

**ACTUALIZACIÓN TEORICO CLINICA DE LAS FALLAS EN LOS
ADHESIVOS DENTALES: REVISIÓN NARRATIVA**

AUTORES

LUISA FERNANDA MONTAÑA ORTEGA
KAREN JULIET PÉREZ MARTÍNEZ

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA
UNICOC
ÁREA DE EDUCACIÓN AVANZADA Y CONTINUADA
POSTGRADO EN PROSTODONCIA
BOGOTÁ, MAYO DE 2018**

**ACTUALIZACIÓN TEORICO CLINICA DE LAS FALLAS EN LOS
ADHESIVOS DENTALES: REVISIÓN NARRATIVA**

AUTORES

LUISA FERNANDA MONTAÑA ORTEGA

KAREN JULIET PÉREZ MARTÍNEZ

ASESOR CIENTÍFICO:

Dr. Efraín López Camargo

Odontólogo Especialista en Rehabilitación Oral

Universidad Javeriana

ASESOR METODOLÓGICO

Dra. Diana Parra Galvis

Odontóloga Especialista en Currículo Pedagogía y Salud

Pública

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA

UNICOC

ÁREA DE EDUCACIÓN AVANZADA Y CONTINUADA

POSTGRADO EN PROSTODONCIA

BOGOTÁ, MAYO DE 2018

El Trabajo de grado “**Actualización teórico-clínica de las fallas en los adhesivos dentales: Revisión Narrativa**”. Fue elaborado por **Luisa Fernanda Montaña Ortega y Karen Juliet Pérez Martínez**, como requisito para optar por el título de especialista en **Prostodoncia**.

La sustentación se llevó a cabo 23 de mayo de 2018

Acta No. _____

Dr. Efraín López Camargo
Asesor(a) Científico(a)

Dr(a). Diana Parra Galvis
Asesor(a) Metodológico(a)

Dra. Sandra Elizabeth Aguilera Rojas
Directora Centro Investigación
Colegio Odontológico- CICO

TRANSFERENCIA DE DERECHOS DE PUBLICACIÓN

Título del artículo: “**Actualización teórico-clínica de las fallas en los adhesivos dentales: Revisión Narrativa**”

Autores: Los Dres. **Luisa Fernanda Montaña Ortega y Karen Juliet Pérez Martínez**

Los autores certifican que el artículo arriba mencionado es trabajo original y no ha sido previamente publicado, excepto en forma de resumen. Una vez aceptado para publicación en la revista que la Institución Universitaria Colegios de Colombia estipule, los derechos de autor serán transferidos a la universidad. Así mismo, declaran que no ha sido enviado en forma simultánea para su posible publicación en otra revista. Los autores acceden, dado el caso, a que este artículo sea incluido en los medios electrónicos que los editores de la Institución Universitaria Colegios de Colombia consideren convenientes.

Luisa Fernanda Montaña Ortega
C.C 1.117.522.188 de Florencia

Karen Juliet Pérez Martínez
C.C 57.463.485 de Santa Marta

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA CESIÓN DE
DERECHOS

Nosotros.: **Luisa Fernanda Montaña Ortega y Karen Juliet Pérez Martínez.** Manifestamos en este documento nuestra voluntad de ceder a la Institución Universitaria Colegios de Colombia los derechos patrimoniales, consagrados en el artículo 72 de la ley 23 de 1982, de la tesis de grado “**Actualización teórico-clínica de las fallas en los adhesivos dentales: Revisión Narrativa**”

Producto de nuestra actividad académica para optar por el título de Especialista en **Prostodoncia** de la Institución Universitaria Colegios de Colombia. La institución tiene los derechos anteriores cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y publicación. Con todo, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la ley 23 de 1982. En concordancia, suscribimos este documento en el momento mismo de la ley 23 de entrega del trabajo final a la biblioteca de la Institución Universitaria Colegios de Colombia.

Luisa Fernanda Montaña Ortega
C.C 1.117.522.188 de Florencia

Karen Juliet Pérez Martínez
C.C 57.463.485 de Santa Marta

Señores:

Sistema de Bibliotecas de Unicoc (SIBU)
Institución Universitaria Colegios de Colombia

La Ciudad

Autorizamos al Centro de Investigación del Colegio Odontológico de la Institución Universitaria Colegios de Colombia a consultar y reproducir con fines de investigación, parcial o totalmente el contenido del trabajo de grado titulado: **“Actualización teórico clínica de las fallas en los adhesivos dentales: Revisión Narrativa”** presentado al Centro de investigación como requisito del programa para optar a el título de **Especialista en Prostodoncia** siempre que mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de investigación y a sus autores

Luisa Fernanda Montaña Ortega
C.C 1.117.522.188 de Florencia

Karen Juliet Pérez Martínez
C.C 57.463.485 de Santa Marta

FICHA TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN DE TRABAJO DE GRADO TÍTULO DEL TRABAJO: “Actualización teórico-clínica de las fallas en los adhesivos dentales: Revisión Narrativa”

AUTORES: Luisa Fernanda Montaña Ortega y Karen Juliet Pérez Martínez

ASESOR CIENTÍFICO: Dr. Efraín López Camargo

ASESORA METODOLÓGICA: Dra. Diana Parra Galvis

MATERIAL ANEXO: 2 CD, 2 Artículos científicos.

FACULTAD: Odontología.

TITULO OBTENIDO: Especialista en Prostodoncia

CATEGORÍA: Postgrado.

PALABRAS CLAVE: Fallas Adhesivas, Revisión Narrativa, Nivel Dentinal y Nivel Adamantino.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	10
1. Aspectos Teóricos-Científicos.....	14
2. Aspectos Metodológicos.....	20
3. Resultados.....	30
4. Discusión.....	68
5. Conclusiones.....	71
6. Recomendaciones.....	74
7. Referencias Bibliográficas.....	76

LISTAS ESPECIALES DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Declaración Strobe.....	22
Tabla 2. Consort 2010.....	23
Tabla 3. Construcción de la Lista General de Fallas Adhesivas Dentales....	25
Tabla 4. Clasificación y Evolución de los Adhesivos.....	57
Tabla 5. Lista General “Fallas Adhesivas Dentales”.....	61
Tabla 6. Lista de Fallas en Adhesivos Universales.....	63
Figura 1. Aportes de Acuerdo con Línea de Tiempo	58
Figura 2. Propiedades de los Adhesivos.....	60

INTRODUCCIÓN

Los adhesivos dentales son soluciones de monómero de resina que permiten una interacción adecuada del sustrato dental; éstos materiales tienen la capacidad de unir dos superficies diferentes. Estos monómeros son hidrofílicos e hidrofóbicos; donde los primeros (monómeros hidrofílicos) ayudan a mejorar la humectabilidad de los tejidos duros del diente; y los monómeros hidrofóbicos permiten la interacción y polimerización del material de restauración. Acondicionadores, imprimidores, agente adhesivo, agente bajador de viscosidad, iniciador o acelerador, disolventes, relleno inorgánico, entre otros, hacen parte de su composición química (1).

Los adhesivos dentales dentro de sus propiedades de acuerdo con Hilton et al., (2) y Henostroza et al., (3), son: Baja viscosidad, estabilidad dimensional, resistencia ante las fuerzas masticatorias, biocompatibilidad e hidro resistencia.

Estos materiales presentan una evolución que ha ido acorde con la generación de nuevos materiales para reconstrucción y a la fecha se han reportado ocho generaciones desde su aparición en el mercado en 1956 hasta la última que se lanzó en el 2012. Sus principales características de acuerdo con la generación de adhesivos son: De acuerdo con Buonocore et al., (4), los adhesivos de primera generación fueron diseñados para la unión iónica a hidroxiapatita o para enlaces covalentes (enlaces de hidrógeno) al colágeno. Sin embargo, la inmersión en agua reducía la unión del agente a la superficie dental; esta situación se solucionó

cuando Bowen et al., (5) utilizó después de varios años un agente de acoplamiento. Posteriormente, Kugel, et al., (6), aplicó, una imprimación o promotor de la adhesión entre el esmalte / dentina y los materiales de resina por quelación con calcio superficial, donde un extremo se uniría a la dentina, y otro se polimerizaría con resina compuesta. De acuerdo con Kugel, et al., (6) y al American Dental Association (7), la segunda generación de agentes de unión de dentina buscaba mejorar los agentes de acoplamiento con el uso de fosfatos polimerizables añadidos a las resinas de bis-GMA para promover la unión al calcio en la estructura dental mineralizada. Con base a Kugel, et al., (6) y Tao et al., (8), los sistemas de unión de tercera generación introdujeron un cambio muy importante: el grabado ácido de la dentina en un esfuerzo por modificar o eliminar parcialmente la capa de frotis.

Con base a Kanca (9), Tay et al., (10) y Gary (11), en los años 1980 y 1990, se introdujeron los agentes de unión de dentina de cuarta generación que fueron los primeros en lograr la eliminación completa de la capa de frotis y aún se consideran como el estándar de oro en la unión de dentina. En esta generación, los tres componentes principales (grabador, cebador y unión) se empaquetan típicamente en contenedores separados y se aplican secuencialmente.

Con base a Leinfelder et al., (12), los adhesivos de quinta generación intentaron simplificar el proceso de adhesión de cuarta generación reduciendo del tiempo de trabajo; estos se distinguen por ser un sistema de "un paso" o "una botella".

Según Pashley et al., (13), los sistemas de unión de sexta generación o de Autograbadores buscan eliminar el paso de grabado, o incluirlo químicamente en uno de los otros pasos: imprimación (primer auto grabador + adhesivo) imprimación ácida aplicada al diente primero, seguido de adhesivo o (adhesivo de autograbado) dos botellas o dosis unitarias que contienen imprimación y adhesivo ácidos; donde una gota de cada líquido se mezcla y se aplica al diente.

Con base al American Dental Association (7), a Tao et al., (8) y Gary (11), los sistemas de unión de séptima generación o de una botella representa la última simplificación de los sistemas adhesivos. Con estos sistemas, todos los ingredientes necesarios para la unión se colocan y se envían desde una sola botella

En lo que respecta a los Adhesivos Universales o Adhesivos de Octava Generación; de acuerdo con Basaran et al., (14) y Kasraei et al., (15), este nuevo agente de generaciones de autograbado tiene un monómero hidrófilo ácido y se puede usar fácilmente en el esmalte grabado después de la contaminación con saliva o humedad; estos pueden ser utilizados a 2 pasos como adhesivos de grabado y enjuague [ER], o a 1 paso como adhesivos de autograbado [SE].

A pesar de los avances de estos materiales se siguen evidenciando fallas en los procesos restaurativos; dentro de las cuales se pueden incluir las ubicadas a nivel de dentina, esmalte o sustrato restaurativo. Por tal motivo se plantea como objetivo de este estudio identificar y evaluar críticamente las publicaciones

científicas que analizan las principales causas de fracaso de los adhesivos dentales en los estratos dentinales y de esmalte.

El actual proyecto de investigación está enmarcado en la línea de investigación de la facultad de Odontología de la Institución Universitaria Colegios de Colombia, “Biomateriales y Nuevas Tecnologías”, de igual forma se encuentra dividido en 7 capítulos. El primer capítulo tiene el nombre de Aspectos Teóricos-Científicos y describe la problemática, los objetivos, la justificación y otros temas que explican por qué se adelanta el actual estudio; el capítulo catalogado como Aspectos Metodológicos, enseña y describe detalladamente la metodología seleccionada; posteriormente, los capítulos 3, 4, 5 y 6 (Resultados, Discusión, Conclusiones y Recomendaciones), muestran los resultados obtenidos de acuerdo a los objetivos planteados en el documento y generan las recomendaciones derivadas del estudio; por último, en el capítulo 7 llamado Referencias Bibliográficas, se presentan los autores y documentos que permitieron el desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO 1. ASPECTOS TEÓRICOS-CIENTÍFICOS

1.1 Planteamiento del problema

A pesar de la evolución de la odontología en los últimos años, aun se siguen evidenciando fallas en las diferentes superficies dentales y en las restauraciones dentales. Las fallas en adhesión han sido analizadas por diferentes autores desde diferentes perspectivas teóricas y metodológicas; en este sentido, debido a la naturaleza del tema de investigación y a los tipos de estudios que se ha realizado por los investigadores, las fallas en adhesión se encuentran en múltiples artículos y estudios.

Por este motivo, existe la necesidad de realizar una revisión narrativa donde se logre identificar dichas fallas en adhesión dental, sus respectivas técnicas adhesivas y, además, se permita sintetizar y/o agrupar dentro de un mismo documento la información mencionada anteriormente. A partir del análisis anterior, surge la pregunta de investigación del actual documento.

¿Cuáles son las fallas en adhesión dental y sus respectivas técnicas adhesivas?

1.2 Justificación

Con el objetivo de identificar las diferentes fallas de adhesión dental y sus respectivas técnicas adhesiva a través de una narración narrativa; como primera medida, es fundamental determinar las fallas en adhesión según su generación, seguido de identificar en una línea de tiempo las fallas y las respectiva(s) técnicas que se han generado a partir de estudios científicos, y a partir de lo anterior, identificar las principales fallas de adhesión dental en los adhesivos de última generación.

1.3 Propósito

La investigación propuesta, pretende generar un documento publicable que permita identificar las fallas que se presenta en la adhesión dental y la variación de estas a partir del cambio de los adhesivos dentales. De igual forma, a partir de la síntesis de las principales fallas en los adhesivos dentales identificados en el estudio desarrollado en la revisión narrativa, se espera impactar en primera instancia a la comunidad académica odontológica y posteriormente, incidir directamente en la salud oral del paciente.

1.4 Antecedentes

La odontología contemporánea se ha enfocado en dar solución a cada una de las patologías bucales de los pacientes proporcionándoles estética y función, basada en diversos avances tecnológicos. A través de diferentes técnicas enfocadas en la odontología mínimamente invasiva, se esperan múltiples desarrollos relacionados

a diseños conservadores de la cavidad, que permiten mejorar la efectividad de los actuales adhesivos esmalte-dentina (1).

En este mismo sentido, la revolución tecnológica ha permitido la evolución de los adhesivos desde la primera generación, pasando por la cuarta y la quinta, hasta llegar en la actualidad a la octava generación. Esta nueva generación de adhesivos, conocidos como Adhesivos Universales, buscan simplificar los procedimientos, aumentar la longevidad y permitir un mejor proceso restaurativo (1).

1.5 Marco teórico (legal, conceptual, teórico)

La revisión narrativa permite la ubicación y recolección de información relevante en las investigaciones académicas, que buscan sintetizar información o desarrollar una perspectiva más amplia de un tema en particular. A partir de esta información y tomando en consideración el propósito de la actual investigación, se estructura el marco teórico, que permite entender el contexto en el cual se desarrolla el análisis de las fallas en los adhesivos dentales. De acuerdo con la visión teórica desarrollada en el actual estudio, es necesario analizar primero los principales conceptos relacionadas al tema de investigación y posteriormente, desarrollar la teoría que sirve como sustento teórico y metodológico de la investigación actual.

1.5.1 Revisión Conceptual

Los adhesivos dentales son materiales que cuando se aplican a dos superficies diferentes son capaces de unirlos, compuestos por monómeros de resina que hacen posible su unión con el sustrato dental, estos sistemas adhesivos se componen de grupos de monómeros hidrofílicos e hidrofóbicos donde los monómeros hidrofílicos ayudan a mejorar la humectabilidad de los tejidos duros del diente, y los monómeros del grupo hidrofóbico permiten la interacción y polimerización del material de restauración. También hacen parte de su composición química acondicionadores, imprimidores, agente adhesivo, agente bajador de viscosidad, iniciador o acelerador, disolventes, relleno inorgánico, entre otros (1).

Lo que se pretende con estos materiales al entrar en contacto con el sustrato dental es generar unión entre el sustrato y el material restaurador; teniendo como objetivo conservar la estructura sana del diente, conseguir retención óptima para el material restaurador, evitar microfiltraciones que conlleven a cambios de coloración, caries secundaria, patologías pulpares, y uno de los más importantes objetivos es generar longevidad en las restauraciones (1).

Esto se obtiene con una adhesión; que de acuerdo con Asunavise, citado por Sofan (1), es la Atracción molecular o atómica entre dos superficies en contacto promovida por fuerzas de atracción entre moléculas o átomos de diferentes especies lográndose una adhesión química (formación de enlaces covalentes e iónicos) adhesión mecánica (traba estructural, interdigitación micromecánica por

TAGS) y adhesión combinada (combinación de adhesión química y micromecánica). Estos diferentes tipos de adhesiones se logran ya sea por grabado o por autograbado donde la adhesión por grabado consiste en remover contaminantes generando micro- porosidades y la adhesión por auto grabado donde el monómero ácido no se enjuaga y se utiliza para acondicionar e imprimir el diente al mismo tiempo (1).

En el mismo sentido Van Meerbeek (1), habla de la adhesión por grabado que resulta siendo una unión micromecánica que se forma a través de la polimerización en el lugar de la resina dentro de las porosidades creadas por el grabado, y la adhesión por autograbado que es la unión micromecánica a través de la hibridación superficial y mediante interacción química de carboxilos y/o fosfatos de los monómeros con la hidroxiapatita. Estos objetivos consisten en un proceso de remoción de minerales de calcio, fosfato, e infiltración de monómeros resinosos cuya finalidad es crear una traba mecánica entre el adhesivo y la estructura dental para sellar los túbulos dentinales y así mantener el equilibrio del complejo dentino pulpar (1).

Por ello es importante conocer los componentes de los tejidos principales donde van a ser aplicados siendo que el esmalte se compone de material inorgánico principalmente hidroxiapatita en un 94-96%, una porción de fosfato de calcio, fase orgánica principalmente colágeno en un 4-5 %, y agua en un 1-4%. Por otra parte, la dentina está compuesta por material inorgánico en un 50-70%, de material

orgánico como lo es el colágeno en un 20-30% y agua en un 20-30%; siendo está más húmeda y menos dura que el esmalte (1).

Los materiales adhesivos deben proporcionar propiedades deseables para su uso; estos deben presentar baja viscosidad para humectar la superficie dental, estabilidad dimensional, propiedades mecánicas adecuadas para resistir fuerzas de masticación, hidro resistencia para resistir la hidrólisis (descomposición de sustancias orgánicas por acción del agua) y compatibilidad biológica que nos proporcione una respuesta biológica adecuada (1).

1.6 Objetivos generales y específicos

Objetivo General

Identificar las fallas en adhesión dental y sus respectivas técnicas adhesivas a partir de la revisión narrativa.

Objetivos Específicos

- Determinar las fallas de adhesión por generación de adhesivos dentales e identificar la causa de dicha falla
- Identificar según una línea de tiempo, las fallas y las respectivas técnicas que se han generado a partir de estudios científicos.
- Identificar las principales fallas de adhesión dental en los adhesivos de última generación.

CAPÍTULO 2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1 Tipo de estudio

De acuerdo con el proceso sistemático y empírico que se utiliza en la recolección de datos y en el estudio del problema de investigación, este análisis se desarrolla bajo la modalidad de investigación cualitativa. El análisis cualitativo permite identificar las cualidades de un fenómeno y tiene el propósito de ofrecer un contexto explicativo de la situación analizada (16). De igual forma, el actual proyecto de investigación está enmarcado en la línea de investigación “Biomateriales y Nuevas Tecnologías” de la facultad de Odontología de la Institución Universitaria Colegios de Colombia.

2.2 Objeto de estudio

Es importante considerar que el objeto de estudio de la actual investigación está enfocado en las fallas de los adhesivos dentales de cuarta a octava generación, que han sido analizados por diferentes autores del campo odontológico.

El grupo de trabajo planteó la siguiente pregunta PICO: ¿En pacientes que requieren reconstrucciones con materiales de nano relleno, los cuales van a hacer colocados sobre un sustrato dental mediante adhesivos dentales, el tipo de falla que se presenta con mayor frecuencia es la ubicada a nivel del sustrato dentinal o la ubicada en el sustrato del esmalte?

2.3 Material objeto de estudio o Fuentes de Información

Los reportes científicos se obtuvieron a través tres bases de datos electrónicas que fueron MEDLINE a través de Pubmed (www.pubmed.com, National Library of Medicine), Science Direct. Elsevier (www.sciencedirect.com). También se investigó otros potenciales estudios clínicos que estuvieran publicados en literatura gris o cualquier otro medio a través de Google Scholar.

2.4 Unidad de observación o Criterios de Elegibilidad

Se establece incluir dentro de la unidad de análisis, los artículos que estén relacionados a las fallas adhesivas dentales y que cumplan con los diferentes criterios de inclusión y exclusión presentados en el actual capítulo como criterios de selección. Los autores consideraron que todas las publicaciones científicas con estudios longitudinales que incluían información sobre el fracaso atribuible a los

adhesivos dentales, eficacia y efectividad adhesiva dental y evolución de la adhesión a dentina eran sujetos de ser elegibles de estudio. También se incluyeron reportes y resúmenes que sugería alguna explicación sobre las causas de fallas adhesivas en los diferentes sustratos a estudiar. también los *Sistemas Adhesivos y Propiedades de los Adhesivos, así como la Clasificación y Evolución* de estos. Esto dentro de un periodo comprendido del año 2010 al año 2018 y que estuvieran publicados en inglés y español.

Los reportes que no fueron incluidos en consideración para esta investigación estaban focalizados a los que reportaron fallas en los procedimientos de restauración, los que hacían promoción de artículos y casas publicitarias; y los que referían exclusivamente a señalar los beneficios que los adhesivos dentales

2.5 Muestra

Después de realizar una revisión previa de artículos científicos, la población de artículos considerada para tener una muestra confiable fueron 334 documentos; después se procedió a realizar la revisión previa con las matrices Strobe y Consort, y la selección definitiva de acuerdo con los criterios de selección.

2.6 Criterios de selección

Con el objetivo de realizar una selección de artículos, que estén relacionado con las fallas de los adhesivos dentales, se implementan los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

2.6.1 Criterios de inclusión

Se utilizaron las matrices Strobe (17) y Consort (18); estos dos sistemas comparten una serie de ítem de evaluación de estudios, que permiten determinar que artículos se ajustan a los requerimientos de la investigación. De igual manera, una vez realizado una selección previa de documentos con base en las matrices mencionadas, se procedió a incluir cuatro criterios de inclusión con el objetivo de seleccionar los artículos del estudio. A continuación, se presentan los cuatro criterios de acuerdo con su clasificación y descripción:

- Temas Claves: Este criterio incluye los temas de interés asociados a la investigación desarrollada; dentro de esta clasificación se puede encontrar Fallas en adhesión dental, eficacia y efectividad adhesiva dental y evolución de la adhesión a dentina.
- Abstract: Los artículos depurados por tema, se proceden a filtrar con ayuda del resumen de cada documento; este proceso se realiza con el objetivo de identificar los temas de mayor relación con la investigación.
- Periodo: Este componente describe la inclusión de artículos de acuerdo con los años de interés; el periodo que se incluyó dentro de la investigación estuvo comprendido del año 2010 al año 2018.
- Idiomas: La selección de artículos tuvo en cuenta artículos en inglés y español.

2.6.2 Criterios de exclusión

Por otro lado, los criterios de exclusión que se utilizaron durante la selección de artículos; se enfocaron en los temas de no interés para la investigación, es decir,

fallas en los procedimientos de restauración, la promoción a través de artículos publicitarios y los beneficios o fortaleza de los adhesivos.

2.7 Procedimiento (muestra, definición y operacionalización de variables, instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información).

Dentro de los instrumentos de investigación, los estudios observacionales persiguen una amplia variedad de objetivos y proporcionan información relevante para los diferentes campos académicos; estos estudios van desde el descubrimiento de nuevos hallazgos, hasta la confirmación o el rechazo de hallazgos previos. Sin embargo, la consolidación de resultados y hallazgos de estas investigaciones no ha permitido una adecuada gestión del conocimiento. De acuerdo con estos inconvenientes, surgió la declaración Strobe, que tiene como objetivo indicar el procedimiento y metodología adecuada que debe seguir una investigación observacional para ser un artículo confiable y verídico dentro de la comunidad investigativa (16).

De igual forma, los ensayos clínicos aleatorizados (ECA) son una fuente importante de información y evidencia de los diferentes estudios e investigaciones en el campo de la salud. No obstante, es fundamental entender que para tener una buena revisión de artículos es necesario seleccionar documentos con metodologías, análisis y resultados exactos. Con base a esta información, la matriz Consort presenta una serie de factores críticos que deben incluirse dentro de los informes de ensayos clínicos, además concede la oportunidad de elegir artículos confiables con base a sus parámetros (18).

Los autores adoptaron las palabras clave y los términos MESH a partir de la pregunta PICO que se había implementado. La estrategia de búsqueda fue modificada para llenar los formatos apropiados en las diferentes bases electrónicas bibliográficas seleccionadas. Después de realizar una revisión previa de artículos científicos, la población de artículos considerada para tener una muestra confiable fueron 334 documentos. Posteriormente, se aplicaron las matrices Strobe con 22 ítems en el caso de estudios observacionales (17) y Consort con 25 para ensayos clínicos aleatorizados ECA (18).

En este sentido, es primordial integrar al presente documento; las matrices Strobe (17) y Consort (18), que están compuestas por 22 y 25 ítems que son esenciales para los estudios observacionales y ensayos clínicos aleatorizados. A continuación, se presentan las matrices mencionadas anteriormente, con el objetivo de identificar y comprender los parámetros utilizados en estos dos procedimientos.

Tabla 1. Declaración Strobe

Clasificación	Punto
Título y Resumen	1
Introducción	
Contextos/Fundamentos	2
Objetivos	3
Métodos	
Diseño del Estudio	4
Contexto	5
Participantes	6
Variables	7
Fuentes de datos/medidas	8

Sesgos	9
Tamaño Muestral	10
Variables Cuantitativas	11
Métodos Estadísticos	12
Resultados	
Participantes	13
Datos Descriptivos	14
Datos de las Variables de Resultado	15
Resultados Principales	16
Otro Análisis	17
Discusión	
Resultados claves	18
Limitaciones	19
Interpretación	20
Generalidad	21
Otra Información	22

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con Von et al. (17), donde se presenta y detalla cada clasificación y punto a tener en cuenta para el análisis de los artículos de acuerdo a los estudios observacionales.

Tabla 2. Consort 2010

Clasificación	Ítem No
Título y Resumen	1a
	1b
Introducción	
Antecedentes y Objetivos	2a
	2b
Métodos	
Diseño del Ensayo	3a
	3b
Participantes	4a
	4b
Intervenciones	5
Resultados	6a
	6b
Tamaño Muestral	7a

	7b
Aleatorización Generación de la Secuencia	8a
	8b
Mecanismos de Ocultación de la Asignación	9a
Implementación	10
Enmascaramiento	11a
	11b
Métodos Estadísticos	12a
	12b
Resultados	
Flujo de Participantes	13a
	13b
Reclutamiento	14a
	14b
Datos Basales	15
Números Analizados	16
Resultados y Estimación	17a
	17b
Análisis Secundarios	18
Daños/Perjuicios	19
Discusión	
Limitaciones	20
Generalización	21
Interpretación	22
Otra Información	
Registro	23
Protocolo	24
Financiación	25

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con Cobos y Augustovski (18) esto ha impedido el desarrollo de una técnica exacta que evite o reduzca las probabilidades de fallas adhesivas), donde se presenta y detalla cada clasificación e ítems para tener en cuenta en la presentación de ensayos clínicos aleatorizados.

Después de incluir artículos en inglés y español, se realizó la revisión previa con las matrices Strobe y Consort con las que se obtuvo una muestra de 70

documentos, con base en los parámetros de clasificación, puntos e ítems y las listas de verificación descritas en las tablas 1 y 2. De estos documentos seleccionados, 45 aparecían en la base de datos Pubmed, 10 en Medline y 15 en Science Direct.

Con base en la inclusión por tema quedaron 30 documentos en Pubmed, 5 en Medline y 10 en Science Direct; por otro lado, el criterio de Abstract proyectó 20 artículos en Pubmed, 4 en Medline y 8 en Science Direct.

Por último, al aplicar el criterio de inclusión denominado Periodo; se obtuvo una muestra para la actual investigación de 14 artículos en Pubmed, 0 en Medline y 2 en Science Direct.

2.8 Tabulación, análisis y Propuesta

El análisis de resultados se construirá a partir de los artículos seleccionados con base en la matriz Strobe, en la matriz Consort y teniendo en cuenta los criterios de selección. La tabulación y análisis tendrá en cuenta la tabla 1, es decir, la identificación de las fallas adhesivas dentales por generación, tipo de falla y nombre.

Tabla 3. Construcción de la Lista General de Fallas Adhesivas Dentales

Falla No	Tipo De Falla	Generación	Nombre
	DENTINA	I - III	
		IV	
		V	
		VI	
		VII	
		VIII	

		I - III
		IV
	ESMALTE	V
		VI
		VII
		VIII
		I - III
		IV
	SUSTRATO	V
		VI
		VII
		VIII
		VIII

Fuente: Elaboración de los Autores con base en la información de los artículos seleccionados

Una vez realizado el análisis y la tabulación, el siguiente paso es la propuesta del documento; en esta etapa se presentará una lista de las principales fallas de adhesión dental por generación, por tipo de falla y por adhesivos de última generación; además se presentarán una serie de gráficos para desarrollar el estudio, teniendo en cuenta la información arrojada a través del análisis mencionado.

2.8 Aspectos éticos

La actual investigación respeta las reglas y procedimientos establecidos por la Institución Universitaria Colegios de Colombia. Por este motivo, el artículo desarrollado es un trabajo original que sigue las normas diseñadas por el Centro de Investigación para la entrega de proyectos de investigación.

2.9 Estadístico.

Al realizar una revisión narrativa, el análisis estadístico es limitado y no es el aspecto fundamental que permite determinar la validación de la información. No obstante, en el apartado del capítulo 2 llamado procedimiento, se puede encontrar

una descripción de las herramientas utilizadas para el procesamiento de la información y la selección de los artículos del estudio.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

Teniendo en cuenta la investigación realizada sobre las fallas en los adhesivos dentales y con el objetivo de analizar la evolución de los adhesivos, además de los retos y oportunidades de los adhesivos de última generación; se presenta la investigación a través de una revisión narrativa por tipo de fallas adhesivas y posteriormente, se sintetiza y se muestra la información a través de diferentes ilustraciones.

3.1 Tipos de Fallas Adhesivas

Diversas revisiones científicas en el ámbito odontológico han establecido que múltiples fallas adhesivas se siguen reportando día a día, todo esto debido a las variaciones en composición de los agentes adhesivos y a las propiedades y características del diente, bien en el esmalte o en dentina. Se conoce que en el esmalte el problema no es tan relevante por su alto contenido de matriz

inorgánico, como en la dentina por sus composiciones mayormente en matriz orgánica; esto ha impedido el desarrollo de una técnica exacta que evite o reduzca las probabilidades de fallas adhesivas. Considerando la revisión de artículos de acuerdo con la revisión narrativa, las fallas adhesivas se pueden clasificar en tres tipos de fallas (1).

Falla Dentina

Para el análisis independiente de los artículos que hacen referencia a las diferentes fallas que surgen a nivel dentinal; se puede evidenciar que en el artículo titulado “Longevity of Self-Etch Dentin Bonding Adhesives compared to Etch-and-Rinse Dentin Bonding Adhesives: A Systematic Review” de acuerdo a Masarwa et al., (2016) donde se reporta acerca de la evolución de los materiales y las técnicas adhesivas; señalando que estas han transformado el alcance de la práctica dental, cambiando los conceptos de odontología restauradora.

El desarrollo de nuevos materiales de unión dentinaria se ha enfocado en minimizar el número de pasos involucrados en el procedimiento de unión. Una clasificación ampliamente aceptada de sistemas de unión depende de si se usa o no un paso de grabado ácido separado. En consecuencia, dos tipos principales son disponibles; sistemas de unión de autograbado (SE) y grabado y enjuague (ER) (anteriormente conocido como sistema de unión de grabado total). Además, hay una subclasificación de estas categorías según el número de pasos implicados en cada procedimiento dependiendo de si las soluciones de

humectación y unión se usan en un paso desde una botella mezclada o en dos pasos separados desde dos botellas diferentes (19).

De otra parte, de acuerdo con Hashimoto et al., (2004) citado por Masarwa et al., (19), la resistencia de la resina de dentina de todos los sistemas de adhesivos sometidos a prueba disminuyó a una mayor velocidad cuando se expuso completamente al agua como muestras recortadas (se demuestra el efecto difusivo de degradación del agua). El agua causa hidrólisis, plastificación y posterior degradación de la interfaz dentina-resina. Las enzimas de saliva también juegan un papel en la degradación. Las enzimas endógenas, como las Metaloproteinasas, atacan las fibrillas de colágeno en la capa híbrida de enlace, lo que aumenta la degradación e hidrólisis de la interfaz de la resina dentinaria. Las enzimas bacterianas también se agregan a la degradación general de la capa híbrida.

La fuerza de adhesión de la dentina también es variable de acuerdo con la ubicación en el diente, ya sea cervical u oclusal, y esto se debe a la variabilidad del propio tejido de la dentina. Cuando se trata de dentina superficial oclusal, hay menos túbulos dentinarios en milímetro cuadrado, con diámetro estrecho, que hacen que el enlace sea principalmente Inter tubular, mientras que en las capas más profundas se encuentran un número mayor de túbulos dentinarios que hacen que la unión sea principalmente intra tubular (19).

Para el segundo artículo titulado “Assessment of the initial and aged dentin bond strength of universal adhesives” de acuerdo con Kato et al., (1970) y Hashimoto et al., (2004) citado por Farias et al. (22), la adhesión de dentina puede ser facilitada por las estrategias de grabado y autograbado. El Dr. Fusayama introdujo el concepto del uso de adhesivos de grabado y enjuague para la unión de dentina a finales de la década de 1970, cuando se estableció que la eliminación de la capa de frotis daba como resultado una mejor adhesión. En la década de 1990 se dio inicio a los materiales clínicamente exitosos que utilizaban la estrategia de grabado y enjuague, en tres pasos (22).

Según Pashley et al., (2011), citado por Farias et al., (22), los adhesivos de grabado y enjuague de tres pasos fueron seguidos por los adhesivos simplificados de grabado y enjuague en dos pasos. Para que se logre la adhesión de dentina con adhesivos de grabado y enjuague debe ser mediada por la eliminación de la capa de frotis, la desmineralización ácida de la dentina subyacente y la infiltración adhesiva del colágeno expuesto. Con base a Yoshida et al., (2004), citado por Farias et al., (22), los adhesivos de grabado y enjuague son aplicados después del grabado dentinario con 30-40% de ácido fosfórico, mientras que los adhesivos de autograbado preparan el sustrato de dentina para la aplicación de resina adhesiva sin la necesidad de enjuagar con agua. Varias formulaciones se han propuesto para el diseño de adhesivos auto grabadores para disminuir la sensibilidad de la técnica asociada a los pasos de enjuague y secado. Estas formulaciones se han

propuesto mejorar la durabilidad de la interfaz adhesiva, por medio de la inclusión de monómeros de resina con afinidad química por la hidroxiapatita.

De igual forma, Hanabusa et al., (2012), Perdigao et al., (2012, 2013), Mena et al., (2013), Muñoz et al., (2013) y Marchesi et al., (2013), citados por Farias et al., (22), encontraron que los adhesivos dentales "universales" o "multimodales" recientemente introducidos se pueden aplicar siguiendo estrategias de grabado y autograbado. Según Perdigao et al., (2013), citado por Farias et al., (22), los materiales han tenido un buen desempeño en pruebas de fuerza de adhesión dentinaria independientemente del modo de aplicación. No obstante, se desconoce la posible estabilidad a largo plazo de las interfases adhesivas creadas por estos materiales, por lo que no se cuenta con datos sobre especímenes envejecidos. El uso de adhesivos de autograbado en dentina podría verse afectada por la eliminación de hidroxiapatita del sustrato. Asimismo, la infiltración completa del colágeno expuesto por la resina adhesiva posterior al tratamiento de la dentina con ácido fosfórico sigue siendo un problema por resolverse (22).

De acuerdo con Perdigao et al., (1995), citado por Farias et al., (22), las muestras fracturadas se inspeccionaron con un estereomicroscopio (Leica EZ4 HD, Leica Microsystems AG, Heerbrugg, Suiza) con un aumento de 40. Las fallas se clasificaron como adhesivas, mixtas y cohesivas en resina compuesta o dentina. Las fallas en la parte inferior, superior o dentro de la capa adhesiva, fueron consideradas como fallas adhesivas. Por otro lado, las fallas correspondientes a tipo cohesión en resina compuesta o dentina se relacionan a fracturas dentro de

los respectivos sustratos. Independientemente a la combinación de fracturas estas fueron consideradas como mixtas.

Según Brackett et al., (2011), citado por Farias et al., (22), las fibrillas de colágeno de dentina desmineralizada no infiltradas pueden estar expuestas al deterioro a partir de metaloproteinasas de matriz; originando un incremento de la nanofiltración por debajo de la capa híbrida.

Muñoz et al., (2013), citado por Farias et al. (22), demostraron que la aplicación Scotchbond Universal en enfoque de autograbado o de grabado y enjuague, presenta la nano filtración más baja en comparación con Adper Single Bond 2, Peak Universal (Ultradent Product Inc., South Jordan, UT, E. UU.) y All -Bond Universal en el modo de grabado y enjuague.

Con base a Hashimoto et al., (2004) y a Tay et al., (2000), citados por Farias et al., (22), la presencia de una zona de dentina desmineralizada no infiltrada debajo de la capa híbrida no pareció afectar la fuerza de los enlaces a las 24 horas como se observó en estudios previos. Todos los grupos mostraron principalmente fallas adhesivas antes y después de la carga, lo que indica que el esfuerzo de carga se concentró en la interfaz (dentro del adhesivo o entre el adhesivo y la parte superior o inferior de la capa híbrida). Cuando esto ocurre, puede seguir el desarrollo de micro separaciones entre dentina y adhesivo o propagación de grietas en la capa híbrida.

El análisis anterior estableció que es más probable que se den fallas en estas zonas debilitadas después de la carga. e igual forma, se evidenció un incremento en las fallas de cohesión dentinal posterior a la carga mecánica, pese al potencial de remineralización de la dentina y al posible retorno a las propiedades mecánicas previas a la desmineralización. La presencia de fallas cohesivas en la dentina indicaría una mayor posibilidad de fatiga prematura de ese sustrato con la carga mecánica (22).

Con respecto al siguiente artículo titulado “Meta-Analysis of the Influence of Bonding Parameters on the Clinical Outcome of Tooth-colored Cervical Restorations”, de acuerdo con Mahn et al., (34), se indica que las lesiones cervicales no cariosas (NCCLs) son comúnmente conocidas como defectos Clase V, las cuales son restauradas con materiales artificiales, resinas compuestas o materiales a base de cemento ionómero de vidrio (GIC). Según Goldstein et al., (2010), citado por Mahn et al., (34), la razón más usual de falla prematura en las restauraciones compuestas Clase V, es la pérdida de retención, acompañada de la caries marginal; esto último dicho por Heintze et al. (2010) y Peumans et al., (2005), citado por Mahn et al., (34).

Para Ermis (2002) y a Ermis et al., (2012), citado por Mahn et al., (34), al realizar una preparación mecánica se procede a la eliminación de dentina esclerótica, lo que imposibilita la formación de una capa híbrida correcta. Según Abdalla et al., (1997), citado por Mahn et al., (34), la oclusión, la esclerosis dentinaria y la edad

del paciente son algunos de los múltiples factores relacionados al rendimiento y retención clínica de las restauraciones Clase V.

Para el artículo titulado “Evaluación de la interfase adhesiva obtenida en restauraciones de resina compuesta realizadas con un sistema adhesivo universal utilizado con y sin grabado ácido previo”, según Dennison et al., (2012), citado por Bader et al., (42), se explica que la odontología moderna ha centrado su objetivo y/o interés en realizar procedimientos clínicos mínimamente invasivos, por lo que se ha dado paso a nuevos materiales odontológicos, que no requieren de preparaciones muy grandes o deterioren en un alto porcentaje las propiedades del diente; aunque esto ha sido un avance de mucha importancia para la odontología, se siguen reportando y evidenciando que a nivel restaurativo los pacientes no logran sentirse satisfechos con los resultados a nivel estético, debido a que sus restauraciones no perduran en función del tiempo.

De acuerdo Cramer et al., (2011), citado por Bader et al., (42), es necesario llevar a cabo el perfeccionamiento en los desarrollos clínicos para lograr combatir con los problemas más frecuentes como la contracción a la polimerización, debido a que este es capaz de deformar las estructuras dentales originando microcracks y/o fallas en la adhesión, como en tensiones internas en el material y en la interfase diente-restauración.

Los autores Perdigao et al., (2007), citado por Bader et al., (42), explican que cuando la dentina es desgastada con una fresa u otro instrumento, los

componentes restantes como el smear layer (barrillo dentinario) forman una capa de pocos micrones de grosor, adosada íntimamente a la superficie, constituyendo una barrera física, la cual debe ser disuelta o volverse permeable para que los monómeros del adhesivo entren en contacto directamente con la superficie dentinaria subyacente.

Por otro lado, algunos métodos adhesivos contienen moléculas hidrofílicas que permiten realizar adhesión en medio húmedo, muchos científicos defienden esta técnica, pero es crucial considerar que el exceso de agua va a inducir a una polimerización subóptima del material adhesivo generando separación de fases y micro filtración que influirá en la longevidad de interfase resina – dentina; de forma adicional, cabe resaltar que estudios recientes han presentado un nuevo concepto, etanol unión húmeda (45). Esta técnica puede aumentar en la durabilidad del adhesivo dentinario, se debe tener en cuenta que la dentina afectada por caries tiene permeabilidades y administración mucho más bajas de anestésicos locales que contienen vasoconstrictores, disminución de la presión del fluido pulpar. Por lo tanto, durante la mayoría de los procedimientos de unión dentinaria, la presión pulpar está más cerca a cero (45).

Los componentes de cada adhesivo deben ser estudiados en detalle, puesto que ellos son los que van a permitir favorecer la longevidad, minimizando fallas al momento de su contracción en la polimerización, lo cual puede tener un efecto perjudicial sobre la interfase con el diente (46).

En el artículo titulado “Meta-analytical Review of Parameters Involved in Dentin Bonding, Van Meerbeek et al., (2005), citado por De Munck et al., (48), indica que una de las trascendentales inquietudes a nivel clínico con respecto a la tecnología adhesiva actual, son la sensibilidad a la técnica y la durabilidad de los enlaces.

Por el contrario, los autores Siavash et al., (49), establecen que para los dientes tratados endodónticamente, muchas veces la reconstrucción va acompañada del uso de materiales como postes en fibra de vidrio, ya que estos exhiben un módulo de elasticidad similar a la dentina, como también poseen la capacidad de unirse a la estructura dental, acarreando resultados estéticos óptimos. Para Almuhaiza et al., (2016), citados por Siavash et al., (49), la razón más común para la falla clínica de los postes de fibra es el descementado de estos postes de la dentina. Diversos estudios in vitro han informado resultados contradictorios con respecto a la fuerza de unión de diferentes agentes de cementación de resina a postes y dentina intraradicular.

De acuerdo con los autores Van Landuyt et al., (2009), citados por Akimasa et al., (52), la reacción de polimerización en los adhesivos dentales inducida por irradiación lumínica conduce a la descomposición de la canforoquinona y la amina terciaria, generando radicales libres reactivos, los cuales se unen a los dobles enlaces de los monómeros de resina. Sin embargo, el oxígeno tiene una mayor capacidad de reaccionar con los radicales libres en propagación que la molécula de monómero, oxidándolos en radicales peroxi, que tienen una reactividad

relativamente baja hacia el monómero, y que forman peróxidos, que polimerizan si reaccionan.

Según los autores Andrzejewska et al., (2001), citados por Akimasa et al., (52), el deterioro de la zona de inhibición del oxígeno en la unión compuesta adhesivo-resina da como resultado una disminución en la resistencia de la unión después del almacenamiento de agua a largo plazo para adhesivos de autograbado.

Para los autores Pashley et al., (2007) y Sadek et al., (2008), citados por Ayar et al., (45), el enlace en húmedo con etanol se deriva de las técnicas de incrustación de tejidos en las que los tejidos orgánicos hidratados se deshidratan químicamente con etanol durante unas horas y luego se incrustan en resina epoxi. Del mismo modo, en el proceso de unión dentinaria, el agua en las matrices de dentina desmineralizada se puede reemplazar gradualmente con monómeros de resina con el uso de etanol, promoviendo la infiltración de resina hidrófoba en una capa híbrida dentinaria resultante.

De acuerdo con los autores Pashley et al., (2007) citados por Ayar et al., (45), el colapso de las matrices de dentina desmineralizadas es un proceso activo que implica el desarrollo rápido y espontáneo de nuevos enlaces de hidrógeno entre péptidos de colágeno adyacentes.

Según Pashely et al., (2007), citado por Ayar et al., (45), el uso de solventes como el etanol en dentina profunda en pulpas vitales, es de gran preocupación para los clínicos. La aplicación de etanol al 100% durante 60 segundos en la pulpa

expuesta directamente no aumenta el daño pulpar en comparación con una técnica de unión húmeda con agua y solo produce una lesión pulpar leve similar al daño pulpar producido por agua. El enlace húmedo con etanol puede promover una infiltración de resinas de di metacrilato hidrófobas en los espacios interfibrilares y los túbulos dentinarios para mejorar la estabilidad de las interfases resina-dentina in vitro. La dentina afectada por caries tiene permeabilidades mucho más bajas y la administración de anestésicos locales que contienen vasoconstrictores, disminución de la presión del líquido pulpar. Por lo tanto, durante la mayoría de los procedimientos de unión dentinaria, la presión pulpar es más cercana a cero.

Fallas en Esmalte

En lo que respecta a los artículos que se enfocan en las fallas a nivel de esmalte, el documento titulado “Self-Etch and Etch-and-Rinse Adhesive Systems in Clinical Dentistry”, citado por Ozer et al., (56), aclara las diferencias entre los sistemas adhesivos de grabado y enjuagado, y los de autograbado; en este documento se establece que los sistemas adhesivos de grabado y enjuague son aquellos que se ubican de acuerdo su generación en los de IV y V; y aquellos adhesivos de autograbado son los de VI y VII, diferenciándose en la manera de interactuar con las estructuras dentales. Los primeros mencionados, es decir, los de IV y V generación (grabado y enjuague) están compuestos por ácido fosfórico para tratar previamente a la estructura dental del enjuagado, y que por último se realice la aplicación del adhesivo.

Por otro lado, los de VI y VII, es decir, los adhesivos de autograbado están compuestos por monómeros ácidos que cumplen la función de grabar y luego impregnar al diente simultáneamente. Estos dos sistemas de adhesivos, los de grabado y enjuague, como los de autograbado, forman una capa híbrida como resultado de las resinas que impregnan el esmalte o la dentina. Los sistemas adhesivos de VII generación (autograbado) conocidos de igual manera como única aplicación o monobotella, muestran menores fuerzas de adhesión y son menos predecibles que los sistemas de grabado y enjuague (de varios pasos) (56).

Para el artículo a continuación, titulado “The influence of hemostatic agents on dentin and enamel surfaces and dental bonding: A systematic review”, según Yoo et al., (2006), citado por Oliveira et al., (58), es fundamental utilizar en el procedimiento clínico aislamiento absoluto del campo operatorio, el cual consiste en dejar el diente aislado totalmente de la saliva y de estructuras bucales como la lengua; siendo estos altamente perjudicial en el momento de proceder a realizar el tratamiento dental.

De acuerdo con Bailey et al., (1995) y Polat et al., (2007), citados por Oliveira et al., (58), ante cualquier procedimiento clínico los dientes y otras estructuras bucales como la encía, mejillas, labios, etc., están expuestos a ser lesionados, lo más frecuente es que se ocasione por equipos rotatorios como la pieza de mano acompañado de fresas, siendo las fresas las encargadas del desgaste selectivo o completo de las estructuras del diente propiamente a trabajar. Una de las consecuencias de usar estos equipos rotatorios puede estar relacionado a la

iatrogenia o trauma tisular a las estructuras mencionadas anteriormente, ocasionando la presencia de sangrado y este además sería un fluido que contamina la superficie del diente. Por esto, los autores recomiendan el uso y aplicación de agentes hemostáticos que cumplen la función del control del sangrado profusos.

De forma adicional, se encontró en la literatura Ozer et al., (2013) y Yoo et al., (2006), citados por Oliveira et al., (58), que los agentes hemostáticos también ayudan al control de la humedad y a mantener el campo operatorio ideal, libre de contaminantes. Agentes hemostáticos pueden ser usados como astringentes y/o vasoconstrictores (agentes adrenérgicos). Por otro lado, algunos autores han evaluado la acción de estos hemostáticos, obteniendo como respuesta que no permiten de manera confiable la unión en la dentina y el esmalte, lo que disminuirá la fuerza de unión.

De igual forma, se encontró Yalcin et al., (2013), Albaker (2010) y Nowakowska et al., (2010), citados por Oliveira et al., (58), que la literatura reporta frecuentemente sobre los efectos locales de los agentes hemostáticos sobre el tejido blando circundante; sin embargo, se tiene poca literatura sobre los efectos que causa a nivel de los sustratos de dentina y esmalte.

Según se encontró por Land et al., (1994, 1996), Ayo et al., (2005), Kuphasuk et al., (2007), Chaiyabutr et al., (2011) y Felpel (1997) citados por en Nowakowska (63), que dos de los principales agentes hemostáticos son el cloruro de aluminio y

el sulfato férrico, los cuales, en presencia de agua, se hidrolizan y forman ácido clorhídrico (para el agente cloruro de aluminio) y ácido sulfúrico (sulfato férrico). Las partículas restantes del ácido, más los contaminantes causan obstrucción al fluido de los monómeros de resina hacia los túbulos de la dentina. Aquellos que logren penetrar en los túbulos dentinales, conllevan a la afectación del desarrollo de la capa híbrida.

Falla en Sustrato Restaurativo

Con respecto a las fallas a nivel sustrato restaurativo, se tiene que en la literatura múltiples artículos hacen referencia a este tipo de falla. El primer artículo titulado “Tensile bond strength of different universal adhesive systems to lithium disilicate ceramic”, citado por Passia et al., (70), relata que el mercado dental ofrece una amplia variedad de sistemas adhesivos con diferentes agentes químicos para estructuras dentales y materiales de restauración. En la actualidad, el proceso se ha simplificado en cuanto a pasos y a sus componentes para de esta manera reducir los posibles errores de aplicación y las variaciones que podrían conducir a fallas en la unión.

De igual manera, se encontró por Kern et al., (2012), Clausen et al., (2010) y Guess et al., (2013), citado por Klosa et al., (74), que existen cerámicas convencionales a base de sílice las cuales son de baja resistencia a la fractura, por lo que requieren ser cementadas con cementos adhesivos para lograr la longevidad; por otro lado, existen también las restauraciones de cerámica de

disilicato de litio las cuales se caracterizan por poseer la propiedad de alta resistencia, y pueden ser cementadas bajo la técnica de cementación convencional o adhesiva. Restauraciones sin retención o con una retención mínima, como las carillas vestibulares u oclusales, las coronas parciales o las prótesis dentales fijas unidas con resina de tipo Maryland requieren cementación adhesiva.

De acuerdo con Blatz et al., (2003), citado por Passia et al., (70), se establece que una opción para que se logre la adherencia a las cerámicas a base de sílice, puede ser a través del entrelazado micromecánico y/o unión química; todo esto posterior a la preparación del sustrato restaurativo y a su respectiva limpieza de la superficie de la cerámica antes de usar primers adecuados que contienen silano. El entrelazado micromecánico se puede lograr mediante el grabado ácido con ácido fluorhídrico o soluciones de bifluoruro de amonio, que eliminan selectivamente la matriz vítrea y exponen la estructura cristalina.

Según Ureta (2015) y Naves et al., (2010), citados por Passia et al., (70), en las cerámicas de silicato convencionales, el grabado con ácido fluorhídrico requiere 60 segundos; en disilicato de litio, debe reducirse a 20 segundos para evitar sobre ajustes y, por lo tanto, debilitar la interfaz de unión. Es necesario un “agente primer” que contenga silano cuando el grupo silanol del silano se une a un grupo hidroxilo de la superficie del silicato. Este pretratamiento crea un vínculo que se mantiene estable incluso después del almacenamiento de agua y el ciclo térmico.

Para los autores Passia et al., (70), la resistencia a la tensión de unión (TBS) de la cerámica de disilicato de litio, está influenciada significativamente por el sistema de unión adhesiva. Deben evitarse los sistemas adhesivos universales que no contienen silano para unir restauraciones cerámicas de disilicato de litio debido a su menor fuerza de unión.

Para el siguiente artículo titulado "Effectiveness and stability of silane coupling agent incorporated in 'universal' adhesives", para los autores Thompson et al., (2011), citado por Yoshihara et al., (79), en odontología restaurativa, las cerámicas dentales ricas en vidrio, como las cerámicas de feldespato, las diversas clases de cerámica de vidrio (incluidas las cerámicas de disilicato de litio monolíticas) y algunas cerámicas nuevas infiltradas con polímeros, son menos invasivas para restaurar los dientes, ya que pueden unirse por completo al tejido dental con cementos compuestos. En el sitio de restauración, el protocolo de unión de preferencia para las cerámicas "grabables" consiste en el grabado de ácido fluorhídrico (HF) para proporcionar micro retención al cemento que mediante silanización. Un monómero con función silano, como el más comúnmente usado en odontología, el monómero de metacrilato de silano (metacrililoiloxipropiltrimetoxisilano o -MTPS), básicamente posee un extremo de metacrilato para copolimerizarse con el cemento adhesivo y/o compuesto y el grupo silano real para unirse covalentemente a la cerámica fase de cristal. Además de ser necesarios para la unión a la cerámica, los agentes de acoplamiento de silano también se usan a menudo como parte de un protocolo de

restauración-reparación para reparar intraoralmente restauraciones cerámicas y compuestas.

Según Lung et al., (2012), citado por Yoshihara et al., (79), los primers que contienen silano son en su mayoría soluciones sin agua; existen algunos de silano una botella y dos botellas. Los primers que contienen silano no hidrolizado se disuelven con mayor frecuencia en una botella que necesita ser activada e hidrolizada con una solución de ácido acético o un adhesivo ácido en la otra botella. Tanto el agua como el pH más bajo hacen que el agua se hidrolice. La última generación de iniciadores contiene silano disuelto, principalmente en una solución libre de agua y ligeramente ácida, por lo que tiene una vida útil en la superficie.

De acuerdo con Lung et al., (2012), Matinlinna et al., (2007), Altmann et al., (2003) y Salon et al., (2008), citados por Yoshihara et al., (79), para activar un monómero bifuncional de silano como -MTPS, que debe reaccionar con agua, por lo que se hidroliza a silanol. Como la hidrólisis de silano es lenta en agua, el ácido acético se usa comúnmente como catalizador de reacción. Este silanol se absorbe y se une químicamente al vidrio. Sin embargo, después de la hidrólisis, el silano puede sufrir condensación por deshidratación, formando así un oligómero que ya no puede unirse al vidrio. La velocidad de formación del oligómero depende de la estructura del agente de acoplamiento de silano, su pH, el tipo de disolvente y la temperatura ambiental.

Para Yoshihara et al., (79), el efecto de acoplamiento de silano en el adhesivo universal que contiene silano probado no parece ser muy efectivo y estable, muy probablemente porque la solución ácida promueve la condensación por deshidratación. Clínicamente, se recomienda el uso de una imprimación de silano separada (o silano recién mezclado con el adhesivo) para lograr un efecto de acoplamiento de silano suficiente en las cerámicas grabables.

Llevar a cabo una buena técnica de adhesión garantiza en gran parte el éxito de una restauración, evitando así fallas como microfiltraciones que a futuro ocasionen que se pierda la retención a las restauraciones.

Diferentes estudios in vitro evaluaron la influencia de un recubrimiento de resina hidrofóbica en la unión dentinaria inmediata y de un tiempo de 6 meses de tres adhesivos universales; se concluyó que el recubrimiento de capa hidrofóbica adicional mejora el rendimiento inmediato a largo plazo de microfiltración de los sistemas adhesivos universales de autograbado. Sin embargo, la micro-filtración depende del envejecimiento del material y no está relacionada con la estrategia adhesiva (84).

Por otra parte, Tsujimoto et al., (85), evalúan tres sistemas adhesivos uno de un paso, de dos pasos y por último de tres pasos, concluyendo que la presencia de un primer en un adhesivo de autograbado en un solo paso promueve una mayor fuerza de enlace en la dentina a diferencia de otros tipos de sistema adhesivo y

las características de la capa inhibida de los adhesivos dentales difieren según el tipo de sistema adhesivo.

Según Ureta et al., (76), es importante considerar el espesor de capa del material porque esto influye en la duración de la restauración final. Si la capa de adhesivo es demasiado gruesa puede comprometer la longevidad de la restauración, como también dependiendo del tipo de solvente y el tiempo de evaporación para realizar la polimerización.

Según Pashley et al., (1992), citados por Sezinando et al., (84), el grabado de ácido fosfórico, el primer paso en la estrategia de grabado y enjuague elimina la capa de frotis y desmineraliza los micrómetros de la superficie de la dentina. Una vez realizada la eliminación de hidroxiapatita de los espacios interfibrilares, los monómeros de resina se infiltran en esos espacios e impregnan las fibrillas de colágeno, conduciendo a la formación de una capa híbrida gruesa de colágeno y resina dentro del sustrato de dentina.

Para los autores Van Meerbeek et al., (1992), citados por Sezinando et al., (84), la hibridación de dentina en adhesivos de grabado y enjuague simplificados, se consideran como una técnica sensible debido a la posibilidad de discrepancia entre la profundidad del grabado y la impregnación adhesiva eficaz de la red expuesta de fibrillas de colágeno. Los adhesivos auto grabadores; sin embargo, no requieren ácido fosfórico como grabado preliminar, ya que la desmineralización y el uso de agentes adhesivos en la dentina pueden ocurrir simultáneamente. Por lo

que para los autores De Munck et al., (2005), citados por Sezinando et al., (84), el grabado e infiltración simultánea de los adhesivos auto grabadores en la dentina se produce para todos los adhesivos auto grabadores.

3.2 Clasificación y Evolución de los Adhesivos

Dentro de la investigación se seleccionó como artículo principal, el documento titulado “Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type”; debido a su relación intrínseca con el propósito y los objetivos del estudio. De acuerdo con Sofan et al., (1), los adhesivos dentales son soluciones de monómeros de resina que hacen posible la interacción del sustrato dental de resina. El sistema adhesivo está compuesto por monómeros con grupos hidrófilos y grupos hidrófobos.

De acuerdo con Van Landuyt et al., (2007), citado por Sofan et al., (1), los adhesivos hidrófilos son aquellos que mejoran la humectabilidad de los tejidos duros dentales, mientras que los adhesivos hidrófobos permiten la interacción y la copolimerización con los materiales de restauración. La composición química de los adhesivos también incluye iniciadores de curado, inhibidores o estabilizadores, solventes y, en algunos casos, rellenos inorgánicos. Sin embargo, es necesario considerar la anatomía del diente. La microfiltración es uno de los problemas dentales más frecuentes, que probablemente sea responsable de muchos casos de caries secundaria. Por lo tanto, estos adhesivos son fundamentales para el éxito de los materiales estéticos restaurativos en la odontología moderna.

Según Susin et al., (2007), citado por Sofan et al., (1), la parte mineralizada del diente es una estructura compleja hecha de diferentes tejidos duros, que tienen una ultra-morfología y composición bastante distintas. El esmalte está compuesto de una estructura sólida cristalina sólida-hidroxiapatita con fuerzas intermoleculares, superficie de alta energía, además de agua y material orgánico. La dentina es un compuesto biológico que envuelve el colágeno. La dentina es intrínsecamente húmeda y menos dura que el esmalte, con bajas fuerzas intermoleculares y superficies de baja energía. La dentina es diferente del esmalte, ya que tiene una capa de frotis, contenido orgánico y presencia de líquido dentro de los túbulos dentinarios. Además, la densidad de los túbulos dentinarios varía con la profundidad de la dentina y, al igual que el contenido de agua de la dentina, es menor en la dentina superficial, que contiene menos túbulos, la penetración de la resina en la dentina intertubular será responsable de la mayor parte de la fuerza de adhesión.

Para los autores Perdigao et al., (2010), citado por Sofan et al., (1), en la dentina profunda, los túbulos dentinarios son más numerosos: la permeabilidad intratubular de las resinas será responsable de una mayor resistencia de los enlaces. La dentina también es un sustrato que sufre cambios con la edad en un proceso de envejecimiento fisiológico asimétrico, que conduce a un aumento del grosor de la dentina y una disminución de la permeabilidad de la dentina. Además, la dentina esclerótica y cariosa sufre cambios estructurales que dan como resultado una mayor mineralización y, en consecuencia, una menor permeabilidad.

A diferencia de la dentina, el esmalte se puede secar fácilmente: por lo tanto, el proceso de unión al esmalte es diferente al de la dentina.

Sistemas Adhesivos y Propiedades de los Adhesivos

Para los autores De Munck et al., (2005) y Van Landuyt et al., (2007), citado por Sofan et al., (1), se han desarrollado muchos sistemas y tipos de adhesivos de resina para lograr una adhesión duradera a los tejidos dentales. Algunas de las complicaciones asociadas a los sistemas adhesivos son: la heterogeneidad de la estructura y composición dental, la hidrofilia de la superficie expuesta de la dentina, las características del sustrato dental después de la preparación de la cavidad y las características del propio adhesivo, como sus propiedades fisicoquímicas y su estrategia de interacción con el esmalte y dentina.

Según Breschi et al., (2009), citado por Sofan et al., (1), a pesar de la gran diferencia en la forma de grabado entre los adhesivos de grabado y enjuague, y autograbado, los otros pasos fundamentales para la adhesión, a saber, la fase de humectabilidad y la fase de unión, pueden ser separados o combinados. Los sistemas de unión dental son mezclas de resinas que poseen propiedades hidrófilas e hidrófobas al considerar que los grupos hidrofílicos mejoran la humectabilidad de los tejidos duros dentales.

Según Hilton et al. (2) y Henostroza et al., (3), los adhesivos dentales poseen propiedades, tales como: baja viscosidad, estabilidad dimensional, resistencia ante las fuerzas masticatorias, biocompatibilidad e hidro resistencia.

Clasificación de los Adhesivos

De acuerdo con Buonocore et al., (4), Bowen et al., (5) y Kugel, et al., (6), los adhesivos de primera generación fueron publicados por Buonocore en 1956, demostrando que el uso de resina que contiene dimetacrilato de ácido glicerofosfórico (NPG-GMA) se uniría a la dentina grabada al ácido. Estos agentes de unión se diseñaron para la unión iónica a hidroxiapatita o para enlaces covalentes (enlaces de hidrógeno) al colágeno. Sin embargo, la inmersión en agua reduciría en gran medida este vínculo. Después de nueve años, Bowen utilizó un agente de acoplamiento para superar este problema. Abordó este problema utilizando que actuaba como NPG-GMA, una imprimación o promotor de la adhesión entre el esmalte / dentina y los materiales de resina por quelación con calcio superficial, donde un extremo se uniría a la dentina, y otro se polimerizaría con resina compuesta. En general, esta generación indica una baja resistencia de unión en el rango de 1-3 MPa.

De acuerdo con Kugel, et al., (6) y American Dental Association (7) la segunda generación de agentes de unión de dentina se introdujo a finales de la década de 1970 y buscaba mejorar los agentes de acoplamiento que se utilizaban en la primera generación de adhesivos. La segunda generación de adhesivos de dentina utiliza principalmente fosfatos polimerizables añadidos a las resinas de bis-GMA para promover la unión al calcio en la estructura dental mineralizada. El mecanismo de unión implica la formación de un enlace iónico entre los grupos de calcio y clorofosfato. Este enlace iónico se degradaría rápidamente en la inmersión

en agua (también a la saliva) e incluso en el agua dentro de la propia dentina, y provocaría una microfiltración. La capa de frotis aún no se elimina, y esto contribuye a las fuerzas de unión relativamente débiles y poco confiables de esta segunda generación. La capa de frotis es realmente una capa lisa de restos inorgánicos que permanece en la superficie de dentina preparada como resultado de la preparación del diente con instrumentos rotatorios. Esta generación de agentes de unión ya no se usa, debido principalmente a los intentos fallidos de unión con una capa de barrido poco unida. Resistencia de adherencia: 4-6 Mpa.

Con base a Kugel, et al., (6) y Tao et al., (8), a finales de los años setenta y principios de los ochenta, se presentaron agentes de adhesión de dentina de tercera generación. Los sistemas de unión de tercera generación introdujeron un cambio muy importante: el grabado ácido de la dentina en un esfuerzo por modificar o eliminar parcialmente la capa de frotis. Esto abrió los túbulos de dentina y permitió que se colocara una imprimación después de que el ácido fuera completamente enjuagado. Si bien este método logró un mayor vínculo, se consideró controvertido en odontología ya que existía la sensación de que la dentina no debía grabarse. Después de que se añadió la imprimación, se colocó una resina sin carga tanto en la dentina como en el esmalte. El vínculo débil con esta generación fueron las resinas sin relleno que simplemente no penetran la capa de frotis de manera efectiva de acuerdo con Tao et al., en 1988.

Con base a Kanca (9), Tay et al., (10) y Gary (11) en los años 1980 y 1990, se introdujeron los agentes de unión de dentina de cuarta generación. Los materiales

de cuarta generación fueron los primeros en lograr la eliminación completa de la capa de frotis y aún se consideran como el estándar de oro en la unión de dentina. En esta generación, los tres componentes principales (grabador, cebador y unión) se empaquetan típicamente en contenedores separados y se aplican secuencialmente. El concepto de técnica de grabado total y sellos dentinarios húmedos de los sistemas de cuarta generación, donde la dentina y el esmalte se graban al mismo tiempo con ácido fosfórico (H_3PO_3) durante un período de 15-20 segundos. Sin embargo, la superficie debe dejarse húmeda "unión húmeda", para evitar el colapso del colágeno. La aplicación de una solución de imprimación hidrófila puede infiltrarse en la red de colágeno expuesta que forma la capa híbrida. La capa híbrida está formada por la capa superficial infiltrada de resina sobre la dentina y el esmalte.

Según Buonocore (1955) y Nakabayashi (1982), citado por Sofan et al., (1), el objetivo de la hibridación ideal es proporcionar altas resistencias de unión y un sello de dentina. Las resistencias de los adhesivos para estos adhesivos se encontraban en el rango bajo a medio de 20 MPa y redujeron significativamente la fuga de margen en comparación con los sistemas anteriores. Este sistema era muy sensible a la técnica y requería una técnica exacta de grabado controlado con ácido sobre el esmalte y la dentina, seguido de dos o más componentes en el esmalte y la dentina. Estos sistemas son muy eficaces cuando se utilizan correctamente, tienen un buen historial clínico a largo plazo y son las más

versátiles de todas las categorías de adhesivos, ya que se pueden usar para prácticamente cualquier protocolo de unión (directo, indirecto, autocurado, dual).

En el mismo sentido Buonocore (1955) y Nakabayashi (1982), citado por Sofan et al., (1), establecen que estos sistemas siguen siendo los estándares por los cuales se juzgan los sistemas más nuevos. Sin embargo, estos sistemas pueden ser muy confusos y llevar mucho tiempo con tantas botellas y pasos de aplicación. Debido a la complejidad de varias botellas y pasos, los dentistas comenzaron a solicitar un sistema de adhesivo simplificado.

Con base a Leinfelder et al., (12), en la década de 1990 y en la década actual, los sistemas de unión de quinta generación intentaron simplificar el proceso de adhesión de cuarta generación al reducir los pasos clínicos que resultan en la reducción del tiempo de trabajo. Estos se distinguen por ser un sistema de "un paso" o "una botella". Además, se necesitaba una forma mejorada para prevenir el colapso del colágeno de la dentina desmineralizada y para minimizar, si no eliminar totalmente, la sensibilidad postoperatoria. Entonces, el método más común de simplificación es el de "un sistema de botella" que combina la imprimación y el adhesivo en una solución para aplicar sobre el esmalte y la dentina simultáneamente con 35 a 37% de ácido fosfórico durante 15-20 segundos.

De acuerdo con Leinfelder et al., (12), estos tipos de sistemas de adhesivos pueden ser más susceptibles a la degradación del agua a lo largo del tiempo que

la cuarta generación. Esto se debe a que la imprimación polimerizada del "sistema de una botella" tiende a ser de naturaleza hidrófila. Sin embargo, cuando se usa la cuarta generación, el "primer" hidrofílico está cubierto por una resina más hidrófoba, lo que lo hace menos susceptible a la absorción de agua. No todos los adhesivos de quinta generación son compatibles con materiales duales y autocurados o de núcleo. El PH más bajo de la capa inhibida por oxígeno, o los monómeros en algunos productos simplificados, son demasiado ácidos y por lo tanto desactivan la amina terciaria en compuestos curados químicamente. Además, en lo que respecta a la cantidad de aplicaciones (no completadas, necesitan más aplicaciones), es fundamental seguir las instrucciones del fabricante. Varios estudios a largo plazo indican que el adhesivo dental de quinta generación logra una alta fortaleza de adhesión clínica. Además, el enlace resina-dentina es propenso a la degradación del agua, los adhesivos de quinta generación son más propensos a la degradación del agua que los adhesivos dentales de cuarta generación. La fuerza de adhesión dentinaria representativa es de 3 a 25 MPa.

Según Pashley et al., (1956,1965,2000), los sistemas de unión de sexta generación introducidos en la última parte de la década de 1990 y comienzos de la década de 2000, también conocidos como los "autograbado". Los sistemas de unión de sexta generación buscaban eliminar el paso de grabado, o incluirlo químicamente en uno de los otros pasos: imprimación (primer auto grabador + adhesivo) imprimación ácida aplicada al diente primero, seguido de adhesivo o

(adhesivo de autograbado) dos botellas o dosis unitarias que contienen imprimación y adhesivo ácidos; donde una gota de cada líquido se mezcla y se aplica al diente.

De igual forma Buonocore et al., (4), Bowen et al., (5) y Kugel, et al., (6), recomiendan que los componentes se mezclen inmediatamente antes del uso. La mezcla de componentes de resina hidrófila e hidrófoba se aplica luego al sustrato del diente. Evidentemente, estos sistemas de unión se caracterizan por la posibilidad de lograr una unión adecuada al esmalte y la dentina utilizando una sola solución. La mayor ventaja de la sexta generación es que su eficacia parece ser menos dependiente del estado de hidratación de la dentina que los sistemas de grabado total.

De acuerdo con Fabianelli et al., (2000), citado por Sofan et al., (1), desafortunadamente, las primeras evaluaciones de estos nuevos sistemas mostraron una unión suficiente con la dentina acondicionada, mientras que la unión con el esmalte fue menos efectiva. Esto puede deberse al hecho de que los sistemas de sexta generación están compuestos de una solución ácida que no se puede mantener en su lugar, debe renovarse continuamente y tener un pH que no es suficiente para grabar el esmalte. Para superar este problema, se recomienda grabar primero el esmalte con el ácido fosfórico tradicional antes de usarlo. Sin embargo, aquellos que utilizan esta técnica deben tener cuidado de limitar el ácido fosfórico únicamente al esmalte.

Según Gary et al., (11), el grabado adicional de la dentina con ácido fosfórico podría crear una situación de "sobre grabado" en la que la zona de desmineralización es demasiado profunda para que los cebadores colocados posteriormente penetren completamente. Si bien los datos indican que los adhesivos de sexta generación se adherirán bien a la dentina (41 MPa a las 24 horas), el enlace al esmalte es al menos un 25% más débil para el esmalte, que los adhesivos de cuarta y quinta generación en los estudios de datos combinados. Varios médicos respetados han utilizado adhesivos de sexta generación para adherirse a la dentina después de grabar selectivamente el esmalte.

Con base a American Dental Association (7), Tao et al., (8) y Gary (11), los sistemas de unión de séptima generación se introdujeron a fines de 1999 y principios de 2005. El sistema de autograbado de séptima generación o de una botella representa la última simplificación de los sistemas adhesivos. Con estos sistemas, todos los ingredientes necesarios para la unión se colocan y se envían desde una sola botella. Esto simplifica en gran medida el protocolo de vinculación, ya que se afirmaba que se podrían lograr intensidades de adhesión consistentes eliminando por completo los errores que normalmente podrían ser introducidos por el odontólogo o asistente dental que tuvo que mezclar los componentes separados con otros sistemas más complicados. Sin embargo, la incorporación y colocación de toda la química requerida para un sistema adhesivo viable en una sola botella, y que permanezca estable durante un período de tiempo razonable, plantea un desafío significativo. Estos sistemas inherentemente ácidos tienden a tener una

cantidad significativa de agua en sus formulaciones y pueden ser propensos a la hidrólisis y la descomposición química.

De acuerdo con Tay et al., (2003) y Yaseen et al., (2009), citado por Sofan et al., (1), una vez colocados y polimerizados, generalmente son más hidrófilos que los sistemas de autograbado de dos pasos; esta condición los hace más propensos a la sorción de agua, limita la profundidad de la infiltración de resina en el diente y crea algunos vacíos. La ventaja de esta generación no era la mezcla requerida y las fuerzas de adhesión eran consistentes. Sin embargo, los adhesivos de séptima generación han demostrado tener las resistencias de adhesión más bajas, tanto iniciales como a largo plazo, de cualquier adhesivo en el mercado hoy en día que pueda considerarse una desventaja. Los adhesivos de séptima generación implican la aplicación de grabado, imprimación y adhesivo que ya se han mezclado, seguido de fotopolimerización del diente.

Los adhesivos de séptima generación son "todo en uno" si alguna vez ha existido tal cosa. Los datos clínicos y científicos sobre estos adhesivos demuestran que son hidrofílicos y se degradan más rápidamente. Además, el mástil de la química debe ser ácido, ya que este está involucrado en este líquido, y se ha demostrado que reacciona adversamente con los sistemas iniciadores compuestos (1).

Adhesivos Universales

De acuerdo con Basaraa (14) y Kasraei (15), en los adhesivos de octava generación, la adición de nano-rellenos con un tamaño de partícula promedio de

12 nm aumenta la penetración de los monómeros de resina y el grosor de la capa híbrida, lo que a su vez mejora las propiedades mecánicas de los sistemas de unión.

De acuerdo con Basaraa (14) y Kasraei (15), los agentes de nano adhesión son soluciones de nano-rellenos, que producen una mejor resistencia del esmalte y la adhesión de la dentina, la absorción del estrés y una mayor vida útil. Este nuevo agente de generaciones de autograbado tiene un monómero hidrófilo ácido y se puede usar fácilmente en el esmalte grabado después de la contaminación con saliva o humedad. Según el fabricante, las nanopartículas que actúan como enlaces cruzados reducirán los cambios dimensionales.

El tipo de nano-rellenos y el método en el que se incorporan estas partículas afectan la viscosidad adhesiva y la capacidad de penetración de los monómeros de resina en los espacios de fibras de colágeno. Los nano rellenos, con dimensiones mayores de 15-20 nm o un contenido de más de 1.0 por ciento en peso, ambos pueden aumentar la viscosidad de los adhesivos, y pueden causar la acumulación de los rellenos sobre la parte superior de la superficie humedecida. Estos clústeres pueden actuar como defectos que pueden inducir grietas y provocar una disminución en la resistencia de la unión (14 y 15).

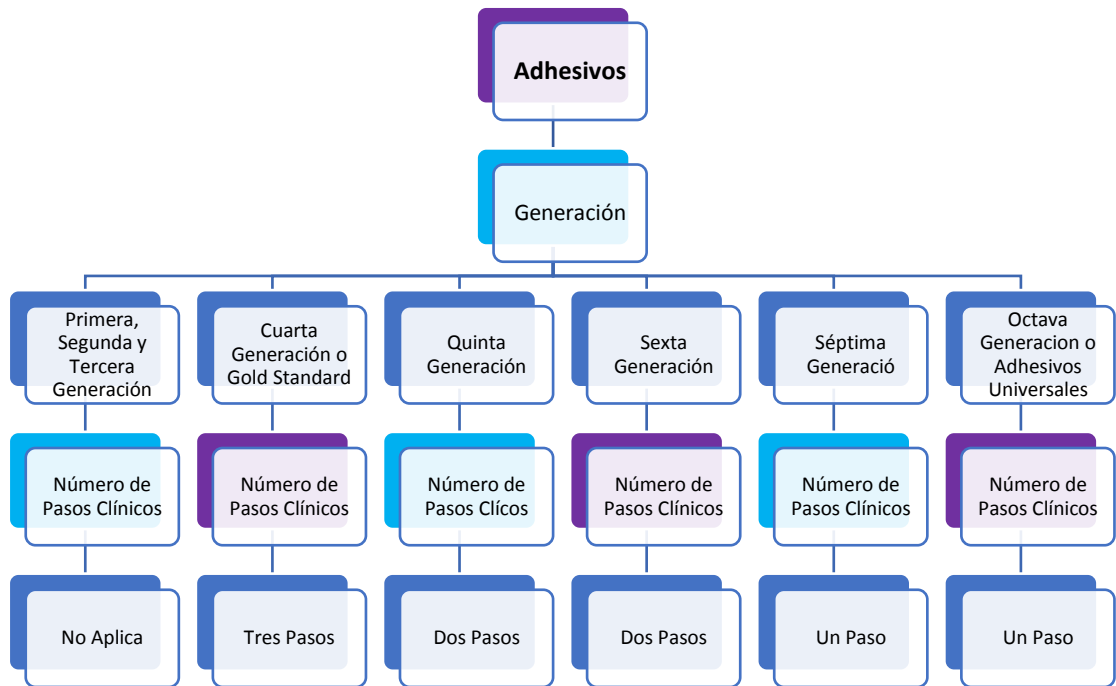
De igual manera para los autores Hanabusa (2012), Perdigao (2012) y Muñoz (2013), citados por Sezinando et al., (84), con respecto a los adhesivos de última generación, estos pueden ser utilizados a 2 pasos como adhesivos de grabado y

enjuague [ER], o a 1 paso como adhesivos de autograbado [SE]. Esta doble estrategia se logra mediante el uso de adhesivos autograbado de 1 paso asociados o no con el grabado previo con ácido fosfórico (PA).

3.3 Propuesta

De acuerdo con la propuesta de la investigación y teniendo en cuenta la revisión narrativa; a continuación, se presenta la información sintetizada a través de las siguientes ilustraciones y tablas.

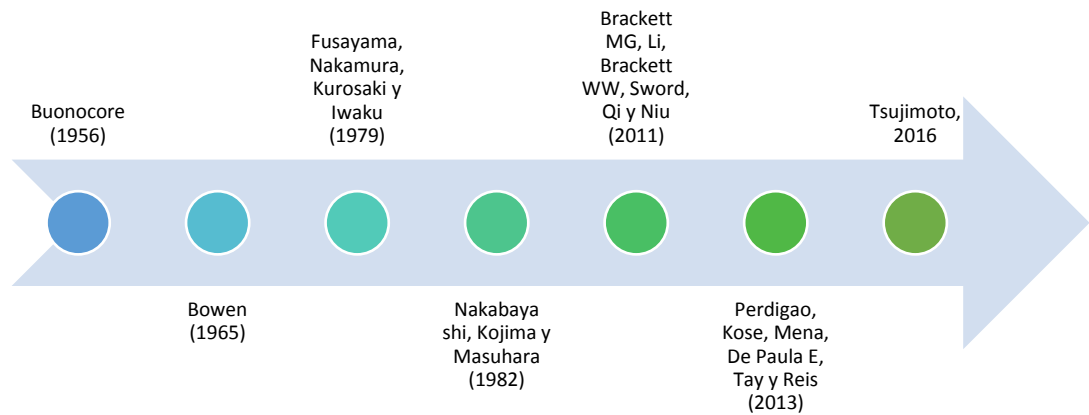
Tabla 4. Clasificación y Evolución de los Adhesivos



Fuente: Elaboración de los Autores con base en la información de los artículos seleccionados

De acuerdo con la tabla 4, los adhesivos han evolucionado desde la primera generación hasta a la octava (adhesivos universales); de igual forma, esta evolución ha buscado simplificar los procesos de tres a un paso y aumentar la longevidad de los adhesivos para mejorar los procedimientos restaurativos.

Figura 1. Aportes de Acuerdo con Línea de Tiempo



Fuente: Elaboración de los Autores con base en la información de los artículos seleccionados

En lo que respecta a la figura 1; en 1956, Buonocore et al. demostraron que el uso de una resina que contiene di metacrilato de ácido glicerofosfórico se uniría a la dentina grabada con ácido. Este enlace se debe a la interacción de esta molécula de resina bifuncional con los iones de calcio de la hidroxiapatita. La inmersión en agua reduciría en gran medida este vínculo (81).

Bowen (1965), abordó este problema utilizando N fenilglicina y metacrilato de glicidilo, o NPG-GMA. NPG-GMA es una molécula bifuncional o agente de acoplamiento. Esto significa que un extremo de esta molécula se une a la dentina, mientras que el otro se une (se polimeriza) a la resina compuesta.

De acuerdo con Fusayama et al., (1959), trataron de simplificar la unión al esmalte y la dentina mediante el grabado de la preparación con ácido fosfórico al 40 por

ciento. Desafortunadamente, no se entendió que este procedimiento sobrecargó la dentina y dio como resultado el colapso de las fibras de colágeno expuestas.

Por otro lado, Nakabayashi et al., (1982), informaron después de realizar una investigación, la formación de una capa híbrida que se obtiene a partir del metacrilato y la dentina polimerizados.

Según Brackett et al., (2001), citado por Farias et al., (22), establece que las fibrillas de colágeno de dentina desmineralizada no infiltradas pueden estar expuestas al deterioro de la matriz a partir de metaloproteinasas; originando un incremento de la nanofiltración por debajo de la capa híbrida.

Así mismo, Perdigao et al., (2013), citado por Farias et al., (22), afirman que los materiales han tenido un buen desempeño en pruebas de fuerza de adhesión dentinaria independientemente de su modo de aplicación. No obstante, se desconoce la posible estabilidad a largo plazo de las interfases adhesivas creadas por estos materiales.

Por último, Tsujimoto (2016), expone las fallas adhesivas relacionadas a las superficies del diente. Lo que respecta a la superficie de la dentina son: degradación en la interfaz dentina-resina, fuerza de adhesión dentinal disminuida, polimerización subóptima, falla cohesiva, falla adhesiva, falla mixta, microfiltración por debajo de la capa híbrida, contracción a la polimerización y sensibilidad posoperatoria. Por otro lado, en la superficie del esmalte son: menor fuerza adhesión en los adhesivos de VII generación, polimerización subóptima,

pigmentación, baja resistencia adhesiva y fuerza de unión baja y para el sustrato restaurativo relacionan la falla como: baja resistencia a la fractura.

En la figura 2, se presentan las propiedades de los adhesivos encontradas con la investigación realizada. De la misma forma, la revisión narrativa permitió establecer e identificar 15 fallas en adhesión dental; donde las fallas de fuerza de unión relativamente débiles y poco confiables, y la degradación de la interfaz disminuida fueron las más recurrentes en el documento. Estas se presentan de acuerdo con su clasificación en la siguiente tabla:

Figura 2. Propiedades de los Adhesivos



Fuente: Elaboración de los Autores con base en la información de los artículos seleccionados

En la figura 2, se presentan las propiedades de los adhesivos encontradas con la investigación realizada. De la misma forma, la revisión narrativa permitió

establecer e identificar 15 fallas en adhesión dental; donde las fallas de fuerza de unión relativamente débiles y poco confiables, y la degradación de la interfaz disminuida fueron las más recurrentes en el documento. Estas se presentan de acuerdo con su clasificación en la siguiente tabla:

Tabla 5. Lista General “Fallas Adhesivas Dentales”

Falla No	Tipo De Falla	Generación	Nombre
1	DENTINA	I – III	Microfiltración por debajo de la capa híbrida
2			Sensibilidad Postoperatoria
3		IV	Degradación en la interfaz dentina-resina
4			Fuerza de adhesión dentinal disminuida
5			Polimerización Subóptima
6			Falla Adhesiva
7			Falla Cohesiva
8			Falla Mixta
9			Microfiltración por debajo de la capa híbrida
10			Contracción a la Polimerización
11			Sensibilidad Postoperatoria
12		V	Degradación en la interfaz dentina-resina
13			Fuerza de adhesión dentinal disminuida
14			Polimerización Subóptima
15			Falla Adhesiva
16			Falla Cohesiva
17			Falla Mixta
18			Microfiltración por debajo de la capa híbrida
19			Contracción a la Polimerización
20		VI	Degradación en la interfaz dentina-resina
21			Fuerza de adhesión dentinal disminuida
22			Polimerización Subóptima
23			Falla Adhesiva
24			Falla Cohesiva
25			Falla Mixta
26			Microfiltración por debajo de la capa híbrida
27			Contracción a la Polimerización

28		VII	Degradación en la interfaz dentina-resina
29			Fuerza de adhesión dentinal disminuida
30			Polimerización Subóptima
31			Falla Adhesiva
32			Falla Cohesiva
33			Falla Mixta
34			Microfiltración por debajo de la capa híbrida
35			Contracción a la Polimerización
36		VIII	Degradación en la interfaz dentina-resina
37			Fuerza de adhesión dentinal disminuida
38			Polimerización Subóptima
39			Falla Adhesiva
40			Falla Cohesiva
41			Falla Mixta
42			Microfiltración por debajo de la capa híbrida
43		ESMALTE	
44	I – III		Pigmentación
45			Baja Resistencia Adhesiva
	IV		-
	V		-
	VI		-
46	VII		Menor Fuerza de Adhesión
47	VIII		Fuerza de Unión con el Esmalte Baja
	I – III		-
48	SUSTRATO		IV
49		V	Baja Resistencia a la Fractura
50		VI	Baja Resistencia a la Fractura
51		VII	Baja Resistencia a la Fractura
52		VIII	Baja Resistencia a la Fractura

Fuente: Elaboración de los Autores con base en la información de los artículos seleccionados

A partir de la tabla 5, se procede a seleccionar las principales fallas de adhesivos de acuerdo con la última generación, es decir, las fallas de los adhesivos universales o de octava generación. Se obtuvieron 9 fallas adhesivas; a continuación, se presentan estas fallas identificadas.

Tabla 6. Lista de Fallas en Adhesivos Universales

Falla No	Tipo De Falla	Nombre
1	DENTINA	Degradación en la interfaz dentina-resina
2		Fuerza de adhesión dentinal disminuida
3		Polimerización Subóptima
4		Falla Adhesiva
5		Falla Cohesiva
6		Falla Mixta
7		Microfiltración por debajo de la capa híbrida
8	ESMALTE	Fuerza de Unión con el Esmalte Baja
9	SUSTRATO	Baja Resistencia a la Fractura

Fuente: Elaboración de los Autores con base en la información de los artículos seleccionados

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN

Para los autores Brackett et al., (2011), citado por Farias et al., (22), las fibrillas de colágeno de dentina desmineralizada no infiltradas pueden estar expuestas al deterioro de la matriz a partir de metaloproteinasas; originando un incremento de la nanofiltración por debajo de la capa híbrida. Es necesario tener en cuenta esta información, porque si la dentina pierde sus propiedades disminuye su fuerza de unión y genera fallas en la adhesión dental como la microfiltración. La investigación desarrollada está intrínsecamente relacionada con este análisis; debido a que busca proporcionar información acerca de los procedimientos que se deben aplicar y seguir en búsqueda de un adecuado proceso restaurativo.

Según el autor Perdigao et al., (2013), citado por Farias et al., (22), los materiales han tenido un buen desempeño en pruebas de fuerza de adhesión dentinaria independientemente de su modo de aplicación. No obstante, se desconoce la posible estabilidad a largo plazo de las interfases adhesivas creadas por estos materiales, por lo que no se cuenta con datos sobre especímenes envejecidos. El uso de adhesivos de autograbado en dentina podría verse afectada por la eliminación de hidroxapatita del sustrato. Asimismo, la infiltración completa del colágeno expuesto por la resina adhesiva posterior al tratamiento de la dentina con ácido fosfórico sigue siendo un problema por resolverse. Independientemente de las técnicas utilizadas en las practicas odontológicas, se debe seguir al pie de la letra las recomendaciones de las casas comerciales y así lograr resultados exitosos.

Según Hilton et al., (2) y Henostroza et al., (3), los adhesivos dentales poseen propiedades, tales como: baja viscosidad, estabilidad dimensional, resistencia ante las fuerzas masticatorias, biocompatibilidad e hidro resistencia. Estas propiedades se presentaron en el actual documento, para entender e identificar las fallas de adhesión dental, teniendo en cuenta la naturaleza de los adhesivos.

En el artículo titulado “Influence of the Oxygen-inhibited layer bonding performance of dental adhesive systems: Surface free energy perspective”, el autor Tsujimoto (85) de manera detallada exponen las fallas adhesivas relacionadas a las superficies del diente, tales como, la dentina y el esmalte. Lo que respecta a la superficie de la dentina son: degradación en la interfaz dentina-resina, fuerza de adhesión dentinal disminuida, polimerización subóptima, falla cohesiva, falla adhesiva, falla mixta, microfiltración por debajo de la capa híbrida, contracción a la polimerización y sensibilidad postoperatoria.

Por otro lado, en la superficie del esmalte son: menor fuerza adhesión en los adhesivos de VII generación, polimerización subóptima, pigmentación, baja resistencia adhesiva y fuerza de unión baja. De igual manera, para el sustrato restaurativo relacionan la falla como: baja resistencia a la fractura (85).

De acuerdo con el análisis de los autores mencionados se identificaron las fallas de los adhesivos en forma general. Esta investigación concede la oportunidad de observar las fallas más comunes de los adhesivos dentales; no obstante, no permite identificar estas fallas según su generación, es decir, no logra el análisis de las fallas adhesivas de acuerdo con su evolución. Por tal motivo, además de

realizar el análisis de las fallas adhesivas, es indispensable analizarlas de acuerdo con su evolución por generación; con el objetivo de sintetizar y presentar la información al cuerpo académico odontológico de manera clara y oportuna.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

El propósito de la investigación era determinar cuáles eran las fallas de los adhesivos dentales; teniendo en cuenta una revisión narrativa, se identificaron 15 tipos de fallas adhesivas totales, dentro de las que se obtuvieron 9 tipos de fallas adhesivas relacionadas a los adhesivos universales.

De acuerdo con el objetivo específico 1, determinar las fallas de adhesión por generación de adhesivos dentales e identificar la causa de dicha falla. De la primera a la tercera generación se hallaron 5 tipos de fallas adhesivas, las cuales son Microfiltración por debajo de la capa híbrida, Sensibilidad Postoperatoria, Pigmentación, Baja Resistencia Adhesiva y Polimerización Subóptima; en la cuarta generación se identificaron 10 tipos de fallas adhesivas, en las que encontramos Degradación en la Interfaz Dentina-Resina, Fuerza de Adhesión Dentinal Disminuida, Polimerización Subóptima, Falla Adhesiva, Falla Cohesiva, Falla Mixta, Microfiltración por debajo de Capa Híbrida, Contracción a la Polimerización, Sensibilidad Postoperatoria y Baja Resistencia a la Fractura; en la quinta y sexta generación se encontraron 9 tipos de fallas adhesivas, las cuales son Degradación en la Interfaz Dentina-Resina, Fuerza de Adhesión Dentinal Disminuida, Polimerización Subóptima, Falla Adhesiva, Falla Cohesiva, Falla Mixta, Microfiltración por debajo de Capa Híbrida, Contracción a la Polimerización y Baja Resistencia a la Fractura; por otro lado, en la séptima generación se identificaron 10 tipos de fallas adhesivas que son Degradación en la Interfaz Dentina-Resina, Fuerza de Adhesión Dentinal Disminuida, Polimerización

Subóptima, Falla Adhesiva, Falla Cohesiva, Falla Mixta, Microfiltración por debajo de Capa Híbrida, Contracción a la Polimerización, Menor Fuerza de Adhesión y Baja Resistencia a la Fractura; por último, en la octava generación se hallaron 9 tipos de fallas adhesivas que son Degradación en la Interfaz Dentina-Resina, Fuerza de Adhesión Dentinal Disminuida, Polimerización Subóptima, Falla Adhesiva, Falla Cohesiva, Falla Mixta, Microfiltración por debajo de Capa Híbrida, Fuerza de Unión con el Esmalte Bajo y Baja Resistencia a la Fractura. De igual forma, se puede determinar que estas fallas están relacionadas a las características propias de las superficies dentales y del sustrato restaurativo (Ver Tabla 4).

Así mismo, los resultados de la investigación indican que la evolución de los adhesivos refleja el desarrollo de nuevos productos y la búsqueda de mejorar los procesos restaurativos y los resultados estéticos y funcionales más longevos. Con base al objetivo específico 2, identificar según una línea de tiempo, las fallas y las respectivas técnicas que se han generado a partir de estudios científicos; se puede discernir de acuerdo con la figura 1, que los autores desarrollan sus investigaciones de las fallas adhesivas a partir de análisis retrospectivos de sus antecesores; de igual manera, las técnicas adhesivas han evolucionado de grabado-enjuague a autograbados con el fin de simplificar los procesos clínicos.

De igual forma, los adhesivos de Cuarta Generación o Gold Estándar; reciben esta denominación debido a su técnica grabado y enjuague de tres pasos, que

garantiza procedimientos más precisos, con menores índices o tasas de fracaso clínicos.

En lo que respecta al objetivo específico 3, identificar las principales fallas de adhesión dental en los adhesivos de última generación; es importante tener en cuenta que los adhesivos de última generación fueron creados para simplificar procesos clínicos. La investigación identificó 9 tipos de fallas adhesivas, además de la necesidad de desarrollar estudios que midan la longevidad de sus resultados dentales comparados con los sistemas adhesivos de cuarta a séptima generación (Ver Tabla 5).

En síntesis, independientemente del tipo de adhesivo que se utilice, las fallas en la fuerza de unión del adhesivo se presentan en mayor proporción a nivel dentinal, más que en esmalte por su composición biológica de matriz orgánica de la dentina y el fluido dentinal y su presión.

CAPÍTULO 6. RECOMENDACIONES

De acuerdo con la revisión narrativa realizada, las estrategias, nuevos productos y/o procesos que busquen corregir las fallas de los adhesivos dentales deben estar enfocadas en los siguientes aspectos:

- a) Es indispensable estudiar los componentes de cada sistema de adhesivos, con el objetivo de mejorar sus resultados clínicos y así disminuir errores en las practicas odontológicas.
- b) Establecer un manual de conocimientos donde se sintetice la información obtenida en el presente documento; donde se establezcan los procedimientos a seguir con base en las fallas de adhesión. Este manual tendrá el objetivo de servir como herramienta para profesionales teóricos-clínicos y así discernir entre técnicas para garantizar mejores resultados funcionales y estéticos en los tratamientos odontológicos.
- c) En lo que respecta a los adhesivos universales o de octava generación, se evidencia la necesidad de realizar estudios que midan su impacto de longevidad y además permita observar las oportunidades de desarrollo de nuevos adhesivos.

d) De acuerdo con la revisión realizada, es crucial que el desarrollo de nuevos adhesivos y/o procedimientos clínicos consideren, la fuerza de unión relativamente débiles y poco confiables, y la degradación de la interfaz disminuida que son las fallas de adhesión dental mas frecuentes evidenciadas en la investigación.

CAPÍTULO 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sofan E, Sofan A, Palaia G, et al. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. 2017; VIII:1-17.
2. Hilton, T Ferracae, J, Broome, J. Summitt's. Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach. Fourth Edition. Quintessence Publishing, 2013.
3. Henostroza, g. Adhesión en odontología restauradora. Primera edición. Brasil 2003.
4. Buonocore M, Wileman W, Brudevold F. A report on a risen composition capable of bonding to human dentin surfaces. J Dent Res. 1956; 35:846–851.
5. Bowen RL. Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues II. Bonding to dentin promoted by a surface-active comonomer. J Dent Res. 1965; 44:895–890.
6. Kugel G, Ferrari M. The science of bonding: from first to sixth generation. JADA. 2000; 13:20–25.
7. American Dental Association Council on Dental Materials. Instruments and equipment. Dentin bonding systems: an update. JADA. 1987; 114:91–95.
8. Tao L, Pashley DH, Boyd L. The effect of different types of smear layers on dentin and enamel bond strengths. Dent Mater. 1988; 4:208–216.
9. Kanca J. A method for bonding to tooth structure using phosphoric acid as a dentin-enamel conditioner. Quintessence Int. 1991; 22:285–290.
10. Tay FR, Gwinnett AJ, Wei SHY. Structural evidence of a sealed tissue interface with Total etch wet bonding technique, in vivo. J Dent Res. 1994; 73:629–636.
11. Gary A. Adhesive considerations in the placement of direct composite restorations. Compend. 2008;1(1):20–25.

12. Leinfelder KF. Dentin adhesives for the twenty-first century. *Dent Clin North Am.* 2001;45(1):1–6.
13. Pashley EL, Agee K, Pashly DH, Tay F. Effect of one versus two applications of an unfilled, all-in-one adhesive on dentine bonding. *J Dent.* 2002; 30:83–90.
14. Başaran G, Ozer T, Devocioğlu Kama J. Comparison of a recently developed nanofiller self-etching primer adhesive with other self-etching primers and conventional acid etching. *Eur J Orthod.* 2009 Jun;31(3):271–275.
15. Kasraei SH, Atai M, Khamverdi Z, Khalegh Nejad S. Effect of nanofiller addition to an experimental dentin adhesive on microtensile bond strength to human dentin. *J Dent (Tehran)* 2009;6(2):91–96.
16. Sampiere, R., Collado, C. & Baptista, P. (1997). *Metodología de la Investigación.* McGraw - Hill Interamericana de México, S.A. de C.V.
17. Von E, Altman D, Matthias E, Pocock S, Gotzsche P, Vanderbroucke J. Declaración de la iniciativa STROBE (Strengthening the reporting of observational studies in Epidemiology): directrices para la comunicación de estudios observacionales. *Gac Sanit.* 2008; 22(2): p. 144 - 50.
18. Cobos A, Augustovski F. Declaración CONSORT 2010: actualización de la lista de comprobación para informar ensayos clínicos aleatorizados de grupos paralelos Elsevier España SL, editor.; 2011.
19. Masarwa N, Mohamed A, Abou-Rabii I, Zaghlani R, Steier L. Longevity of self-etch dentin bonding adhesives compared to etch-and-rinse dentin bonding adhesives: a systematic review uk: Department of Restorative Dentistry, Edinburgh Dental Institute, UK; 2016.
20. Hashimoto M, Ito S, Tay FR, Svizero NR, Sano H, Kaga M, Pashley DH. Fluid movement across the resin-dentin interface during and after bonding. *J Dent Res* 2004; 83:843- 848.
21. Kato S, Fusayama T. Recalcification of artificially decalcified dentin in vivo. *J Dent Res* 1970; 49:106–7.
22. Farias D, Caldeira M, Boushell L, Walter R. Assessment of the initial and aged dentin bond strength of universal adhesives: *International Journal of Adhesion & Adhesives*; 2016.

23. Pashley DH, Tay FR, Breschi L, Tjaderhane L, Carvalho RM, Carrilho M, et al. State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater* 2011; 27:1–16.
24. Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H, et al. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res* 2004; 83:454–8.
25. Hanabusa M, Mine A, Kuboki T, Momoi Y, Van Ende A, Van Meerbeek B, et al. Bonding effectiveness of a new 'multi-mode' adhesive to enamel and dentine. *J Dent* 2012; 40:475–84.
26. Perdigao J, Sezinando A, Monteiro PC. Laboratory bonding ability of a multipurpose dentin adhesive. *Am J Dent* 2012; 25:153–8.
27. Mena-Serrano A, Kose C, De Paula EA, Tay LY, Reis A, Loguercio AD, et al. A new universal simplified adhesive: 6-month clinical evaluation. *J Esthet Restor Dent* 2013; 25:55–69.
28. Muñoz MA, Luque I, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Bombarda NH. Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *J Dent* 2013; 41:404–11.
29. Perdigao J, Kose C, Mena-Serrano A, De Paula E, Tay L, Reis A, et al. A new universal simplified adhesive: 18-month clinical evaluation. *Oper Dent* 2013; 39:113–27.
30. Marchesi G, Frassetto A, Mazzoni A, Apolonio F, Diolosa M, Cadenaro M, et al. Adhesive performance of a multi-mode adhesive system: 1-year in vitro study. *J Dent* 2013; 42:603–12.
31. Perdigao J, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Vanherle G, Lopes AL. Field emission SEM comparison of four postfixation drying techniques for human dentin. *J Biomed Mater Res* 1995; 29:1111–20.
32. Brackett MG, Li N, Brackett WW, Sword RJ, Qi YP, Niu LN, et al. The critical barrier to progress in dentine bonding with the etch-and-rinse technique. *J Dent* 2011; 39:238–48.
33. Tay FR, Carvalho RM, Yiu CK, King NM, Zhang Y, Agee K, et al. Mechanical disruption of dentin collagen fibrils during resin-dentin bond testing. *J Adhes Dent* 2000; 2:175–92.

34. Mahn E, Rousson V, Heintze S. Meta-Analysis of the Influence of Bonding Parameters on the Clinical Outcome of Tooth-colored Cervical Restorations EE. UU: The Journal of Adhesive Dentistry; 2015.
35. Goldstein GR. The longevity of direct and indirect posterior restorations in uncertain and may be affected by a number of dentist-, patient, and material-related factors. J Evid Based Dent Pract 2010;10:30-31.
36. Heintze SD, Ruffieux C, Rousson V. Clinical performance of cervical restorations: A meta-analysis. Dent Mater 2010; 26:993-1000.
37. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: A systematic review of current clinical trials. Dent Mater 2005;21:864-881.
38. Ermis RB. Two-year clinical evaluation of four polyacid-modified resin composites and a resin-modified glass-ionomer cement in Class V lesions. Quintessence Int 2002; 33:542-548. (b).
39. Ermis RB, Van Landuyt KL, Cardoso MV, De Munck J, Van Meerbeek B, Peumans M. Clinical effectiveness of a one-step self-etch adhesive in non-carious cervical lesions at 2 years. Clin Oral Investig 2012; 16:889-897. ©.
40. Abdalla AI, Alhadainy HA. Clinical evaluation of hybrid ionomer restoratives in Class V abrasion lesions: two-year results. Quintessence Int 1997; 28:225-258. (b).
41. Dennison JB, Sarrett DC. Prediction and diagnosis of clinical outcomes affecting restoration margins. J Oral Rehabil. 2012; 39:301-18.
42. Bader M, Ibáñez M. Evaluation of the adhesive interface obtained in composite restorations performed with a universal adhesive system used with and without acid etching. Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral. 2014; 39:238-248.
43. Cramer NB, Stansbury JW, Bowman CN. Recent advances and developments in composite dental restorative materials. J Dent Res. 2011; 90:402-16.
44. Perdigao J. New developments in dental adhesion. Dent Clin North Am. 2007;51, 333-57, viii.
45. Ayar MK. A review of ethanol wet-bonding: Principles and techniques UK: European Journal of Dentistry; 2016.

46. Ferracane JL. Resin composite—State of the art EE. UU: Academy of Dental Materials.; 2010.
47. Van Meerbeek B, Van Landuyt K, De Munck J, Hashimoto M, Peumans M, Lambrechts P, et al. (2005). Technique-sensitivity of contemporary adhesives. *Dent Mater J* 24:1-13.
48. De Munck A, Mine A, Poitevin A, Van Ende M, Cardoso V, Landuyt M, et al. Meta-analytical Review of Parameters Involved in Dentin Bonding EE. UU: Journal of Dental Research; 2011.
49. Siavash Savadi Oskoe D. Push-out Bond Strength of Fiber Posts to Intraradicular Dentin Using Multimode Adhesive System EE. UU: American Association of Endodontists; 2016.
50. Almuhaiza M. Fracture resistance of three different post and core systems on endodontically treated teeth: an in vitro study. *J Int Oral Health* 2016; 8:679–82.
51. Van Landuyt KL, Cardoso MV, De Munck J, Peumans M, Mine A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Optimization of the concentration of photoinitiator in a one-step self-etch adhesive. *Dent Mater* 2009; 25:982-988.
52. Akimasa Tsujimoto W. Influence of the Oxygen-inhibited Layer on Bonding Performance of Dental Adhesive Systems: Surface Free Energy Perspectives Japon: Nihon University School of Dentistry; 2016.
53. Andrzejewska e. Polymerization kinetics of multifunctional monomers. *Prog Polym Sci* 2001; 26:605-665.
54. Pashley DH, Tay FR, Carvalho RM, Rueggeberg FA, Agee KA, Carrilho M, et al. From dry bonding to water-wet bonding to ethanol-wet bonding. A review of the interactions between dentin matrix and solvated resins using a macromodel of the hybrid layer. *Am J Dent.*2007;20:7–20.
55. Sadek FT, Pashley DH, Nishitani Y, Carrilho MR, Donnelly A, Ferrari M, et al. Application of hydrophobic resin adhesives to acid-etched dentin with an alternative wet bonding technique. *J Biomed Mater Res A.*2008;84:19–29.
56. Ozer F DP, and Blatz M B DP. Self-Etch and Etch-and-Rinse Adhesive Systems in Chnical Dentistry EE. UU: COMPENDIUM; 2013.
57. Yoo HM, Oh TS, Pereira PN. Effect of saliva contamination on the microshear bond strength of one-step self-etching adhesive systems to dentin. *Oper Dent* 2006;31(1):127-134.

58. Oliveira K Bernades L. The influence of hemostatic agents on dentin and enamel surfaces and dental bonding: A systematic review EE. UU: American Dental Association.; 2014.
59. Bailey JH, Fischer DE. Procedural hemostasis and sulcular fluid control: a prerequisite in modern dentistry. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1995;7(4):65-75.
60. Polat NT, Ozdemir AK, Turgut M. Effects of gingival retraction materials on gingival blood flow. *Int J Prosthodont* 2007;20(1):57-62.
61. Yalçın M, Barutçigil C, Umar I, Bozkurt BS, Hakki SS. Cytotoxicity of hemostatic agents on the human gingival fibroblast. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2013;17(17):984-988.
62. Albaker AM. Gingival retraction: techniques and materials—a review. *Pak Oral Dent J* 2010;30(2):545-551.
63. Nowakowska D, Saczko J, Kulbacka J, Choromanska A. Dynamic oxidoreductive potential of astringent retraction agents. *Folia Biol (Praha)* 2010;56(6):263-268.
64. Land MF, Rosenstiel SF, Sandrik JL. Disturbance of the dentinal smear layer by acidic hemostatic agents. *J Prosthet Dent* 1994;72(1):4-7.
65. Land MF, Couri CC, Johnston WM. Smear layer instability caused by hemostatic agents. *J Prosthet Dent* 1996;76(5):477-482.
66. Ayo-Yusuf OA, Driessen CH, Botha AJ. SEM-EDX study of prepared human dentine surfaces exposed to gingival retraction fluids. *J Dent* 2005;33(9):731-739.
67. Kuphasuk W, Harnirattisai C, Senawongse P, Tagami J. Bond strengths of two adhesive systems to dentin contaminated with a hemostatic agent. *Oper Dent* 2007;32(4):399-405.
68. Chaiyabutr Y, Kois JC. The effect of tooth-preparation cleansing protocol on the bond strength of self-adhesive resin cement to dentin contaminated with a hemostatic agent. *Oper Dent* 2011;36(1):18-26.
69. Felpel LP. A review of pharmacotherapeutics for prosthetic dentistry: part I. *J Prosthet Dent* 1997;77(3):285-292.
70. Passia N D, Lehmann F DI, Freitag-Wolf S D, Kern M D. Tensile bond strength of different universal adhesive systems to lithium disilicate ceramic EE. UU: American Dental Association.; 2015.

71. Kern M, Sasse M, Wolfart S. Ten-year outcome of three-unit fixed dental prostheses made from monolithic lithium disilicate ceramic. *JADA*. 2012;143(3):234-240.
72. Clausen JO, Abou Tara M, Kern M. Dynamic fatigue and fracture resistance of non-retentive all-ceramic full-coverage molar restorations: influence of ceramic material and preparation design. *Dent Mater*. 2010; 26(6):533-538.
73. Guess PC, Selz CF, Steinhart YN, Stampf S, Strub JR. Prospective clinical split-mouth study of pressed and CAD/CAM all-ceramic partial coverage restorations: 7-year results. *Int J Prosthodont*. 2013;26(1):21-25.
74. Klosa K, Wolfart S, Lehmann F, Wenz HJ, Kern M. The effect of storage conditions, contamination modes and cleaning procedures on the resin bond strength to lithium disilicate ceramic. *J Adhes Dent*. 2009;11(2): 127-135.
75. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent*. 2003;89(3):268-274.
76. Ureta N. SC. Comparison of film thickness of two adhesive systems observed in scanning electron microscope. Chile: *Revista de Operatoria dental y biomateriales*; 2015.
77. Naves LZ, Soares CJ, Moraes RR, et al. Surface/interface morphology and bond strength to glass ceramic etched for different periods. *Oper Dent*. 2010;35(4):420-427.
78. Thompson JY, Stoner BR, Piascik JR, Smith R. Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: where are we now? *Dent Mater* 2011;27(1):71–82.
79. Yoshihara K N. Effectiveness and stability of silane coupling agent incorporated in 'universal' adhesives EE. UU: *The Academy of Dental Materials*.; 2016.
80. Lung CY, Matinlinna JP. Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: an overview. *Dent Mater* 2012;28(5):467–77.
81. Matinlinna JP, Vallittu PK. Bonding of resin composites to etchable ceramic surfaces – an insight review of the chemical aspects on surface conditioning. *J Oral Rehabil* 2007;34(8):622–30.

82. Altmann S, Pfeiffer J. The hydrolysis/condensation behaviour of methacryloyloxyalkyl functional alkoxy silanes: structure–reactivity relations. *Monat Chem* 2003;134(12):1081–92.
83. Salon M-CB, Bayle P-A, Abdelmouleh M, Boufi S, Belgacem MN. Kinetics of hydrolysis and self-condensation reactions of silanes by NMR spectroscopy. *Colloids Surf A* 2008;312(2–3):83–91.
84. Sezinando A I. Influence of a hydrophobic resin coating on the immediate and 6-month dentin bonding of three universal adhesives EE. UU: Academy of Dental Materials.; 2015.
85. Tsujimoto A W. Influence of the Oxygen-inhibited Layer on Bonding Performance of Dental Adhesive Systems: Surface Free Energy Perspectives Japan: Nihon University School of Dentistry; 2016.
86. Pashley DH. The effects of acid etching on the pulpodentin complex. *Oper Dent* 1992; 17:229–42.
87. Van Meerbeek B, Inokoshi S, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res* 1992; 71:1530–40.
88. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, et al. A critical review of the durability of adhesion of tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*. 2005; 84:118-132.
89. Van Landuyt K, Snauwaert J, De munck, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*. 2007; 28:3757-3785.
90. Susin AH, Vasconcellos WA, Saad JR, et al. Tensile bond strength of self-etching versus total-etching adhesive systems under different dentinal substrate conditions. *Braz. Oral Res*. 2007;21(1):81-86.
91. Perdigao J. Dentin bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mater*. 2010;26: e24-37.
92. Breschi L, Mazzoni A, De Stefano D, Ferrari M. Adhesion to intraradicular dentin: a review *J. Adhes Sci Technol*. 2009;7:1052e83.
93. Buonocore M. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res*. 1955; 34:849–853.

94. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res.* 1982;16(3):265–273.
95. Fabianelli A, Vichi A, Kugel G, Ferrari M. Influence of self-etching-priming bonding systems on sealing ability of Class II restorations: leakage and SEM evaluations. Paper presented at annual meeting of the International Association for Dental Research; Washington, D.C. 2000 April 6.
96. Mozner N, Salz U, Zimmermann J. Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives: a systematic review. *Dent Mater.* 2005; 21:895–910.
97. Nishiyama N, Tay FR, Fujita K. Hydrolysis of functional monomers in single-bottle self-etching primer-correlation of ¹³C NMR and TEM findings. *J Dent Res.* 2006; 85:422–426.
98. Tay FR, Pashly DH. Have dentin adhesives become too hydrophilic. *Can Dent Assoc.* 2003; 69:726–731.
99. Yaseen SM, Subba Reddy VV. Comparative evaluation of shear bond strength of two self-etching adhesive (sixth and seventh generation) on dentin of primary and permanent teeth: An in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2009 Jan-Mar;27(1):33–38.
100. Bowen RL. Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues II. Bonding to dentin promoted by a surface-active comonomer. *J Dent Res* 1965; 44:895-902.
101. Fusayama T, Nakamura M, Kurosaki N, Iwaku M. Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J Dent Res* 1979; 58:1364-72.
102. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth states. *J Biomed Mat Res* 1982; 16:265-73.
103. Joseph P, Yadav C, Satheesh K, Rahna R. Comparative evaluation of the bonding efficacy of sixth, seventh and eighth generation bonding agents: An in vitro study. *Int Res J Pharm.* 2013;4(9):143–147.
104. Karami Nogourani M, Javadi Nejad Sh, Homayunzadeh M. Sealant Microleakage in Saliva-Contaminated Enamel: Comparison between three adhesive systems. *J Dent Sch.* 2010;27(4):197–204.
105. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth states. *J Biomed Mat Res* 1982; 16:265-73.

