de la adhesión ya que el desarrollo oral es dinámico y biológicamente complejo.

3.1.7.3. Medición de la resistencia de tracción

La evaluación de la eficiencia de los adhesivos dentinarios se basa en la medición de la fuerza adhesiva. Existe dos métodos

para meditarla, una prueba para resistencia de tracción cortante o cizallamiento y otra para resistencia de tracción en tensión o microtracción de un muestra de adhesivo hasta que esta se fracture, según el ángulo en que se apliquen las fuerzas en forma paralela o perpendicular a la estructura adhesiva respectivamente.

Este tipo de prueba puede ser indicativo de cómo puede actuar el adhesivo in vivo. No hay un acuerdo unánime en la fuerza adhesiva mínima que debe existir para que haya una adhesión exitosa, aunque se ha propuesto un valor de 20 MPa o más como razonable.

La fuerza producida en los sistemas adhesivos dentinarios se han evaluado tradicionalmente usando el test de resistencia al cizallamiento o shearbond strength, el cual, resulta útil para probar materiales que fallan ante valores comprendidos entre 18-20 MPa, o menos.

Sin embargo, en valores que exceden la citada cifra, a menudo no permiten diferenciar entre la fuerza del adhesivo y la fuerza cohesiva del composite o de la dentina.

3.1.7.4. Microtensión

El test de microtensión fue introducido por Sano en 1994, esta prueba se ha propuesto para la evaluación de áreas (interface adhesiva) que oscilan alrededor de 0.5 a 1 mm, de esta manera se obtiene datos de las fallas exclusivamente adhesivas, permitiendo un análisis real de la resistencia de unión entre el material y a estructura dental. Se trata de una técnica muy laboriosa, pero presenta múltiples ventajas:

Con ella se puede medir grandes fuerzas de adhesión, incluso cuando se emplean a propósito fuerzas altas como 30MPa o más, el fallo sucede casi siempre en la interface adhesiva.

Permite testar la adhesión en áreas muy pequeñas y en diferentes regiones.

Es capaz de obtener de una sola pieza múltiples especímenes.

3.2. Antecedentes Investigativos

- José David Ruan-Antury*, João Carlos Gomes**, Jorge Uribe-Echevarría* (Sao Paulo- Brasil 2006)

INFLUENCIA DE LA DESPROTEINIZACIÓN DENTINARIA SOBRE LA RESISTENCIA ADHESIVA

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar la resistencia adhesiva de los sistemas adhesivos autoacondicionadores One Coat SE Bond (Coltene/Whaledent®) de dos pasos y XENO III (Dentsply) de un paso, por medio del test de resistencia adhesiva por micro-tracción, después de la desproteínización dentinaria mediante la aplicación de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5,2% por 40 segundos. Fueron seleccionados 25 terceros molares humanos, la superficie oclusal cortada 3 mm, ± 1 mm. Las superficies de dentina expuestas fueron pulidas con lijas de carbureto de silicio de granulación 600, en una Politriz. Cada grupo (n=5) recibió los respectivos sistemas adhesivos, GI: control; GII y GIV: adhesivos autoacondicionadores sin desproteínización; GIII y GV: adhesivos autoacondicionadores con desproteínización. Los dientes fueron restaurados con resina compuesta Filtek Z-250 (3M-ESPE) y seccionados 24 horas después, en una máquina de corte Labcut 1010 (Extec, USA), resultando en secciones perpendiculares a la interface adhesiva, con una área de sección transversal de aproximadamente $\pm 0,7 \text{ mm}^2$. Tres especímenes por grupo fueron seleccionados y analizados por medio del microscopio electrónico de barrido (MEB) de emisión de campo y del "confocal laser scanning microscope" CLSM. Los especímenes restantes fueron sometidos al test de

micro-tracción (1 mm/min) en una máquina de ensayos universal EMIC®. Los resultados obtenidos fueron sometidos al análisis estadístico utilizando los tests de ANOVA y de Kruskal-Wallis. Demostrando que, el sistema adhesivo autoacondicionador XENO III después de la DESPROTEINIZACIÓN ($43,60 \pm 11,44$ MPa) presentó los mayores valores de resistencia adhesiva, los menores valores fueron

Observados en el adhesivo autoacondicionador One Coat SE Bond con ($27,50 \pm 8,75$ MPa) y sin DESPROTEINIZACIÓN ($27,07 \pm 7,2$ MPa).

- Osario Ruiz E*

CONTROL DEL COLAPSO DEL COLÁGENO:
DESPROTEINIZACIÓN (Granada 2003)

RESUMEN

La penetración de la resina y su reacción con los componentes de los tejidos dentales desmineralizados es el mecanismo micromecánico con el cual los materiales restauradores de resina se unen al diente. Los monómeros penetran en la dentina acondicionada y se concentran en la región superficial contribuyendo a la unión. El refuerzo de esta zona con resina se conoce como hibridación, e implica la impregnación de la red de colágeno y el encapsulamiento de los cristales de hidroxiapatita. Han surgido dudas en cuanto a la contribución de la red de colágeno en el ensamblaje de la unión y en la fuerza interfacial, ya que el aumento del grosor de la red de colágeno no aumenta dicha fuerza y la remoción del colágeno con hipoclorito sódico al 5% en solución acuosa da valores similares de fuerza a los que se obtienen cuando la red de colágeno está presente.

- Espinosa R.,1 Valencia R.,2 Rabelero M.,3 Ceja I.3

RESISTENCIA AL DESPRENDIMIENTO DE LA RESINA AL ESMALTE DESPROTEINIZADO Y GRABADO; ESTUDIO DE MICROTENSIÓN (México 2014)

RESUMEN

La adhesión en odontología es la base de muchos tratamientos que hoy aplica todo odontólogo, En fechas recientes se ha descrito la desproteización del esmalte con hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5.25%, durante un minuto previo al grabado ácido, este procedimiento ha demostrado que aumenta sustancialmente la superficie retentiva del esmalte. Objetivo: El objetivo de este estudio es determinar la fuerza al desprendimiento por micro tensión del esmalte desproteinado y grabado. Materiales y métodos: Se tomaron ocho molares humanos, fueron pulidos con pasta de agua destilada con arena de pómez. Aleatoriamente divididos en dos grupos de 4, al primer grupo (G.1) la cara vestibular se grabó con ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos y lavado 20 segundos. Las muestras segundo grupo (G. 2), en la misma área se desproteizó con NaOCl al 5.25%, durante un minuto, se grabó y lavó igual que el G. 1, procediendo a la aplicación del adhesivo, continuando con la aplicación de capas de resina hasta formar un rectángulo de 6 X 4 mm adherido al esmalte con una longitud de 6mm. Las muestras de los dos grupos fueron seccionadas a través de la resina, esmalte y dentina obteniendo 20 tiras de cada grupo con medidas de 0.7 X 0.7mm y 12 mm de largo. Estas fueron montadas en guías para microtensión y evaluadas en una máquina universal de pruebas.

Los resultados mostraron que la resistencia al desprendimiento del G. 1 fue de 40.1Mpa (410 Kg/Cm²) y del G.2 de 58.41 (561.2 Kg/Cm²). Se encontró diferencia significativa ($p < 0.005$) (Análisis estadístico Correlación de Pearson). De acuerdo al tipo de falla el G. 1 mostro 14 muestras adhesivas y 6 cohesivas esmalte-esmalte,

el G.2 mostro 3 muestras con falla adhesiva y 17 cohesivas esmalte-esmalte.

Conclusión: La desproteinización previa al grabado es un procedimiento que ofrece mayor retención que el grabado tradicional.

4. HIPÓTESIS

Dado que: La desproteinización produce mayor retención micromecánica y nanomecánica en los espacios dejados por la eliminación de fibras de colágeno expuestas sumando a la retención producida por el ácido ortofosfórico, el cual desmineraliza la superficie dentinaria, dejándola con una apariencia semejante al esmalte que presenta valores elevados en fuerza de adhesión.

Es probable que: La técnica modificada de desproteinización con un gel de hipoclorito de sodio al 5.25%, posterior a la aplicación del ácido ortofosfórico, presente mayor fuerza de adhesión a dentina que la técnica convencional en premolares sanos.

CAPITULO II. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

1. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN

1.1. Técnica

Variable investigativa	Indicadores	Técnica	Instrumento
Fuerza de adhesión a dentina	Resistencia a la tracción en la técnica convencional (Newtons/mm ²). Resistencia a la tracción en la técnica modificada (Newtons/mm ²).	Observacional laboratorio	Ficha de observación

1.1.1. Secuencia y procedimiento de la técnica

Se dividió el grupo de premolares frescos en dos mitades, cada mitad fue tratada mediante la técnica convencional de adhesión y la técnica modificada con el aumento de la desproteización, obteniéndose dos grupos de sub unidades muéstrales. Cada grupo fue medido con la maquina universal de ensayos de tracción y compresión maraca Zwick/Roell, modelo Z050.

Se realizó de la siguiente manera:

1.1.1.1. Gelificación del hipoclorito de sodio

- **Materiales**
 - Hipoclorito de sodio al 7.8%
 - Natrosol
 - Polietilenglicol 8000
 - Agua destilada
- **Cálculo**

Deseamos obtener 100 ml de 5.25% de hipoclorito
Tenemos el hipoclorito a una concentración de 7,8%

$$V_1C_1 = V_2C_2$$

$$100(5.25) = x (7.8)$$

$$(100 \cdot 5.25) / 7.8 = x$$

$$63.7 \text{ ml} = x \text{ de hipoclorito}$$

$$100 \text{ ml} - 67.3 \text{ ml} = 32.7 \text{ ml de agua destilada}$$

○ **Procedimiento**

- Se procede a pesar en la balanza electrónica de precisión 4.5 g de natrosol, 1.2 g de polietilenglicol 8000.
- Colocar 30 ml de agua destilada, agregando natrosol y polietilglicol 8000; mezclando con ayuda de una pastilla agitadora a una temperatura de 30°C.
- Verificar que la mezcla tenga la consistencia esperada.
- Añadir 67.3 ml de hipoclorito de sodio al 7.8% y continuar con la agitación.
- Finalmente, al mezclar todo los componentes obtenemos como resultado un gel de hipoclorito de sodio al 5.25%.



Figura 1. Gel de hipoclorito de sodio al 5.25% obtenido para la desproteínización

Recolección de las unidades experimentales

Se utilizaron 40 premolares humanos de una antigüedad de extracción no mayor a los tres meses, los cuales posterior a su extracción fueron almacenados en suero fisiológico a una temperatura de 5°C., los pacientes que proporcionaron los premolares fluctúan entre los 18 a 25 años. El grupo de unidades experimentales fue dividido en dos mitades para su posterior proceso de adhesión.



Figura 2. Premolares humanos utilizados en la investigación

1.1.1.2. Preparación de la muestra

Cada premolar fue seccionado longitudinalmente a nivel oclusal aproximadamente 3 mm. con una cortadora de discos de diamante dejando descubierta la dentina superficial, luego la porción radicular fue vaciada en un molde de forma cubica con acrílico de curado rápido, colocando un alambre de ortodoncia N° 5 de 20 cm de largo en la base del cubo; actuando éste como asa para la maquina universal de ensayos.

Posteriormente, a cada pieza se le realizó una preparación cavitaria clase I (según Black) para dejar descubierta la dentina sobre la cual se procederá a los métodos de adhesión de la técnica convencional y la modificada (desproteínización).

- **Preparación de la muestra (técnica convencional)**

Luego que la pieza fue colocada en la base de acrílico de curado rápido, se siguieron los siguientes pasos:

Grabado ácido:

Posterior a la preparación cavitaria, el premolar fue tratado con ácido ortofosfórico al 37% por un tiempo de 15 s.

Secado:

Posterior al grabado se procedió a enjuagar con abundante agua destilada durante 15 s eliminando los restos del ácido ortofosfórico, luego se secó con torundas de algodón y papel tisular el cual proporcionara una adecuada humedad.

Colocación del adhesivo:

Se colocó el adhesivo Optibond Kerr con un microbrush, frotando la superficie para obtener mayores valores de adhesión en la colocación del adhesivo por medio de una frotación rigurosa.

Fotopolimerización:

Posterior a la colocación del adhesivo inmediatamente se procederá a fotocurar por 20 segundos según las especificaciones del fabricante.

Colocación de la resina:

Teniendo la superficie dentinaria con una capa fotocurada de adhesivo se procedió a colocar la resina, por medio de capas delgadas fotocurando cada una de ellas según las especificaciones del fabricante; colocando entre ellas el alambre de ortodoncia N° 5, para posteriormente servir como instrumento de tracción en las mordazas de la maquina universal de ensayo modelo Zwick Roell, modelo Z050.



Figura 3. Materiales utilizados en la técnica convencional de adhesión a dentina

○ **Preparación de la muestra (técnica modificada)**

Luego que la pieza fue colocada en la base de acrílico de curado rápido, se siguieron los siguientes pasos:

Grabado ácido:

Posterior a la preparación cavitaria, el premolar fue tratado con ácido ortofosfórico al 37% por un tiempo de 15 s.

Secado:

Posterior al grabado se procedió a enjuagar con abundante agua destilada durante 15 s eliminando los restos del ácido ortofosfórico, luego se secó con torundas de algodón y papel tisular el cual proporcionara una adecuada humedad.

Desproteización:

Después de haber obtenido la superficie dentinaria desmineralizada, se procedió a colocar el gel de hipoclorito de sodio al 5.25% en la superficie, mediante un microbrush, el cual está debidamente empapado del hipoclorito de sodio al 5.25%, pudiendo así obtener una capa acuosa sobre la dentina, frotándolo por un tiempo de 30 s, eliminado así las fibras colágenas desprotegidas.

Secado:

Se enjuagó profusamente con agua destilada tratando de eliminar cualquier resto de hipoclorito activo, posteriormente se secó con torundas de algodón y papel tisular, aumentando a la técnica la irrigación de aire mediante una perilla para eliminar restos de humedad.

Colocación del adhesivo:

Se colocó el adhesivo Optibond Kerr con un microbrush, frotando la superficie para obtener mayores valores de adhesión en la colocación del adhesivo por medio de una frotación rigurosa.

Fotopolimerización:

Posterior a la colocación del adhesivo, inmediatamente se procedió a fotocurar por 20 s según las especificaciones del fabricante.

Colocación de la resina:

Teniendo la superficie dentinaria con una capa fotocurada de adhesivo se procedió a colocar la resina Herculite Precis Kerr, por medio de capas delgadas fotocurando cada una de ellas según las especificaciones del fabricante; colocando entre ellas el alambre de ortodoncia N° 5, para posteriormente servir como instrumento de tracción en las mordazas de la maquina universal de ensayo.



Figura 4. Materiales utilizados en la técnica modificada de adhesión a dentina

1.1.1.3. Medición de la resistencia a la tracción

La resistencia a la tracción fue mediada con una maquina universal de ensayos de tracción y compresión marca Zwick/Roell, modelo Z050; la cual está diseñada para medir cualquier tipo de materiales. La fuerza máxima aplicada por esta máquina es de 22480,89 lb, 10197,16 kg o 100000 Newton, con una velocidad de 50 mm/min.



Figura 5. Maquina universal de ensayos de tracción y compresión marca Zwick/Roell, modelo Z050

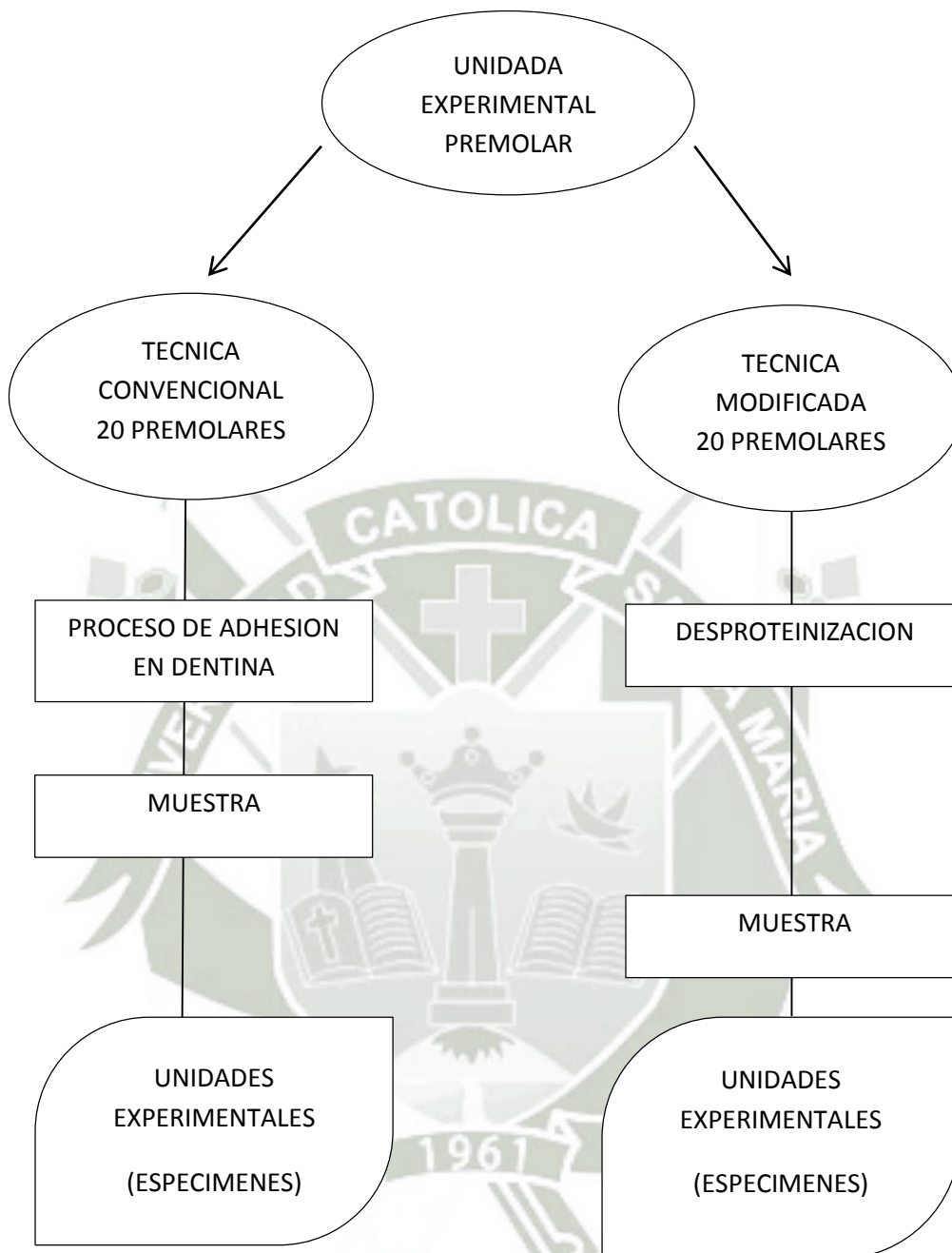


Figura 6. Esquema del procedimiento de la investigación

1.2. Instrumentos

1.2.1. Instrumentos documentales

Para la recolección de información se utilizó una ficha de observación laboratorio escrita mediante el software de ensayos testXpert II, posteriormente dichos datos se procesaron en una ficha virtual en el programa Excel el cual automáticamente nos dará los datos de adhesión en Newtons/mm².

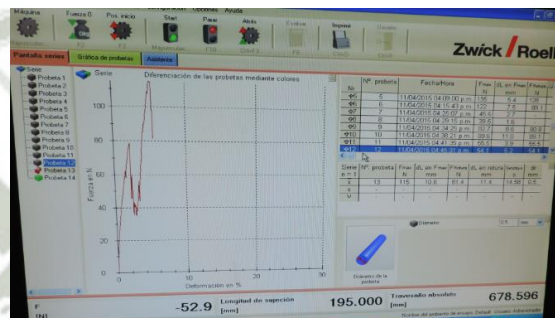


Figura 7. Software de ensayos testXpert II, utilizado en la investigación

1.2.2. Instrumentos mecánicos

- Cortadora de discos de diamante
- Pieza de mano de alta velocidad.
- Lámpara LED
- Máquina universal de prueba Zwick Roell Z050
- Cámara fotográfica digital
- Video cámara



Figura 8. Máquina cortadora de discos de diamante utilizada en la investigación, para la preparación de premolares

1.3. Materiales

1.3.1. Para la elaboración del gel de hipoclorito de sodio 5.25%

- Balanza electrónica de precisión.
- Vasos Beackers
- Probetas
- Barra de agitación
- Agitador magnético
- Pinzas.



Figura 9. Balanza electrónica de precisión utilizada para la elaboración del gel de hipoclorito de sodio al 5.25%

1.3.2. Para la recolección de los grupos de estudio

- Frascos de vidrio.
- Agua destilada.
- Guantes.
- Pinzas.



Figura 10. Premolares humanos utilizados en la investigación

1.3.3. Para la preparación de los dientes humanos (sub unidades experimentales)

- Cortadora de discos de diamante
- Discos de diamante biactivos
- Acrílico de curado rápido
- Pieza de mano de alta velocidad.
- Piedras y fresas de alta velocidad
- Espátula de resina
- Alambre de ortodoncia N° 5
- Alicates de ortodoncia
- Monómero de curado rápido
- Torundas de algodón
- Agua destilada
- Guantes
- Campo



Figura 11. Materiales utilizados en la preparación de subunidades experimentales

1.3.4. Para el proceso de grabado y desproteinizado

- Ácido ortofosfórico
- Hipoclorito al 5.25%
- Microbrush
- Torundas de algodón
- Papel tisular
- Guantes.



Figura 12. Materiales utilizados en el proceso de grabado y desproteinizado de premolares

1.3.5. Para la aplicación del adhesivo y resina

- Lámpara LED
- Adhesivo dental
- Microbrush
- Resina dental
- Espátula de resina
- Guantes



Figura 13. Materiales utilizados en la aplicación de adhesivo y resina de los premolares

1.3.6. Para la medición de la resistencia a la tracción

- Maquina universal de ensayos
- Alicates de ortodoncia
- Placas de acero
- Software de ensayos testXpert II



Figura 14. Maquina universal de ensayos de tracción marca Zwick/Roell, modelo Z050

2. CAMPO DE VERIFICACIÓN

2.1. Ubicación espacial

Ámbito del Instituto Tecnológico Superior (TECSUP) y específicamente en el laboratorio M1 del área de mecánica.

2.2. Ubicación temporal

La investigación se realizó a partir del mes de Diciembre del 2014 con una duración aproximada de cuatro meses. El tipo de investigación fue longitudinal.

2.3. Unidades de estudio

2.3.1. Identificación de los grupos

Las unidades experimentales (premolares) se han dividido en dos grupos:

Grupo experimental I: constituidos por las unidades experimentales, a las cuales se les aplicó la técnica modificada de desproteinización con gel de hipoclorito de sodio al 5.25%

Grupo experimental II: constituidos por las unidades experimentales, a los cuales se les aplicó la técnica convencional de adhesión a dentina.

Con la finalidad de obtener la fuerza de adhesión dentina-resina (variable respuesta) luego de haber medido la resistencia a tracción.

2.3.2. Control o igualación de los grupos

Criterios de inclusión

- Piezas dentales sanas sin fractura
- Piezas dentales extraídas con una antigüedad no mayor a tres meses.
- Premolares.

Criterios de exclusión

- Piezas dentales cariadas o con fracturas.
- Piezas dentales extraídas con una antigüedad mayor a los tres meses.

- Premolares humanos con deformaciones.

3. ESTRATEGIA DE RECOLECCIÓN

3.1. Organización

- Aprobación del plan de tesis para el inicio de la investigación y recolección de datos.
- Solicitud de autorización de la máquina universal de ensayos de tracción y compresión del área de mecánica del Instituto Superior Tecnológico (TECSUP).

3.2. Recursos

3.2.1. Recursos humanos

- Investigadora: Brigitte Gricel Mujica Ortega
- Asesor: C. D. Renán Tejada Tejada

3.2.2. Recursos físicos

- Laboratorio M1 (área de mecánica) del Instituto Superior Tecnológico (TECSUP)- Arequipa, Perú.
- Biblioteca de la Universidad Católica de Santa María
- Biblioteca virtual de la Universidad Católica de Santa María.

3.2.3. Recursos económicos

- Propios del investigador

3.2.4. Recursos institucionales

- Universidad Católica de Santa María
- Instituto Superior Tecnológico (TECSUP).

3.3. Validación del instrumento

Para la realización de la investigación se hizo una prueba piloto, utilizando la técnica convencional y modificada. De acuerdo al grado de variación de la variable respuesta se obtuvo un tamaño de muestra de 40 unidades experimentales.

El tamaño de muestra nos indica una confiabilidad del 95%.

$$n = \left[\frac{\sigma Z}{\varepsilon} \right]^2 = \left[\frac{3.25795(1.96)}{1.0096} \right]^2 = 40$$

4. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación desarrollado, según las características del problema es cuasi experimental-comparativo.

4.2. Información

La bibliografía utilizada para la presente investigación fueron libros de texto especializados, Journals (revistas de investigación internacionales) y páginas de internet.

4.3. Metodología estadística

4.3.1. Población

Constituido por premolares sanos de pacientes cuyas edades oscilan entre 15 y 25 años, piezas dentales sin fracturas o caries, extraídas con una antigüedad no mayor a tres meses, sin presencia de deformaciones.

4.3.2. Muestra

Para realizar la experimentación, primero se hizo una prueba piloto usando los dos métodos, de acuerdo al grado de variación de la variable de la respuesta, se obtuvo un tamaño de muestra de 40 unidades experimentales a un nivel de confianza de 95%.

4.3.3. Métodos estadísticos

Para responder a los objetivos e hipótesis de la investigación se han utilizado los siguientes métodos estadísticos: Gráficos, medidas descriptivas, media aritmética, la prueba t de student, intervalos de confianza.

FORMULAS DE LAS MEDIDAS DESCRIPTIVAS:

$$\text{Media aritmética muestral: } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N}$$

$$\text{Varianza muestral: } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

$$\text{Desviación estándar muestral: } s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS:

Planteamiento de la hipótesis nula y alterna

H₀= la proporción de unidades experimentales de los dos grupos de estudio es igual.

H₁= Las proporciones son diferentes para cada uno de los grupos de estudio.

Asignar el nivel de significación

$$\alpha = 0.05$$

Procesamiento estadístico y cómputo:

Para procesar los datos de la experimentación, se utilizó el programa el Software testXpert II , la prueba t de student y Excel. Los resultados se muestran en los Cuadros y Gráficos que van en los resultados y anexos.

4.4. Criterios para el manejo de resultados.

4.4.1. A nivel de sistematización

- Clasificación
- Recuento
- Análisis de datos
- Tabulación

4.4.2. A nivel de estudio de datos

- Comparación de datos
- Interpretación de datos
- Operaciones para la interpretación de datos.

4.4.3. A nivel de conclusiones

- Las conclusiones serán formuladas respondiendo a las interrogantes e hipótesis de la investigación.

4.4.4. A nivel de recomendaciones

- Se tomaran como sugerencias para el ejercicio profesional y como enriquecimiento de la investigación.



CAPITULO III. RESULTADOS

CUADRO 1. DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (MM) DEL ALAMBRE N° 5 EN FUERZA MÁXIMA SOPORTADA POR EL GRUPO QUE UTILIZÓ LATÉCNICA CONVENCIONAL DE ADHESIÓN A DENTINA

Deformación longitudinal (mm) del alambre N° 5 en fuerza máxima soportada por el grupo que utilizó la técnica convencional de adhesión a dentina.	Valores estadísticos
Media aritmética	5.92
Mediana	5.30
Desviación estándar	3.14
Valor mínimo	1.60
Valor máximo	11.4
Total	20

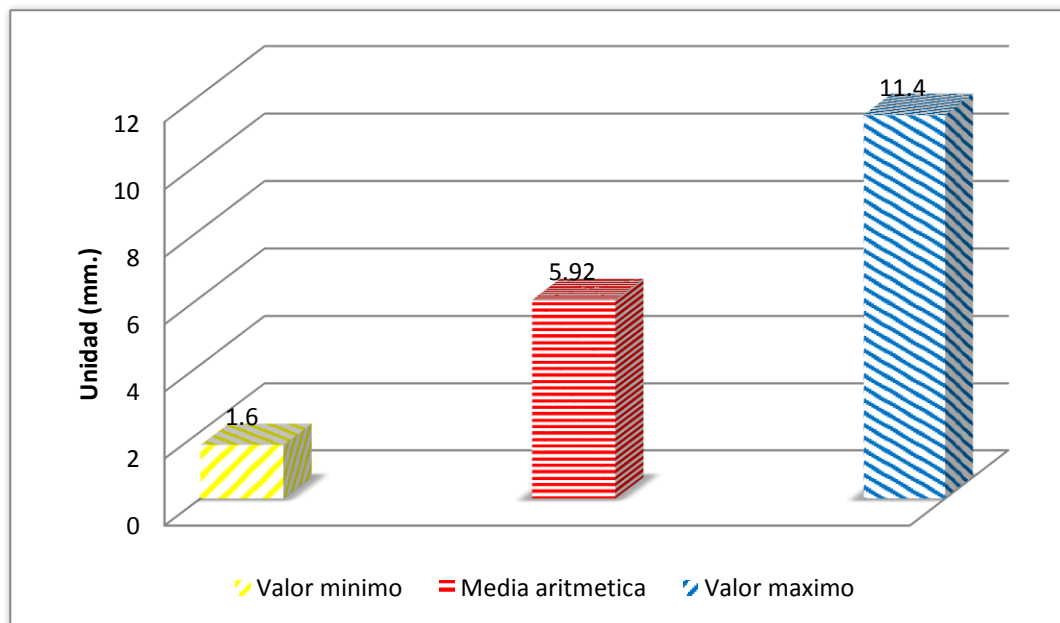
FUENTE: Matriz de datos de control

INTERPRETACION:

En el Cuadro 1. Podemos observar que la deformación promedio del alambre en el grupo de la técnica convencional de adhesión a dentina, donde no se aplicó el gel de hipoclorito de sodio fue de 5.92 mm.

Mostrando una mínima deformación longitudinal de 1.60 mm., mientras que la máxima llegó a 11.4 mm.

GRÁFICO 1. DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (MM) DEL ALAMBRE N° 5 EN FUERZA MÁXIMA SOPORTADA POR EL GRUPO QUE UTILIZÓ LATÉCNICA CONVENCIONAL DE ADHESIÓN A DENTINA.



FUENTE: Matriz de datos de control

**CUADRO 2. DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (MM) DEL ALAMBRE N°
5 EN FUERZA MÁXIMA SOPORTADA POR EL GRUPO QUE
UTILIZÓ LA TÉCNICA MODIFICADA DE DESPROTEINIZACIÓN
CON GEL DE HIPOCLORITO DE SODIO 5.25%.**

Deformación longitudinal (mm) del alambre N° 5 en fuerza máxima soportada por el grupo que utilizó la técnica modificada de desproteínización con gel de hipoclorito de sodio 5.25%.	Valores estadísticos
Media aritmética	8.12
Mediana	6.4
Desviación estándar	8.17
Valor mínimo	1.7
Valor máximo	39.6
Total	20

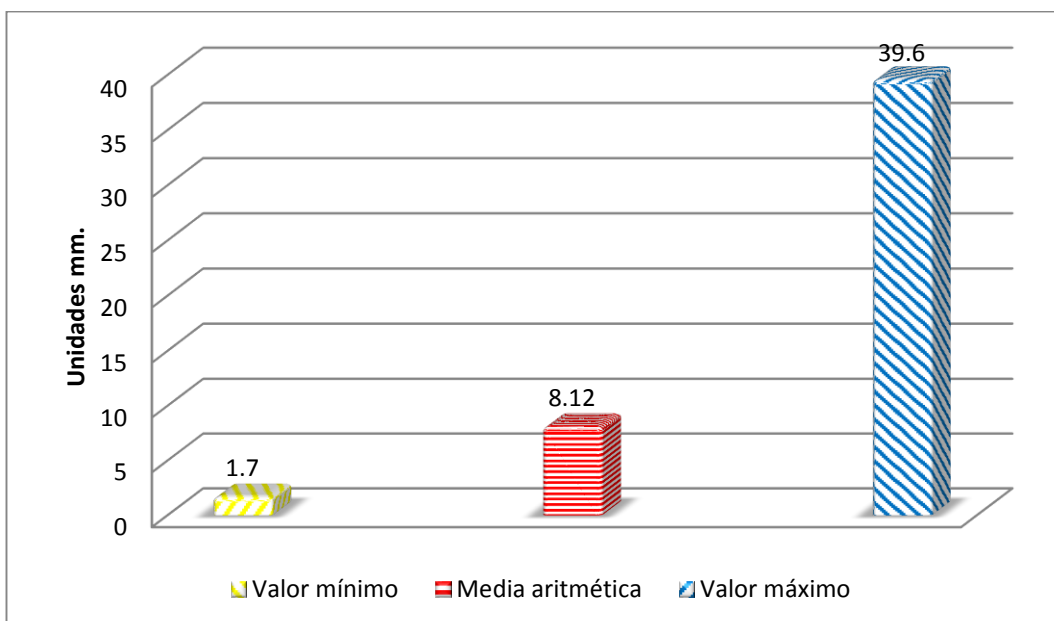
FUENTE: Matriz de datos de control

INTERPRETACION:

En el Cuadro 2. Podemos observar que la deformación promedio del alambre en el grupo de la técnica modificada, donde sí se aplicó el gel de hipoclorito de sodio al 5.25% fue de 8.12 mm.

Mostrando una mínima deformación longitudinal de 1.7mm., mientras que la máxima llegó a 39.6 mm.

GRAFICO 2. DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (MM) DEL ALAMBRE N° 5 EN FUERZA MÁXIMA SOPORTADA POR EL GRUPO QUE UTILIZÓ LA TÉCNICA MODIFICADA DE DESPROTEINIZACIÓN CON GEL DE HIPOCLORITO DE SODIO 5.25%.



FUENTE: Matriz de datos de control

**CUADRO 3. RESISTENCIA A LA FUERZA DE TRACCIÓN A DENTINA
UTILIZANDO LA TÉCNICA MODIFICADA DE
DESPROTEINIZACION CON GEL DE HIPOCLORITO DE SODIO AL
5.25%.**

RESISTENCIA A LA FUERZA DE TRACCIÓN A DENTINA UTILIZANDO LA TÉCNICA MODIFICADA DE DESPROTEINIZACION CON GEL DE HIPOCLORITO DE SODIO AL 5.25%.	Valores estadísticos
Media aritmética	115.92
Mediana	116.50
Desviación estándar	43.67
Valor mínimo	46.70
Valor máximo	189.00
Total	20

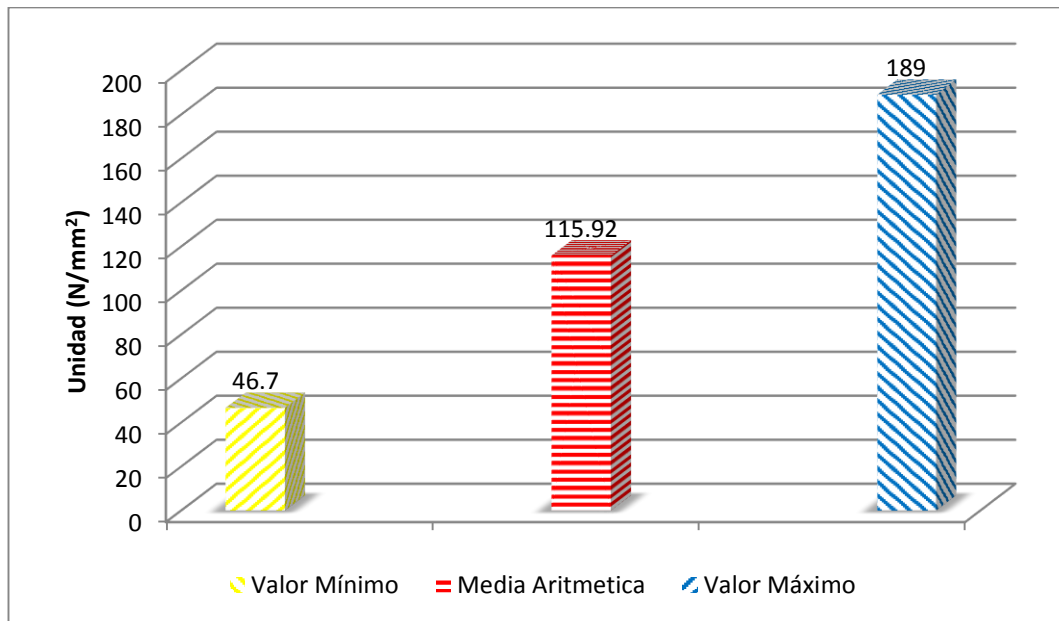
FUENTE: Matriz de datos de control

INTERPRETACION:

En el Cuadro 3. Podemos observar que la resistencia a la fuerza de tracción promedio en el grupo de la técnica modificada, donde sí se aplicó el gel de hipoclorito de sodio fue de 115.92 N/mm².

Mostrando una resistencia mínima de 46.70 N/mm², mientras que la máxima llegó a 189.00 N/mm².

**GRÁFICO 3. RESISTENCIA A LA FUERZA DE TRACCIÓN A DENTINA
UTILIZANDO LA TÉCNICA MODIFICADA DE DESPROTEINIZACIÓN
CON GEL DE HIPOCLORITO DE SODIO AL 5.25%.**



FUENTE: Matriz de datos de control

CUADRO 4. RESISTENCIA A LA FUERZA DE TRACCIÓN UTILIZANDO LA TÉCNICA CONVENCIONAL DE ADHESIÓN A DENTINA.

Resistencia a la fuerza de tracción utilizando la técnica convencional de adhesión a dentina.	Valores estadísticos
Media aritmética	73.04
Mediana	73.04
Desviación estándar	34.55
Valor mínimo	26.1
Valor máximo	112.0
Total	20

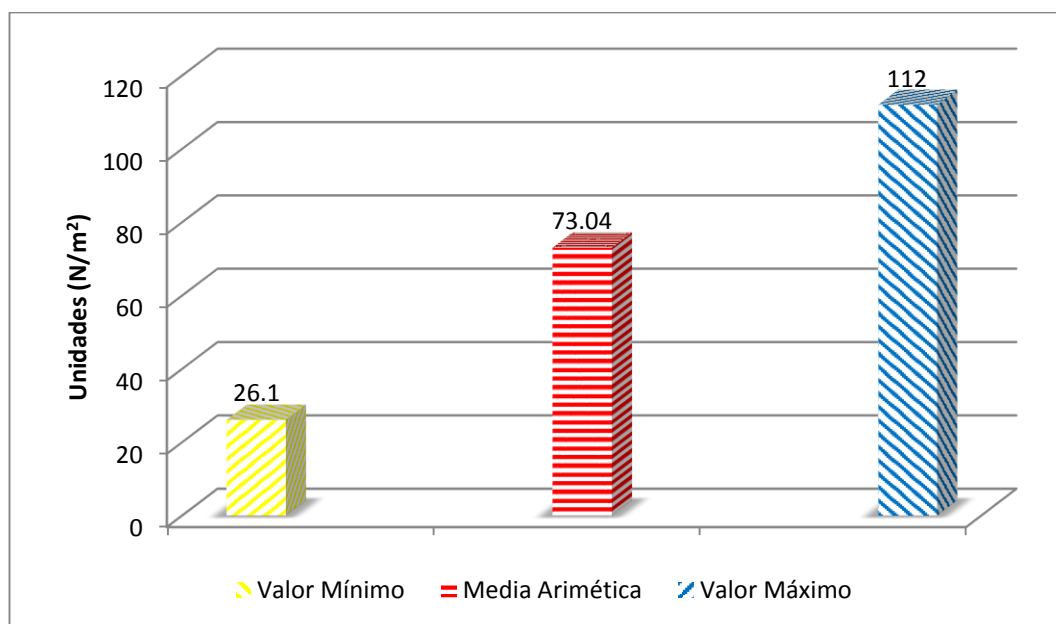
FUENTE: Matriz de datos de control

INTERPRETACION:

En el Cuadro 4. Podemos observar que la resistencia a la fuerza de tracción promedio en el grupo de la técnica convencional, donde no se aplicó el gel de hipoclorito de sodio al 5.25% fue de 73.04 N/mm².

Mostrando una resistencia mínima de 26.1 N/mm², mientras que la máxima llegó a 112.0 N/mm².

**GRÁFICO 4. RESISTENCIA A LA FUERZA DE TRACCIÓN
UTILIZANDO LA TÉCNICA CONVENCIONAL DE ADHESIÓN A
DENTINA.**



FUENTE: Matriz de datos de control



CUADRO 5. COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FUERZA DE TRACCIÓN A DENTINA ENTRE LA TÉCNICA CONVENCIONAL Y LA MODIFICADA DE DESPROTEINIZACIÓN.

Resistencia a la fuerza de tracción	Técnica convencional	Técnica modificada de desproteínización
Media aritmética	73.04	115.92
Desviación estándar	3.64	43.67
Total	20	20

p < 0.05

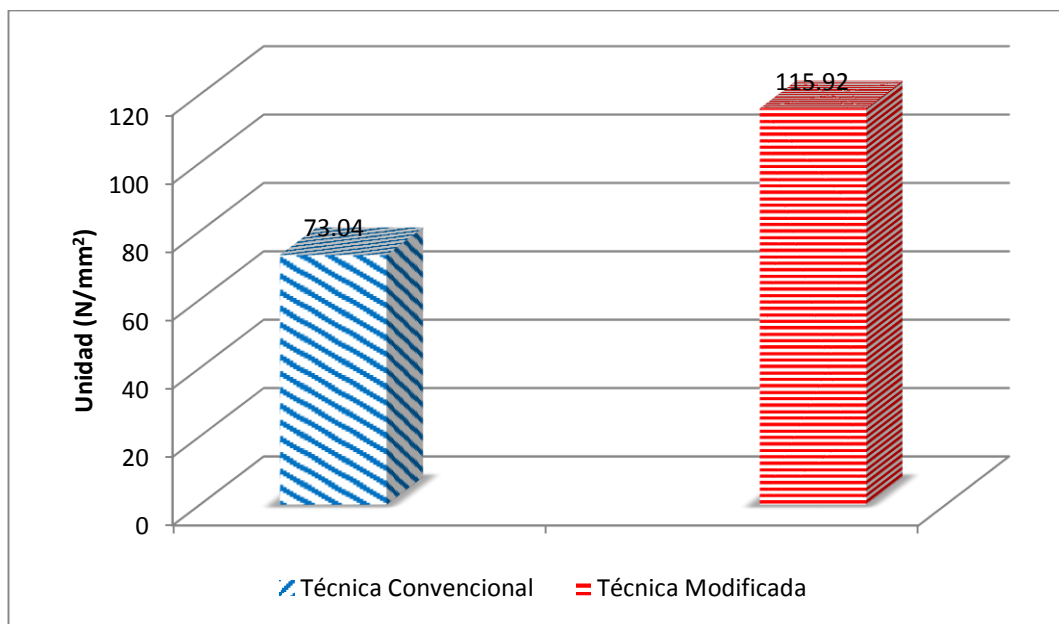
FUENTE: Matriz de datos de control

INTERPRETACION:

El Cuadro 5. Muestra la comparación entre la técnica convencional y modificada; apreciándose que para la primera la resistencia a la fuerza de tracción fue de 73.04 N/mm², en tanto que para la segunda técnica fue de 115.92 N/mm².

Según la prueba estadística t de student, donde p < 0.05; la diferencia entre ambas técnicas es significativa, es decir, ambos, muestran valores diferentes respecto a la resistencia de la resina, lo que quiere decir que el uso de un gel de hipoclorito de sodio al 5.25% ayuda a mejorar la adhesión del sistema adhesivo convencional.

GRAFICO 5. COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FUERZA DE TRACCIÓN A DENTINA ENTRE LA TÉCNICA CONVENCIONAL Y LA MODIFICADA DE DESPROTEINIZACIÓN.



FUENTE: Matriz de datos de control



DISCUSIÓN

Debido a las características y a la relativa dificultad en la obtención de una adecuada adhesión a la dentina, algunos investigadores han propuesto tratamientos del sustrato dentinal; con el objetivo de mejorar la calidad en la adhesión, obtener una mejor adaptación de la interface adhesiva y consecuentemente menos sensibilidad post-operatoria, garantizándonos tratamientos con una calidad y longevidad mayor.

De acuerdo con (Espinosa *et al.*, 2014), en superficies dentinarias sometidas al acondicionamiento ácido y desproteización con NaOCl 5.25%, generó una superficie con morfología alterada, caracterizada por alargamiento mayor de los túbulos, posibilitando la visualización de un extenso laberinto de túbulos secundarios laterales y anastomosis, los cuales se comunicaban con el área intertubular y la región próxima a la superficie.

Por otro lado, imágenes de microscopia electrónica de barrido (MEV) (Ruan-Antury *et al.*, 2003) revelaron que el empleo único del NaOCl 13% resultó en superficies dentinarias parcialmente cubiertas por *smear layer*, con pocos túbulos visibles, orificios más pequeños en la dentina intertubular. Así, la actuación de esa sustancia sobre las superficies no condicionadas limita su acción proteolítica, resultando en una desproteización incompleta.

Tras esta investigación se observó que el grupo experimental I, en el cual se aplicó la técnica modificada de desproteización con gel de hipoclorito de sodio al 5.25% obtuvo resultados semejantes a los que presentó (Espinosa *et al.*, 2014), es así que logró mayor resistencia a la fuerza de tracción, lo que proporcionará una interface adhesiva más estable a lo largo del tiempo; demostrando así que la aplicación de un gel de hipoclorito de sodio al 5.25% durante 30 segundos, ayudó a remover material orgánico dando lugar a un mejor acondicionamiento de la superficie dentinaria.

CONCLUSIONES

Con base en la metodología empleada y a los resultados obtenidos en esta investigación, podemos concluir que:

Primero:

La fuerza de adhesión obtenida con la técnica modificada de desproteínización a dentina, con la aplicación de un gel de hipoclorito de sodio al 5.25% es de 115.92 N/mm².

Segundo:

La fuerza de adhesión obtenida con la técnica convencional de adhesión a dentina es de 73.04 N/mm².

Tercero:

La técnica modificada de desproteínización a dentina con hipoclorito de sodio al 5.25% presenta mayor fuerza de adhesión.

Cuarto:

La hipótesis planteada es aceptada, ya que según la prueba estadística t de student; existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre los valores obtenidos con la técnica modificada de desproteínización a dentina con gel de hipoclorito de sodio al 5.25% y la técnica convencional.

RECOMENDACIONES

Primero:

A nivel del ejercicio profesional se recomienda el uso del gel de hipoclorito al 5.25% posterior al acondicionamiento ácido, especialmente en cavidades clase III y IV (según Black).

Segundo:

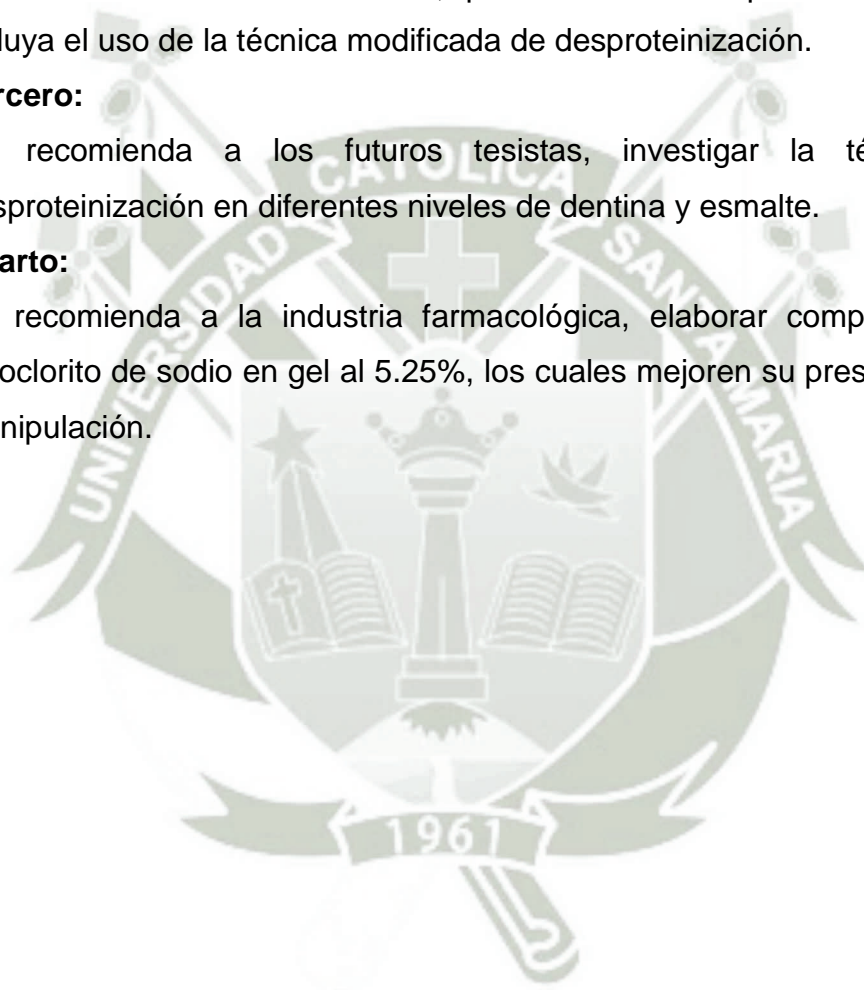
A nivel académico se recomienda, que en el curso de operatoria dental se incluya el uso de la técnica modificada de desproteización.

Tercero:

Se recomienda a los futuros tesistas, investigar la técnica de desproteización en diferentes niveles de dentina y esmalte.

Cuarto:

Se recomienda a la industria farmacológica, elaborar compuestos de hipoclorito de sodio en gel al 5.25%, los cuales mejoren su presentación y manipulación.



BIBLIOGRAFÍA

- BARATIERI, Luis Narciso. ESTETICA. Segunda Edición. Editorial Santos, Sao Paulo Brasil 2004.
- BARBOSA DE SOUZA F. Relación de la dentina desproteinizada con el proceso adhesivo. 2005.
- BARRANCOS MOONEY, J. OPERATORIA DENTAL. 2006. Pg. 276.
- BECKER, S. PRINCIPIOS Y BASES DE LOS BIOMATERIALES EN OPERATORIA DENTAL. 2002. Pg. 167.
- BERKOVITS. ANATOMÍA ORAL, Pg., 202.
- BOTTINO, Marco Antonio. ODONTOLOGIA ESTETICA. Editorial Artes Médicas Ltda. Sao Paulo 2008.
- CAMPOS A. HISTOLOGÍA Y EMBRIOLOGÍA BUCODENTAL. 1999. Pg. 175.
- CANALDA SAHLI. ENDODONCIA: TÉCNICAS CLÍNICA Y BASES CIENTÍFICAS 2006. Pg. 7
- CRANE AB. A practicable root canal technique. 1920. Pg. 69.
- ESPINOSA R. Nuevas tendencias en la adhesión. 2007
- FIGUN, Mario. ANATOMIA ODONTOLOGICA FUNCIONAL Y APLICADA. Segunda edición. Librería El Ateneo. Argentina 2007.
- GOMEZ DE FERRARIS. HISTOLOGÍA Y EMBRIOLOGÍA E INGENIERÍA TISULAR BUCODENTAL 2009. Pg. 256.
- GUZMAN, Humberto José. BIOMATERIALES ODONTOLOGICOS DE USO CLINICO. Tercera edición. Editorial Prisma Asociados Ltda. Colombia 2003.
- HENOSTROZA, Gilberto. ADHESIÓN EN ODONTOLOGÍA RESTAURADORA 2003. Pg. 83
- LANATA, Eduardo. OPERATORIA DENTAL ESTÉTICA Y ADHESIÓN 2003. Pg. 110.
- MIYASHITA, E.; SALAZAR, A. ODONTOLOGICA ESTETICA: ESTADO DEL ARTE. Sao Paulo; Editorial Artes Medicas Ltda.; 2005.

- MJÖR L. Dentin-Predentin complex and its permeability pathology and treatment overview. 1985. Pg. 64.
- NAKABAYASHI, N. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. 1982. Pg. 265.
- OSORIO RUIZ E. Control del colapso del colágeno: desproteinización. 2004. Pg. 123-130.
- RAMOS, José Antonio. BIOQUIMICA BUCODENTAL. Editorial Síntesis España. 2005. Pg. 171.
- REIS, Alessandra. MATERIALES DENTALES DIRECTOS. Editora Santos 2012. Pg. 181.
- ROSS, MICHAEL H. HISTOLOGÍA 2007. Pg. 528
- SHELLIS RP. Structural organization of calcospherites in normal and rachitic human dentin. 1983. Pg.85–95.
- SHWARTZ. FUNDAMENTOS EN ODONTOLOGÍA CONTEMPORÁNEA 1999. Pg. 125.
- TEN CATE. HISTOLOGÍA ORAL.1986.
- TROWBRIDGE H. ESTRUCTURA Y FUNCIONES DEL COMPLEJO DENTINO-PULPAR.2002.
- VAN MEERBEEK, B. THE CLINICAL PERFORMANCE OF ADHESIVES. 1998. Pg. 1-20.
- WALKER, A. A DEFINITIVE AND DEPENDABLE THERAPY FOR PULPLESS TEETH. Pg.23.

INTERNET

- **RELACIÓN DE LA DENTINA DESPROTEINIZADA CON EL PROCESO ADHESIVO**

Fábio Barbosa de Souza (Autor para Correspondencia) Maestrando en Clínica Integrada por la Universidad Federal de Pernambuco (UFPE) Miembro Aspirante de la Sociedad Brasileña de Pesquisa Odontológica. Rua Siqueira Campos, 587, Centro, Paulista-PE, Brasil, CEP: 53401-320. E-mail:fbsonline@ig.com.br Teléfonos: (81) 34330378, (81) 88472972

Claudio Heliomar Vicente da Silva. Profesor Adjunto Doctor de Dentistería de la UFPE Miembro Efectivo de la Sociedad Brasileña de Pesquisa Odontológica

Lúcia Carneiro de Souza Beatrice. Profesora Adjunta Doctora de Dentistería de la UFPE Miembro Efectivo de la Sociedad Brasileña de Pesquisa Odontológica (Brasil 2006)

http://www.actaodontologica.com/ediciones/2005/2/relacion_dentina_d_esproteinizada_proceso_adhesivo.asp

- **INFLUENCIA DE LA DESPROTEINIZACIÓN DENTINARIA SOBRE LA RESISTENCIA ADHESIVA**

José David Ruan-Antury*, João Carlos Gomes**, Jorge Uribe-Echevarría***

(Brasil 2003)

<http://www.rodyb.com/wp-content/uploads/2013/02/influencia-de-la-desproteinizacion2.pdf>

- **CONTROL DEL COLAPSO DEL COLÁGENO: DESPROTEINIZACIÓN**

Osorio Ruiz E* (Granada 2004)

<http://scielo.isciii.es/pdf/odonto/v20n3/original1.pdf>

- **RESISTENCIA ADHESIVA DE LOS SISTEMAS ADHESIVOS AUTOACONDICIONADORES AL SUSTRATO DENTINARIO, DESPROTEINIZADO A TRAVÉS DEL HIPOCLORITO DE SODIO**

Ruan-Antury, José David; Gomes, Joao Carlos; Uribe Echevarría, Jorge; Gomes, Osnara María Mongruel. (Brasil 2003)

<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=Ink&exprSearch=525090&indexSearch=ID>

- **ANÁLISIS COMPARATIVO IN VITRO DEL SELLADO MARGINAL OBTENIDO EN RESTAURACIONES DE RESINA COMPUESTA REALIZADAS CON LA TÉCNICA DE HIBRIDACIÓN CONVENCIONAL E HIBRIDACIÓN REVERSA.**

Dra. Constanza Cáceres, Dra. Rafaela Garrido, Dra. Silvia Monsalves, Dr. Marcelo Bader Mattar. (Chile 2012)

http://www.revistadentaldechile.cl/temas%20agosto%202012/pdf/sellado_marginal.pdf

- **EFFECTO DE LA CLORHEXIDINA Y EL HIPOCLORITO DE SODIO EN LA RESISTENCIA ADHESIVA A LA MICROTRACCIÓN.**

Prof. Juan Pablo Pérez, Prof. Robert Ramírez, Prof. Noé Orellana, Od. Juan Carlos León, Tec. Juan Fernández

<http://webdelprofesor.ula.ve/odontologia/robertramirez/investigacion/extras/EFFECTO%20DE%20LA%20CLORHEXIDINA%20Y%20EL%20HIPOCLORITO%20DE%20SODIO%20EN%20LA%20RESISTENCIA%20ADHESIVA%20A%20LA%20MICROTRACCI%D3N..pdf>

- **RESISTENCIA AL DESPRENDIMIENTO DE LA RESINA AL ESMALTE DESPROTEINIZADO Y GRABADO; ESTUDIO DE MICROTENSIÓN**

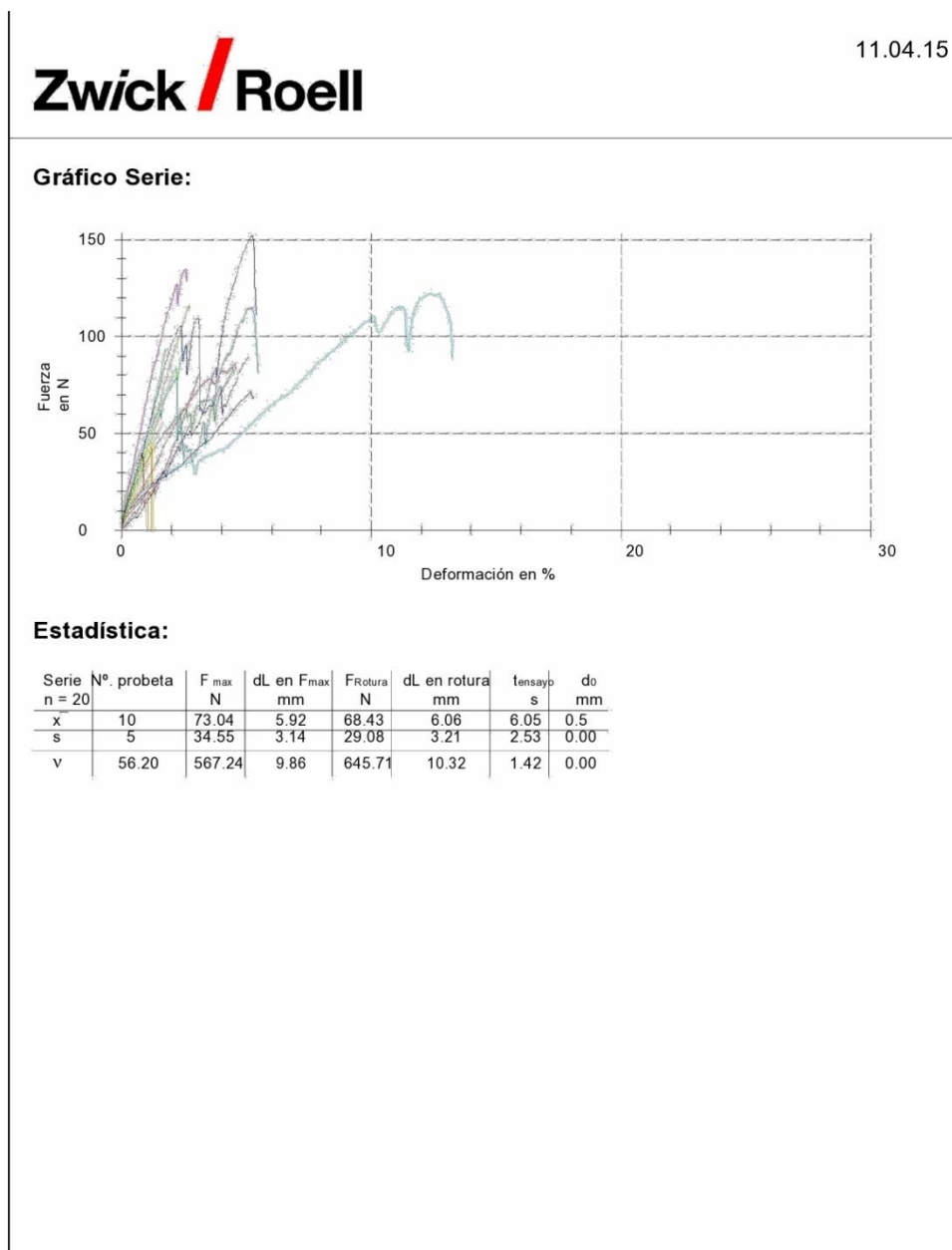
Espinosa R., 1 Valencia R., 2

Rabelero M., 3

Ceja I.3 (México 2014)

<http://www.rodyb.com/wp-content/uploads/2014/05/5-vol-3-N2-RESISTENCIA1.pdf>

Anexo 2. Graficación de los valores de resistencia a la tracción y deformación del alambre N° 5, en muestras de la técnica convencional de adhesión a dentina.



Unknown.zp2

Página 2/2

Anexo 3. Valores de resistencia a la tracción y deformación del alambre N°5 en muestras de la técnica modificada de desprotección con gel de hipoclorito de sodio al 5.25%.



11.04.15

Ensayo de Tracción

Encabezado : Ensayo de Tracción
Norma de ensayo : ASTM
Tipo e identificación : E8
Material : Acero+adhesivo
Precarga : 0.1 MPa
Velocidad de ensayo: 50 mm/min

Analista : Brigitte Gricel Mujica Ortega
Datos máquina :Z050

Resultados de ensayo:

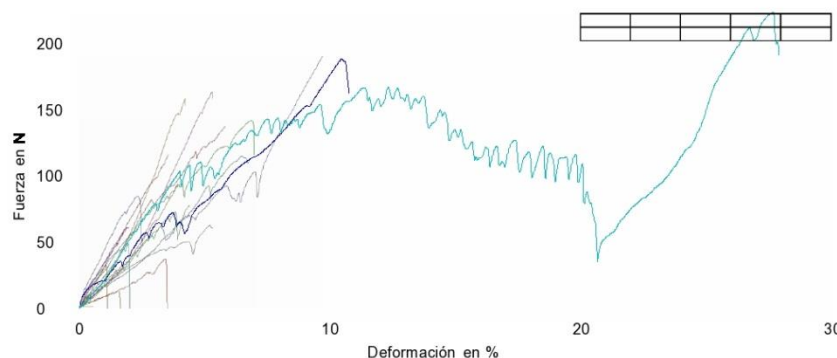
Nr	Nº. probeta	Fecha/Hora	F _{max} N	dL en F _{max} mm	F _{Rotura} N	dL en rotura mm	t _{ensayo} s	d ₀ mm
19	1	11/04/2015 05:53:44 p.m.	138	10.6	138	10.6	13.74	0.5
20	2	11/04/2015 06:00:05 p.m.	141	12.0	115	12.2	15.59	0.5
21	3	11/04/2015 06:05:10 p.m.	186	12.9	161	13.3	16.83	0.5
22	4	11/04/2015 06:11:44 p.m.	108	1.7	100.2	1.9	11.70	0.5
23	5	11/04/2015 06:16:44 p.m.	163	8.6	157	8.6	11.24	0.5
24	6	11/04/2015 06:19:38 p.m.	48.1	2.8	45.8	2.5	8.13	0.5
25	7	11/04/2015 06:25:24 p.m.	155	6.7	148	6.9	12.56	0.5
26	8	11/04/2015 06:27:05 p.m.	115	6.5	115	6.5	8.66	0.5
27	9	11/04/2015 06:31:40 p.m.	61.8	4.3	59.4	4.4	6.20	0.5
28	10	11/04/2015 06:35:53 p.m.	189	11.0	189	11.0	14.18	0.5
29	11	11/04/2015 06:40:48 p.m.	93.1	6.2	90.2	6.2	8.40	0.5
30	12	11/04/2015 06:43:22 p.m.	60.1	3.2	60.1	3.2	4.74	0.5
31	13	11/04/2015 06:46:22 p.m.	114	10.2	111	10.7	13.73	0.5
32	14	11/04/2015 06:50:30 p.m.	120.3	1.8	120	1.8	9.32	0.5
33	15	11/04/2015 06:53:08 p.m.	46.7	5.0	45.9	5	11.70	0.5
34	16	11/04/2015 06:55:29 p.m.	76.5	6.3	76.5	6.3	8.48	0.5
35	17	11/04/2015 06:57:55 p.m.	83.7	3.4	49.5	3.6	5.28	0.5
36	18	11/04/2015 06:59:41 p.m.	157	6.6	152	6.6	8.85	0.5
37	19	11/04/2015 07:01:47 p.m.	118	3.0	59.0	3.0	4.46	0.5
38	20	11/04/2015 07:05:07 p.m.	144	39.6	189	39.9	48.86	0.5

Anexo 4. Graficación de los valores de resistencia a la tracción y deformación del alambre N°5 en muestras de la técnica modificada de desprotección con gel de hipoclorito de sodio al 5.25%.

Zwick / Roell

11.04.15

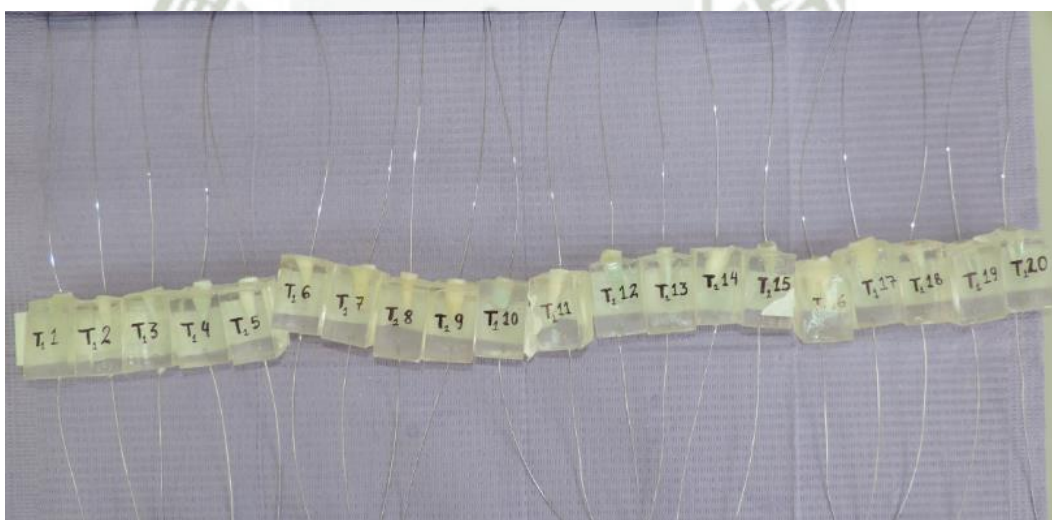
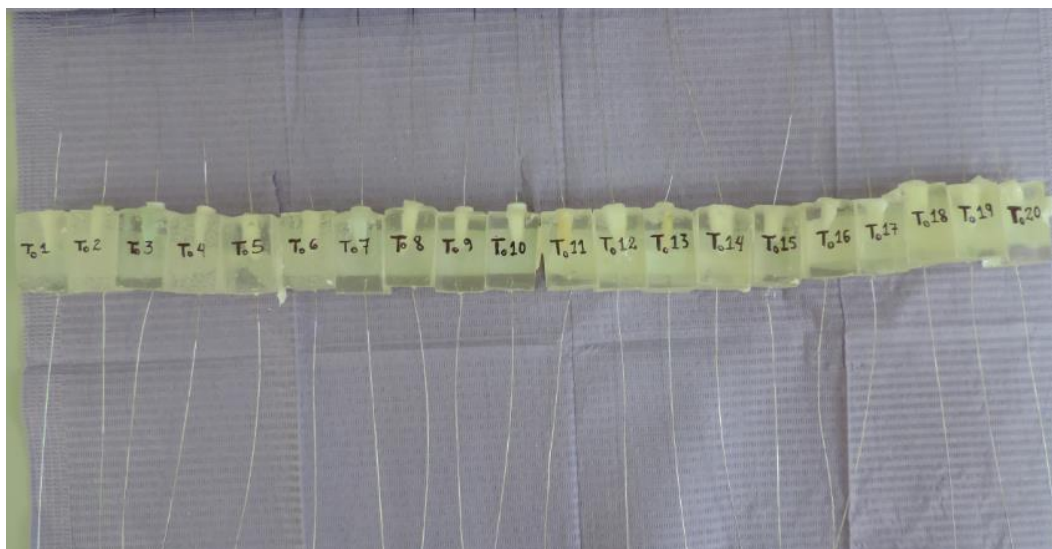
Gráfico Serie:



Estadística:

Serie	Nº. probeta	F _{max} N	dL en F _{max} mm	F _{Rotura} N	dL en rotura mm	t _{ensayo} s	d ₀ mm
x	11	115.9	8.12	109.08	8.21	12.13	0.5
s	6	43.67	8.17	47.334	8.25	9.61	0.000
	56.34	1906.7	66.75	2240.5	68.04	79.37	0.00

Anexo 5. Registros fotográficos de la técnica convencional y técnica modificada.



Anexo 6. Máquina Universal de Ensayos durante el ensayo de tracción y desprendimiento de resina.

