

Revisión sistemática de la literatura sobre sistemas adhesivos de quinta generación vs octava generación y su fuerza de adhesión

Nohemi Marcela Quintero Devia

Liz Marymar Torres Olivares

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Odontología

San José de Cúcuta, Norte de Santander

2023

Revisión sistemática de la literatura sobre sistemas adhesivos de quinta generación vs octava
generación y su fuerza de adhesión

Nohemi Marcela Quintero Devia

Liz Marymar Torres Olivares

Asesor científico

Carlos Alberto Quintero Ortega

Odontólogo Rehabilitador Oral Maestría Estética

Asesor metodológico

Blanca Lynne Suárez Gélvez

Odontólogo Msc. Ciencias Básicas Médicas

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Odontología

San José de Cúcuta, Norte de Santander

2023

Dedicatoria

En primer lugar, a Dios, por bendecir en cada momento de mi vida, salud, y por darme la fuerza necesaria para superar mis metas y cumplir mis logros. Y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que fueron fundamentales en mi estudio. A mi padre Edgar Humberto Torres Torres, y mi madre Carmen Graciela Olivares Mendoza, por ser el pilar fundamental durante toda la etapa de mi carrera, por el amor, el apoyo incondicional, por la compañía, el consejo, el esfuerzo y sacrificio en todo este tiempo porque gracias a ellos logré esta meta tan importante y a mis hermanos: Jhon Ángel y Luna Valentina por estar siempre apoyándome y animándome con sus consejos a levantar de los momentos más difíciles, para que yo siga siempre adelante y con ustedes pude contar mis tristezas y alegrías. También a mis amigos y familiares por el ánimo, la motivación de seguir delante y en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Liz Marymar Torres Olivares

Dedico este trabajo de grado principalmente a Dios quien estuvo siempre acompañándome y guiándome en este proceso de aprendizaje siendo mi fortaleza en los momentos de debilidad permitiendo culminar esta carrera. A mi madre **Nohemi Alejandra Devia Araque** por ser mi apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida, por siempre estar para mí dándome ánimos para seguir adelante, por enseñarme cada día a ser mejor persona y ser mi mejor ejemplo, en honor a ella mis logros. A los doctores que con su dedicación durante estos cinco años depositaron en mí sus conocimientos.

Nohemi Marcela Quintero Devia

Agradecimientos

Primero que todo agradecer a Dios padre todopoderoso por permitirnos culminar con este trabajo de grado, por tener el privilegio de estudiar esta hermosa carrera, por enseñarnos valores tan importantes como son la responsabilidad, la paciencia, la tolerancia, la solidaridad, el respeto y la perseverancia semestre a semestre.

Agradecerle de todo corazón a nuestro asesor científico el Doctor Carlos Alberto Quintero Ortega por su orientación, su apoyo incondicional y su buena actitud durante todo este proceso, por su acompañamiento y conocimiento brindado hacia nosotros.

El más sincero y profundo agradecimiento a nuestra asesora metodológica la Doctora Blanca Lynne Suarez Gelvez por el conocimiento brindado a lo largo de este proceso y durante toda la carrera, por brindarnos soluciones y exigirnos cada vez más, por darnos un grato aprendizaje y aprender del día tras día.

En especial agradecer a nuestros padres y familiares que fueron los promotores principales de este sueño, porque cada consejo, cada palabra, fue de gran ayuda en los momentos difíciles, su paciencia, dedicación y esfuerzo, fue fundamental para lograr cumplir esta meta.

Gracias a la vida por este gran triunfo, y gracias a todas las personas que nos apoyaron y creyeron en nosotras.

Liz Marymar Torres Olivares

Nohemi Marcela Quintero Devia

Resumen

Los sistemas adhesivos se actualizan constantemente para lograr un trabajo preciso y de alto rendimiento, son causantes de la unión del material restaurador a la superficie del diente, logrando así día a día un gran placer en los pacientes por solucionar problemas tanto funcionales como estéticos.

Objetivo: Realizar una revisión sistemática de la literatura sobre sistemas adhesivos de quinta generación vs octava generación y su fuerza de adhesión.

Metodología: Se realizó la revisión sistemática de la literatura, en bases de datos como: PubMed, Scielo y Google Académico, desde los años 1980-2022, conformada por 50 artículos referentes a la temática de investigación en el idioma español e inglés, se llevó a cabo la vía de inclusión/exclusión mediante un diagrama de flujo por medio de la metodología Prisma y se utilizaron descriptores como “and”, “or”, “not”.

Resultados: Según los estudios descritos en la revisión de la literatura, se destaca que los sistemas adhesivos con mayor fuerza de unión en el esmalte, son los sistemas de 5ta generación al comparar con los sistemas de 8va generación, teniendo en cuenta que esta última generación contiene MDP y silano en el que garantiza mayor fuerza adhesiva.

Conclusión: Los sistemas de 5ta generación crea una mejor adhesión en el esmalte, mientras que los sistemas de 8va generación crean una mejor adhesión sobre la dentina, estos dos sistemas adhesivos han permitido mejorar en los procedimientos clínicos tanto en la disminución del número de pasos clínicos como en la sensibilidad postoperatoria ofreciendo un tratamiento óptimo y eficaz.

Palabras claves: “sistemas adhesivos”, “adhesión”, “fuerza de adhesión”, “quinta generación”, “octava generación”

Abstract

Adhesive systems are constantly updated to achieve a precise and high performance work, they are responsible for the bonding of the restorative material to the tooth surface, thus achieving day by day a great pleasure in patients to solve both functional and esthetic problems.

Objective: To carry out a systematic review of the literature on fifth generation vs. eighth generation adhesive systems and their bond strength.

Methodology: A systematic review of the literature was carried out in databases such as: PubMed, Scielo and Google Scholar, from 1980-2022, made up of 50 articles on the research topic in Spanish and English. The inclusion/exclusion process was carried out by means of a flow chart using the Prisma methodology and descriptors such as "and", "or", "not" were used.

Results: According to the studies described in the literature review, it is highlighted that the adhesive systems with greater bond strength in the enamel are the 5th generation systems when compared with the 8th generation systems, taking into account that this last generation contains MDP and silane in which it guarantees greater adhesive strength.

Conclusion: The 5th generation systems create a better adhesion on the enamel, while the 8th generation systems create a better adhesion on the dentin, these two adhesive systems have allowed to improve the clinical procedures both in the reduction of the number of clinical steps and in the postoperative sensitivity offering an optimal and effective treatment.

Key words: "adhesive systems", "adhesion", "bond strength", "fifth generation", "eighth generation"

Tabla de Contenido

Introducción	12
El problema	14
Planteamiento del problema	14
Formulación del problema	16
Objetivos	17
Objetivo general	17
Objetivos específicos	17
Marco teórico y referencial	18
Fuerza de adhesión	20
Fallos en la adhesión	25
Sistemas adhesivos	29
Composición química de sistemas adhesivos	31
Características de los componentes del sistema adhesivo	31
Acondicionador o agente grabador	31
Activadores	32
Imprimador	32
Adhesivo (Bonding)	32
Solvente	32
Clasificación actual de los sistemas adhesivos	33
Sistemas adhesivos de grabado independiente (“etch-and-rinse”)	34
Sistemas adhesivos de autograbado o autoacondicionantes (“self-etch”)	37
Según el número de pasos	38

Sistemas adhesivos convencionales de 3 pasos	38
Sistemas adhesivos convencionales de 2 pasos	39
Sistemas adhesivos autoacondicionantes de 2 pasos	39
Sistemas adhesivos autoacondicionantes de 1 paso	40
Sistemas adhesivos de 1ra generación	40
Sistemas adhesivos de 2da generación	41
Sistemas adhesivos de 3ta generación	43
Sistemas adhesivos de 4ta generación	45
Sistemas adhesivos de 5ta generación	50
Prime & Bond 2.1	52
One Coat Bond SL	53
Adper Single Bond Plus	54
Bond Te-Econom	54
Sistemas adhesivos de 6ta generación	55
Sistemas adhesivos de 7ma generación	57
Sistemas adhesivos de 8va generación	60
Composición química de adhesivos universales	67
All-bond universal de Bisco	69
Single Bond Universal	69
Técnica de aplicación de sistemas adhesivo universal	74
Diseño metodológico	77
Tipo de investigación	77
Población y muestra	77

	9
Criterios de inclusión y exclusión	78
Materiales y métodos	78
Análisis estadísticos	80
Resultados	81
Discusión	93
Conclusiones	97
Recomendaciones	98
Lista de referencias bibliográficas	99

Lista de tablas

Tabla 1. Fuerza en MPa de las diferentes generaciones	22
Tabla 2. Clasificaciones de sistemas adhesivos	34
Tabla 3 Fuerza adhesiva de marcas comerciales adhesivos de octava generación	61
Tabla 4 Características e indicaciones de marcas comerciales adhesivos de octava generación	61
Tabla 5 Ventajas y desventajas marcas comerciales de los adhesivos de octava generación	63
Tabla 6. Comparación de las composiciones de tres adhesivos	70
Tabla 7. Materiales utilizados en la investigación	75
Tabla 8. Ventajas de los sistemas adhesivos de quinta generación	82
Tabla 9. Desventajas de los sistemas adhesivos de quinta generación	83
Tabla 10. Ventajas de los sistemas adhesivos de octava generación	83
Tabla 11. Desventajas de los sistemas adhesivos de octava generación	84
Tabla 12. Propiedades físicas y químicas de los sistemas adhesivos de quinta generación	86
Tabla 13. Propiedades físicas y químicas de los sistemas adhesivos de octava generación	87
Tabla 14. Técnicas de aplicación de los sistemas adhesivos de quinta generación	89
Tabla 15. Técnicas de aplicación de los sistemas adhesivos de octava generación	90
Tabla 16. Fuerza de adhesión sistemas adhesivos de quinta generación en la estructura dentaria	91
Tabla 17. Fuerza de adhesión de los sistemas adhesivos de octava generación en la estructura dentaria	92

Lista de figuras

Figura 1. Esquema que ilustra la evolución histórica de la tecnología de los adhesivos dentales	30
Figura 2. Vista general de los protocolos de adhesión directa con adhesivos convencionales de grabado, enjuague y autograbado	50
Figura 3. Demostración de las propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas	73
Figura 4. Diagrama de flujo	80

Introducción

La unión al tejido dental por muchos años estaba dada por uno de los mecanismos más simples denominado “retención mecánica” el cual consiste en la unión de dos partes que quedaban retenidas en función de la morfología de ambas, para esto se debía llevar a cabo un gran desgaste del diente, dañando así gran parte de tejido dental sano, con los años surgió una mejor alternativa la cual está basada en la conservación de dicho tejido dada por la “adhesión” que brinda una mejor y más conservadora.

Los sistemas adhesivos a lo largo de la historia han modificado completamente la práctica clínica debido a la evolución constante en las técnicas de aplicación dadas por la variedad de generaciones que han salido al mercado, las cuales tiene como principal objetivo disminuir los pasos de aplicación teniendo en cuenta los diferentes tipos de sustratos y diferentes tipos de materiales restaurativos, facilitando su técnica de aplicación y a su vez reduciendo el tiempo de trabajo clínico mejorando así su fuerza de adhesión al esmalte, la dentina, y el cemento.

En la actualidad aún no se sabe si los adhesivos han alcanzado un nivel de rendimiento clínico que aún pueda mejorarse, en particular considerando el rendimiento superior documentado de los adhesivos estándar de oro. No se sabe si se ha alcanzado una tasa de éxito muy por encima del 90% de lo que se puede lograr con la adhesión dental, para distinguir clínicamente los adhesivos en términos de rendimiento de adhesión, hoy en día se necesita un seguimiento bastante amplio para observar las diferencias de rendimiento clínico entre las nuevas generaciones de adhesivos, incluso cuando se comparan con los tradicionales adhesivos de varios pasos estándar de oro (Van Meerbeek et al, 2020).

Esta revisión sistemática de la literatura se enfoca en describir los sistemas adhesivos de 5ta y 8va generación identificando sus técnicas de aplicación; ventajas y desventajas; propiedades

físicas y químicas; y su fuerza de adhesión en la estructura dentaria. La información del presente trabajo es obtenida por diferentes medios digitales tales como revistas odontológicas con fundamentación científica, artículos científicos indexados, páginas web de carácter científico. Con la finalidad de brindar contenidos relevantes y secuencia en la aplicación.

El problema

Planteamiento del problema

Los sistemas adhesivos son un grupo de biomateriales de los cuales depende la mayoría de los procedimientos relacionados con las restauraciones adhesivas estéticas, por lo tanto, es uno de los puntos críticos dentro de los protocolos clínicos. Los estudios sobre adhesión a los distintos sustratos dentarios constituyen gran parte de las investigaciones realizadas en odontología, siendo las principales variables estudiadas la microfiltración y la resistencia adhesiva. El progreso de estos sistemas, al igual que en la mayoría de los materiales odontológicos está enfocado en el mejoramiento de sus componentes y la simplificación de la técnica clínica (Mandri, 2015).

El mercado actualmente ofrece gran variedad de sistemas adhesivos; las últimas generaciones de estos sistemas son los adhesivos autograbadores, que están referidos por una gran variedad de estudios, que soportan la fuerte promoción y mercadeo por parte de las casas comerciales, pero que a su vez contrastan con su pobre desempeño tanto en estudios in vitro como in vivo (Aguilar, 2015).

Dentro de los conceptos de biomateriales, la adhesión se define como la fuerza que permite tener dos superficies en íntimo contacto, evitando su separación. La pérdida de la adhesión se convierte en la principal preocupación al momento de restaurar con resina, por lo que al acondicionar la superficie dentaria se debe tener un riguroso cuidado y además un uso meticuloso de los sistemas adhesivos para lograr su máxima eficiencia (Vargas, 2019).

Los estudios sobre adhesión a los distintos sustratos dentarios constituyen gran parte de las investigaciones realizadas en odontología, siendo las principales variables estudiadas la microfiltración y la resistencia adhesiva. El avance de estos sistemas, al igual que en la mayoría

de los materiales odontológicos está enfocado en el mejoramiento de sus componentes y la simplificación de la técnica clínica (Mandri, 2015).

En la actualidad se están haciendo esfuerzos científicos y tecnológicos para incrementar la longevidad de los procedimientos adhesivos en las restauraciones con resina. Los nuevos sistemas adhesivos se presentan como una opción que se vislumbra con mucho futuro, pero todavía existen muchas dudas y falta de evidencia científica (Vargas, 2019)

Los sistemas adhesivos han evolucionado no solo en su composición y en sus mecanismos de acción sobre los tejidos dentarios, sino también desde el punto de vista de sus componentes y en el número de pasos clínicos necesarios para su aplicación. Esto último permite lograr una menor sensibilidad de la técnica y un funcionamiento equivalente en esmalte y dentina (Mandri, 2015).

Las primeras generaciones crearon una buena adhesión pero se necesitaban tres pasos para crearla, es decir tres sustancias en tres diferentes frascos, por lo tanto existía un mayor margen de error, por la manipulación del odontólogo ya que intervenía tres veces en la misma. Observando esto, las casas comerciales apuntaron a crear un producto con la misma eficacia, más rápido y con menos intervención del odontólogo restaurador, para que no se produzcan tantos errores por el operador y agilizar el proceso de restauración (Aguilar, 2015).

Los sistemas adhesivos son los materiales odontológicos más estudiados e interesantes para los investigadores, pues constituyen un grupo del que dependen la mayoría de los procedimientos restauradores relacionados con la estética dental. Los estudios sobre adhesión al esmalte, dentina y cemento constituyen una gran parte de las investigaciones realizadas en el campo de la Odontología, y las principales variables que se evalúan son la microfiltración y la resistencia

adhesiva producidas en los distintos sustratos dentarios utilizando todo tipo de materiales restauradores (Gomes, 2004).

Debido a la amplia variedad de sistemas adhesivos encontrados en el mercado, la falencia de conocimiento y los fracasos en los tratamientos restaurativos, han surgido dudas por parte de los estudiantes y profesionales del área de odontología, de cuál de los dos sistemas adhesivos más utilizados actualmente como lo son los de quinta y octava generación, es el mejor adhesivo para su elección y adecuado uso en la práctica clínica, también teniendo en cuenta cuál presenta una mayor fuerza de adhesión a la estructura dentaria.

Formulación del problema

A lo largo de la historia ha habido una gran variedad de sistemas adhesivos que han evolucionado su fuerza de adhesión los cuales han permitido mejorar los procedimientos clínicos tanto en la evolución de los componentes y su mecanismo de acción, como en la disminución del tiempo operatorio de aplicación de cada uno de ellos. Esta demanda de efectividad ha ocasionado que no se empleen de manera adecuada en la práctica odontológica.

Por eso, es necesario comparar las fuerzas de adhesión entre los sistemas adhesivos de octava y quinta generación que actualmente son utilizados por la mayoría de los odontólogos, por ese motivo se selecciona la siguiente pregunta de investigación: ¿Es posible llevar a cabo una revisión sistemática de la literatura sobre sistemas adhesivos de quinta generación vs octava generación y su fuerza de adhesión?

Objetivos

Objetivo general

Realizar una revisión sistemática de la literatura sobre sistemas adhesivos de quinta generación vs octava generación y su fuerza de adhesión.

Objetivos específicos

- Describir las ventajas y desventajas de cada uno de los sistemas adhesivos de quinta y octava generación de acuerdo a la revisión de literatura.
- Determinar las propiedades físicas y químicas de los adhesivos de quinta y octava generación de acuerdo a la revisión de literatura.
- Identificar las técnicas de aplicación de los sistemas adhesivos de quinta y octava generación de acuerdo a la revisión de literatura.

Marco teórico y referencial

La adhesión es el fenómeno en el cual dos superficies de igual o distinta naturaleza, se mantienen unidas por fuerzas superficiales, ya sean estas físicas, químicas o ambas, en el caso de las restauraciones que se realizan, la adhesión va a ser de tipo física, debido a que no se va a tener adhesión química entre los 2 sustratos comprometidos (diente y resina) (Vieira, 2013).

Por consiguiente, en odontología el concepto de adhesión es la unión de un material restaurador a la estructura dentaria, por medio de un compuesto que sirve como unión a estas dos estructuras de diferentes características. De manera que cabe resaltar que las formas de adhesión son diferentes, a pesar de cumplir con el objetivo de mantener ambas partes en contacto, esas diferencias quedan claras cuando se establecen los dos grandes tipos de adhesión: adhesión mecánica y adhesión química. Según Ortiz en la adhesión mecánica o física en el cual se logra exclusivamente por traba mecánica y se logra a través de los efectos geométricos y estructurales entre los sustratos adherentes y en la adhesión específica o química, en el que se logra por reacción química entre 2 superficies en contacto. También sella los túbulos dentinarios e impide la microfiltración (2014).

Cualquiera que sea el mecanismo de adhesión al que se recurra, es indispensable lograr que ambas partes a adherir lleguen a ponerse en contacto, sin embargo, se debe tener en cuenta que esta es variable según el mecanismo de adhesión que se pretenda generar (Barrancos, 2006).

Para deducir, la adhesión juega un papel muy fundamental en el tipo de grabado ácido que se realiza en los tejidos dentarios, a continuación, se nombran los diferentes tipos de adhesión que se presentan dependiendo del tipo de tejido dentario (Hernández, 2004).

La adhesión en el esmalte se presenta cuando se deja actuar el ácido por mayor tiempo produciendo una desmineralización muy profunda, lo cual genera un precipitado de sales de calcio

y de fosfato en la estructura mineralizada del esmalte, debido a que se destruye parte de la matriz del esmalte, razón por cual, se disminuye la capacidad de unión, por otra parte, entre las ventajas del grabado ácido del esmalte se encuentran el incremento de la fuerza de adhesión de la restauración de resina compuesta y la disminución de la microfiltración periférica de la restauración (Azócar, 2015).

En cambio, en el grabado total sobre dentina se elimina la capa superficial del smear layer y permite acondicionar la capa superficial de la misma, removiendo parte del contenido inorgánico, permitiendo exponer la malla de colágeno y aumentar la permeabilidad de los túbulos dentinarios, los cuales serán infiltrados con el sistema adhesivo formando la llamada capa híbrida, mecanismo fundamental en el proceso de adhesión de la resina a la dentina (Parra, 2012).

Por lo tanto, al colocar el sistema adhesivo se va a generar la capa híbrida y al realizar la restauración algunos tags de resina se penetraran a través de los túbulos dentinarios estos podrían ser un mecanismo de protección pulpar pues al tapar la entrada de los túbulos evitarían la invasión bacteriana y evitarían el dolor postoperatorio, al evitar el movimiento del fluido dentinario (Herrera, 2005).

De igual forma la resistencia del sistema adhesivo a la tracción es sobre los 65 MPa, teniendo la capa híbrida una mayor resistencia traccional, es decir, una vez que el sistema adhesivo envuelve las fibras colágenas genera esta capa híbrida dando mayor resistencia; aun cuando es de 110 MPa, las fibras colágenas desnaturalizadas tienen una resistencia de 30 MPa a la tracción y la dentina íntegra tiene una resistencia traccional de 106 MPa. Por lo tanto, las investigaciones concluyen que muchas veces la falla adhesiva estaría bajo la capa híbrida, siendo autolimitante el efecto de ácido en forma de gel, aunque no se actúa más allá de 25 μm (Azócar, 2015).

Finalmente la adhesión en el cemento, a diferencia de la superficie adamantina, esto se realiza en las restauraciones clase V o gingivales. Estos tejidos son menos calcificados y existen pocos cristales de hidroxiapatita, al tratar estas superficies con ácido solo se logra eliminar parte de la hidroxiapatita dejando la matriz colágena expuesta, esta matriz colágena por ser orgánica tiene baja energía superficial y no constituye una superficie apropiada para atraer el material restaurador (Lahoud, 2002).

Fuerza de adhesión

La fuerza de adhesión es aquella fuerza de atracción que se da entre moléculas de diferentes clases y se mantienen juntas por fuerzas intermoleculares las cuales dependen del adhesivo y de la capacidad de este en penetrar los poros del sustrato para lograr una unión más eficaz, en este fenómeno participan muchos factores como la temperatura del adhesivo, la compatibilidad con el sustrato, los tratamientos que tenga la superficie y lo más importante el adhesivo con el que se trabaja, por otra parte, se puede medir por medio de fuerzas de tensión, compresión, cizalla y torsión con el fin de lograr un fallo en la adhesión y poder cuantificar cual es la fuerza requerida para poder fallar (Aguilar, 2013).

Dentro del campo de la operatoria dental, la adhesión presenta diversos factores en cuanto a su potencia de retención química y micromecánica. Se puede encontrar la adhesión de 3 pasos clínicos requiere de acondicionamiento en esmalte y/o dentina, lavado y secado; esta técnica se puede utilizar junto con el imprimador y un adhesivo antes de la colocación de la resina; posterior a esto, una vez que se encuentren los tejidos desmineralizados, la función del primer es preparar la superficie hidrofílica en hidrofóbica para lograr la unión del adhesivo y la resina dentro de la cavidad dentaria (Banegas et al, 2022).

Los adhesivos están compuestos de solventes orgánicos, al ser estos volátiles son capaces de desplazar el agua, lo que facilita al monómero para que éste polimerice a través de las microporosidades generadas por el ácido en el esmalte. Si hablamos de los imprimadores solubles en agua, éstos cuentan con HEMA (metacrilato de 2-hidroxietilo) y ácido polialquenoico, por lo que posteriormente a su aplicación y secado el agua se evapora produciendo un incremento en su retención, este proceso se finaliza con el secado mediante aire y la colocación del agente hidrofóbico que tiene como objetivo unir químicamente a la resina, al incrementar la resistencia para la dentina y el esmalte. Estos adhesivos han logrado una fuerza de unión aproximadamente de 31 MPa (Banegas et al, 2022).

También, se puede encontrar la adhesión en 2 pasos clínicos que es una técnica adhesiva muy similar a la de tres pasos, esta adhesión necesita que el tejido se encuentre húmedo porque no se realiza la imprimación de manera independiente, lo que previene que la dentina colapse y altere la adhesión, e impide la infiltración completa del adhesivo. Sin embargo, esta técnica resulta un poco compleja para el operador, ya que conseguir el grado de humedad óptima es complicado; el imprimador con el adhesivo se encuentra en un solo frasco y por separado se realiza el grabado ácido, el ácido debe ser lavado con agua y luego se debe secar; no obstante, la dentina debe permanecer humedecida a fin de colocar y acondicionar la superficie para la adhesión (Banegas et al, 2022).

Por último, la adhesión a un solo paso también conocida como All-in-one, se trata de adhesivos que reducen todos los procedimientos en una sola colocación: grabado ácido, imprimación y adhesión; tienen la gran ventaja de su facilidad en la aplicación, además de eliminar el lavado, sólo requiere de un secado para esparcir el producto de manera uniforme antes de ser fotopolimerizado. De esta manera, la adhesión a nivel del esmalte, en el que el esmalte se encuentra

formado por 3% de agua, 1% de matriz orgánica y 96% de matriz inorgánica. Histológicamente está compuesto por prismas del esmalte, así la forma de la matriz extracelular es mineralizada. En comparación con la corona y el área de unión esmalte-dentina, éstas están compuestas por un esmalte aprismático (Banegas et al, 2022).

Este proceso se finaliza con el secado mediante aire y la colocación del agente hidrofóbico que tiene como objetivo unir químicamente a la resina, al incrementar la resistencia para la dentina y el esmalte. La energía que posee el esmalte es muy elevada, por lo que tiende a contaminarse con estructuras de energía baja, por consiguiente, se debe eliminar toda sustancia dentro de la superficie adamantina del diente previo a realizar la restauración (Banegas et al, 2022).

Tabla 1

Fuerza en MPa de las diferentes generaciones

<i>Generación</i>	<i>Fuerza (MPa)</i>
<i>Primera</i>	1-2
<i>Segunda</i>	2-8
<i>Tercera</i>	8-15
<i>Cuarta</i>	17-25
<i>Quinta</i>	20-25
<i>Sexta</i>	18-23
<i>Séptima</i>	18-35

Nota. La tabla muestra la comparación de las fuerzas en Mpa de las diferentes generaciones

Fuente. (Banegas F y cols, 2022)

En un estudio se evaluó mediante pruebas de tracción la fuerza adhesiva de sistemas adhesivos de dos pasos, como son de grabado total y autograbado en esmalte y dentina. Se utilizaron 60 molares bovinos que se clasificaron en dos grupos de 30 piezas para la aplicación de

sistemas adhesivos de grabado total y autograbado de dos pasos respectivamente, sometió las muestras a fuerzas de tracción con el empleo de una máquina universal. Los resultados evidencian que no existe diferencia significativa en la resistencia media sea en dentina o esmalte por tipo de protocolo de adhesión (Mejía, 2017).

Por otra parte, Castellano determinó la resistencia de la fuerza de adhesión entre un sistema adhesivo convencional y un sistema adhesivo auto-condicionante sobre dentina superficial y dentina media. Utilizando 60 premolares superiores extraídos, expresando en Megapascales los resultados y determinó que la resistencia adhesiva al cizallamiento en dentina superficial para el adhesivo autograbante sin ácido fue de 15.35 Mpa, mientras el adhesivo autograbante con ácido previo fue de 20.54 Mpa. Los resultados en la dentina según la resistencia media, junto con el adhesivo autograbante sin ácido fue de 15.52 MPa mientras el adhesivo autograbante con ácido previo fue de 25.78 MPa, determinado que la mayor fuerza de adhesión fue la que se logró aplicando previamente el grabado ácido, tanto para dentina superficial como dentina intermedia, en los dos sistemas adhesivos autograbantes (Castellano, 2016).

Con relación al estudio elaborado por Bader en el cual se evaluó el grado de resistencia adhesiva de restauraciones de resina compuesta efectuadas con un Adhesivo Universal como es el Single Bond Universal, 3M/ESPE utilizándolo con y sin grabado ácido previo en 25 molares en los cuales se realizaron cortes mesiodistales, obteniendo 50 muestras, luego se seccionó la porción radicular a nivel del fulcrum y se eliminaron los restos de cámara pulpar, dejando una superficie amelodentinaria lisa y aplanada. Las muestras que fueron divididas en 2 grupos de 25 muestras cada uno, dando como resultados el promedio de resistencia adhesiva para la técnica convencional con grabado ácido fueron de 23,75 MPa, mientras que la técnica de autograbado obtuvo un

promedio de 23,66 MPa, permitiendo establecer que no existen diferencias significativas entre ambos grupos (Bader, 2015) .

En otro estudio realizado por Camelo y Diaz tenía como objetivo comparar la resistencia a las fuerzas de tracción del sistema de adhesión tradicional versus sistema de adhesivo autograble, utilizaron 40 dientes premolares humanos recién extraídos, que se dividieron en 2 grupos de estudio. El primer grupo constó de 20 dientes manejados con el sistema de adhesión tradicional y el segundo grupo 2 está conformado por 20 dientes manejados con el sistema de adhesivo autograble; ambos grupos fueron sometidos a fuerzas de tracción utilizando un texturómetro. Los resultados de la resistencia a la descementación con la técnica de adhesivo de autogrado fueron de 32, 6 MPa, mientras que con la técnica tradicional fue de 30,2 MPa. Se concluyó que la técnica de adhesión tradicional mostró ser más efectiva que la de autogrado, aunque esta última emplea menor tiempo para su colocación (Camelo, 2017).

Además, se realizó un estudio para contrastar la fuerza adhesiva lograda utilizando diferentes técnicas de adhesión disponibles en el mercado; técnica de grabar y lavar (total-etch), y técnica de auto-acondicionamiento (self-etch), para lo cual, se utilizaron 4 sistemas adhesivos autoacondicionante, grabado y lavado, y otros dos sistemas adhesivos con clorhexidina en su composición, aplicados a terceros molares sanos. Se confeccionaron los cuerpos de prueba siendo ellos mitad dentina y mitad resina compuesta, sometiendo la interfase adhesiva a un ensayo de micro-tracción. En los resultados, no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas en ninguno de los 4 sistemas adhesivos ($p < 0,05$), tomando en cuenta las limitaciones del estudio, se observó que con la evolución de los sistemas adhesivos, aparentemente no existe diferencia en fuerza adhesiva entre la estrategia de grabar y lavar en comparación con la técnica de

autoacondicionamiento y que los adhesivos que poseen clorhexidina en su composición logran una fuerza adhesiva similar a los sistemas adhesivos convencionales (Silvera, 2017).

Fallos en la adhesión

El fallo adhesivo es aquel que ocurre entre dos estructuras distintas, es decir en la interfase entre ambas, este mismo según el nivel que sea, tendrá repercusiones clínicas como la microfiltración, caries marginal y sensibilidad postoperatoria. A continuación se describirán las diferentes fallas adhesivas en los diferentes sustratos. Por ejemplo, los fallos entre esmalte y adhesivo, pueden darse por la falta de un aislamiento correcto y esto va a producir contaminación con saliva y con sangre, igualmente la contaminación con aceite y agua por las conducciones de aire comprimido de los equipos van a alterar la energía superficial, incluso las pastas de profilaxis producirían disminución de la energía superficial por el contenido de restos orgánicos, y la falta de bisel correcto cuando no se realiza correctamente los protocolos de adhesión (Alanguía, 2013).

Por otra parte, las fallas adhesivas entre dentina y material adhesivo se presentan ya que la dentina ha sido y sigue siendo un reto para la adhesión, como lo demuestran los constantes estudios que se siguen realizando para hacer de su estructura un buen sustrato para la técnica adhesiva. Entonces se obtiene este fallo adhesivo cuando el aislamiento incorrecto impide una correcta adhesión por la contaminación de saliva y de sangre. Desde otro punto de vista, algunos adhesivos actuales que son fundamentalmente hidrofílicos parece que no son tan sensibles a la contaminación con saliva, pero no hay que olvidar que la saliva tiene proteínas y que estas van a alterar la energía superficial de la dentina y en cuanto a la contaminación con sangre puede resultar catastrófica (Herrera, 2005).

En el acondicionamiento incorrecto de la superficie dentinaria, los tejidos duros una vez terminada la eliminación de la caries con la ayuda de instrumental rotatorio, quedan cubiertos de

un barrillo que cubre toda la superficie expuesta tapando el acceso del adhesivo tanto a la dentina peritubular como la intratubular y dificultando así de manera importante la adhesión, esto es lo que se llama el "barrillo dentinario" o "Smear layer" (Hernández, 2004).

En relación con lo anterior, en la técnica de grabado total se elimina el barrillo dentinario, la cual es más eficaz para aumentar y mejorar la adhesión. Esta eliminación del barrillo con el ácido deja una superficie dentinaria con los túbulos abiertos y el entramado de fibras de colágeno expuestas (Herrera, 2005).

Así mismo, la formación de la capa híbrida es esencial para la adhesión dentinaria. Es decir, el adhesivo debe ser capaz de penetrar a través de ese entramado de fibras de colágeno ocupando todo el espesor de dentina desmineralizada formando un entramado tridimensional, para que la durabilidad de la adhesión sea grande. Según Nakabayashi, la dentina desmineralizada debe ser de aproximadamente 1-2 micras para que se produzca la perfecta difusión del adhesivo. Así, la técnica actual de grabado total, utilizando básicamente ácido fosfórico en concentraciones entre 10% y 37% durante 15 a 30 segundos, luego realizar lavado de los residuos, seguido de un secado ligero y aplicación de una resina que da formación de una capa híbrida con el colágeno de la dentina y tang en microretenciones provocadas en el esmalte (Arenas, 2017).

Nakajima y col encontraron que en dentina afectada de caries la capa híbrida que se forma es más densa que en dentina normal quizás por la más alta desmineralización pero las fuerzas traccionales que se encontraron con distintos adhesivos eran menores que en dentina libre de caries (Herrera, 2005).

Continuando con la falla adhesiva entre la dentina y el material adhesivo también se da por la falta de grado óptimo de humedad, entonces para que las fibras de colágeno se muestren receptivas, sueltas para recibir al material adhesivo es necesario que la dentina permanezca

suficientemente húmeda, de lo contrario el colágeno se encuentra colapsado en su superficie y no se forma la capa híbrida. El problema es saber el grado de humedad óptimo. Por lo tanto, se aconseja secar con papel absorbente, algodón y con jeringa de aire a distancia, en la adhesión, si se deja agua en exceso se puede estar enfrentando al fracaso en la adhesión y un exceso de agua forma vesículas acuosas entre el adhesivo y la dentina o entre el primer y la resina hidrofóbica y esto proporcionará fallos a este nivel (Arenas, 2017).

Este exceso de humedad también puede alterar la polimerización por competir el agua con la resina. Si se decide optar por la técnica seca se tendrá quizás menos problemas porque es más fácil de controlar la desecación de la dentina, desde un punto de vista clínico, pero se necesita imprimadores o adhesivos vehiculizados en medios acuosos que logre descompactar el colágeno para que se pueda formar una capa híbrida correcta. Estos adhesivos parecen que obtienen cifras de fuerza adhesiva menores que los otros pero suficientes (Herrera, 2005).

Además, en la ausencia o formación inadecuada de los Tag de resina ya que la eficacia de los tag de resina en la adhesión está discutida, pero los distintos autores si parecen estar de acuerdo en que es más importante el número que la profundidad, por lo que son más importantes en la dentina profunda que en la superficial, ya que esta tiene mayor número de túbulos pero por el contrario tiene menos dentina intertubular y por tanto la capa híbrida será menor. En la dentina superficial el número de túbulos es menor por lo que los tag de resina tendrán menor repercusión pero al existir más dentina intertubular la capa híbrida adquiere mayor importancia. También los tag de resina podrían ser un mecanismo de protección pulpar pues al tapar la entrada de los túbulos evitarían la invasión bacteriana y evitarían el dolor postoperatorio, al evitar el movimiento del fluido dentinario (Herrera, 2005).

Por otra parte, se presentan fallos por el solvente, fundamentalmente los adhesivos van a vehicular mediante acetona, alcohol y agua o mezclas de ellos. Entonces, el solvente de acetona funciona bien con la técnica húmeda según Kanca y Gwinnett así el de alcohol funciona bien en húmeda y seca y el agua funciona bien en la técnica seca (1992).

De igual manera, los fallos en la correcta colocación del adhesivo, en el cual, el adhesivo se coloca con delicadeza en el esmalte pues los prismas están descalcificados y podrían desprenderse. En cambio en la dentina se deben realizar movimientos de frotamiento para permitir la interdifusión del adhesivo. Es importante colocar una capa uniforme y de cierto espesor, para que amortigüe las tensiones provocadas por el composite y por la masticación, por tanto con algunos adhesivos es necesario colocar varias capas del mismo. Es también importante para evitar estos fallos, una vez colocado el adhesivo, esperar entre diez y quince segundos antes de eliminar el exceso de solvente con la jeringa de aire y antes de la polimerización del mismo, para darle tiempo al adhesivo para que penetre correctamente en el interior de la capa de colágeno (Herrera, 2005).

Con respecto a lo anterior, Según Herrera es muy importante polimerizar correctamente durante 20" pues de no ser así se produciría la desadaptación entre el adhesivo y la dentina. Es importante reseñar que las lámparas de plasma solo cubren las longitudes de onda entre 445 y 495 nm mientras que las lámparas halógenas convencionales cubren 400 y 600 nm cubriendo todo el espectro de las canforoquinonas o de otros iniciadores de los adhesivos fotopolimerizables. Se puede deducir que las consecuencias de los fallos a este nivel van a ser la microfiltración y por tanto la caries recurrente y el fracaso final de las restauraciones adhesivas (2005).

Básicamente, en las fallas adhesivas entre resina compuesta y material adhesivo se debe evitar la contaminación con saliva y con sangre además es conveniente que los adhesivos lleven

en su composición resinas hidrofóbicas pues mejoran la unión al composite que es un material hidrófobo. Es necesario la correcta polimerización del adhesivo, porque puede ocurrir la desadaptación de ambas superficies sobre todo con composites viscosos. La contracción de polimerización del composite puede ser un factor muy importante para la desadaptación entre los dos materiales. Dado que, el exceso de agua puede ser muy negativo para la unión del adhesivo y el composite, como han estudiado Pashley y cols., dado el carácter hidrófobo del composite. Este exceso de agua es más frecuente en los adhesivos que contienen agua en su composición, porque es más difícil eliminar el agua que el otro tipo de solventes (Herrera, 2005).

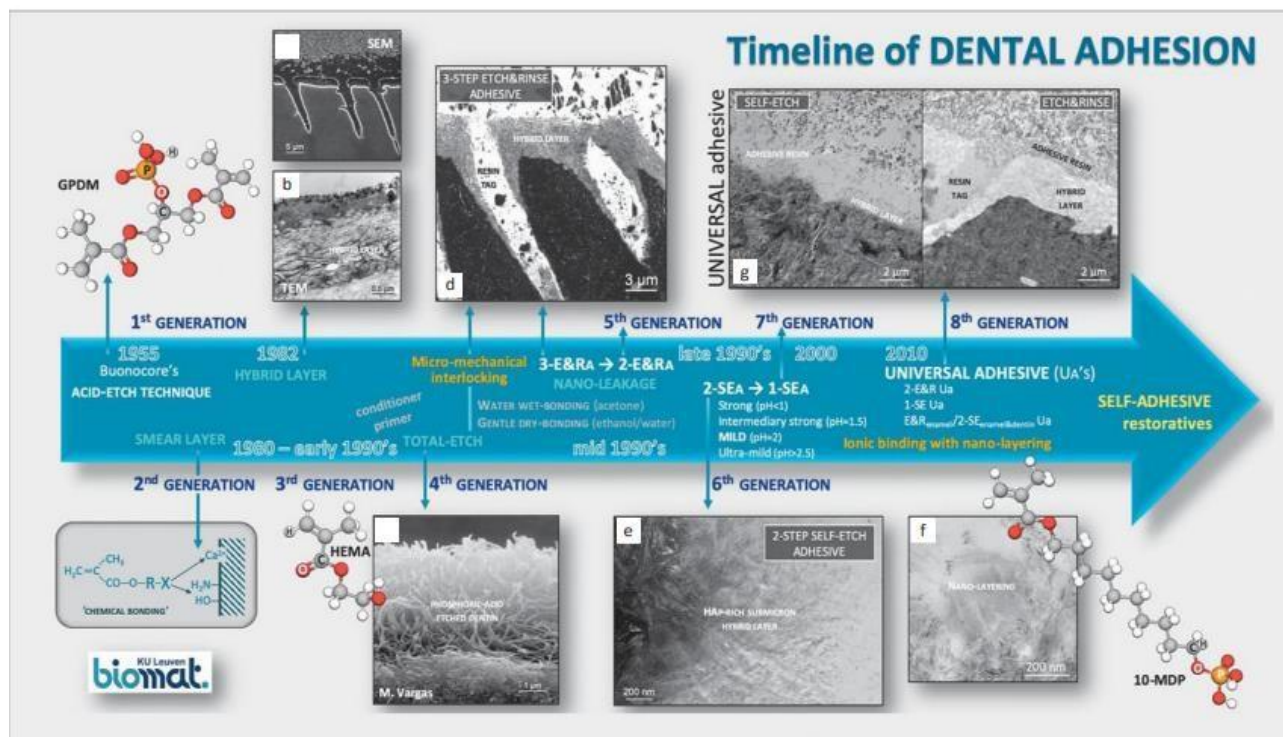
Sistemas adhesivos

La tecnología de los adhesivos dentales sigue evolucionando a un ritmo rápido (Fig. 1). Ya hemos aprendido a adherirse de forma efectiva y duradera al esmalte hace 65 años con la invención de Buonocore con la "TÉCNICA DE GRABADO ÁCIDO". Antes de Buonocore, los primeros intentos de adherir la resina acrílica a la estructura dental deben atribuirse al químico suizo Hagger en 1951. Utilizó el monómero funcional glicero-fosfato dimetacrilato (GPDM), que hoy en día sigue siendo considerado como el principal monómero funcional en algunos productos adhesivos populares, como la familia de productos Optibond FL/XTR/ Universal (Kerr) (Van Meerbeek et al, 2020).

La investigación histórica identificó a Kramer y McLean, quienes demostraron en 1952 que el GPDM mejoraba la adhesión a la dentina al "penetrar en la superficie y formar una capa intermedia". Mucho más tarde, esta capa intermedia fue etiquetada como la "capa híbrida". Sin embargo, la historia también aprendió que copiar la técnica de grabado al ácido de Buonocore a la dentina, al mismo tiempo que generaba una fuerza de adhesión de 15-20 MPa al esmalte, era un intento lógico, pero demasiado simple de investigación y desarrollo (Van Meerbeek et al, 2020).

Figura 1

Esquema que ilustra la evolución histórica de la tecnología de los adhesivos dentales



Nota. La figura muestra una línea del tiempo de la tecnología de los adhesivos dentales

Fuente. (Van Meerbeek y cols, 2020)

Los sistemas adhesivos contemporáneos permiten mejorar los procedimientos clínicos, tanto en la evolución de los componentes y su mecanismo de acción, como en la disminución del tiempo operatorio de aplicación de cada uno de ellos, otorgando una eficacia clínica aceptable y predecible. Entre los requisitos de los sistemas adhesivos se encuentran la unión íntima con fibras colágenas para reforzar la adhesión, obliterar los túbulos dentinarios con tags; limitar la desmineralización, sin toxicidad pulpar, compatibilidad con los sistemas de resinas, bactericida o bacteriostático, disminuye la sensibilidad postoperatoria, mayor o mejor adaptación al sustrato, disminuir la capacidad de microfiltración marginal, fácil aplicación, los sistemas o primers deben ser bifuncionales (Azócar, 2015).

Acerca de los factores dependiendo del adhesivo depende de la baja tensión superficial, alta humectación o capacidad de mojado, bajo ángulo de contacto, potencialidad de enlace, alta estabilidad dimensional, alta resistencia mecánica química adhesiva cohesiva y biocompatibles (Quejido, 2019).

Composición química de sistemas adhesivos

Los sistemas adhesivos ya sean de grabado y lavado, autograbantes o universales contienen componentes similares, independiente del número de pasos, la gran diferencia está en la proporción que se presentan en los diferentes sistemas adhesivos. Generalmente están compuestos por monómeros de resina acrílica, solventes orgánicos como agua, etanol y/o acetona, iniciadores, fotoiniciadores como canforoquinona o un complejo ‘ámina-peróxido’ para el curado químico, además de inhibidores y relleno (Albaladejo, 2008).

Características de los componentes del sistema adhesivo

Los sistemas adhesivos contienen en uno o varios componentes todos aquellos pasos necesarios para establecer una unión adhesiva entre el esmalte dental o la dentina y los materiales de resina. Entre las características de los componentes del sistema adhesivo se pueden mencionar:

Acondicionador o agente grabador: Los más frecuentemente usados son ácidos fuertes (Ortofosfórico al 37%) con la técnica de grabado total. También se siguen usando en la composición de los imprimadores ácidos débiles (cítrico maleico etc ...) y por último nos encontramos con las nuevas resinas acidicas (Phenil-P, MDP) que actúan como grabadores en los modernos adhesivos autograbantes (Hernandez, 2004).

El ácido fosfórico se comporta de manera diferente al comparar sus efectos sobre el esmalte y la dentina. El esmalte crea porosidad en la superficie por desmineralización, permitiendo la penetración del adhesivo. Ya presente en la dentina, cumple con las funciones de remover la capa

de desechos, abrir los túbulos dentinarios, incrementar la permeabilidad dentinaria, descalcificar la dentina intertubular y peritubular para exponer las fibras colágenas, limpiar superficies y crear microporos, aumentar la energía libre que facilite la microfiltración (Elkan, 2014).

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

Imprimador: Cumple con las funciones de: humectar a la malla colágena, cambiar la capacidad hidrófila de la dentina a una hidrófuga, preparar las fibras colágenas (mantener el espacio entre fibra y fibra) para que el adhesivo pueda filtrar. El Imprimador está compuesto por un polímero como el HEMA (hidroxietil metacrilato) o el MPG, diluido en cualquier solvente (Mandri, 2015).

Adhesivo (Bonding): Es una resina fluida, que no requiere de tener relleno y que cumple la función de formar la capa híbrida co-polimerizando con el Imprimador. El Adhesivo está compuesto de los siguientes polímeros: BIS-GMA, UDMA, DMA, HEMA, etc., diluido en una solvente.

Solvente: Los sistemas adhesivos contienen un solvente, necesario para facilitar las etapas iniciales de su aplicación, ayudando a los monómeros del “primer” a penetrar en la dentina húmeda, deben ser eliminados antes de su polimerización. Los solventes utilizados en las formulaciones de los adhesivos son: acetona, alcohol (etanol) y agua, siendo éste último el menos volátil. Aquellos sistemas adhesivos que contienen agua o etanol como solventes evitan una

excesiva deshidratación de la dentina provocando de esta manera un colapso menor de la trama colágena y facilitando de esta manera la óptima infiltración de dicho adhesivo (Garrofe et al, 2014).






Clasificación actual de los sistemas adhesivos

Durante las últimas décadas, los sistemas adhesivos han recibido diferentes clasificaciones de acuerdo a su composición y formas de presentación. Otra conocida forma de clasificarlos es por “generaciones”, muchas veces asociada a una estrategia de marketing de los fabricantes (Garone Filho 2003) y a la cronología en la que fueron apareciendo en el mercado. Sin embargo, una de las formas más simples (Van Meerbeek et al., 2003), es utilizar una primera instancia que los diferencie según el tipo de acondicionamiento del tejido, en dos grandes grupos: sistemas adhesivos de grabado independiente (“etch-and-rinse”) y sistemas adhesivos de autograbado o autoacondicionantes (“self-etch”) (Garone Filho 2010).

Luego, se los clasifica según la cantidad de envases, en función de la composición y forma de uso: adhesivos de uno, dos o tres pasos. En el caso de los sistemas autoacondicionantes o de autograbado, una segunda clasificación permite agruparlos según el grado de acidez (pH), en función del tipo de monómeros ácidos que contienen. Y por último, pero no menos importante, todos los sistemas adhesivos se pueden clasificar en función del mecanismo de activación de la polimerización, y también por la cantidad de dosis que contiene el envase (mono y multi-dosis). En la Tabla 2 se resumen las clasificaciones vigentes. La utilización de envases monodosis tiene mayores beneficios que los multi-dosis ya que: a) se evita la evaporación del solvente cada vez que se abre el frasco, b) se prescinde de agitarlos para mezclar los componentes, y c) se evita la contaminación cruzada al manipular los frascos; el único inconveniente es su costo elevado (Filho, 2010).

Tabla 2

Clasificaciones de sistemas adhesivos

Tipo de acondicionamiento	Ácido-Primer-Bond	Generación	Polimerización	Cantidad de dosis	pH
Grabado independiente "etch-and-rinse"	 Ácido Primer Bond	4ta.	Fotocurado Autocurado Curado Dual	Mono-dosis	El ácido fosfórico es un ácido fuerte
	 Ácido Primer+Bond	5ta.			
Autograbado "self-etch"	 Primer autoacondicionante Bond	6ta.		Multi-dosis	Débiles Intermedios Fuertes
	 Adhesivo de autograbado que requiere mezcla	7ma.			
	 Adhesivo de autograbado				

Nota. La tabla muestra la clasificación de los sistemas adhesivos y su tipo de acondicionamiento

Fuente. (Filho, 2010)

Sistemas adhesivos de grabado independiente ("etch-and-rinse").

Este grupo de sistemas adhesivos, comercializados desde los años '90, incluye como primer paso el grabado total ("etch-and-rinse") mediante la aplicación de una solución acuosa de ácido, técnica de grabado ácido, que requiere el lavado y posterior secado del sustrato. Los objetivos del acondicionamiento ácido del esmalte son: 1) limpiar la superficie, 2) crear microporosidades por la disolución selectiva de los cristales de hidroxiapatita, y 3) aumentar la superficie de adhesión y facilitar que el esmalte exprese su elevada energía libre superficial (Garrofe et al, 2014).

Para el acondicionamiento se utiliza ácido fosfórico en una concentración entre 32 y 40% (pH=0,6), pudiendo presentarse en forma de líquido, jalea o gel (se prefiere éste último ya que

facilita su colocación controlada en áreas determinadas). En la dentina la aplicación de ácido fosfórico al 37% desmineraliza por completo la superficie de dentina intertubular (en un espesor de 5-8 μ) para crear porosidades nanométricas que da lugar a la posterior infiltración de monómeros entre las fibras colágenas (Pashley et al, 2011).

El segundo paso, es la aplicación de un promotor de la adhesión (“primer”) que contiene monómeros hidrófilos, como por ejemplo HEMA (hidroxi-etil-metacrilato), disueltos en un solvente (alcohol, acetona o agua). La molécula tiene una terminación hidrófila con radicales –OH y –COOH que tienen afinidad por el agua y facilita su penetración en la dentina húmeda; y otra terminación hidrófuga con terminaciones –HC=CH₂ (el doble enlace le permite polimerizar con el adhesivo). La resina HEMA es responsable de mejorar la humectabilidad y promover la reexpansión del colágeno; y los solventes son capaces de desplazar el agua de la superficie de la dentina, preparando de esta manera la red de colágeno para la posterior infiltración de la resina adhesiva (“bond”) (Garrofe et al, 2014).

Finalmente el tercer paso corresponde a la colocación del adhesivo propiamente dicho (“bond”) que contiene una resina hidrófuga como el BIS-GMA, y una pequeña cantidad de monómeros hidrófilos, no solo en los espacios intertubulares, sino también dentro de la dentina tubular (Garrofe et al, 2014).

La forma de aplicación de los diferentes sistemas adhesivos puede variar en función de la marca comercial. El “primer” y el “bond” pueden estar en envases separados (adhesivos de 3 etapas o de 4ta. generación) o presentarse en un mismo envase (adhesivos de 2 etapas o de 5ta. generación). Una vez que los monómeros son infiltrados, ya sea en pasos sucesivos o simultáneos, se polimerizan in-situ y se integran a la estructura dentaria para formar la “capa híbrida” (zona de

difusión o de interdifusión de componentes resinosos -monómeros hidrófilos polimerizables- entre las fibras colágenas de la dentina superficial parcialmente desmineralizada) (Garrofe et al, 2014).

La capa híbrida, combinada con los “tags de resina” en el interior de los túbulos, proporciona la retención micromecánica de las restauraciones de composite (Cardozo et al., 2011). Nakabayashi fue el primero en demostrar la formación de la capa híbrida en la dentina previamente grabada con ácido, y ha observado que los monómeros infiltrados y polimerizados in situ tienen buena adhesión a los sustratos dentarios con una resistencia adhesiva de 18 MPa (Nakabayashi et al., 1982). La combinación de los componentes en un solo envase, transforma a la técnica en más simple pero con una disminución en la capacidad de infiltrar la dentina desmineralizada, lo que genera una hibridización subóptima. Otro inconveniente encontrado es que la naturaleza hidrófila de estos sistemas “monoenvase” los hace más propensos a la absorción de agua, y por consiguiente, más susceptibles a la degradación hidrolítica (Van Meerbeek et al, 2005).

En estudios in vitro se ha observado que la resina no es capaz de infiltrar completamente en profundidad la dentina desmineralizada por el grabado ácido, generando espacios “huecos”, que dejan colágeno expuesto sin protección, y por lo tanto, más susceptible a sufrir degradación (hidrólisis) en el tiempo. La activación de las metaloproteinasas/metaloproteasas de la matriz juega un papel clave en este mecanismo. Asimismo, si el adhesivo no penetra en los túbulos abiertos, el paciente podrá presentar sensibilidad post-operatoria debido a la imposibilidad de evitar la extravasación del fluido intracanalicular hacia el exterior, estimulando de esta manera permanentemente las terminaciones nerviosas que rodean la prolongación de los odontoblastos (Garrofe et al, 2014).

Sistemas adhesivos de autograbado o autoacondicionantes (“self-etch”).

Los sistemas adhesivos de autograbado probablemente fueron impulsados por la demanda del mercado de simplificar los pasos operatorios; aunque los clínicos han demostrado cierta preocupación en que esto no sacrifique la resistencia y la calidad de unión al esmalte y/o dentina. A diferencia de los sistemas de grabado independiente, éstos contienen ácidos débiles en baja concentración y monómeros acídicos que simultáneamente graban e impregnan el sustrato dental, por lo que el barro dentinario y la hidroxiapatita disuelta quedan incorporados en la capa híbrida. Este procedimiento adhesivo disuelve el barro dentinario (“smear layer”), no lo elimina, por lo que todos los productos disueltos forman parte de la capa híbrida, de menor espesor, la cual no está conformada por dentina desmineralizada (Garrofe et al, 2014).

El agua es un componente esencial en estos adhesivos para generar los iones de hidrógeno necesarios para producir una efectiva desmineralización del barro dentinario y los tejidos duros (Ohno et al, 1998). Algunos autores recomiendan el grabado selectivo, con ácido fosfórico, del esmalte de los márgenes de la cavidad, seguido de la aplicación del sistema adhesivo de autograbado en esmalte y dentina (Van Meerbeek et al, 2011).

Se pueden considerar estas dos ventajas de los sistemas de autograbado: 1) infiltración completa y uniforme, debido a que la desmineralización y la infiltración de la resina ocurren en simultáneo; 2) no hay riesgo de que las fibras colágenas se deshidraten y colapsan ya que no se requieren las etapas de lavado y secado (Aguilera et al, 2001). Una de las formas de presentación de los sistemas adhesivos de autograbado corresponde a un envase del “primer autoacondicionante” y un segundo envase que corresponde al “bond” (adhesivos de dos etapas con autoacondicionamiento o de 6ta. generación) (Garrofe et al, 2014).

Posteriormente surgieron los adhesivos de una sola etapa, los cuales pueden requerir la mezcla de dos compuestos antes de su utilización, por lo que se presentarán en dos envases, los cuales son considerados, teóricamente, los de mayor tiempo de vida útil (Van Meerbeek et al, 2011). Otros se presentan en un solo envase sin necesidad de mezcla (adhesivos de una etapa o de 7ma. generación). A su vez, muchos autores clasifican los sistemas adhesivos autoacondicionantes de acuerdo al grado de acidez de dichos monómeros en: a) fuertes ($\text{pH} \leq 1$), b) intermedios (pH 1,5), c) débiles ($\text{pH} \geq 2$) (Garrofe et al, 2014).

Según el número de pasos

Existen sistemas convencionales de 2 o 3 pasos y autoacondicionantes de 1 o 2 pasos se recomiendan la realización del acondicionamiento ácido selectivo previo del esmalte. De esta forma se obtiene 1 paso adicional, en los sistemas adhesivos autoacondicionantes. Los sistemas adhesivos autoacondicionantes de dos pasos abarcan dos fases diferentes de aplicación, comprendiendo, generalmente la aplicación inicial del primer ácido seguida de la aplicación del bonding (resina hidrofóbica) de baja viscosidad (Villa, 2019).

Sistemas adhesivos convencionales de 3 pasos.

Comprenden los pasos del acondicionamiento ácido, aplicación del primer y enseguida la aplicación del bonding (adhesivo) todos los componentes son aplicados separadamente (Mandri, 2015).

En los adhesivos convencionales de primer paso se emplea el grabado o acondicionamiento ácido con un tiempo 15 segundos en esmalte y 10 segundos en dentina, lavar abundantemente, luego secar suavemente con bolitas de papel absorbentes y con chorro suaves de aire con cuidado para evitar la deshidratación del sustrato acondicionado (Masioli, 2013).

La aplicación del primer en 2 o más capas, se realiza en el segundo paso llevando a cabo la aplicación del primer en abundancia, evaporando el solvente con chorros suaves de aire (Mandri, 2015).

En el tercer paso se aplica el bonding (adhesivo) este se presenta en dos frascos primero se coloca el bonding en una capa fina, uniforme y brillante en toda la cavidad, luego se remueve el exceso de bonding y con un aplicador seco y por último fotopolimerizar (Masioli, 2013).

Sistemas adhesivos convencionales de 2 pasos.

En el primer paso al realizar el grabado o acondicionamiento ácido por un tiempo 15 segundos en esmalte y 10 segundos en dentina según Mandri , se lava con abundante agua y se seca con bolitas de papel absorbentes y con chorro suaves de aire teniendo cuidado para impedir la deshidratación del sustrato acondicionado (2015).

A diferencia del segundo paso se realiza aplicación del primer/bonding (monofrasco), aplicar dos o más capas, después aplicar chorros suaves de aire para ayudar en la elaboración del solvente; el volumen final del material debe ser mínimo, lo suficiente para formar una capa uniforme y brillante. Si fuera necesario, utilizar un aplicador (microbrush) seco para remover el exceso del adhesivo y fotopolimerizar (Mandri, 2015).

Sistemas adhesivos autoacondicionantes de 2 pasos.

La aplicación del sistema adhesivo autoacondicionante debe ser hecha con la cavidad seca (no deshidratada). En primer paso se emplea la aplicación del primer ácido, el primer acídico se presenta en un solo frasco, en cuyo caso las soluciones deben ser mezcladas antes de la aplicación, no lavar la cavidad (Villanueva, 2017).

La aplicación del bonding para el segundo paso se realiza en dos o más capas, después aplicar el bonding (adhesivo) una capa fina, uniforme y brillante en toda la cavidad. Si fuera

necesario, utilizar un aplicador microbrush seco para remover el exceso de adhesivo y por último fotopolimerizar (Masioli, 2013).

Sistemas adhesivos autoacondicionantes de 1 paso.

Aplicación de una única solución que contiene el primer y el bonding ácido que pueden venir en un solo frasco. La aplicación del sistema adhesivo autoacondicionante debe ser hecha con la cavidad seca (no deshidratada) en dos o más capas (Villanueva, 2017).

El volumen final del material debe ser mínimo, lo suficiente para formar una capa uniforme y brillante. Si fuera necesario utilizar un aplicador (microbrush) seco para remover el exceso del adhesivo y fotopolimerizar (Masioli, 2013).

A continuación se especificará la clasificación de los sistemas adhesivos contemporáneos más comúnmente utilizada es la que se basa en el tratamiento dado a la dentina y la cronología de aparición de estos materiales en el mercado, separándolos en generaciones, esta clasificación fue propuesta por Kugel y colaboradores.

Sistemas adhesivos de 1ra generación

Estos adhesivos contenían GPDM como ingrediente activo. El GPDM tiene un potencial de unión iónica a la hidroxiapatita (HAp) a través de su grupo funcional de fosfato. Según investigaciones recientes, esta interacción química del GPDM con los sustratos basados en HAp debería, sin embargo, matizarse en el sentido de que, aunque el GPDM se absorbe a la HAp, es incapaz de formar una unión química estable. A las primitivas formulaciones adhesivas basadas en GPDM se les añadieron co-monómeros activos en la superficie como el N-(2-hidroxipropil)-N-fenilglicina (NPG-GMA) de Bowen (Van Meerbeek et al, 2020).

Aunque su fuerza de adhesión al esmalte era alta (generalmente, todas las generaciones de adhesivos se adhieren bien a la estructura microcristalina del esmalte; sin embargo, el mayor

problema que enfrentan los odontólogos es la fuerza de adhesión a la dentina semiorgánica), presentando una fuerza inestable, muy baja, de 2-3 MPa. La adhesión era lograda por medio de la quelación del agente adhesivo al componente de calcio de la dentina; aunque la penetración tubular ocurría, contribuía poco en la retención de la restauración. Por ende, era común observar el desprendimiento en la interface de la dentina varios meses después. Estos agentes adhesivos eran recomendados principalmente para cavidades clase III y clase V pequeñas y retentivas. Así mismo, la sensibilidad postoperatoria era común cuando se utilizaban estos agentes adhesivos en restauraciones oclusales posteriores (Freedman, 2017).

A finales de los años setenta y en los ochenta, las investigaciones sobre la tecnología de los adhesivos dentales se centraron en la síntesis de una amplia gama de monómeros funcionales, todos ellos diseñados para interactuar químicamente con los componentes dentales inorgánicos (HAp) u orgánicos (colágeno) (Van Meerbeek et al, 2020).

Básicamente, se basó en el uso de dimetacrilatos de ácido glicerofosfórico (GMDP), para mejorar la unión de la resina al esmalte, el cual fue desarrollado por Buonocore y colaboradores, en el año 1956. Más tarde evolucionaría a la molécula bifuncional N-fenilglicil y glicidil metacrilato (NPG-GMA), pero la resistencia de unión era muy baja (Aguilar, 2015).

Sistemas adhesivos de 2da generación

Estos adhesivos de segunda generación se clasificaron en adhesivos de calcio y colágeno. contenían ésteres de fósforo de derivados del metacrilato. Se obtuvo cierta fuerza de adhesión adicional, pero rara vez superó los 5-6 MPa, mientras que estos agentes adhesivos se asociaron posteriormente también con resultados clínicos subóptimos. Estos adhesivos de segunda generación, en su mayor parte de una sola solución, no se ocupaban suficientemente de la capa de SMEAR LAYER bastante gruesa y compacta resultante de la preparación de la fresa. El barrillo

dentinario superficial se consideraba entonces insuficientemente capaz de interferir en la posible interacción (química) del monómero o monómeros funcionales con el sustrato de dentina pura. Estos adhesivos se unieron realmente a la capa de barrillo dentinario, que a su vez estaba demasiado débilmente adherida a la dentina subyacente. Típico de esa época, se comercializaron los "agentes de adhesión a la dentina", destacando su diseño y desarrollo explícito para adherirse al desafiante sustrato de la dentina, mientras que la adhesión al esmalte después del grabado ácido ya se consideraba satisfactoria (Van Meerbeek et al, 2020).

La capacidad de adhesión de esta generación a la dentina era débil (2-8 MPa), lo cual evidenció que la forma de retención mecánica en la preparación de las cavidades era aún requerida. Además, en restauraciones con márgenes que se encontraban en dentina se observó microfiltración, y las restauraciones oclusales posteriores exhibían con mayor probabilidad una sensibilidad postoperatoria significativa. La estabilidad a largo plazo de los adhesivos de segunda generación fue problemática, y para las restauraciones el índice de retención era tan bajo como del 70% (Freedman, 2017).

Se enfocó hacia el mejoramiento de los agentes de unión de los adhesivos, es así como a comienzos de la década de 1970 se incorporan ésteres halofosforados, bisfenol al glicidil metacrilato (bis-GMA) o al hidroxietil metacrilato (HEMA), basando su acción en la unión iónica al calcio por los grupos cloro fosfatos sin embargo, la resistencia de unión seguía siendo muy baja, de 5 a 7 MPa, lo que permitía la hidrólisis por la exposición a la saliva causando microfiltración (Aguilar, 2015).

Un hito en la tecnología de adhesivos dentales en rápida evolución fue la introducción por Nakabayashi en 1982 del término "capa híbrida", que se refería a la estructura formada en la superficie de la dentina por la desmineralización previa (parcial/total) seguida de la infiltración de

monómeros y su posterior polimerización. Abandonando el concepto de interacción química con el tejido dental, como se perseguía con los adhesivos de segunda generación, la comunidad de investigadores se fue convenciendo poco a poco de la necesidad de entrelazar micro mecánicamente con las superficies dentales como principal mecanismo de adhesión (Van Meerbeek et al, 2020).

Sistemas adhesivos de 3ta generación

Los adhesivos de tercera generación se sentó cuando el anterior concepto japonés de grabar la dentina para eliminar la capa de barrillo dentinario, como ya se había introducido por Fusayama y otros en 1979, ganó aceptación mundial y dio lugar a la comercialización del agente adhesivo japonés Clearfil New Bond (Kuraray) en 1984. El grabado en ácido fosfórico fue seguido de la aplicación de un agente adhesivo de dos componentes de curado químico que ya contenía el monómero funcional 10-metacriloxiddecil dihidrógeno fosfato (10-MDP). Hoy en día, el 10-MDP sigue siendo considerado uno de los monómeros funcionales más eficaces, pero en años pasados no se utilizaba con la intención de interactuar químicamente con el HAp. Después del grabado con ácido fosfórico, no queda HAp hasta unos pocos micrómetros de profundidad en la superficie de la dentina con la que interactuar (Van Meerbeek et al, 2020).

En Europa y en los Estados Unidos, la aplicación de los grabadores de ácido fosfórico a la dentina se desalentó entonces todavía debido a su presunto efecto perjudicial sobre la pulpa subyacente, incluso con una barrera dentinaria intermedia. En cambio, la disolución/eliminación de las capas de barrillo dentinario se obtenía, por ejemplo, con un quelante de calcio como el EDTA (17%), que se aplicaba y enjuagaba antes de la adhesión con el conocido adhesivo Gluma (Bayer Dental). Como alternativa, se utilizaron soluciones acuosas de monómeros ácidos, como la botella "dorada" de Scotchprep (3M Dental), que contenía un 2,5% de ácido maleico mezclado con un

55% de 2-hidroxietil metacrilato (HEMA) como parte del popular agente adhesivo de dos pasos Scotchbond 2 (3M Dental). Como adhesivo de tercera generación, Scotchbond 2 (3M Dental) fue uno de los primeros agentes adhesivos que recibió la etiqueta de la Asociación Dental Americana (ADA) de "aceptación provisional" y posteriormente de "aceptación plena", que se basaba en resultados clínicos exitosos a corto plazo de 1 y 3 años, respectivamente, registrados en ensayos clínicos independientes (Van Meerbeek et al, 2020).

A finales de los años ochenta fueron introducidos los sistemas de dos componentes: primer/adhesivo. La notable mejoría que estos agentes adhesivos demostraron haber justificado su clasificación como adhesivos de tercera generación. El aumento significativo en la fuerza de adhesión a la dentina (8-15 MPa) disminuyó la necesidad de la forma de retención en las preparaciones de las cavidades. Por otro lado, las lesiones como erosión, abrasión y abfracción se trataban con una mínima preparación dental, lo que explicó el inicio de la odontología ultraconservadora. Además, la notable disminución en la sensibilidad postoperatoria de las restauraciones oclusales posteriores fue muy bien recibida. Los adhesivos de la tercera generación fueron la primera generación que se adhirieron no sólo a la estructura dental, sino que también lo hicieron a los metales y a las cerámicas dentales. El inconveniente con este tipo de adhesión era su longevidad. Diversos estudios demostraron que la retención adhesiva de estos materiales empezaba a disminuir después de 3 años de estar en boca. Sin embargo, a pesar de los elevados niveles de sensibilidad postoperatoria, la demanda de los pacientes por tener restauraciones del color del diente natural convenció a algunos odontólogos a ofrecer de manera rutinaria obturaciones posteriores con resina (Freedman, 2017).

A finales de la década de los 70, el grabado ácido parcial de la dentina, se introduce para modificar parcialmente el smear layer, incrementando la permeabilidad dentinal. La utilización de

dos componentes como son: el imprimador (primer) con moléculas de monómeros bifuncionales con un extremo hidrofílico y otro extremo hidrófobo (extremo carboxilo), que tienen la capacidad de transportar una molécula hidrófoba como son los monómeros adhesivos a un tejido con humedad relativa como la dentina, al cual tiene la capacidad de unirse por su extremo hidroxilo a los monómeros hidrófobos del adhesivo por su extremo carboxilo, permitiendo incremento significativo de la fuerza de adhesión a la dentina, entre 8 y 15 MPa, lo que eliminó la necesidad de preparaciones cavitarias retentivas para las restauraciones adhesivas, disminuyendo de igual manera la sensibilidad postoperatoria (Aguilar, 2015).

Sistemas adhesivos de 4ta generación

Para evitar los daños colaterales en la pulpa, se emplearon inicialmente alternativas más suaves de ácido fosfórico, por ejemplo, ácido málico, nítrico y cítrico, o concentraciones más bajas de grabadores de ácido fosfórico, en una evolución gradual hacia los adhesivos de cuarta generación. Utilizan la técnica del "grabado total", que se introdujo sobre la base de las investigaciones japonesas realizadas originalmente por el grupo de investigación de Fusayama, que se adelantaron mucho a su tiempo. El término "grabado total" se refiere al grabado simultáneo del esmalte y la dentina utilizando ácido fosfórico. Junto con los objetivos de la investigación de interactuar con la dentina de manera más intensa, estos adhesivos de grabado total evolucionaron hacia sistemas de varios pasos que incluían el uso separado de un acondicionador y un imprimador antes de la aplicación de la resina adhesiva real en un procedimiento típico de aplicación de tres pasos (Van Meerbeek et al, 2020).

El término agente adhesivo ya no abarcaba el procedimiento de aplicación en varias etapas y, por lo tanto, fue sustituido por "sistema adhesivo". Aunque las investigaciones comprenden que la dentina, en contraste con el esmalte, requería estrategias específicas de pretratamiento, estos

adhesivos de múltiples pasos presentaban procedimientos de aplicación clínica más complicados y, obviamente, más lentos. El uso del término acondicionador se originó a principios del decenio de 1990, que sonaba menos agresivo que el grabado en el temor tradicional a las reacciones pulpares adversas, además de la completa eliminación de la capa de barrillo dentinario, los agentes acondicionadores de ácido fosfórico desmineralizan la dentina hasta varios micrómetros de profundidad y, tras un lavado minucioso con agua, exponen una red microporos de fibras de colágeno pobres en HAp. el primer aplicado posteriormente sirve como promotor de la adhesión (Van Meerbeek et al, 2020).

Este contiene monómeros hidrófilos, como el monómero monofuncional HEMA en particular. Gracias a su bajo peso molecular y, por tanto, a su pequeño tamaño, junto con su alta hidrofiliidad a través de su corta cadena de carbono que termina en un grupo hidroxilo, HEMA es un eficaz agente de humectación superficial, así como de interdifusión para infiltrarse en la superficie de la dentina húmeda y desmineralizada rica en colágeno. La infiltración adecuada debería lograrse clínicamente en un corto tiempo de aplicación de 10 a 20 s. Hoy en día, el HEMA se sigue añadiendo a muchos adhesivos comerciales, también porque puede actuar como cosolvente para otros monómeros en la prevención de la separación de la fase agua/monómero (Van Meerbeek et al, 2020).

Sin embargo, las principales desventajas de HEMA son, su baja capacidad de polimerización, su escasa contribución a la resistencia mecánica, su elevada absorción de agua y su desfavorable biocompatibilidad, en particular en lo que respecta a su documentado potencial alérgico. En los adhesivos actuales, los fabricantes intentan reducir sustancialmente el contenido de HEMA o incluso sustituirlo por monómeros alternativos como las variantes de monómeros de metacrilamida (Van Meerbeek et al, 2020).

Los primers típicos de grabado total contienen monómeros disueltos en diferentes combinaciones de etanol, acetona y/o disolvente de agua, actuando el disolvente como portador para facilitar la infiltración de monómeros y la incorporación de resina a las fibras de colágeno individuales. Tras su aplicación, el imprimador se seca suavemente al aire para promover la evaporación del disolvente. Si el disolvente permaneciera, perjudica la hibridación y posterior polimerización de la resina dentro de la capa híbrida de 4 a 6- μm de espesor. Por lo tanto, estos imprimadores de grabado total tienen como objetivo principal hacer que la red de fibras de colágeno húmedo sea más receptiva para la posterior infiltración de monómeros más hidrofóbicos, como los que contiene el agente adhesivo o la resina adhesiva que se aplica en el tercer y último paso adhesivo. La infiltración de esta última en los túbulos dentinarios abiertos da lugar a la formación de abundantes "tags" de resina, que junto con la hibridación intertubular constituyen el mecanismo de unión de enclavamiento principalmente micromecánico de los adhesivos de grabado total (Van Meerbeek et al, 2020).

Junto con la evolución de la tecnología de adhesión dental a finales del decenio de 1980 y principios del decenio de 1990, se logró una mejor comprensión de los mecanismos que intervienen en la adhesión a la dentina mediante la introducción de nuevas técnicas de investigación que permitieron una caracterización más profunda de las interfases entre la dentina y el adhesivo a mayor aumento/resolución. Cabe destacar especialmente la técnica de bombardeo de iones de argón desarrollada por Inokoshi y otros a principios del decenio de 1990, que sirvió como técnica de mejora de la topografía de superficie para visualizar la formación de capas híbridas y resinas en las interfases adhesivo-dentinaria utilizando la microscopía electrónica de barrido (MEB) (Van Meerbeek et al, 2020).

Además, Nakabayashi y Watanabe en 1983 y 1985 debieron ser de los primeros en informar, inicialmente en la literatura japonesa, sobre el uso de la microscopía electrónica de transmisión (MET) para caracterizar ultra morfológicamente secciones transversales ultrafinas de 60 a 90 nm de las interfaces adhesivo-dentinaria. La TEM reveló un detalle sustancialmente más ultraestructural, permitiendo básicamente una mirada "en el lado" de las capas híbridas con la participación del artefacto minimizada a los efectos de la contracción de la sección. Aunque es mucho más fácil y, por lo tanto, se utiliza con mayor frecuencia, la caracterización de la interfaz MEB requiere técnicas de corte transversal/polido/fracturación, mediante las cuales la ultraestructura interfacial real nunca puede observarse libre de artefactos; cualquier infiltración defectuosa de resina quedará oscurecida por los efectos de embadurnamiento de la preparación de la muestra (Van Meerbeek et al, 2020).

El verdadero avance de los adhesivos de cuarta generación se produjo cuando el grabado de la dentina en todo el mundo con un 30-40% de ácido fosfórico ya no se consideró perjudicial para la pulpa. Incluso hoy en día, los adhesivos de tres pasos se consideran la primera clase de adhesivos que alcanza un resultado clínico favorable. Es necesario hacer una clara distinción entre los adhesivos de grabado total que proporcionan imprimaciones a base de agua/etanol y los que proporcionan imprimaciones a base de acetona. Una vasta documentación científica sobre el colapso de la fibrilación de colágeno debido al secado posterior al grabado convenció a la mayoría de los dentistas de secar únicamente la dentina, manteniendo la dentina visiblemente húmeda mediante la llamada técnica de adhesión en húmedo (agua) (Van Meerbeek et al, 2020).

Especialmente el rendimiento de la adhesión de los sistemas adhesivos que proporcionan imprimaciones a base de acetona se benefició de la adhesión húmeda. La acetona ayuda a desplazar el agua residual, mientras que el agua mantiene simultáneamente la red desmineralizada de fibras

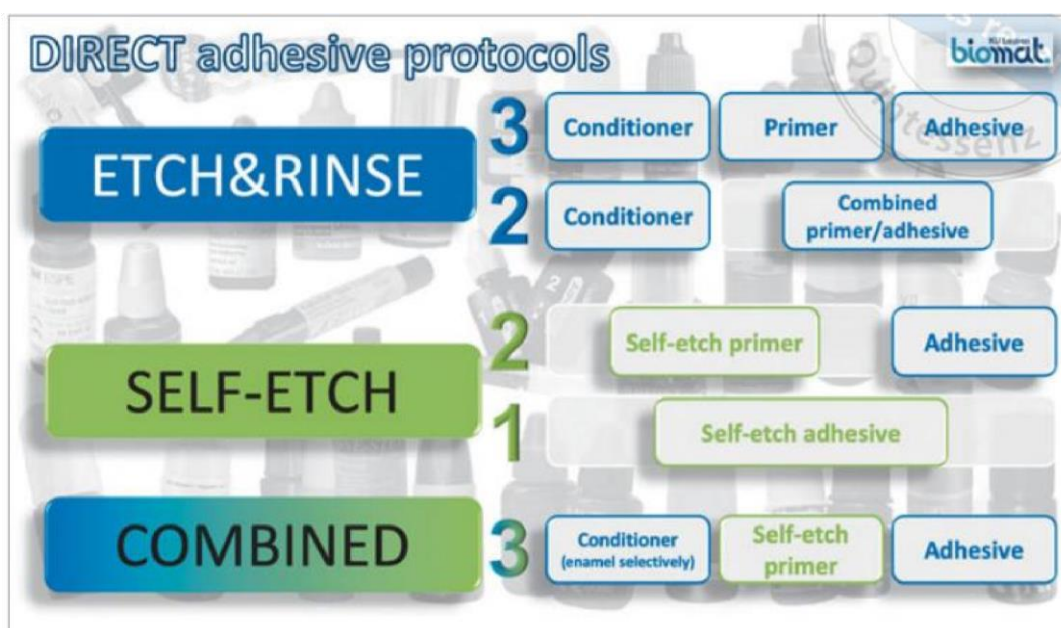
de colágeno accesible para la infiltración de resina. Sin embargo, la mayor desventaja de la técnica de adhesión húmeda es su alta sensibilidad al grado de humedad de la superficie de la dentina que se requiere correctamente, ya que tanto la dentina húmeda como la seca reducen gravemente el comportamiento adhesivo. De manera ventajosa, los adhesivos que proporcionaban imprimaciones a base de agua/etanol parecían menos sensibles a los diversos grados de humedad de la superficie de la dentina. Un seguimiento de trece años de restauraciones de clase V unidas con Optibond FL (Kerr), un adhesivo de grabado total que proporciona una imprimación a base de agua/etanol, reveló una tasa de retención del 94% cuando el adhesivo se aplicó a una dentina suavemente secada al aire y, por lo tanto, no se aplicó ninguna técnica de adhesión en húmedo (Van Meerbeek et al, 2020).

Las clasificaciones más recientes utilizan el término "ETCH&RINSE" (E&R) en lugar de grabado total, ya que hoy en día todos los adhesivos se aplican simultáneamente al esmalte y a la dentina. La clasificación de estos adhesivos como adhesivos E&R pone claramente de manifiesto la gran importancia clínica de la etapa de enjuague y, en particular, la crítica etapa de secado posterior al enjuague, a la luz de las técnicas de adhesión seca/húmeda antes mencionadas. Los adhesivos de cuarta generación se denominan hoy en día adhesivos de grabado y enjuague de tres fases (3E&Ras), ya que implican la aplicación sucesiva de un acondicionador, una imprimación y una resina adhesiva en tres fases de aplicación (Fig. 2). Si bien la tecnología de los adhesivos dentales evolucionó de los adhesivos de un solo paso/componente a los adhesivos de tres pasos, habiendo alcanzado una eficacia clínica favorable a largo plazo, la investigación y el desarrollo se centraron en una próxima fase en la simplificación, en primer lugar reduciendo el número de pasos de aplicación (Fig. 2), mientras que comúnmente también afirmaron reducir la sensibilidad a la técnica de los adhesivos de varios pasos como una importante herramienta de comercialización de

la siguiente generación de adhesivos simplificados. Los adhesivos simplificados combinan por lo menos dos de las tres principales funciones de grabado, imprimación y adhesión. Sin embargo, ya no permiten que las inexactitudes de aplicación se compensen con el siguiente paso de aplicación, por lo que se puede decir que son menos indulgentes con los errores de aplicación (Van Meerbeek et al, 2020).

Figura 2

Vista general de los protocolos de adhesión directa



Nota. La figura muestra la vista general de los protocolos de adhesión directa con adhesivos convencionales de grabado y enjuague (E&R) y autograbado (SE).

Fuente. (Van Meerbeek et al, 2020).

Sistemas adhesivos de 5ta generación

Son adhesivos de Etch&Rinse de 2 pasos (2-E&Ras) que combinan la imprimación y el agente adhesivo en adhesivos de "un frasco" (Figs. 1 y 2). Si bien son populares en la práctica clínica habitual, se paga un precio significativo por su uso fácil, ya que los 2-E&Ras suelen

presentar un menor rendimiento clínico y de laboratorio. Su rendimiento de adherencia mejoraba típicamente cuando se aplicaban adhesivos de un frasco en varias capas sucesivas, potencialmente fotocurados por separado, o iban seguidos de la aplicación de una capa de adherencia adicional, transformando básicamente los adhesivos simplificados de nuevo en adhesivos de varios pasos. Otros defectos importantes del 2-E&Ras, en comparación con el 3-E&Ras son, su menor contenido de resina junto con un mayor contenido de disolvente, un espesor de película adhesiva más fino con menores efectos de absorción de tensiones, menor resistencia mecánica, mayor hidrofiliidad, permeabilidad y absorción de agua, y una menor resistencia de enlace en laboratorio , así como un rendimiento clínico inferior, este último particularmente en lo que respecta a las restauraciones de clase V y sus tasas anuales de fracaso (Van Meerbeek et al, 2020).

Un riesgo importante en lo que respecta a la estabilidad de la unión asociada con los E&Ras de 3 y 2 pasos (anteriormente conocidos como adhesivos de grabado total) sigue siendo que la dentina puede estar sobregrabada por el ácido fosfórico, más profundo de lo que la resina será capaz de infiltrarse en la red de fibras de colágeno expuestas en el corto tiempo de aplicación clínica. El fenómeno de "nanofiltración", introducido por Sano et al en 1995, se refiere a la difusión de pequeños iones o moléculas en capas híbridas incompletamente saturadas de resina en ausencia de "gaps" marginales (que causarían microfiltración). Esa nanofiltración, también documentada en 3D (Coutinho y otros), cuando se asocia con la absorción e hidrólisis del agua, debe considerarse como el principio "bond-degradation mechanism" sobre la dentina (Van Meerbeek et al, 2020).

Esto conlleva al desarrollo y a la gran popularidad de la quinta generación de los adhesivos dentales (Aguilar, 2015).

Por tanto, si se pudiese eliminar un poco este estrés, beneficiaría a los odontólogos, al personal dental y a los pacientes. Hoy en día los agentes adhesivos de la quinta generación, son los

adhesivos más populares por ser fáciles de utilizar y predecibles. Aplicar un material directamente a la superficie de la estructura dental preparada es técnicamente poco sensible, así que la sensibilidad postoperatoria también se reduce considerablemente (Aguilar, 2015).

Entre los adhesivos de quinta generación se encuentran:

Prime & Bond 2.1.

Se combina el primer y el adhesivo en un solo frasco, este se compone de resinas de Dimetacrilato Elastoméricas, PENTA (monofosfato de dipentaeritritol pentacrilato), Fotoiniciadores, Estabilizadores, Hidrofluoruro de cetilamina, Acetona, Acondicionador Dental Gel: Gel a base de ácido Fosfórico con una concentración del 37%, tamponado con Sílice Coloidal, este adhesivo está indicado como Agente de Unión para restauraciones directas con composite, restauraciones con compómeros, procedimientos de cementación de restauraciones indirectas, reparos adhesivos, barniz adhesivo sobre restauraciones de amalgama, barniz protector para hipersensibilidad cervical (Vieira, 2013).

Entre las ventajas se encuentra que puede ser utilizados con composite, compómeros y cementos resinosos, presenta alta compatibilidad y fluidez en la penetración de la estructura dentaria, evitando nanofiltraciones, evita la recidiva de caries, tiene un alto índice de resistencia a unión, menor índice de infiltraciones post operatorias y es compatible con sistemas de cementado tanto auto como fotopolimerizable.

Técnica de aplicación.

Distribuya Prime & Bond 2.1 directamente en un pincel limpio descartable o coloque 2 o 3 gotas en un recipiente limpio. Tape el frasco rápidamente. Utilizando un pincel descartable aplicar inmediatamente una gran cantidad de adhesivo para humedecer bien todas las paredes del diente. Estas superficies deben permanecer totalmente húmedas durante 20 segundos y puede

necesitar aplicaciones adicionales de Prime & Bond. Después, quite el exceso de solvente secando con una jeringa de aire limpio seco, durante al menos 5 segundos, la superficie debe tener una apariencia brillante y uniforme Si no fuera así repetir los pasos, y polimerizar el Adhesivo Prime & Bond durante 10 segundos utilizando lámpara. Aplicar una segunda capa del Adhesivo Prime & Bond 2.1. a las superficies de la cavidad. Inmediatamente, secar con aire para evaporar el solvente, luego colocar TPH Spectrum sobre Prime & Bond 2.1. sin polimerizar.

One Coat Bond SL.

Es un adhesivo Total para dentina y esmalte, con solvente a base de agua. Debido a su reacción perfecta de la estructura dentaria, resultando en una capa de composite homogénea. One Coat Bond SL se caracteriza por ser compatible con agua, su desempeño en dentina húmeda y seca, no hay pérdida de material por evaporación, derrame o goteo, sin productos volátiles que logren quedar bajo la carilla y poner en peligro la adhesión, no provoca sensibilidad postoperatoria (Coltene, 2019).

One Coat SL de COLTENE todo el mundo llevan años depositando su confianza en los adhesivos de calidad demostrada One Coat de COLTENE. Los sistemas de adhesión fotopolimerizables permiten la adhesión a diversas superficies y se distinguen por sus destacados valores de adhesión y su excelente integridad marginal. Es un adhesivo fotopolimerizable hidrófilico para esmalte y dentina. Entre sus ventajas se encuentra la técnica para restauraciones directas e indirectas, también apenas una aplicación y una capa (Single layer), aparte tiene un excelente desempeño en dentina seca y húmeda. Además, está indicado para restauraciones directas (todas las clases: I, II, III, IV e V), técnicas de restauraciones indirectas, reparaciones adhesivas en cerámica y composites, sellado de dentina (Coltene, 2019).

Adper Single Bond Plus.

Es un adhesivo de grabado total, activado por luz visible que incorpora un relleno de silica de 5 nm de diámetro y representa el 10% de su peso. En el cual está compuesto con Bis GMA, HEMA, dimetacrilatos, etanol, agua, copolímero funcional de metacrilato de ácido poliacrílico y ácido politacónico, nanorelleno de silicio. También antes de aplicarlo, se deben grabar la dentina y el esmalte por separado con ácido fosfórico. De igual forma, requiere del uso de activador de polimerización compuesto por sulfinato de tolueno de sodio. Cuando se unen, puede utilizarse para adherir en los muñones, resinas y cementos autopolimerizables. (3M, ESPE, 2019).

Sirve para restauraciones directas de resina/compómeros fotopolimerizables, desensibilización de superficies radiculares, reparaciones de porcelana/resina, carillas de porcelana cuando se usa con cemento de carillas. Después de fotopolimerizar el adhesivo, también puede usarse para procedimientos de amalgama (Bader, 2015).

Todos los procedimientos de adhesión directos de polimerización, procedimientos de adhesión indirectos cuando se combinan con el cemento de resina RelyX ARC, desensibilización de la superficie radicular, reparación con porcelana y resina, adhesión de carillas en combinación con el cemento para carillas RelyX (ESPE, 2014).

Bond Te-Econom.

Es un agente de unión de un solo componente para la unión de esmalte y dentina junto con el método de grabado total, restauraciones de fotopolimerización directa. Este adhesivo se usa con las resinas que son un compuesto híbrido radiopaco fotopolimerizable para el tratamiento restaurador. Entre las ventajas de este adhesivo se pueden mencionar el adhesivo monocomponentes y monocapa, la alta fuerza de adhesión y la mínima evaporación del disolvente (alcohol). Te-Econom Bond consta de HEMA, di- y monometacrilatos, rellenos inorgánicos,

iniciadores y estabilizadores en una solución de alcohol. Se encuentra indicado para restauraciones fotopolimerizables directas, restauraciones de cavidades Clase I a V (cavidades pequeñas de Clase I y II para Te-Econom Flow), restauración de dientes deciduos (Marchesi, 2014).

Además, se aplica de la siguiente manera, primero, seleccione el tono, luego, para facilitar el acceso al campo de tratamiento, se puede utilizar el abridor de boca OptraGate, flexible y cómodo para el paciente; después se establece un aislamiento suficiente, preferiblemente con un dique de goma, seguidamente se prepara la cavidad según los requisitos de la técnica adhesiva, luego se limpia la cavidad con agua pulverizada, se hace secado con aire en la cavidad, a continuación, se aplica un protector pulpar (hidróxido de calcio) si es necesario; cubrir únicamente las zonas cercanas a la pulpa y posteriormente aplicar un cemento resistente a la presión, sigue la colocación de una matriz y una cuña interdental, si es necesario, para que después se aplique una cantidad generosa de Te-Econom Bond sobre el esmalte y la dentina, utilizando el cepillo aplicador adjunto. Cepille el material suavemente en la dentina durante 10 segundos. A continuación, evapore cualquier disolvente restante con una corriente lenta de aire. Luego, fotopolimerice el adhesivo de acuerdo con las recomendaciones de tiempo de curado siguientes. Se asegura de una cobertura completa de la superficie de preparación. Se termina la restauración con acabados adecuados o diamantes finos. Posteriormente, verificar la oclusión y realizar pulido con pulidores de silicona (Marchesi, 2014)

Sistemas adhesivos de 6ta generación

(Sistema monobote: Acido grabador, primer y bonding).

Se denominan hoy en día adhesivos autograbados de 2 pasos (2-SEAs) que proporcionan una imprimación de autograbado ácido, combinando básicamente el grabador ácido con una imprimación, seguida de la aplicación de una resina adhesiva clásica (Figs. 1 y 2). En cuanto a la

simplificación de la aplicación, los 2-SEAs ya no requieren una fase de enjuague, por lo que a veces se les llama también adhesivos "etch&dry" (Lorenzo Breschi, comunicación personal). Los adhesivos se pueden subdividirse más a fondo según su acidez y agresividad de autograbado, como se describe a continuación, junto con sus versiones simplificadas de un solo paso (Van Meerbeek et al, 2020).

Los odontólogos e investigadores han procurado eliminar el paso de grabado, o incluirlo químicamente en alguno de los otros pasos. Los adhesivos de sexta generación no requieren grabado, por lo menos en la superficie dentinal. Aunque esta generación no es aceptada universalmente, hay un número de adhesivos dentales, introducidos desde el año 2000, los cuales han sido diseñados específicamente para eliminar el paso de grabado. Estos productos tienen un líquido acondicionador de dentina en uno de sus componentes; el tratamiento ácido de la dentina es auto limitado, y los derivados del grabado se incorporan a la interface dental-restaurativa permanentemente (Freedman, 2017).

Los investigadores han planteado algunas preguntas acerca de la calidad de la adhesión luego del deterioro en boca. Interesantemente, la adhesión a la dentina (18-23 MPa) se mantiene fuerte con el tiempo, mientras que la duda se da con respecto a la adhesión al esmalte sin grabado y preparación. Adicionalmente, los múltiples componentes y pasos en las distintas técnicas de los adhesivos de sexta generación pueden causar confusión y esto llevar a que se produzcan errores. Asimismo, se han generado algunas inquietudes sobre la eficacia y predictibilidad de varios procedimientos innovadores de mezclado (Freedman, 2017).

Esta generación de adhesivos dentales no requiere grabado previo a la aplicación del primer y bonding, reduciéndose a un sistema de un solo componente y un solo frasco, ofrecen el autograbado y el auto iniciado para los odontólogos que buscan procedimientos perfeccionados

con baja reacción a variaciones en la técnica y poca o ninguna sensibilidad post-operatoria. Si bien esta generación no está aceptada universalmente, hay un número de adhesivos dentales presentados en el año 2000 en adelante, que están diseñados específicamente para eliminar el paso del grabado. Estos productos tienen un acondicionador de la dentina entre sus componentes; el tratamiento ácido de la dentina se auto limita y los productos del proceso se incorporan permanentemente a la interfase restauración-diente (Aguilar, 2015).

Sistemas adhesivos de 7ma generación

Un sistema adhesivo nuevo y sencillo ha sido introducido como primera muestra representativa de materiales adhesivos de la séptima generación. Así como los agentes adhesivos de la quinta generación dieron el salto de previos sistemas con multicomponentes hacia una única botella, razonable y de fácil uso, la séptima generación logra simplificar la multitud de los materiales de la sexta generación y usa solamente un componente, es decir, un sistema que utiliza una única botella. Tanto la sexta como la séptima generación de adhesivos están disponibles para autograbado y adhesión de autoacondicionado para los odontólogos que están buscando mejorar los procedimientos con técnicas poco sensibles de poca o nada de sensibilidad postoperatoria para el paciente (Marchesi, 2014).

Se consideran los verdaderos adhesivos de autograbado en 1 paso o adhesivos “todo en uno” que combinan las tres funciones de grabado, imprimación y unión en un solo paso de aplicación sin una fase de enjuague con agua (Figs. 1 y 2). Teniendo en cuenta los adhesivos SE de 1 y 2 pasos juntos, los adhesivos elf-etch se pueden subdividir en 'FUERTE' (pH <1), 'FUERTE INTERMEDIARIO' (pH = 1-2), 'SUAVE' (pH 2) nd adhesivos de autograbado (SE) 'ULTRAMILD' (pH> 2,5) (Fig. 1) (Van Meerbeek et al, 2020).

Uno de los primeros adhesivos de 1 paso comercializados fue Adper rompt-LPop (3M ESPE), que rápidamente ganó popularidad entre los odontólogos gracias a su aplicación fácil y rápida en combinación con un sistema único de empaquetado / distribución de dosis única. Sin embargo, desconocido en el momento de su introducción, el fuerte enfoque de autograbado de Adper Prompt L-Pop (3M ESPE), así como otros adhesivos SE fuertes condujeron a la unión en la mesa a la dentina, mientras que un rendimiento de unión relativamente aceptable para El esmalte se logró gracias a su fuerte agresividad al grabado (Van Meerbeek et al, 2020).

Este adhesivo de 1 paso contiene ésteres metacrílicos de ácido fosfórico como monómeros funcionales disueltos en agua. Los monómeros como el fosfato de diHEMA no son muy estables en agua; el adhesivo incluso contenía ácido fosfórico puro, lo que explica su baja viscosidad y su fuerte capacidad de grabado (auto). De manera similar a la producida por los adhesivos E&R, se produjo una capa híbrida gruesa de 3 a 4 μ m con exposición total al colágeno en la dentina con la diferencia de que los fosfatos de calcio disueltos no se eliminaron(enjuagaron) sino que se incrustaron dentro de la capa híbrida. Los adhesivos trong SE fallaron en la dentina ya que el colágeno dentro de los 3-4 μ m ya no estaba soportado por el mineral, no hubo unión química involucrada, la resina infiltrada no polimerizó adecuadamente y permaneció altamente hidrofílica y los fosfatos de calcio incrustados en la red de colágeno-fibrillas relativamente expuesta no eran hidrolíticamente estables, lo que desestabilizó la interfaz adhesiva con el tiempo. La degradación acelerada de la unión documentada en la dentina se confirmó posteriormente clínicamente en términos de tasas de pérdida de restauración más altas a corto plazo y tasas de falla anuales más altas en comparación con los adhesivos de referencia. El rendimiento de unión más favorable a la dentina se obtuvo con los adhesivos SE “SUAVE” que combinan el enclavamiento micrométrico con el enlace químico, cuyo mecanismo de unión primario se detalla a continuación, ya que esta

clase de adhesivos (ultra) suaves todavía se pueden considerar el más enfoque confiable para una unión duradera a la dentina (Figs. 1e y 1f) (Van Meerbeek et al, 2020).

Sin embargo, un gran inconveniente sigue siendo la inferior eficacia de unión de los adhesivos SE suaves y especialmente ultra suaves al esmalte. Lo más probable es que esto se deba a una combinación de factores, es decir, el menor potencial de enclavamiento micromecánico logrado por el menor efecto de grabado de los monómeros funcionales ácidos contenidos en los adhesivos de autograbado (ultra) suaves; la menor reactividad química de los monómeros funcionales (también con nanocapas de 10-MDP; ver más abajo) con los cristales de HAp del esmalte; que son más grandes con una cristalinidad más alta que los cristales de HAp dentinarios, lo que hace que el Ca objetivo sea más difícil de alcanzar; y finalmente también el cristal paralelo o la anización en las varillas de esmalte en comparación con la orientación entrecruzada de HAp en la dentina, lo que hace que el Ca sea más fácil de alcanzar e interactuar en la dentina. No obstante, este inconveniente se puede compensar de forma lógica pre grabando selectivamente el esmalte con ácido fosfórico y luego aplicando adhesivo SE sobre el esmalte pregrabado y la dentina sin grabar (Van Meerbeek et al, 2020).

Esas comunes son los adhesivos SE "intermedios fuertes" que se desarrollaron como un compromiso para unir más eficazmente al esmalte a través de un grabado más fuerte, sin perder el potencial de unión química a la dentina. Dos de los adhesivos más exitosos en esta clase son el 1SEa G-Bond GC) que combina los monómeros funcionales 10-DMP y- ácido metacrililo dietil trimelítico (4-MET), el 2-SEa Optibond XTR (Kerr) basado en GPDM, evolucionó a partir de la combinación de la imprimación de autograbado con la resina adhesiva, que, al igual que para los adhesivos E&R de 2 pasos, generalmente deben considerarse adhesivos "TRADE-OFF" que son fáciles de usar, a costa de la durabilidad del bono. Sin embargo, la última generación de los

adhesivos escalonados definitivamente han mejorado tanto en el laboratorio como en el rendimiento clínico, acercándose al rendimiento superior de los adhesivos de varios pasos (Van Meerbeek et al, 2020).

Sistemas adhesivos de 8va generación

La gran necesidad de perfeccionar los sistemas adhesivos para que disminuya la sensibilidad postoperatoria y, a su vez, mejorar la fuerza adhesiva, ha llevado al desarrollo de nuevos sistemas adhesivos denominados como universales; éstos adhesivos desarrollados a partir de la integración y el mejoramiento de las generaciones adhesivas anteriores, se diferencian principalmente por la incorporación del monómero MDP y de silano. Los adhesivos de octava generación o universales son característicos por su larga vida útil y su composición de relleno nanométrico como el polvo de aluminio, esferas de cristal, cobre, talco, óxido de aluminio, óxido de titanio, fibras de carbono, etcétera; que brinda una mayor resistencia al momento de adherirse a la dentina o al esmalte con una menor contracción de polimerización (Banegas et al, 2022).

VOCO® lanza al mercado un adhesivo de octava generación que contiene rellenos de tamaño nanométrico. Estos adhesivos producen una mayor fuerza al adherirse y cuentan con un monómero hidrófilo ácido, esto significa que al ser manipulados en el esmalte no sucedería nada si se encuentra contaminada la cavidad con saliva o humedad. Se emplean en restauraciones directas e indirectas (por estar compuestos de silano), por ello los adhesivos de última generación, exhibidos en la actualidad en el campo odontológico, son mejores, ya que facilitan la manipulación por parte del odontólogo al momento de realizar tratamientos restaurativos y de manera directa. Algunas casas comerciales han creado este tipo de adhesivos de octava generación, entre ellos tenemos los mencionados en las Tablas 2 a 4 (Banegas et al, 2022).

Tabla 3*Adhesivos de octava generación*

	Fuerza de adhesión (MPa)	
	En esmalte	En dentina
<i>Futurabond DC, VOCO</i>	29	15
<i>Scotchbond Universal, 3M</i>	25	30
<i>Adhese Universal, Ivoclar Vivadent</i>		
<i>Grabado total</i>	33	38
<i>Autograbado</i>	25	37
<i>All-Bond Universal, BISCO</i>		
<i>Grabado total</i>	36	33
<i>Autograbado</i>	29	31
<i>CLEARFIL Universal Bond, Kuraray</i>	20	29

Nota. Esta tabla muestra la fuerza adhesiva entre el esmalte y la dentina de diferentes marcas comerciales.

Fuente. (Banegas et al, 2022)

Tabla 4

Características e indicaciones de diferentes marcas comerciales de los adhesivos de octava generación

	Características	Indicaciones
<i>Futurabond DC (VOCO)</i>	Es un adhesivo monodosis tolerante a la humedad que presenta las mismas propiedades de adhesión que al realizarlo con grabado ácido, contiene fluoruros y brinda permeabilidad duradera. este adhesivo no requiere de refrigeración y es recomendable en odontopediatría	Restauraciones directas de composite y reconstrucción de muñones Fijación de pernos radiculares con cementos de composite Fijar inlays, onlays coronas y puentes Grabado selectivo o total

<i>Scotchbond Universal, 3M</i>	Elimina la sensibilidad postoperatoria y es un producto versátil que se adapta a la forma de trabajar del profesional, para ofrecer una adhesión rápida y fiable con una sola capa de adhesivo mediante un grabado total o selectivo. Se puede usar con una sola mano, gracias al tapón integrado a su envase	Está indicado en restauraciones directas e indirectas de cualquier tipo de material en combinación con el polimerizador dual 3M este adhesivo es compatible con todos los cementos de resina, materiales de reconstrucción de muñones e incluso composites autopolimerizables
<i>Adhese Universal, Ivoclar Vivadent</i>	Sirve para usarse con todas las técnicas de grabado con una alta resistencia de adhesión sobre dentina húmeda o seca. Contiene un efecto desensibilizante con protección integrada contra la hipersensibilidad Adhesivo monodosis y fotopolimerizable	Restauraciones directas de composite y compómeros fotopolimerizables Muñones confeccionados con composites fotopolimerizables, autopolimerizables y duales Restauraciones intraorales fracturadas de composite y compómero Desensibilización de zonas cervicales hipersensibles Sellado de superficies dentales preparada antes de la cementación provisional o definitiva de restauraciones indirectas
<i>All-Bond Universal, BISCO</i>	Es un adhesivo dental con base de agua y etanol que se adhiere al esmalte y dentina cortada y sin cortar, este adhesivo ha sido diseñado para ser totalmente compatible con materiales de composite de fotocurado, autocurado, y doble curado, Se puede usar endodóntico en restauraciones directas e indirectas con cualquier técnica de grabado	Para todo tipo de restauración directa e indirecta, desensibiliza y sella la superficie dentaria Restauraciones intraorales fracturadas Adhesivo para ortodoncia y post
<i>CLEARFIL Universal Bond, Kuraray</i>	Es un adhesivo universal de aplicación, secado y fotocurado que no requiere de mucho tiempo de trabajo (25s), compatible con cualquier tipo de material restaurativo directo e indirecto, disminuye la postoperatoria indirecta	Se usa con cualquier tipo de grabado, en grabado total o selectivo se debe realizar por 10 s, airear durante 5 s y fotopolimerizar durante 10 s. Para todo tipo de restauración directa e indirecta Sellado de la cavidad como tratamiento previo a las restauraciones directas Tratamiento de superficies radiculares expuestas Tratamiento de dientes hipersensibles Reparaciones intraorales de restauraciones fracturadas Cementación posterior y reconstrucción de muñones

Nota. Esta tabla muestra las características e indicaciones de diferentes marcas comerciales de los adhesivos de octava generación

Fuente. (Banegas et al, 2022)

Tabla 5

Ventajas y desventajas de diferentes marcas comerciales de los adhesivos de octava generación

	Ventajas	Desventajas
<i>Futurabond DC (VOCO)</i>	<p>Garantiza que en este adhesivo no se da la evaporación del solvente, esto garantiza la fuerza de adherencia en cada uso</p> <p>Es uno de los adhesivos que mayor fuerza en dentina presenta 30 MPa</p>	<p>Tiene un costo elevado</p> <p>No se puede usar en pacientes que sean alérgicos a HEMA, Bis-GMA, TMPTMA, fluoruros, etanol y aminos</p>
<i>Scotchbond Universal (3M)</i>	<p>Aplicación rápida en una sola capa</p> <p>Brinda un excelente sellado e integridad marginal y se puede reforzar el sellado mediante un grado selectivo a nivel del esmalte, para así evitar las microfiltraciones a futuro</p>	<p>Si este material entra en contacto con el lóbulo ocular puede generar daños graves, de igual manera al entrar en contacto con la mucosa bucal</p>
<i>Adhese Universal (Ivoclar Vivadent)</i>	<p>Posee un sistema desensibilizador postoperatorio</p> <p>Presenta alta resistencia al aplicarlo en dentina húmeda y seca sin alterar la adhesividad</p>	<p>Tiene un costo elevado</p> <p>Contraindicado en los espacios que no ingrese mucha luz y en la colocación de pernos colados dentro del conducto</p>
<i>All-Bond Universal (BISCO)</i>	<p>Presentación de un solo frasco, su manipulación es sencilla para el operador, muestra ventajas muy similares a las de otros adhesivos de octava generación</p> <p>Sirve para restauraciones directas e indirectas, usado también para desensibilizar piezas dentarias</p>	<p>Si la preparación dentaria entra en contacto con los fluidos orales este adhesivo se verá afectado con lo que disminuye la longevidad de la restauración, es por ello que se debe aplicar en superficies con aislamiento absoluto</p> <p>Puede ocasionar reacciones cutáneas al entrar en contacto con la piel</p>
<i>CLEARFIL Universal Bond (Kuraray)</i>	<p>Mejor resistencia de adhesión en comparación con otros adhesivos</p> <p>Este producto trae consigo la gran desventaja de ser de rápida polimerización, por ello el odontólogo deberá trabajar lo más rápido posible</p>	<p>Contraindicado para pacientes que presentan hipersensibilidad</p> <p>Puede ser usado sobre dentina húmeda o seca con la técnica de grabado total o autogrado</p>

Nota. Comparación de las ventajas y desventajas entre las diferentes marcas comerciales de los adhesivos de octava generación.

Fuente. (Banegas et al, 2022)

Son los verdaderos adhesivos de un solo paso de autograbado o adhesivos "todo en uno" que combinan las tres funciones de grabado, imprimación y adhesión en un solo paso de aplicación sin una fase de enjuague con agua (Figs. 1 y 2). Si se consideran conjuntamente los adhesivos SE de uno y dos pasos, los adhesivos de autograbado se pueden subdividir en adhesivos de autograbado (SE) "FUERTES" ($\text{pH} < 1$), "fuertes intermedios" ($\text{pH} = 1-2$), "suaves" ($\text{pH} \approx 2$) y "ultra suaves" ($\text{pH} > 2,5$) (Fig 1). Uno de los primeros adhesivos de 1 paso comercializados fue el Adper PromptL Pop (3M ESPE), que rápidamente ganó popularidad entre los odontólogos gracias a su fácil y rápida aplicación en combinación con un sistema exclusivo de aplicación/unidosis. Sin embargo, desconocido en el momento de su introducción, el fuerte enfoque de autograbado de Adper Prompt L-Pop (3M ESPE), así como otros fuertes adhesivos de SE, condujo a una adhesión estable a la dentina, mientras que se logró un rendimiento relativamente aceptable de adhesión al esmalte gracias a su fuerte agresividad de grabado (Van Meerbeek et al, 2020).

Este adhesivo de un paso contiene ésteres metacrílicos de ácido fosfórico como monómeros funcionales disueltos en agua. Los monómeros como el fosfato de di-HEMA no son muy estables en el agua; el adhesivo incluso contenía ácido fosfórico puro, lo que explica su baja acidez y su fuerte rendimiento de (auto)grabado. De manera similar a la producida por los adhesivos E&R, se produjo en la dentina una gruesa capa híbrida de 3 a 4 μm con plena exposición al colágeno, con la diferencia de que los fosfatos de calcio disueltos no se eliminaron (se enjuagaron) sino que se incrustaron en la capa híbrida. Los adhesivos SE fuertes fallaron en la dentina ya que el colágeno dentro de la 3- 4 μm ya no estaba soportado por el mineral, no había ninguna unión química involucrada, la resina infiltrada no se polimerizó adecuadamente y permaneció altamente-hidrofílica y los fosfatos de calcio incrustados en la red de fibras de colágeno relativamente muy expuestas no eran hidrolíticamente estables, lo que desestabilizaba la interfaz adhesiva con el

tiempo. La acelerada degradación de la adhesión documentada en la dentina se confirmó posteriormente de manera clínica en términos de mayores tasas de pérdida de restauración a corto plazo y mayores tasas de fracaso anual en comparación con los adhesivos de referencia (Van Meerbeek et al, 2020).

El rendimiento de adhesión más favorable a la dentina se obtuvo con los adhesivos "MILD" SE que combinan el enclavamiento micromecánico con la adhesión química, de los cuales su mecanismo de adhesión primario se detalla a continuación, ya que esta clase de adhesivos (ultra)suaves pueden considerarse todavía hoy en día el enfoque más fiable para la adhesión duradera a la dentina. Sin embargo, un importante inconveniente sigue siendo la menor eficacia de la adhesión de los adhesivos SE suaves y especialmente ultra suaves al esmalte. Esto debería atribuirse muy probablemente a una combinación de factores, a saber: el menor potencial de entrelazamiento micromecánico logrado por el menor efecto de grabado de los monómeros funcionales ácidos contenidos en los adhesivos de autograbado (ultra)suaves; la menor reactividad química de los monómeros funcionales (también menor nanoestratificación de 10- MDP) con cristales HAp de esmalte; que son más grandes con una mayor cristalinidad que los cristales de HAp de la dentina, lo que hace que al Ca objetivo sea más difícil de alcanzar; y finalmente también la organización cristalina paralela en las varillas de esmalte en comparación con la orientación cruzada de HAp en la dentina, lo que hace que el Ca sea más fácil de alcanzar e interactuar en la dentina (Van Meerbeek et al, 2020).

No obstante, este inconveniente puede compensarse clínicamente mediante el pregrabado selectivo del esmalte con ácido fosfórico, aplicando después el adhesivo SE en el esmalte pregrabado y en la dentina no grabada. Junto con el uso cada vez mayor de SEas suaves y - como el esmalte requiere claramente el grabado con ácido fosfórico y por lo tanto un procedimiento de

E&R - también llamado grabado selectivo del esmalte, ha resultado una rutina de adhesión combinada de E&R/SE clínicamente popular (Fig. 2) (Van Meerbeek & et al, 2020).

Menos comunes son los adhesivos SE "intermedios fuertes" que se desarrollaron como un compromiso para adherirse más eficazmente al esmalte a través de un grabado más fuerte, sin perder el potencial de adhesión química a la dentina. Dos de los adhesivos más exitosos de esta clase son el 1-SEa G-Bond (GC) que combina los monómeros funcionales 10-DMP y el ácido 4-metacriloxietiltrimelítico, y el 2-SEa Optibond XTR (Kerr) basado en GPDM, para los cuales se han obtenido buenos datos de laboratorio y clínicos (Van Meerbeek et al, 2020).

Los 1-SE "suaves" han evolucionado a partir de la combinación de la imprimación de autograbado con la resina adhesiva, que, como en el caso de los adhesivos E&R de 2 pasos, deben considerarse en general como adhesivos "TRADE-OFF" de uso sencillo, a expensas de la durabilidad de la adhesión. No obstante, la última generación de adhesivos de 1 paso ha mejorado definitivamente en el rendimiento tanto en el laboratorio como en la clínica, acercándose al rendimiento superior de los adhesivos de varios pasos (Van Meerbeek et al, 2020).

Estos sistemas adhesivos universales cuentan con rellenos de tamaño nanométrico, contiene un monómero hidrófilo ácido y es usado en el esmalte y en dentina aun si después del grabado se presenta la contaminación con saliva o humedad. Es un adhesivo de autograbado pero de igual forma se puede utilizar en un grabado total. Sus ventajas es que no solo se utiliza en restauraciones directas sino también en restauraciones indirectas, cementación de coronas etc. Este nuevo adhesivo universal nace de la integración y el perfeccionamiento de versiones comerciales anteriores, y la diferencia fundamental, según el fabricante, es la incorporación del monómero MDP y de silano. Se señala que el monómero MDP optimiza la capacidad autograbante del adhesivo, además de proporcionar unión química con el óxido de circonio, alúmina y otros metales,

sin la necesidad de un agente imprimante adicional. Este monómero con actividad acondicionante actúa por disociación del grupo fosfato dihidrogenado, el que se puede disociar en agua para formar 2 protones libres, y además el largo de su cadena carbonilo hace a este monómero hidrofóbico. Por su parte, la incorporación de silano permite establecer una unión entre el adhesivo y la superficie cristalina de cerámica, sin necesidad de usar un primer cerámico adicional (Bader, 2014).

Composición química de adhesivos universales.

Los sistemas adhesivos universales combinan las ventajas de la técnica de grabado y lavado en esmalte, con la simplicidad del autograbado en dentina. La principal diferencia está en su composición, donde se diferencia de otros en la proporción de monómeros de resina, agua y su acidez (Marchesi, 2014).

En estos sistemas adhesivos la técnica ha sido simplificada al máximo, permitiendo mantener en una solución los componentes de monómeros ácidos hidrófilos, solventes orgánicos y agua, básicos para la activación del proceso de desmineralización de dentina y el funcionamiento del sistema. La composición básica de estos sistemas adhesivos consiste en una solución acuosa de monómeros ácidos funcionales, donde para simplificar el proceso en un paso, la solución adhesiva se ha hecho más hidrófila, a partir del incremento en la concentración de estos monómeros, con un pH relativamente mayor que el ácido fosfórico, cuya función es promover el grabado ácido y facilitar la infiltración en dentina. Estos monómeros son conocidos también como monómeros bifuncionales, ésteres fosfatados con pH ácido, que les permite actuar como agentes grabadores e imprimantes o solo como imprimantes, dependiendo de la estrategia adhesiva escogida, estos actúan mediante interacción química y/o disolución de la superficie del sustrato durante la adhesión, formando sales. Dentro de estos monómeros se encuentra el HEMA que actúa como un co-solvente, para aquellos monómeros con dificultad de disolverse en agua; también

contiene monómeros metacrilatos convencionales, que están encargados de la formación del polímero más resistente mecánicamente y la interacción con resinas, puesto que son añadidos para proveer fuerza a la unión micromecánica al tejido dentario, formado por la matriz monomérica (Albaladejo, 2008).

Por otra parte, contiene ácido polialquenoico, que es un ácido débil que le confiere la característica de formar uniones químicas con la dentina por la unión de los grupos carboxílicos del ácido con los iones de calcio del tejido dentario, las sales obtenidas así son de baja resistencia mecánica, sin embargo esta es suficiente para resistir el estrés masticatorio de baja intensidad.

Estos se incorporan en solventes orgánicos como Etanol, Acetona e incluso monómeros como N, N – Dietanol p – Toluidina, que reducen la tensión superficial del adhesivo, aumentando su humectabilidad y facilitando la evaporación del solvente que disuelven los reactivos y permitir una volatilización más fácil del agua presente en los sustratos. Estos solventes se mantienen en la solución hasta ser dispensados sobre la superficie dentaria iniciando la evaporación de los solventes. También, al ser adhesivos de base acuosa son indispensables para ionizar los monómeros ácidos y guiar el proceso de desmineralización del sustrato (Swift, 1998).

En oposición a los adhesivos de grabado y lavado, la importante presencia de agua en su composición hace que estos adhesivos sean menos susceptibles a la variación en el grado de humedad en el sustrato. Además contiene silano, molécula bifuncional con un extremo órgano funcional y un extremos silico funcional, que le confiere la propiedad de unir químicamente sustratos cerámicos con resinosos, por lo que permite una mejor unión a superficies inorgánicas especialmente con contenido de sílica, como cerámicas vítreas, postes de fibra de vidrio, permitiendo también la reparación de restauraciones directas e indirectas. Además, el relleno actúa como refuerzo mecánico de la capa de adhesivo, siendo el fotoiniciador el gran desafío ya que debe

permitir polimerización de diferentes especies moleculares sin separación entre fase hidrofóbicas e hidrofílicas, por esto es que muchos fabricantes usan más de un fotoiniciador, no solo canforoquinona. Hay que tener en cuenta que no todos los adhesivos universales poseen la misma fórmula (Swift, 1998).

Dentro de estos adhesivos universales se pueden encontrar:

All-bond universal de Bisco

Es un agente de unión dental polimerizado y de un solo componente, que combina grabado, imprimación y unión en un solo frasco. Es un adhesivo dental con base de agua y etanol que se adhiere a la dentina y al esmalte cortado y sin cortar. Como adhesivo universal, ha sido diseñado para ser totalmente compatible con materiales de composite de fotocurado, autocurado y doble curado. Se puede utilizar para la unión de restauraciones tanto directas como indirectas, además con o sin grabador de ácido fosfórico.

Indicaciones de uso: se utiliza para restauraciones directas (p. ej., composite basado en resina, ionómeros de vidrio modificado con resina, restauración de muñones, etc.), restauraciones indirectas (metal, cerámica de vidrio, zirconio/alúmina, etc.), desensibilización y sellado de dientes, reparación intraorales (p. ej., porcelana desportillada, adiciones a restauraciones directas, etc.), barniz protector para empastes de ionómeros de vidrio, adhesivo para ortodoncia, adhesivo post-endodóntico.

Single Bond Universal® (3M/ESPE®, Alemania)

Este adhesivo tiene una serie de ventajas, como por ejemplo: técnica de aplicación sencilla en un solo paso, adhesión a superficies de esmalte, dentina y diversos tipos de materiales restauradores, posibilidad de utilizarlo con la técnica de grabado ácido total, grabado ácido

selectivo y como autograbante, con buenos valores de adhesión y sellado marginal, reducción marcada de la sensibilidad postoperatoria (Bader, 2014).

Cuenta con una incomparable gama de propiedades como la capacidad combinada de adhesión con grabado total y autograbado, resistencia adhesiva firme y durable, alta tolerancia a la humedad que permite una adhesión durable en la dentina grabada tanto húmeda como seca. Prácticamente sin sensibilidad posoperatoria con grabado total y autograbado, capacidad combinada de adhesión/imprimación para adherirse en sustratos indirectos (metales, circonio, alúmina y cerámicas de vidrio) sin un imprimador adicional, no requiere refrigeración: tiene una duración de dos años en almacenamiento, capacidad de polimerización dual con una solución activadora adicional de polimerización dual (3M, 2012).

Su creación está basada en las tecnologías probadas de 3M ESPE disponibles en los adhesivos Scotchbond™ Multipropósito, Adper™ Single Bond, Adper™ Single Bond 2 y el Adhesivo Adper™ Easy One autograbador. El cuadro que aparece a continuación (Tabla 1) muestra una comparación de las composiciones de tres adhesivos de 3M ESPE: Adper™ Single Bond 2, Adper™ Easy One y Single Bond Universal (3M, 2012).

Tabla 6

Comparación de las composiciones de tres adhesivos

Adhesivo Adper™ Single Bond 2	Adhesivo Adper™ Easy One	Universal	Adhesivo Single Bond™
	Monómero de fosfato MHP	Monómero de fosfato MDP	
Resinas de dimetacrilato	Resinas de dimetacrilato	Resinas de dimetacrilato	
HEMA	HEMA	HEMA	
Copolímero Vitrebond™	Copolímero Vitrebond™	Copolímero Vitrebond™	
Obturador	Obturador	Obturador	
Etanol	Etanol	Etanol	
Agua	Agua	Agua	
Iniciadores	Iniciadores	Iniciadores	
		Silano	

Nota. Esta tabla muestra la comparación de composiciones químicas entre diferentes adhesivos
Fuente. Datos internos de 3M ESPE

Los tres adhesivos mencionados (Adper™ Single Bond 2, Adper™ Easy One y Single Bond™ Universal) contienen el copolímero Vitrebond™ de 3M ESPE, que apareció por primera vez con el adhesivo Scotchbond™ Multipropósito. Durante el desarrollo de este último, se observó que las fuerzas de adhesión de otros adhesivos dentales tendían a disminuir cuando se encontraban en condiciones variables de humedad. En el desarrollo de Scotchbond™ Multipropósito se observó también que las fuerzas de adhesión de los liners y las bases Vitrebond™ de ionómero de vidrio fotopolimerizable no parecían variar en la misma proporción. Se determinó que al incorporar el copolímero patentado que se usa en el liner o la base Vitrebond™ (ahora llamado Copolímero Vitrebond™) en el imprimador Scotchbond™ Multipropósito se producía un sistema muy resistente a los efectos perjudiciales de la humedad variable (Fundingsland et al, 1992).

Desde entonces, el Copolímero Vitrebond™ también se ha usado en los siguientes productos de 3M ESPE: en el Cemento RelyX™ Luting 2, el restaurador Vitremer™, el Adhesivo Adper™ Single Bond 2, el Adhesivo Adper™ Easy One, y ahora, en el Adhesivo Single Bond™ Universal (3M, 2012).

La resistencia adhesiva que brinda el Adhesivo Single Bond™ Universal permite sellar la dentina si se usa en el modo de autograbado o en el modo de grabado total, además de que protege la dentina de túbulos abiertos y sensibilidad potencial. Es también un método para reducir la sensibilidad en los pacientes que ya presentan síntomas (3M, 2012).

La diferencia principal de los adhesivos Adper™ Easy One y Single Bond™ Universal respecto al Adhesivo Adper™ Single Bond 2 es que reemplazan parcialmente los monómeros de metacrilato (UDMA y GDMA) por los monómeros de metacrilato fosforilado (MHP o MDP), para lograr la acidez necesaria para la capacidad autograbante (3M, 2012).

La creación del Adhesivo Adper™ Easy One autograbador se basó en la fórmula química del Adhesivo Adper™ Single Bond 2 y en la inclusión de los monómeros fosforilados para obtener las propiedades de autograbado. La principal diferencia entre el adhesivo Single Bond™ Universal y el Adhesivo Adper™ Easy One es un cambio en los monómeros fosforilados que se emplean en ambos sistemas y la inclusión de silano. La fórmula adhesiva del Adper™ Easy One usa metacriloxihexil fosfato (MHP), mientras que el Adhesivo Single Bond™ Universal usa metacriloxidecil fosfato (MDP). El MDP brinda un mejor rendimiento de adhesión en el esmalte, una mayor estabilidad del producto y una adhesión mejorada en el metal y los sustratos que no son de cerámica de vidrio. La inclusión de silano permite adherir en las superficies de cerámica de vidrio sin necesidad de un imprimador adicional (3M, 2012).

La combinación de los componentes del Adhesivo Single Bond™ Universal ofrece un alto nivel de conversión y más propiedades hidrofóbicas al momento de polimerizar. Antes de la polimerización y durante su aplicación, el Adhesivo Single Bond™ Universal es hidrofílico para dar una hidratación óptima de la estructura del diente. Después del secado y la polimerización, el Adhesivo Single Bond™ Universal muestra un alto nivel de conversión y es hidrofóbico, lo cual hace posible que la adhesión sea durable. Esta naturaleza hidrofílica e hidrofóbica del Adhesivo Single Bond™ Universal se presenta en la Figura 3. Se coloca una gota de agua en una muestra del Adhesivo Single Bond™ Universal no polimerizado, como aparece en la foto de la izquierda, en la cual se ilustra la naturaleza hidrofílica del adhesivo. En la foto de la derecha se aprecia una gota de agua en la muestra fotopolimerizada del Adhesivo Single Bond™ Universal, en la que se observa la naturaleza hidrofóbica después de la polimerización (3M, 2012).

Figura 3

Demostración de las propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas



Nota. Esta figura muestra las propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas del adhesivo Single Bond Universal sin polimerizar y polimerizado

Fuente. Datos internos de 3M ESPE.

Al igual que los adhesivos Adper™ Single Bond 2 y Adper™ Easy One, Single Bond™ Universal contiene un sistema solvente etanol-agua. A diferencia de la acetona, el etanol es menos volátil y ayuda a mantener la viscosidad y consistencia mientras el producto está en uso. Al mismo tiempo, se optimizó el sistema solvente del Adhesivo Single Bond™ Universal, en combinación con el resto de la fórmula, para evitar la separación de fases mientras se aplica el adhesivo (3M, 2012).

Por otro lado, este adhesivo está indicado para toda clase de obturaciones (de acuerdo con Black) con resinas o compómeros, cementación de carillas en combinación con el Cemento RelyX™ Veneer de 3M ESPE, desensibilización de la superficie radicular, sellado de cavidades antes de cementar las restauraciones con amalgama, sellado de cavidades y preparación de muñones dentarios antes de la cementación temporal de las restauraciones indirectas, barniz

protector para las obturaciones con ionómero de vidrio, adhesión de selladores de fosas y fisuras, reparación intraoral de resinas, porcelana fundida sobre metal y todo tipo de restauraciones de cerámica ya existentes, sin necesidad de un imprimador adicional, adhesión de cementos de polimerización dual y de polimerización química, materiales de reparación de muñones y resinas (con activador), adhesión de restauradores de muñones hechos de resina o de materiales para reparar muñones, reparación de obturaciones de resina o compómeros, cementación de restauraciones indirectas (coronas, inlays) de resinas o compómeros, cerámica y metal, en combinación con el Cemento RelyX™ Ultimate (3M, 2012).

Técnica de aplicación de sistema adhesivo Universal.

Los procedimientos de adhesión fueron:

-Adhese (Aplicación Activa): se aplica adheSE primer, se frota vigorosamente, con un microbrush (Kg Sorensen Brush Regular) por 30 seg y airear por 5 seg, luego se aplica adheSE bonding frotando vigorosamente con un microbrush (Kg Sorensen Brush Regular por 20 y airear por 5 segundos, después se fotopolimeriza por 20 o 40 segundos (600 mW/cm²) según el grupo.

-Adhese (Aplicación Pasiva): se aplica adheSE primer con un microbrush (Kg Sorensen Brush Regular) sin frotar por 30 seg y airear por 5 seg, luego se aplica adheSE bonding con un microbrush (Kg Sorensen Brush Regular) sin frotar por 20 segundos y airear por 5 segundos, después se fotopolimeriza por 20 o 40 segundos (600 mW/cm²) según el grupo. -

Universal (Aplicación Activa): se aplica y se frota vigorosamente con un microbrush (Kg Sorensen Brush Regular) por 20 segundos y airear por 5 segundos, luego, se fotopolimeriza por 20 o 40 segundos (600 mW/cm²) según el grupo.

-Universal (Aplicación Pasiva): primero, se aplica adheSE primer con un microbrush (Kg Sorensen Brush Regular) sin frotar por 30 seg y airear por 5 seg, luego, se aplica adheSE bonding con un microbrush (Kg Sorensen Brush Regular) sin frotar por 20 segundos y airear por 5 segundos, después se fotopolimeriza por 20 o 40 segundos (600 mW/cm²) según el grupo. (Tabla 7).

Tabla 7

Materiales utilizados en la investigación

Material (Número de lote)	Composición	Tipo de Aplicación	
		Activa	Pasiva
Adhese, Ivoclar Vivadent AG, FL 9494 Schaan Liechtenstein	AdheSE Primer: dimetacrilato, acrilato ácido fosfónico, iniciadores y estabilizadores en solución acuosa	1 Aplicar adheSE primer y frotado vigorosamente, con un microbrush (Kg Sorensen Brush Regular) por 30 seg y airear por 5 seg	1 Aplicar adheSE primer con un microbrush (Kg Sorensen Brush Regular) sin frotar por 30 seg y airear por 5 seg
		2 Aplicar adheSE bonding frotando vigorosamente con un microbrush (Kg Sorensen Brush Regular) por 20 segundos y airear por 5 segundos	2 Aplicar adheSE bonding con un microbrush (Kg Sorensen Brush Regular) sin frotar por 20 segundos y airear por 5 segundos
		3 Fotopolimerizar por 20 segundos (600 mW/cm ²) (Ivoclar vivadent AG, FL-9494 Schaan, Liechtenstein, Austria)	3 Fotopolimerizar por 20 segundos (600 mW/cm ²) (Ivoclar vivadent AG, FL-9494 Schaan, Liechtenstein, Austria)
Primer N° R76577	AdheSE Bond: HEMA, dimetacrilato, dióxido de silicio, iniciadores y estabilizadores	1 Aplicar adheSE primer y frotando vigorosamente con un microbrush (Kg Sorensen Brush Regular) por 30 seg y airear por 5 seg	1 Aplicar adheSE primer con un microbrush (Kg Sorensen Brush Regular) sin frotar por 30 seg y airear por 5 seg
Bonding N° R76785		2 Aplicar adheSE bonding frotando vigorosamente con un microbrush (Kg Sorensen Brush Regular) por 20 segundos y airear por 5 segundos	2 Aplicar adheSE bonding con un microbrush (Kg Sorensen Brush Regular) sin frotar por 20 segundos y airear por 5 segundos
		3 Fotopolimerizar por 40 segundos (600 mW/cm ²) (Ivoclar vivadent AG, FL-9494 Schaan, Liechtenstein, Austria)	3 Fotopolimerizar por 40 segundos (600 mW/cm ²) (Ivoclar vivadent AG, FL-9494 Schaan, Liechtenstein, Austria)
Universal Single Bond, 3M ESPE AG	MDP monómero de fosfato,	1 Aplicar y frotar vigorosamente con un microbrush (Kg Sorensen Brush Regular) por 20 segundos y airear por 5 segundos	1 Aplicar con un microbrush (Kg Sorensen Brush Regular) y sin frotar por 20 segundos y airear por 5 segundos
	Resinas Dimetacrilato, HEMA.	2 Fotopolimerizar por 20 segundos (600 mW/cm ²) (Ivoclar vivadent AG, FL-9494 Schaan, Liechtenstein, Austria)	2 Fotopolimerizar por 20 segundos (600 mW/cm ²)
ESPE Platz 82229 Seefeld · Germany	Vitrebond™ Copolímero	1 Aplicar con un microbrush (Kg Sorensen Brush Regular) y frotar vigorosamente por 20 segundos y airear por 5 segundos	1 Aplicar con un microbrush (Kg Sorensen Brush Regular) y sin frotar por 20 segundos y airear por 5 segundos
N° 499405	Relleno,	2 Fotopolimerizar por 40 segundos (600 mW/cm ²) (Ivoclar vivadent AG, FL-9494 Schaan, Liechtenstein, Austria)	2 Fotopolimerizar por 40 segundos (600 mW/cm ²) (Ivoclar vivadent AG, FL-9494 Schaan, Liechtenstein, Austria)
	Etanol,		
	Agua, Iniciadores,		
	Silano		

Nota. Esta tabla muestra la comparación de los materiales utilizados en la investigación en cuanto a su composición y tipo de aplicación

Fuente. Datos internos de 3M, 2012

Teniendo en cuenta las limitaciones del estudio, la aplicación activa aumenta los valores de resistencia de unión en adhesivos autograbadores de un paso y dos pasos en esmalte, y disminuye la necesidad de aumento de tiempo en la fotopolimerización.

Dependiendo de la técnica adhesiva a utilizar será la aplicación del sistema adhesivo, es decir, si será utilizado con grabado total, grabado selectivo de esmalte o como autograbante, esto dependerá de la situación clínica y del criterio del profesional.

- Técnica autograbante: se aplica el sistema adhesivo con un microaplicador desechable sobre esmalte y dentina sin grabar, después se frota sobre la superficie durante 20 segundos, se sopla suavemente con aire durante 5 segundos, hasta que quede una capa uniforme, luego se polimeriza el adhesivo por 10 segundos.

- Grabado selectivo: se aplica ácido fosfórico sobre esmalte por 15-30 segundos, para luego lavar con agua por el mismo tiempo de grabado, hace un secado ligero con aire en la superficie, sin desecar la dentina y luego realiza la aplicación del sistema adhesivo sobre esmalte grabado y dentina no grabada de igual manera que en la técnica de autograbado.

- Grabado total: se aplica ácido fosfórico de manera simultánea sobre superficie de esmalte y dentina por el mismo tiempo. Luego, se realiza el lavado de la superficie con agua por el mismo tiempo de grabado, después un secado ligero con aire en la superficie, sin desecar la dentina y se aplica el sistema adhesivo sobre esmalte y dentina grabada de igual manera que en la técnica de autograbado (De munck, 2009).

Diseño metodológico

Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es una revisión sistemática de la literatura. Las revisiones sistemáticas se deben considerar como un estudio independiente basado en la estructura subyacente, ya que se llevan a cabo de acuerdo con una metodología planificada y totalmente reproducible. De esta manera, debido al tipo de información que ofrecen, pueden proporcionar un resumen mucho más confiable y completo de un tema que un solo artículo original, recopilando toda la evidencia y la literatura disponibles de manera estandarizada de acuerdo con criterios especificados y reproducibles (Scheidt et al., 2019).

Este trabajo de investigación se organizó de forma clara y estructurada la información disponible para responder a inquietudes clínicas específicas sobre los sistemas adhesivos de quinta generación vs octava generación y su fuerza de adhesión, la cual se compone por varios artículos y fuentes de información, destacados por describir de forma clara y científica las ventajas y desventajas, propiedades físicas y químicas, las técnicas de aplicación de los adhesivos de quinta y octava generación, y de igual manera cual presenta mayor fuerza de adhesión en la estructura dentaria.

Población y muestra

La población del presente estudio estuvo conformada por la selección de 50 artículos referentes a la temática de investigación sistemas adhesivos y su fuerza de adhesión obtenidos a través de buscadores como Pubmed, Google Académico, Scielo, publicados entre los años 1980 – 2022, en los idiomas español e inglés.

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión.

- Artículos publicados en revistas indexadas.
- Literatura referente a sistemas adhesivos de quinta generación y octava generación.
- Artículos publicados en idioma español e inglés.
- Artículos con textos completos.
- Documentos con indicaciones del producto por casas comerciales.
- Estudios comparativos entre sistemas adhesivos de quinta generación y octava generación.

Criterios de exclusión.

- Estudios en los cuales no se presentan los sistemas adhesivos.
- Estudios y artículos que no tengan soporte científico.
- Artículos que limiten su búsqueda de texto completo.
- Artículos escritos en otros idiomas
- Monografías.

Materiales y métodos

El desarrollo de esta investigación se realizó por medio de la revisión de artículos científicos relacionados con el tema de los sistemas adhesivos de quinta generación vs octava generación y su fuerza de adhesión, la búsqueda inicial se realizó en diferentes plataformas biomédicas tales como Scielo, PubMed, EMBASE, Researchgates, Elsevier en este trabajo la búsqueda se realizó teniendo en cuenta los siguientes términos y/o palabras claves como: “adhesivos”, “adhesión”, “sistemas adhesivos”, “GPDM”, “SMEAR LAYER”, “fuerza de adhesión”

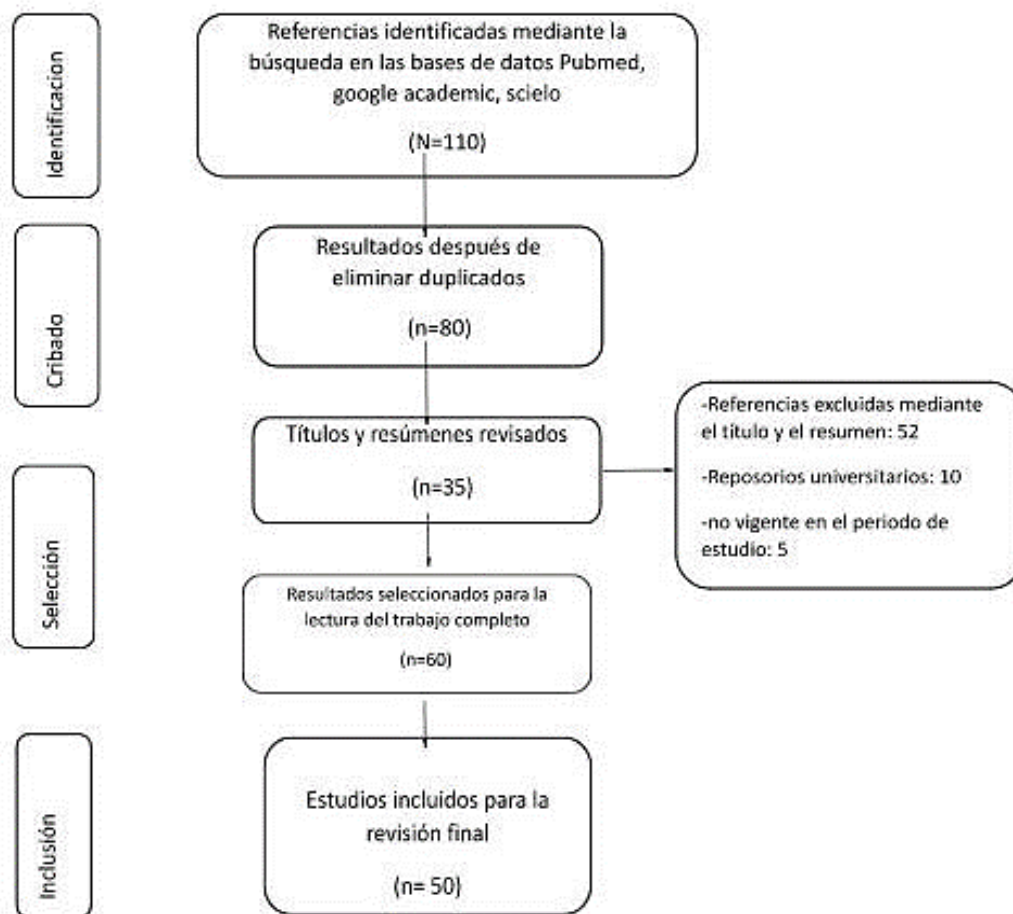
Para la selección de los artículos científicos se tuvieron en cuenta los criterios de inclusión y exclusión, se realizó una síntesis de la información encontrada. Se analizaron cada uno de los

artículos y se discutió con el asesor metodológico para evaluar su vinculación al trabajo de revisión.

Se estructuró la revisión bibliográfica sobre sistemas adhesivos de quinta generación vs octava generación y su fuerza de adhesión teniendo en cuenta las técnicas de aplicación, las ventajas y desventajas, las propiedades físicas y químicas de los adhesivos de quinta y octava generación, incluyendo las variables de objeto del estudio, después se presentaron los resultados del estudio, estos se organizaron de forma secuencial y lógica. Luego se llevó a cabo una amplia discusión de los resultados obtenidos por los diferentes autores. Con base a esto último se presentó las conclusiones de este trabajo de investigación y finalmente se presentaron las recomendaciones del trabajo de investigación.

La investigación se limitó a artículos sobre sistemas adhesivos de 5ta generación y 8va generación y a artículos cuya información fue útil para este proyecto. Se excluyeron resúmenes, monografías y artículos publicados en revistas no indexadas. Las publicaciones variaron entre el año 1980 y el año 2022 de revistas indexadas. Teniendo en cuenta esta información se obtuvieron 50 artículos.

Teniendo en cuenta los elementos de informe utilizados para revisiones sistemáticas y metaanálisis de revisiones de alcance (PRISMA-ScR) para mejorar la calidad metodológica se llevó a cabo en esta etapa de la revisión, la vía de inclusión/exclusión mediante un diagrama de flujo. Por lo tanto, está determinado por tres etapas: en la primera etapa, se examinó el título para determinar la relevancia del tema. En la segunda etapa, si el título estaba en relación con los objetivos del trabajo de investigación, se leyó el resumen. Y en la tercera etapa, se leyeron de forma independiente el texto completo de los estudios seleccionados en la segunda etapa, con el fin de determinar si cumplen con los criterios de inclusión (Gómez R. L., Suárez A. M., 2021).

Figura 4*Diagrama de flujo*

Nota. La figura muestra un flujograma según protocolo PRISMA. Proceso en la identificación, el cribado, la selección y la inclusión de los trabajos científicos utilizados en la revisión bibliográfica.

Análisis Estadístico

Es una investigación secundaria, que se realizó a partir de una revisión sistemática de la literatura mediante un análisis exhaustivo de artículos científicos presentando de forma lógica los resultados y las discusiones de los diferentes estudios relacionados al tema de investigación; de tal manera presentando los resultados de la revisión bibliográfica mediante tablas.

Resultados

Los resultados están determinados por la selección de 26 artículos de revisión de la literatura, publicados entre los años 2001 y 2022 de revistas indexadas de diferentes países en idiomas inglés y español de base de datos como Pubmed y Google académico, organizados en tablas.

Ventajas y desventajas de los adhesivos de quinta generación y octava generación

Entre las principales ventajas de los adhesivos de octava generación se encuentra la simplificación del proceso adhesivo, tiempos de trabajo y disminución de la sensibilidad postoperatoria, de tal forma, con las ventajas de los adhesivos de quinta generación se determina que se adhieren bien al esmalte, la dentina, a la cerámica y a los metales, pero lo más importante es que se caracterizan por tener los componentes en un solo frasco (primer bonding). Con relación a las de las desventajas más significativas de los adhesivos de quinta generación como el riesgo de sobre humedecer o reseca la dentina después del lavado del ácido fosfórico, degradando las fibras colágenas y presentando mayor posibilidad de sensibilidad postoperatoria, de otra manera, los adhesivos de octava generación que su principal desventaja son los componentes, ya que presentan contenido que puede ser altamente sensible para el paciente, que pueden presentar algunas reacciones alérgicas, el alto costo y la falta de información, lo cual dependerá del profesional, revisar y analizar su propia técnica.

A continuación, se describen las ventajas y desventajas de los sistemas adhesivos de quinta generación y octava generación teniendo en cuenta 14 artículos científicos de diferentes autores.

Tabla 8*Ventajas de los sistemas adhesivos de quinta generación***Adhesivos quinta generación**

Autor/Año	Ventajas
<i>Mandri, et al 2015</i>	Al imprimador se le han unido monómeros con grupos ácidos capaces de ejercer la acción del agente de grabado ácido y de esta forma acondicionar el tejido dentario para la adhesión. Por lo cual tienen la ventaja de que se elimina la fase de lavado y la superficie de dentina queda adecuadamente preparada para recibir el agente adhesivo.
<i>Freedman, 2017</i>	Se adhieren bien al esmalte, a la dentina, a la cerámica y a los metales, pero lo más importante es que se caracterizan por tener los componentes en un solo frasco (primer bonding).
<i>Vieira, 2013</i>	Pueden ser utilizados con composite, compómeros y cementos resinosos, presentan alta compatibilidad y fluidez en la penetración de la estructura dentaria. Evita nanofiltraciones, evita la recidiva de caries, tiene un alto índice de resistencia a unión, menor índice de infiltraciones post operatorias y es compatible con sistemas de cementado tanto auto como fotopolimerizable.
<i>Coltene, 2019</i>	No hay pérdida de material por evaporación, derrame o goteo, sin productos volátiles que logren quedar bajo la carilla y poner en peligro la adhesión, no provoca sensibilidad postoperatoria.
<i>3M, 2017</i>	Tecnología de nanorelleno patentada que evita que el relleno se sedimente; no necesita agitar antes, su solvente de etanol/agua es menos volátil que el de los adhesivos con base de acetona, menos desperdicio con desempeño más homogéneo. Contiene copolímero Vitrebond permitiendo buena adhesión en dentina húmeda, botella anaranjada translúcida que permite ver la cantidad de producto remanente, versátil, indicado para restauraciones directas e indirectas. Tapa abatible (Flip-top) se cierra herméticamente minimizando la evaporación: menos desperdicio y un desempeño más homogéneo.

Tabla 9*Desventajas de los sistemas adhesivos de quinta generación*

Adhesivos quinta generación	
Autor/Año	Desventajas
<i>Banegas et al, 2022</i>	Su rendimiento de adherencia mejoraba típicamente cuando se aplicaban adhesivos de un frasco en varias capas sucesivas, potencialmente fotocurados por separado, o iban seguidos de la aplicación de una capa de adherencia adicional, transformando básicamente los adhesivos simplificados de nuevo en adhesivos de varios pasos. Menor contenido de resina junto con un mayor contenido de disolvente, un espesor de película adhesiva más fino con menores efectos de absorción de tensiones.
<i>Cruz C, 2017</i>	Requiere un proceso de enjuague y secado antes de aplicar un adhesivo a la dentina desmineralizada. Este proceso restaurativo es complicado y no causa una adhesión confiable.
<i>Freedman, 2017</i>	La fuerza de adhesión a la dentina no es apta en la combinación con cementos resinosos y composites que sean autocurables.
<i>Van Meerbeek et al, 2020</i>	La dentina puede estar sobregrabada por el ácido fosfórico, más profundo de lo que la resina será capaz de infiltrarse en la red de fibras de colágeno expuestas.

Tabla 10*Ventajas de los sistemas adhesivos de octava generación*

Adhesivos octava generación	
Autor/Año	Ventajas
<i>Gómez, 2004</i> <i>Cornelio, 2017</i>	Desmineralización e infiltración de la dentina, durante el procedimiento adhesivo no hay que lavar tras el grabado, se considera una técnica más rápida.

<i>Vásquez, 2005</i>	<p>Excelente sellado e integridad marginal y se puede reforzar el sellado mediante un grado selectivo a nivel del esmalte evitando microfiltraciones a futuro.</p> <p>Un solo frasco, manipulación sencilla para el operador, sirve para restauraciones directas e indirectas.</p> <p>Alta resistencia puede ser utilizado sobre dentina húmeda o seca con la técnica de grabado total o autograbado sin alterar la adhesión, posee un sistema desensibilizador postoperatorio.</p>
<i>Mandri A., et al. 2015</i>	<p>Facilidad de aplicación, al eliminar el lavado de la superficie solo requieren de un secado para distribuir uniformemente el producto antes de su fotopolimerización.</p>
<i>3M ESPE, 2012</i> <i>3M ESPE, 2014</i>	<p>Capacidad combinada de adhesión/imprimación para adherirse en sustratos indirectos (metales, circonio, alúmina y cerámicas de vidrio) sin un imprimador adicional.</p> <p>Una mayor estabilidad hidrolítica: no requiere refrigeración: tiene una duración de dos años en almacenamiento.</p> <p>Un monómero que brinda las propiedades de autograbado, una mayor resistencia adhesiva en el esmalte.</p> <p>Se adhiere químicamente en las superficies de cerámica de vidrio sin necesidad de un imprimador de cerámica, sellar los túbulos expuestos y así reducir la sensibilidad.</p>
<i>Berasategi, 2011</i>	<p>No se afecta por cambios regionales en la dentina, no se perturban por cambios en la cantidad de agua del sustrato, poseen un buen selle marginal, y algunos tienen la posibilidad de liberar flúor.</p>

Tabla 11

Desventajas de los sistemas adhesivos de octava generación

Adhesivos octava generación	
Autor/Año	Desventajas
<i>Gómez, 2004</i>	<p>Los estudios a largo plazo son todavía insuficientes</p> <p>Se requieren más pruebas clínicas referentes a la adhesión al esmalte.</p>

<i>Cruz C, 2017</i>	Menores valores de resistencia en el sustrato adamantino al aplicar esta técnica de autograbado
<i>Banegas et al, 2022</i>	<p>Tiene un costo elevado, no se puede usar en pacientes que sean alérgicos a HEMA, Bis-GMA, TMPTMA, fluoruros, etanol y aminos.</p> <p>Si este material entra en contacto con el lóbulo ocular puede generar daños graves, de igual manera al entrar en contacto con la mucosa bucal.</p> <p>Contraindicado en los espacios que no ingrese mucha luz y en la colocación de pernos colados dentro del conducto.</p> <p>Si la preparación dentaria entra en contacto con los fluidos orales este adhesivo se verá afectado con lo que disminuye la longevidad de la restauración, es por ello que se debe aplicar en superficies con aislamiento absoluto.</p> <p>Puede ocasionar reacciones cutáneas al entrar en contacto con la piel.</p> <p>Contraindicado para pacientes que presentan hipersensibilidad, rápida polimerización, por ello el odontólogo deberá trabajar lo más rápido posible.</p>

Propiedades físicas y químicas de los sistemas adhesivos de quinta generación y octava generación

Entre las propiedades físicas y químicas de los diferentes sistemas adhesivos de quinta y octava generación descritos por los diferentes autores se presenta que la composición química de los adhesivos universales incorpora la proporción de monómeros de resina, agua y su acidez y también principalmente por la incorporación del monómero MDP y de silano; además, por garantizar una alta fuerza adhesiva a esmalte y dentina incluso en situaciones de extremo estrés.

Seguidamente, se describen las propiedades físicas y químicas de los sistemas adhesivos de quinta generación y octava generación teniendo en cuenta 7 artículos científicos de distintos autores.

Tabla 12*Propiedades físicas y químicas de los sistemas adhesivos de quinta generación*

Propiedades de los sistemas adhesivos de 5 generación		
Autor/Año	Propiedades físicas	Propiedades químicas
Vieira, 2013	Alta compatibilidad y fluidez en la penetración de la estructura dentaria, tiene un alto índice de resistencia a unión.	Prime & Bond 2.1. Las restauraciones confeccionadas con este sistema presentan una adhesión fuerte, durable y con alta integridad marginal.
Coltene, 2019	Compatible con agua, tiene excelente desempeño en dentina seca y húmeda, no hay pérdida de material por derrame, goteo o evaporación, presenta más cobertura: basta una gota y una capa para una adhesión perfecta, sin productos volátiles que podrían quedar bajo la carilla y poner en riesgo la adhesión, no provoca sensibilidad postoperatoria.	One Coat Bond SL. Solvente a base de agua, garantiza una buena penetración en las fibras de colágeno y los túbulos dentinarios, a la vez que una fiable humectación de la superficie del diente.
3M, ESPE, 2019	Activado por luz visible que incorpora un relleno de silica de 5 nm de diámetro y representa el 10% de su peso y además, es hidrofílico.	Adper Single Bond Plus. La compatibilidad con los procedimientos de adhesión indirecta se debe a la película de bajo grosor (aproximadamente 10 µm) del adhesivo polimerizado.
Marchesi, 2014	Alta fuerza de adhesión y la mínima evaporación del disolvente (alcohol).	Bond Te-Econom. Agente adhesivo para la unión a esmalte y la dentina monocomponente para la técnica de grabado total.

Tabla 13*Propiedades físicas y químicas de los sistemas adhesivos de octava generación*

Propiedades de los sistemas adhesivos de 8 generación		
Autor/Año	Propiedades físicas	Propiedades químicas
<i>Van Meerbeek et al, 2020</i>	<p>Resistencia adhesiva firme y durable</p> <p>Alta tolerancia a la humedad que permite una adhesión durable en la dentina grabada tanto húmeda como seca</p> <p>Capacidad combinada de adhesión/imprimación para adherirse en sustratos indirectos (metales, circonio, alúmina y cerámicas de vidrio) sin un imprimador adicional</p> <p>No requiere refrigeración: tiene una duración de dos años en almacenamiento</p> <p>Capacidad de polimerización dual con una solución activadora adicional de polimerización dual</p> <p>Garantiza valores de alta adhesión y se puede usar con seguridad en condiciones húmedas.</p>	<p>En los componentes el Monómero de fosfato MDP con pH ácido 2,7 otorga la capacidad de auto-acondicionador y optimiza la unión a superficies metálicas y de cerámicas.</p> <p>Los otros componentes: dimetacrilatos, HEMA, co-polímero de Vitrebond, fotoiniciador etanol y agua, carga de vidrio. y el silano activo en cerámicas de vidrio</p> <p>Activador Dual. Scotchbond Universal DCA. Sulfinato toluene sódico en etanol</p> <p>Presenta la incorporación del monómero MDP y de silano</p> <p>La inclusión de silano permite adherir en las superficies de cerámica de vidrio sin necesidad de un imprimador adicional.</p>
<i>Bader, 2014</i>	<p>Humedad superficial, microretención (enclavamiento micromecánico) e interacción química</p>	<p>Contiene el monómero MDP que crea una fuerte adhesión química con la hidroxiapatita, además de garantizar una alta fuerza adhesiva a esmalte y dentina incluso en situaciones de extremo estrés.</p>
<i>Banegas et al, 2022</i>	<p>Adhesivo Single Bond™ Universal ofrece un alto nivel de conversión y más propiedades hidrofóbicas al momento de polimerizar.</p>	<p>Incorpora monómero MDP y de silano. Se señala que el monómero MDP optimiza la capacidad autograbante del adhesivo, además de proporcionar unión química con el óxido de circonio, alúmina y otros</p>

Contiene un sistema solvente etanol-agua. Mantener la viscosidad y consistencia mientras el producto está en uso.	metales, sin la necesidad de un agente imprimante adicional. Este monómero con actividad acondicionante actúa por disociación del grupo fosfato dihidrogenado, el que se puede disociar en agua para formar 2 protones libres, y además el largo de su cadena carbonilo hace a este monómero hidrofóbico. Por su parte, la incorporación de silano permite establecer una unión entre el adhesivo y la superficie cristalina de cerámica, sin necesidad de usar un primer cerámico adicional.
---	---

Técnicas de aplicación de los sistemas adhesivos de quinta generación y octava generación

Entre las técnicas de aplicación de los diferentes sistemas adhesivos de quinta y octava generación descritos por los diferentes autores se presenta que el avance de las tecnologías en los materiales restauradores busca no solo un mayor rendimiento clínico, sino también la simplicidad en la técnica y aplicación de los mismos. Tanto los sistemas de adhesivos universales como los de quinta generación permiten ser utilizados en distintos sustratos, reduciendo la cantidad de pasos clínicos, optimizando así los tiempos operatorios.

A continuación, se describen las técnicas de aplicación de los sistemas adhesivos de quinta generación y octava generación teniendo en cuenta 11 artículos científicos de diferentes autores.

Tabla 14*Técnicas de aplicación de los sistemas adhesivos de quinta generación*

Técnicas de aplicación	
Autor/Año	Quinta generación
<i>Olivares J. A., 2013</i> <i>De munck, 2009</i> <i>Aguilera, 2001</i> <i>Garrofe et al, 2014</i>	Consiste en aplicar ácido fosfórico para crear microporosidades en el esmalte y abrir los túbulos de dentina, y así la porción más externa de los túbulos sirva como retención a la resina adhesiva, formando una capa híbrida con el colágeno de la dentina y las microretenciones en el esmalte, en este último la adhesión se logra preparando la superficie seca, se graba la superficie dentinaria con ácido fosfórico al 37% por 15 seg en esmalte y 10 seg en dentina. Posteriormente, se lava con abundante agua y se seca utilizando bolitas de algodón. El ácido logra disolver y penetrar las zonas inter e intra prismáticas, de manera que crea un área socavada. Seguidamente se procede a la colocación del sistema adhesivo Single Bond. Se aplicó con la punta del microbrush dos capas del sistema adhesivo y se fotopolimeriza durante 20 segundos con una fuente de luz halógena.
<i>Mandri, 2015</i> <i>Van Meerbeek et al, 2020</i>	Su rendimiento de adherencia mejoraba típicamente cuando se aplicaban adhesivos de un frasco en varias capas sucesivas, potencialmente fotocurados por separado, o iban seguidos de la aplicación de una capa de adherencia adicional, transformando básicamente los adhesivos simplificados de nuevo en adhesivos de varios pasos
<i>Coltene, 2019</i>	Se debe distribuir Prime & Bond 2.1 directamente en un pincel limpio descartable o colocar 2 o 3 gotas en un recipiente limpio. Tapar el frasco rápidamente. También utilizando un pincel se aplica inmediatamente una gran cantidad de adhesivo humedeciendo bien todas las paredes del diente. Estas superficies deben permanecer totalmente húmedas durante 20 segundos y puede necesitar aplicaciones adicionales de Prime & Bond. Después, quite el exceso de solvente secando con una jeringa de aire limpio seco, durante al menos 5 segundos, la superficie debe tener una apariencia brillante y uniforme si no fuera así repetir los pasos, y polimerizar el Adhesivo Prime & Bond durante 10 segundos utilizando lámpara. Aplicar una segunda capa del Adhesivo Prime & Bond 2.1. a las superficies de la cavidad. Inmediatamente, secar con aire para evaporar el solvente, luego colocar TPH Spectrum sobre Prime & Bond 2.1. sin polimerizar.

Tabla 15

Técnicas de aplicación de los sistemas adhesivos de octava generación

Técnicas de aplicación	
Autor/Año	Octava generación
<i>Villanueva M., 2017</i>	Los adhesivos universales pueden utilizarse siguiendo 3 protocolos clínicos distintos:
<i>Guzmán H., 2016</i>	Técnica de Grabado Total (Total Etch). Desinfección y lavado de la preparación, aplicación del ácido fosfórico al 37% en consistencia gel con punta aplicadora sobre esmalte 15'' y en dentina 10'', lavado abundante y profuso de la preparación y secado con papel absorbente, cuidando de no reseca la dentina, aplicación de una única capa de adhesivo universal sobre esmalte y dentina, frotando por 20'' solo en dentina, fotopolimerización por 20 ''.
<i>De munck, 2009</i>	Técnica con Grabado Selectivo. Desinfección y lavado de la preparación, aplicación del ácido fosfórico al 37% en consistencia gel con punta aplicadora sobre el borde cavo del esmalte, sin involucrar dentina, por 15'', lavado abundante y profuso de la preparación y secado con papel absorbente, cuidando de no reseca la dentina, aplicación de una única capa de adhesivo universal sobre esmalte y dentina no grabada, frotando por 20'' solo en dentina, se fotopolimeriza por 20'', se procede con la restauración.
<i>3M, 2012</i>	Técnica con Adhesivo Universal (autograbante). Desinfección, lavado y secado de la preparación, aplicación de adhesivo universal en esmalte y dentina no grabada, sobre dentina frotamos por 20 seg, se volatiliza el solvente con aire en forma no direccional y fotopolimerización por 20'', se procede con la restauración.
<i>3M, 2012</i>	Se aplica y se frota vigorosamente con un microbrush por 20 segundos y airear por 5 segundos, luego, se fotopolimeriza por 20 o 40 segundos.

Fuerza de adhesión de los sistemas adhesivos de quinta generación y octava generación

Según los análisis de los resultados de acuerdo a la revisión de la literatura, se destaca que los sistemas adhesivos con mayor fuerza de unión en el esmalte, son los sistemas de 5ta generación al comparar con los sistemas de 8va generación, es decir, los sistemas de 5ta generación crea una mejor adhesión en el esmalte, mientras que los sistemas de 8va generación crea una mejor adhesión sobre la dentina, también han permitido mejorar en los procedimientos clínicos como la disminución del tiempo operatorio y disminución de la sensibilidad postoperatorio, esto beneficiará al odontólogo así también al paciente, para dar un tratamiento óptimo y eficaz.

A continuación, se describen los principales hallazgos relacionados con la fuerza de adhesión al esmalte y a la dentina de los sistemas adhesivos de quinta y octava generación teniendo en cuenta 7 artículos científicos por diferentes autores.

Tabla 16

Fuerza de adhesión de los sistemas adhesivos de quinta generación en la estructura dentaria

Fuerza de adhesión adhesivos de 5 generación		
Autor/año	Esmalte	Dentina
<i>Aguilar A. L. et al., (2015)</i>	Valores de resistencia de unión tanto a esmalte como a dentina de aproximadamente 29 MPa	
<i>Arquiñego, K. A. et al., (2019)</i>	Con respecto a la resistencia adhesiva resina-dentina del sistema adhesivo Adper Single Bond 2 (3M) aplicados activamente con frotación 10 s, 20 s y 30 s se obtuvo 14,02, 16,33 y 16,62 MPa	
<i>Freedman G., et al., (2017)</i>	La fuerza de adhesión a la dentina se encuentra en el rango de 20-25+ MPa	
<i>Camelo, (2017)</i>	La resistencia a la des cementación con la técnica de adhesivo con la técnica tradicional fue de 30,2 MPa	

Tabla 17

Fuerza de adhesión de los sistemas adhesivos de octava generación en la estructura dentaria

Fuerza de adhesión adhesivos de 8 generación		
Autor/año	Esmalte	Dentina
Arquiñego K. A. et al., (2019)	Con respecto a la resistencia adhesiva resina-dentina del sistema adhesivo Single Bond Universal (3M) se obtuvo 14,36, 19,44 y 23,56 MPa a 10 s, 20 s y 30 s de frotación respectivamente	
Camelo, (2017)	Los resultados de la resistencia a la descementación con la técnica de adhesivo de autograbado fueron de 32, 6 MPa	
Banegas et al, (2022)	Adhesivos universales como Futurabond DC, VOCO Scotchbond Universal, 3M Adhese Universal, Ivoclar Vivadent presenta un fuerza adhesiva en esmalte de 29-25 MPa	Adhesivos universales como Futurabond DC, VOCO Scotchbond Universal, 3M Adhese Universal, Ivoclar Vivadent presenta un fuerza adhesiva en dentina de 15-30 MPa
Bader, (2015)	El promedio de resistencia adhesiva para la técnica convencional con grabado ácido fue de 23,75 MPa	Resistencia adhesiva en la técnica de autograbado obtuvo un promedio de 23,66 MPa
Castellano, (2016)	La resistencia adhesiva al cizallamiento del adhesivo autograbante con ácido previo fue de 20.54 Mpa, mientras el adhesivo autograbante con ácido previo fue de 25.78 MPa	La resistencia adhesiva al cizallamiento en dentina superficial para el adhesivo autograbante sin ácido fue de 15.35 Mpa a diferencia de la dentina según la resistencia media, junto con el adhesivo autograbante sin ácido fue de 15.52 Mpa

Discusión

Los sistemas adhesivos han adquirido gran popularidad en el transcurrir de los años debido al auge de la odontología estética y a las exigencias por parte de los profesionales por una mejor adhesión a la estructura dental. Durante las últimas décadas diversos estudios han demostrado la efectividad de los diferentes sistemas adhesivos que han salido al mercado y su uso en la variedad de tratamientos odontológicos, razón por la cual cada vez han mejorado sus componentes y técnicas de aplicación para lograr mayor calidad de la adhesión al sustrato dental.

Estos nuevos adhesivos universales, nacieron de la integración y el mejoramiento de versiones comerciales anteriores, cuya diferencia fundamental es la incorporación del monómero MPD y de SILANO. Lo que permite no solo la adhesión a materiales de diversas naturalezas como porcelanas, metales, fibra de vidrio, resinas etc. sino que también se puede llevar a cabo en un solo paso clínico (Villanueva, 2017).

Autores como Mandri y colaboradores, en el año 2015, recomendaron el uso de imprimadores autograbantes para sustituir a las técnicas de grabado total, esto con la finalidad de generar mayor fuerza de adhesión en la superficie de la dentina que se encuentra erosionada por el aire. Por el contrario, Freitas y colaboradores, en el año 2010, dijeron que los adhesivos autograbables no se ven afectados por los diversos sustratos en la dentina, ya sea que ésta se encuentre seca o húmeda, ambas tienen resultados similares al momento de resistir la tensión. Autores como Garrofé A y colaboradores, en el año 2014, mencionaron que se deben considerar, leer y respetar las recomendaciones de uso de cada casa comercial, de esta manera el adhesivo cumplirá con su determinada función; por otra parte, explicaron que el secado en exceso provocaría un colapso de las fibras colágenas, lo que generaría dificultad de impregnación de las mismas.

En el presente estudio se analizó dos tipos de sistemas adhesivos; adhesivos de 5ta generación (convencionales) y adhesivos de 8va generación (autograbado). Debido a que la dentina es un tejido estructuralmente complejo la adhesión a ella se hace un proceso dificultoso. Al tratar con el adhesivo convencional en la superficie dentinaria con ácido ortofosfórico al 37% , se produce su desmineralización, y eliminación completa del smear layer, desde la dentina intertubular y desde el interior de los túbulos. Los adhesivos de autograbado solamente disuelven en forma parcial e incorporan a la capa híbrida formada el smear layer, penetran en la dentina subyacente para desmineralizar e impregnar la dentina intertubular dando origen así a la capa híbrida y a los tags de resina (Mercado 2018). Los otros estudios de sistemas adhesivos autograbantes no se vieron afectados por otras condiciones del sustrato dentinario, tales como seco, húmedo, así produciendo similitudes en el resultado de fuerza de adhesión. También indicaron que, a pesar de la facilidad de uso y baja sensibilidad en el proceso, los adhesivos todo en uno han influido mucho y presentan una baja efectividad en la adhesión ya que la penetración del sustrato dentinal y el patrón de grabado del esmalte siguen siendo referencia para otros adhesivos. Los tags de resina están presentes en todos los sistemas estudiados con diferencias apreciables en cuanto a grosor y longitud (Azócar, Teresa 2015).

Con relación al estudio elaborado por Bader, 2015 en el cual se evaluó el grado de resistencia adhesiva de restauraciones de resina compuesta efectuadas con un Adhesivo Universal como es el Single Bond Universal, 3M/ESPE utilizándolo con y sin grabado ácido previo en 25 molares en los cuales se realizaron cortes mesiodistales, obteniendo 50 muestras, luego se seccionó la porción radicular a nivel del fulcrum y se eliminaron los restos de cámara pulpar, dejando una superficie amelodentinaria lisa y aplanada. Las muestras que fueron divididas en 2 grupos de 25 muestras cada uno, dando como resultados el promedio de resistencia adhesiva para la técnica

convencional con grabado ácido fueron de 23,75 MPa, mientras que la técnica de autograbado obtuvo un promedio de 23,66 MPa, permitiendo establecer que no existen diferencias significativas entre ambos grupos.

Además, se realizó un estudio para contrastar la fuerza adhesiva lograda utilizando diferentes técnicas de adhesión disponibles en el mercado; técnica de grabar y lavar (total-etch), y técnica de auto-acondicionamiento (self-etch), para lo cual, se utilizaron 4 sistemas adhesivos autoacondicionante, grabado y lavado, y otros dos sistemas adhesivos con clorhexidina en su composición, aplicados a terceros molares sanos. Se confeccionaron los cuerpos de prueba siendo ellos mitad dentina y mitad resina compuesta, sometiendo la interfaz adhesiva a un ensayo de micro-tracción. En los resultados, no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas en ninguno de los 4 sistemas adhesivos ($p < 0,05$), tomando en cuenta las limitaciones del estudio, se observó que con la evolución de los sistemas adhesivos, aparentemente no existe diferencia en fuerza adhesiva entre la estrategia de grabar y lavar en comparación con la técnica de auto-acondicionamiento y que los adhesivos que poseen clorhexidina en su composición logran una fuerza adhesiva similar a los sistemas adhesivos convencionales (Silvera, 2017).

Los autores Gómez, 2004, Cornelio, 2017, Vásquez, 2005 en los adhesivos de octava generación están de acuerdo que la desmineralización e infiltración de la dentina, durante el procedimiento adhesivo donde no hay que lavar tras el grabado, se considera una técnica más rápida, excelente sellado e integridad marginal y se puede reforzar el sellado mediante un grado selectivo a nivel del esmalte evitando microfiltraciones a futuro, su presentación comercial es en un solo frasco, manipulación sencilla para el operador, sirve para restauraciones directas e indirectas. alta resistencia puede ser usado sobre dentina húmeda o seca con la técnica de grabado total o autograbado sin alterar la adhesión, posee un sistema desensibilizador postoperatorio. A

diferencia de Archiñego K. A. et al (2019) que afirma los riesgos de sobre humedecer o reseca la dentina después del lavado del ácido fosfórico, degradando las fibras colágenas y presentando mayor posibilidad de sensibilidad posoperatoria utilizando los adhesivos de quinta generación.

Conclusiones

- Se constató que la fuerza adhesiva en MPa que presentan los adhesivos de octava generación no sólo brinda una mejor adhesividad, sino una gran disminución en los pasos de aplicación, al conseguirse en un solo paso clínico, lo que disminuye el tiempo de tratamiento en consulta.
- Los sistemas adhesivos de octava generación presentan grandes ventajas al momento de su aplicación, así como beneficios químicos y físicos en los tratamientos odontológicos, como la fuerza de adhesión elevada tanto a nivel del esmalte y dentina, que a su vez presentan la propiedad de disminuir considerablemente la sensibilidad postoperatoria, aplicado en restauraciones directas e indirectas, con un grabado ácido o no, según lo requiera el caso.
- Los sistemas adhesivos de octava generación logran tanto física como químicamente adherirse en esmalte y dentina con los materiales restauradores tanto en técnicas directas como indirectas por la incorporación del monómero 10-MDP y de silano que permiten unión química a otros sustratos como superficies cerámicas y metales como una característica propia del material.
- Los sistemas adhesivos convencionales de dos pasos (5ta generación) presenta mayor adhesión en esmalte y los sistemas adhesivos autoacondicionantes de un solo paso (8va generación) obtiene buena adhesión en dentina. Los estudios descritos en varios artículos científicos mencionan que los sistemas adhesivos autograbadores requieren previo el uso de grabado total para obtener mayor fuerza de adhesión en superficies dentarias.

Recomendaciones

Considerando la importancia que tiene esta investigación en la práctica clínica profesional y académica se sugiere que, para futuros estudios en esta línea de investigación, se puedan realizar experimentalmente in vivo la comparación de los sistemas adhesivos en las diferentes profundidades de la cavidad.

Realizar una investigación comparando las diferentes generaciones de adhesivos de acuerdo a la variedad de marcas comerciales existentes, donde se evidencie la fuerza de adhesión a la estructura dentaria, técnicas de aplicación de los sistemas adhesivos disponibles en el mercado actual debido a la evolución constante que presentan estos sistemas adhesivos

Se recomienda al operador utilizar un sistema adhesivo autoacondicionante de un paso (8va generación), cuando la cavidad es profunda, lo cual evita la sensibilidad postoperatoria disminuyendo el protocolo de la técnica de adhesión y utilizar un sistema adhesivo convencional de dos pasos (5ta generación) cuando se requiera crear una adhesión sobre el esmalte.

Implementar el uso de los protocolos necesarios para una adhesión adecuada, ya que esto influye en el proceso de adhesión.

Se recomienda al profesional odontólogo, elegir el material clínico de acuerdo a su criterio propio, y obtener la información actualizada para poder escoger el adhesivo ideal

Referencias bibliográficas

- Aguilar A. L., Barriga J., Chumi Terán R. (2015). Adhesivos de quinta y sexta generación. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría*. 2(26), 7-10
- Aguilar Ellis, A. G., Ferreto Gutiérrez, I., Rodríguez Wong, L., & Cáceres Zapata, H. (2013). Fuerza de adhesión de un sistema adhesivo de uso de Ortodoncia aplicado en intervalos de tiempo. *Odovtos - International Journal of Dental Sciences*, 23(15), 7-12.
- Aguilera, A.M., Guachalla, J., Sierra, M., Valenzuela, V. (2001). Sistemas Adhesivos de Autograbado. *Revista Dental de Chile*; 9(2):23-28.
- Albaladejo. A. (2008). "Self-Etch Adhesive Systems: a literature review in vitro investigations methods of the factors influencing resin- dentin bond durability". *Universidad de Salamanca, Revista en Odontoestomatología* 32(24); 1-4
- Araya N., Costa E., Báez A., Bellolio D. (2020). Adhesivos Universales: Efectividad de técnicas adhesivas en dentina de baja permeabilidad - *Scoping Review*. 3(38), 12-18
- Arquíñego Garay, K. A., Del Castillo Ayquipa, A., & Watanabe Velásquez, R. (2019). Resistencia adhesiva dentina resina utilizando tres sistemas adhesivos a diferentes tiempos de aplicación. Estudio in vitro. *Odontología Sanmarquina*, 22(2), 92–100.
- Bader M., Ibáñez M., (2014). Evaluación de la interfase adhesiva obtenida en restauraciones de resina compuesta realizadas con un sistema adhesivo universal utilizado con y sin grabado ácido previo. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*, 7(3), 115-122.
- Banegas F., Vintimilla S., Morales B., Pinos P. (2022). Uso efectivo de los adhesivos de octava generación. *Revista Asociación Dental Mexicana*;79(5): 284-291.

- Barrancos J. (1980). Operatoria Dental. 5 edición. *Editorial Científico Técnica, Capítulos 4 - 10, 357- 510*
- Berrios E. J., (2014). Adhesión En Dentística Restauradora: Evolución Y Estado Actual. *Revista Médica Basadrina; 8(2): 61 - 64*
- Castañeda Naranjo, L. A. y Palacios Neri, J. (2015). Nanotecnología: fuente de nuevos paradigmas. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología, 7(12), 45–49.*
- Coltene. (2019). One Coat Bond. *Avances en Odontoestomatología, 20(4), 193-198.*
- De munck, K. Van Landuyt. M. Peumans, A. Poitevin, P. Lambrechts, M. Braem and B. Van Meerbeck. (2005) “A critical review of the durability of adhesión to tooth tissue: Methods and results”, *Journal of dental research; 24(8), 84-118*
- Dourado A., Reis A. (2006). Sistemas Adhesivos. *Revista de Operatoria Dental y Biomateriales. 1(2), 13-28*
- ESPE, 3M. (2014) Adper™ Single Bond Plus. *Avances en Odontoestomatología, 20(4), 201-210.*
- ESPE, 3M. (2012) Single Bond™ Universal. *Avances en Odontoestomatología, 20(4), 193-198.*
- Freedman G., Kaver A., Leinfelder K., I. Afrashtehfar K. (2017). Sistemas adhesivos dentales. 7 generaciones de evolución. *Revista Dentista y paciente. 16(25) 15-20.*
- Garrofé A, Martucci DG, Picca M. (2014). Adhesión a tejidos dentarios. *Revista de la Facultad de Odontologia (Universidad Buenos Aires); 29 (67): 5-13.*
- Giannini, M., Makishi, P., Ayres, A. P., Vermelho, P. M., Fronza, B. M., Nikaido, T., & Tagami, J. (2015). Self-etch adhesive systems: a literature review. *Brazilian dental journal, 26(1), 3–10.*

- Gomes M. M.A (2004). Sistemas adhesivos autograbadores en esmalte: ventajas e inconvenientes. *Avances en Odontoestomatología*, 20(4), 193-198.
- Gutiérrez Riquelme, P. (2012). Estudio comparativo in vitro del pH de sistemas adhesivos autograbantes presentes en el mercado nacional. *Revista Dental de Chile* 2012; 103 (2) 14-22
- Guzmán H. J. (2016). Sistemas adhesivos universales. *Master of Science. M.S.D Profesor titular UniCIEO*. 23(7) :57-68
- Herrera E., I. (2005). Fracasos en la adhesión. *Avances en Odontoestomatología*, 21(2), 63-69.
- Lahoud Salem, V. (2002). «Adhesión De Los Materiales Dentales». *Odontología Sanmarquina* 1 (9): 43-45.
- Loguercio A. D., Reis A. (2006). Sistemas adhesivos. *Revista de Operatoria Dental y Biomateriales* 1(2): 13-28
- Mandri Aguirre G. P., A., & Zamudio, M. E. (2015). Sistemas adhesivos en Odontología Restauradora. *Odontoestomatología*, 17(26), 50-56.
- Mante FK, Ozer F, Walter R, Atlas AM, Saleh N, Dietschi D, Blatz MB. (2013). The current state of adhesive dentistry: a guide for clinical practice. *Compendio Continuo Educación Dental*; 34 9:2-8.
- Marchesi. G. Frassetto. A. Mazzoni. A. Apolonio A. Diolosá. M. Cadenaro. M. Di lenarda. R. Pashley. H. Tay. F. Breschi. L. (2014). “Adhesive performance of a multi-mode adhesive system: 1 – year in vitro study”. *Journal of dentistry* 4(2) 603-612
- Martín Hernández, J. (2004). Aspectos prácticos de la adhesión a dentina. *Avances en Odontoestomatología*, 20(1), 19-32.

- Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. (1982). The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *Journal of Biomedical Materials Research.*;16(3):265-73
- Nuñez Gamez A. J., Maridueña León M. G. (2019). Efectividad de los adhesivos de octava generación en restauración directas posterior a un aclaramiento dental. *Journal of American health*, 2(1), 1-13
- Ohno H, Kimura M, Fuchigami S, Oguri M. (1998). Dental composition. *Research United States Patent*. 5(2), 177-739
- Olivares J.A., Sáenz, G. J. (2013). Fuerzas de adhesión de un sistema adhesivo de quinta generación en superficies dentarias tratadas con agentes químico-mecánicos. *Revista Odontológica pediátrica*, 12(1): 6-13
- Pashley D, Tay F, Breschi L, Tjäderhane L, Carvalho R, Carrilho M, Tezvergil-Mutluay A. (2011). State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dental Materials*;27(15):1-16.
- Parra M, Garzón H. (2012). Sistemas adhesivos autograbadores, resistencia de unión y nanofiltración: una revisión sistemática. *Revista Facultad Odontología Universidad Antioquia*; 24(1): 133-150.
- Swift E. (1998). “Bonding systems for restorative materials: a comprehensive review”. *Pediatría Dental*. 20(2):80-84.
- Tayal, A., Niyogi, A., Adhikari, H. D., Adhya, P., & Ghosh, A. (2021). Comparative evaluation of effect of One Coat 7 Universal and Tetric N-Bond Universal adhesives on shear bond strength at resin-zirconia interface: An *in vitro* study. *Journal of conservative dentistry*, 24(4), 336–340.
- Van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Van Landuyt, K., Yoshida, Y., & Peumans, M. (2020). From Buonocore's Pioneering Acid-Etch Technique to Self-Adhering Restoratives. A Status

- Perspective of Rapidly Advancing Dental Adhesive Technology. *The journal of adhesive dentistry*, 22(1), 7-34.
- Vargas, H. E., Miranda, E. E., Lazo, L., Cosio, H. (2019). Comparación in vitro de la Resistencia adhesiva de los sistemas adhesivos grabado y enjuague y autograbado. *Odontología Vital* 30(3):45-50.
- Vieira, D. (2013) «Adhesión en Odontología.» Adhesión en Odontología. *Pediatría Dental*. 20(2):87-94.
- Villa, V. (2019) «Situación actual de los adhesivos de autograbado: productos existentes, técnica y sistemática de actuación de cada uno.» *Revista de Ilustre Consejo General de Colegios de Odontólogos y Estomatólogos de España*. 27(1): 33-38.
- Zamora P, Bader M. (2015). Resistencia adhesiva de restauraciones de resina compuesta realizadas con un adhesivo universal con y sin grabado ácido. *Revista Biomateriales*; 2 (1): 94-115.

