



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN Y
PROFUNDIDAD DE CURADO. COMPARACIÓN ENTRE
RESINAS COMPUESTAS CONVENCIONALES VS BULK
FILL.

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANA DENTISTA

P R E S E N T A:

ADRIANA LIZETH BASTIDA FACUNDO

TUTORA: Dra. ABIGAIL FLORES LEDESMA

Vo.Bo.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS.

A mis padres:

Siendo los principales motores de mis sueños, cuando se trata de agradecerles el amor, el impulso, los valores inculcados, el cuidado, la protección, los desvelos, y el sacrificio que han tenido para mí desde pequeña, las palabras no alcanzan. Siento un inmenso orgullo de ser su hija, admiro su valentía, su fortaleza y su dedicación para sacar a mis hermanos y a mí adelante.

Mamá: cuanto te admiro, siempre he querido ser como tú, una mujer valiente, honesta, sencilla y amorosa. Gracias por infundirme la confianza que necesitaba en cada paso que daba desde que aprendí a caminar hasta el día hoy. Detrás de cada mañana al despertarme para la escuela, detrás de cada concurso en la escolta, detrás de cada mañana al subir al camión para el CCH y detrás de cada desvelo en la universidad, siempre estás TÚ, este logro es también tuyo. Te amo

Papá: El mejor ejemplo de fuerza, valor y constancia para lograr lo que me proponga, eres el pilar más importante de esta familia, a pesar del trabajo, siempre estuviste ahí. Gracias por enseñarme a trabajar duro por lo que quiero, por regalarnos tu fuerza para trabajar y así poder llegar a donde estamos. Sin tus sacrificios, no estaría en donde estoy. Sé que no se necesitan tantas palabras para expresar lo que siento, así que solo diré, te amo.

A mis hermanos:

Cuando me preguntan ¿Qué significan mis hermanos para mí? Siempre digo que somos como una cadena, cada uno representamos un eslabón, si uno se separa la cadena se vuelve débil y si estamos unidos somos más fuertes.

Verónica: Desde pequeña has sido mi guía, mi ejemplo, te he admirado desde siempre, tan débil y fuerte a la vez, gracias por enseñarme a ser buena hija, por impulsarme a cumplir sueños y a ser pilar de los pasos que he dado, gracias te amo

Marisela: Que sería de una persona sin entender la humildad y mantener los pies en la tierra, gracias por guiarme por buen camino, por protegerme y darme consejos, gracias por ser la hermana más fuerte y sostenernos en adversidades, gracias a mi primer paciente en la universidad, gracias te amo.

Reyes de Jesus: Que sería la vida sin un hombre que te proteja y te cuide, gracias por enseñarme a defenderme de la vida, en todos sus sentidos, por hacerme sentir segura, que regalo saber que siempre estarás ahí para cuidarme. Me has enseñado a enfrentar la vida de diferentes maneras, desde andar en bici, hasta luchar por mis sueños, gracias te amo.

A mis cuñados y sobrinos que siempre me brindaron palabras de aliento y apoyo incondicional, forman parte fundamental de este logro y esta familia. Gracias los amo.

A mi compañero de vida:

Carlos: gracias por sostenerme, por alentarme y por animarme, por los desvelos y por la compañía, por apoyarme en los momentos difíciles, por limpiar mis lágrimas cuando sentía que no podía más y por festejar mis triunfos, eres el mejor novio. Por ser incondicional cuando se trata de crecer profesional y personalmente. Y como dijo Mario Bennedetti, tu y yo estábamos, estamos, y estaremos juntos, a pedazos, a ratos, en vidas pero sobre todo en sueños. Gracias Te amo.

AGRADECIMIENTOS.

A mi tutora, Dra. Abigail Flores Ledesma por acompañarme y guiarme en un proceso tan importante en mi vida, por sus palabras de aliento y por el tiempo dedicado, por las enseñanzas y el compromiso conmigo, GRACIAS.

A la Esp. Mónica Peña Chávez por su excelente labor al guiarnos en el seminario de Materiales Dentales, por su dedicación y compromiso, GRACIAS.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por las oportunidades brindadas, desde mi entrada al Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Sur y hasta mi culminación en la Facultad de Odontología, en donde no solo me he formado académicamente, si no como ser humano, sabiendo que estos tres lugares siempre serán mi segunda casa, GRACIAS.

INDICE.

DEDICATORIAS.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	IV
INDICE.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. CONTENIDO TEMÁTICO.....	3
2.1 Resinas compuestas convencionales.....	3
2.2 Composición de resinas compuestas convencionales.....	5
2.2.1 Fase orgánica / matriz orgánica.....	5
2.2.2 Relleno.....	7
2.3 Mecanismos de polimerización.....	10
2.4 Clasificación por tipo de relleno.....	12
2.4.1 Resinas de macrorelleno / macroparticuladas.....	13
2.4.2 Resinas de microrelleno / microparticuladas.....	14
2.4.3 Resinas híbridas.....	15
2.4.4 Resinas Nanorelleno.....	16
2.4.5 Foto curadas / foto activadas.....	16
2.4.6 Termo curado.....	17
2.4.7 Duales.....	17
2.5 Clasificación en cuanto a la viscosidad.....	18
2.5.1 Baja viscosidad o fluidas.....	18
2.5.2 Media viscosidad.....	18
2.5.3 Alta viscosidad o condensables.....	18
2.6 Polimerización de resinas compuestas convencionales.....	20
2.6.1 Unidades de Fotopolimerización.....	20
2.7 Profundidad de curado en resinas compuestas convencionales.....	22
2.7.1 Ondas de luz visible.....	23

2.8 Contracción de polimerización en resinas compuestas convencionales. ...	25
2.9 Asociación Dental Americana especificación no. 27 para material de obturación a base de resina.	27
2.9.1 Clasificación.	27
2.9.2 Requisitos.	27
2.9.3 Propiedades generales.	27
3. Resinas compuestas Bulk-fill.	29
3.1 Indicaciones de uso.	32
3.1.1 Composición.	33
3.1.2 “Stress decreasing resing”	33
3.1.4 Ivocerin.	34
3.2 Clasificación de resinas compuestas Bulk-fill.	35
3.2.1 Clasificación por su viscosidad.	35
3.2.2 Resinas compuestas Bulk-fill de viscosidad fluida.	35
3.2.3 Resinas compuestas Bulk-fill de viscosidad normal.	36
3.2.4 Resinas compuestas Bulk-fill activadas sónicamente.	37
3.2.5 Resinas compuestas Bulk-fill con fibras de vidrio.	37
3.3 Clasificación por tipo.	38
3.4 Polimerización en resinas compuestas Bulk-fill.	39
3.4.1 Creación de radicales.	39
3.4.2 Proceso de polimerización.	40
3.5 Mecanismos de polimerización.	42
3.6 Profundidad de curado en resinas compuestas Bulk-fill.	43
3.7 Contracción por polimerización en resinas compuestas Bulk-fill.	46
3.7.1 Factor de configuración cavitaria.	46
3.7.2 Estrés de polimerización en resinas compuestas Bulk-fill.	48
3.8 Metodología y análisis.	51
3.8.1 Instrumentos utilizados.	51
3.8.2 Estrategias.	51
4. CONCLUSIONES.	55

5. ANEXOS.....	57
Infografía.....	57
6. REFERENCIAS.....	58

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1.- Componentes fundamentales de las resinas compuestas.	4
Figura 2.- Microscopia de la estructura nucleada presente en resinas compuestas.	6
Figura 3.- Agente de conexión "Silano".	9
Figura 4.- Tamaño y distribución según Lutz y Phillips (1983) de resinas en macrorelleno.	13
Figura 5.- Tamaño y distribución según Lutz y Phillips (1983) de resinas en microrelleno.	14
Figura 6.- Tamaño y distribución según Lutz y Phillips (1983) de resinas Híbridas.	15
Figura 7.- Tamaño y distribución según Lutz y Phillips (1983) de resinas en nanorelleno.	16
Figura 8.- Microscopia de un composite condensable.	19
Figura 9.-Representación de la polimerización directa en cavidad oral.	21
Figura 10.- Localización del espectro de luz visible como parte del espectro electromagnético.	23
Figura 11.- Esquema representativo de la contracción por polimerización.	25
Figura 12.- Técnica incremental realizada con resina compuesta convencional teñida.	29
Figura 13.- Técnica de monobloque o una capa, realizada con resina compuesta Bulk-fill.	30
Figura 14.- Técnica de monobloque Bulk-fill más una capa adicional de resina compuesta convencional.	31
Figura 15.- Fotografía de caries secundaria presente en una restauración de resina compuesta convencional.	33
Figura 16.- Presentación comercial de la marca Tetric Evoceram BulkFill con sistema iniciador Ivocerin.	34
Figura 17.- Consistencia de resina compuesta Bulk-fill fluida.	35
Figura 18.- Consistencia de resina compuesta convencional condensable.	36
Figura 19.- Presentación comercial de la marca EverX flow y de una imagen microscópica de las fibras de vidrio.	38
Figura 20.- Molécula tridimensional de la canforoquinona.	42
Figura 21.- Emisión de luz, proyectada por lámpara de fotocurado.	43
Figura 22.- Una pared adherida de 5, no genera estrés.	47
Figura 23.- En este caso el factor C es de 0.5 bastante favorable.	47

Figura 24.- El factor C se encuentra bastante aumentado con 5 superficies adheridas y 1 libre.	48
Figura 25.- Técnica incremental, realizada en tonos A1 y A3 en resina compuesta.	49

1. INTRODUCCIÓN.

Devolver la estética en el ámbito de la odontología es de gran importancia, y es por eso que en la actualidad los materiales estéticos nos exigen mantener un perfil alto a las actualizaciones, si bien, la experiencia hace al maestro, la ciencia le da las herramientas para formar un clínico leal al compromiso por el saber; por esta razón la ciencia de los materiales dentales se ha encargado de evolucionar a los composites, modificando diversas características físicas, químicas y estéticas.

Actualmente utilizamos las resinas compuestas convencionales, como uno de los materiales de elección estéticos al alcance de nuestras manos, pero esto no nos garantiza que sus propiedades sean las ideales, nuestro campo en la odontología bien nos da la oportunidad de regresarle el estado de salud a los problemas que puedan presentarse en cavidad oral, por medio de estos avances en sus características, esto nos permite enfocar la odontología como un arte.

Como cito el científico Charles Darwin, "No es la especie más fuerte la que sobrevive, ni la más inteligente, sino la que mejor responde al cambio" esto es lo que ha llevado a especialistas y profesionistas de la odontología a buscar un cambio significativo en las características físicas, mecánicas y químicas de las resinas.

Actualmente existen las resinas compuestas convencionales, un material formado por cadenas de monómeros que reaccionan mediante ciertos sistemas para polimerizarse y endurecer directamente en cavidad oral, esto le proporciona ciertas ventajas y desventajas que profesionales de la odontología han intentado erradicar, surgen así un tipo de resinas de relleno masivo conocidas como "bulk-fill" que nos ofrecen entre otras cosas una aplicación de una sola capa o monobloque y que nos benefician en el tiempo de trabajo.

¿Qué sucede con las demás propiedades? En este trabajo de recopilación bibliográfica nos enfocaremos en estudiar la contracción por polimerización y la profundidad de curado y nos guiaremos a comparar los resultados entre ambos tipos de resinas, que ya se encuentran en nuestro ámbito laboral.

Todos estos cambios nos acercan a materiales de restauración que asemejen sus características a las del órgano dental, dando así, materiales evolutivos, con mejores tiempos de trabajo, mejores propiedades estéticas, físicas y mecánicas y que debemos conocer a profundidad para no solo incorporarlos al trabajo diario de los colegas, si no obtener y aprovechar cada una de sus propiedades.

2. CONTENIDO TEMÁTICO.

2.1 Resinas compuestas convencionales.

Actualmente la utilización de resinas compuestas fotopolimerizables se ha masificado gracias a los avances en sus propiedades, tales como la resistencia al desgaste, manipulación entre otros, incluyendo su uso en el sector de dientes posteriores, debido a su adecuado comportamiento mecánico y a sus atractivas características estéticas^{1,2}.

Las restauraciones de resina al tener la característica de una mejor adhesión a las estructuras dentales, nos permiten realizar preparaciones cavitarias más conservadoras, y así mismo mantener intacta la mayor parte de la estructura dental².

Las resinas compuestas son materiales utilizados en la actualidad para realizar restauraciones directas, con la característica de ser reforzados y que se modifican para obtener color, translucidez y opacidad, para de esta forma imitar el color natural de los dientes, logrando ser el material dental más estético de restauración directa¹.

Los componentes estructurales básicos de las resinas compuestas son (Figura 1)¹⁻³:

- Matriz orgánica
- Relleno
- Silano
- Sistema activador
- Pigmentos
- Inhibidores de la polimerización

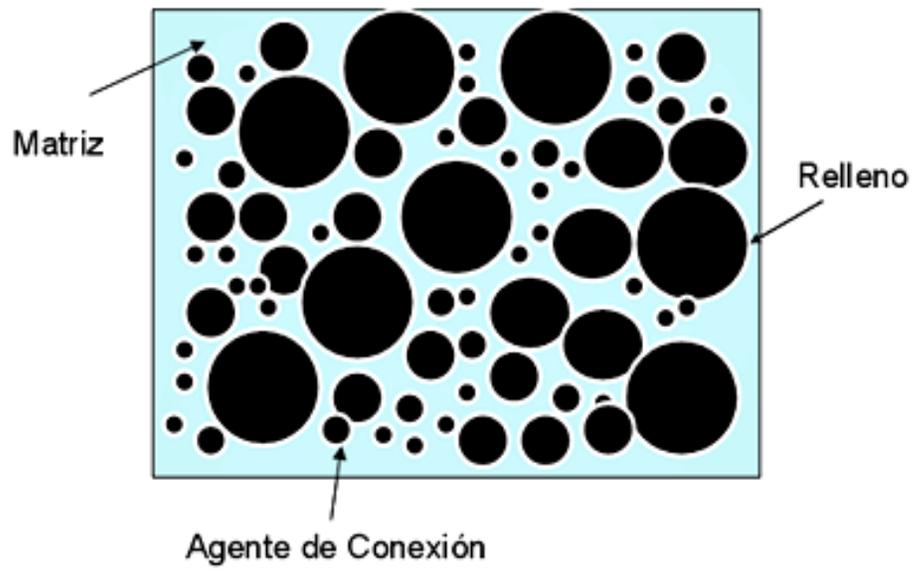


Figura 1.- Componentes fundamentales de las resinas compuestas.

<https://www.actaodontologica.com/ediciones/2008/3/art-26/#>

2.2 Composición de resinas compuestas convencionales.

2.2.1 Fase orgánica / matriz orgánica.

La primera fase sería la matriz orgánica formada por resina que alcanza un estado sólido mediante una reacción de polimerización, esta fase está constituida por moléculas insaturadas, que contienen grupos de diferentes pesos moleculares nombrados monómeros. Estos monómeros se unen de forma entrecruzada y forman una red a la cual llamamos polímeros, los cuales pasan por un proceso de unión llamado polimerización².

Por mencionar algunas de las características más importantes de la matriz orgánica tenemos (Figura 2)¹⁻³:

- Permitir la unión entre capas de materiales y/o estructuras varias, como a los tejidos del diente.
- Actuar como vehículo de relleno.
- Aportar el mecanismo de endurecimiento, que en este caso sería la reacción de polimerización.

“Las variaciones presentes en los diferentes materiales disponibles comercialmente en cuanto a la proporción y tipo de monómeros incorporados en su matriz, permiten contar con materiales con mayor o menor viscosidad, contracción de polimerización e incluso las modificaciones en la matriz podrían ser responsables de cierta variación de las propiedades mecánicas, que dependen de los tipos de modificadores incluidos en el tipo de molécula base”¹.

Esta matriz resinosa está constituida por monómeros de dimetacrilato alifáticos u aromáticos, la mayor parte de los composites están constituidos por diferentes proporciones de Bis-GMA (Bisfenol-A-Glicidil Metacrilato), UDMA (Dimetacrilato de uretano), TEGDMA (Trietilenglicol dimetacrilato), BisEMA (Bisfenol-A-Polietileno glicoldieterdimetacrilato)¹⁻³.

El monómero base más utilizado durante los últimos treinta años ha sido el Bis-GMA, el cual tiene mayor peso molecular, lo que implica que su contracción durante la polimerización es mucho menor, presenta menor volatilidad y menor difusividad en los tejidos, en consecuencia presenta alto peso molecular esta es una característica limitante ya que aumenta su viscosidad, pegajosidad y compromete las características de su manipulación².

Para superar éstas deficiencias se añadieron monómeros de baja viscosidad como el TEGDMA, que muestran resultados satisfactorios pero aún con propiedades que necesitan mejorarse, como la resistencia a la abrasión. Esta combinación de monómeros nos dio como resultado la sorción de agua, este es un efecto negativo ya que promueve una posible degradación hidrolítica; Por lo que se incorporaron monómeros menos viscosos como el BisEMA, este monómero posee mayor peso molecular y menos uniones dobles, que en consecuencia nos producen una reducción de la contracción de polimerización y una matriz orgánica más estable³.

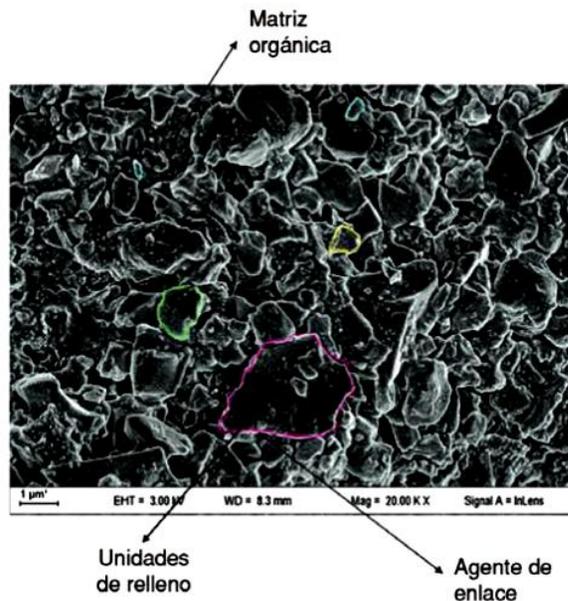


Figura 2.- Microscopia de la estructura nucleada presente en resinas compuestas.

Mooney, Barrancos. Operatoria dental. Avances clínicos y restauraciones estética. 5ta ed. Medica panamericana. 2015.

“El UDMA es un monómero que posee menos viscosidad y mayor flexibilidad, lo que mejora la resistencia de la resina. Sin embargo se ha indicado que la profundidad de curado es menor a ciertas resinas compuestas, debido a una diferencia entre el índice de refracción de luz entre el monómero y el relleno”².

2.2.2 Relleno.

El relleno de los composites tiene un papel fundamental en las diferentes propiedades físicas, mecánicas, químicas y ópticas del material, puesto que proporcionan estabilidad dimensional a la matriz orgánica y mejoran sus propiedades³.

Otras ventajas importantes que encontramos en la incorporación de estos rellenos son reducir la contracción por polimerización, permitir la resistencia a la tracción, a la compresión y a la abrasión².

“Se pueden señalar cuatro aspectos que afectan fundamentalmente el comportamiento final de una restauración de composite en relación directa con el relleno: la cantidad, el tipo de relleno y tamaño de las partículas, la composición y la forma”¹.

El tamaño de las partículas de relleno y su tipo tiene un papel fundamental en el comportamiento de los composites, cuan mayor sea la incorporación de relleno a la matriz, mejores serán las propiedades de la resina y en consecuencia los resultados en las restauraciones¹⁻³.

Dentro de las partículas más utilizadas en la actualidad encontramos las de cuarzo o vidrio de bario que son obtenidas por diversos procesos de fabricación como pulverización (convertir algo en polvo), trituración y molido. También es utilizado el sílice que es obtenido a través de procesos pirolíticos (quema) o de precipitación (reacción química)².

La disminución del tamaño de las partículas es la prioridad, ya que permiten que la distribución sea lo más cercana posible y con esto disminuir la filtración marginal¹.

2.2.3 Agente de conexión o de acoplamiento.

Los agentes de unión o de acoplamiento empezaron a desarrollarse cuando se comenzaron a emplear fibras de vidrio para el refuerzo de resinas orgánicas, durante este desarrollo se demostró que las propiedades óptimas del material dependían de la formación de una unión fuerte entre el relleno inorgánico y la matriz orgánica³.

La unión de estas dos fases se logra recubriendo las partículas de relleno con un agente de acoplamiento, que tiene características tanto de relleno como de matriz. Esto se logra mediante una molécula disfuncional que tiene grupo silano en un extremo y grupos metacrilatos en el otro^{2,3}.

El silano es una molécula bipolar que se une a las partículas de relleno a través de puentes de hidrógeno y a su vez a grupos metacrilatos, los cuales forman uniones covalentes con la resina durante el proceso de polimerización, mejorando así las propiedades físicas y mecánicas de la resina compuesta².

El silano (Figura 3) establece una transferencia de tensiones de la fase que se deforma fácilmente (matriz orgánica) para la fase más rígida (partículas de relleno)².

Nos permite desarrollar un comportamiento mecánico satisfactorio, mejorando así la unión de las partículas propiciando una interfase adhesiva muy sólida y confiable¹.

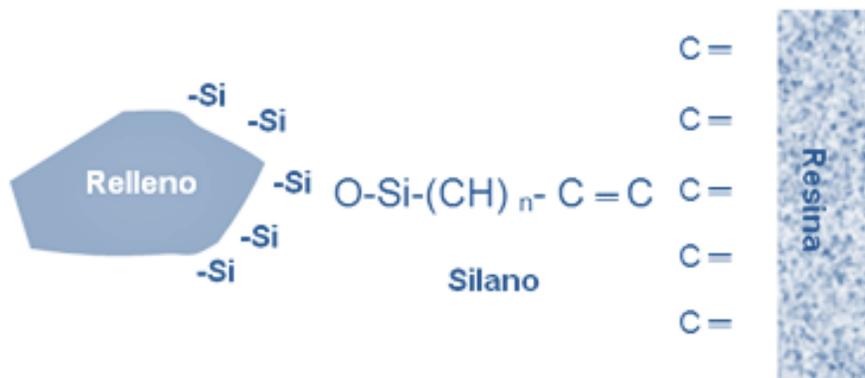


Figura 3.- Agente de conexión "Silano".

<https://www.actaodontologica.com/ediciones/2008/3/art-26/#>

2.3 Mecanismos de polimerización.

“El proceso de transformación de una masa plástica en una masa sólida depende de la matriz orgánica y consiste básicamente en una reacción de polimerización que resulta en la obtención de un polímero de estructura cruzada”¹. El sistema de entrega de energía que desencadena la reacción de endurecimiento consta habitualmente de dos componentes un iniciador y un activador³.

1. Iniciador: moléculas capaces de generar radicales libres¹.
2. Activador: tiene como función acelerar el iniciador, puede estar representado por elementos de diferentes naturalezas^{1,4}:
 - Física: calor, luz ultravioleta (UV)
 - Química: moléculas específicas (aminas terciarias)

En los procesos de polimerización sin importar la manera en que se realice, debe existir una acción en donde los radicales libres inician la polimerización⁴.

En el caso de los sistemas de fotocurado, esta acción proviene de la energía de la luz visible que provee el estímulo que activa un iniciador en la resina, es necesario que ésta sea expuesta a una fuente de luz con la adecuada longitud de onda⁴.

Otra forma común de polimerizar las resinas es a través de la aplicación de calor, este procedimiento es bastante común en las resinas usadas en laboratorio para los materiales de termocurado, cualquiera de estos mecanismos es eficiente y produce un alto grado de polimerización en condiciones apropiadas³.

Una de las características que se emplean para clasificar los composites es el tipo de activador^{2,4}:

- Fotocurado: requiere la exposición de la masa a una determinada cantidad de energía electromagnética para desencadenar la reacción.
- Autocurado: requiere el empleo de moléculas específicas con capacidad para interactuar con las moléculas iniciadoras hasta el momento en que se desea iniciar la polimerización.
- Curado dual: resaltan la incorporación de ambos mecanismos de activación, permitiendo que la reacción ocurra incluso en sitios de dudoso alcance por la luz.

Los composites de fotocurado permiten un mayor control durante su empleo clínico, debido a que éste puede iniciarse una vez obtenida la forma y contornos deseados³.

2.4 Clasificación por tipo de relleno.

Con el fin de facilitar el uso de las resinas compuestas se han clasificado a lo largo de los años de distintas formas, una de ellas las describe por el tamaño de partículas y su distribución en las mismas¹⁻³.

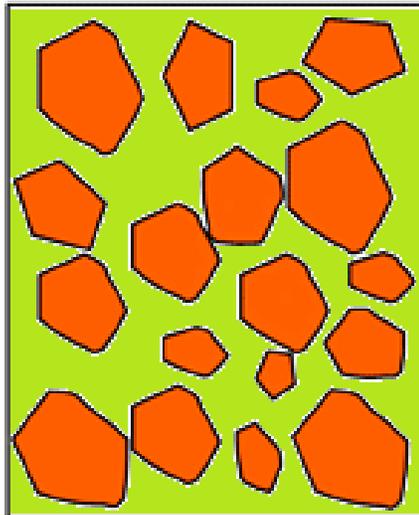
Es tan importante la cantidad de relleno que presentan tanto el tamaño de partículas como en la cantidad de las mismas, puesto que estas características tienen un papel fundamental en el comportamiento de la superficie, en la resistencia al desgaste, en la obtención y el mantenimiento de la lisura superficial¹.

Al imitar la estética y la anatomía a un diente natural, necesitamos apoyarnos de materiales que permitan un excelente desempeño clínico en nuestra restauración³.

Para comprender un poco las medidas damos por entendido que 1 micrómetro (μm) corresponde a la milésima parte de un milímetro (mm)⁵.

2.4.1 Resinas de macrorelleno / macroparticuladas.

Este tipo de resinas contiene partículas de relleno, con un tamaño promedio entre 10 y 50 μm ; contar con estas características la convierte en una resina deficiente en su desempeño clínico aparte de tener un terminado superficial pobre. Al terminado de la misma ofrece muy poco brillo superficial y susceptibilidad a la pigmentación (Figura 4). Material de relleno: cuarzo o vidrio^{1,2,5}.



Macrorelleno

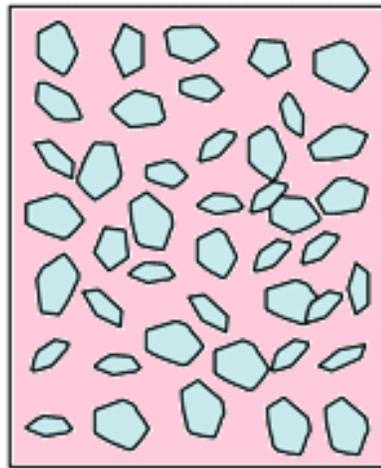
Figura 4.- Tamaño y distribución según Lutz y Phillips (1983) de resinas en macrorelleno.

<https://www.actaodontologica.com/ediciones/2008/3/art-26/#>

2.4.2 Resinas de microrelleno / microparticuladas.

Constan de relleno con un tamaño promedio entre 0.01 y 0.05 μm ; estas resinas se comportan mejor que las macroparticuladas, donde permite mejor resistencia al desgaste, proporcionan un pulido al alto brillo y nos confieren excelentes características estéticas en dientes anteriores (Figura 5)^{2,5}.

Por otro lado presentan ciertas desventajas en restauraciones en dientes posteriores, no cumpliendo con un adecuado coeficiente de expansión térmica y un menor módulo de elasticidad. Material de relleno: sílice coloidal².



Microrelleno

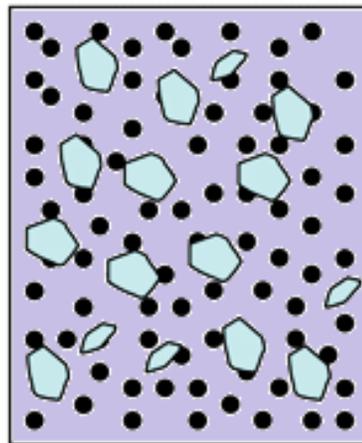
Figura 5.- Tamaño y distribución según Lutz y Phillips (1983) de resinas en microrelleno.

<https://www.actaodontologica.com/ediciones/2008/3/art-26/#>

2.4.3 Resinas híbridas.

Este tipo de resinas contienen las mejores características, actualmente presentan en un 60% de su relleno partículas con tamaños que oscilan en los 0.6 – 1 μm (Figura 6)¹.

Estos materiales presentan una variedad de colores, menor contracción por polimerización, excelentes características de pulido y textura, así como menor desgaste a la abrasión. Nos proporcionan diferentes grados de opacidad y translucidez excelentes cualidades para una restauración altamente estética. Material de relleno: vidrio y sílice coloidal^{3,5}.



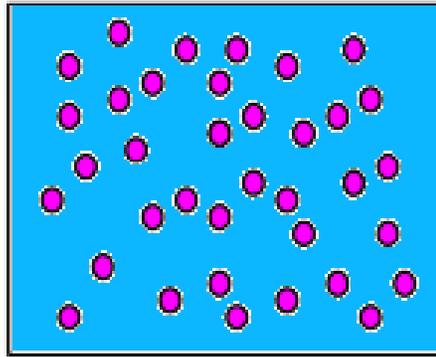
Híbridas

Figura 6.- Tamaño y distribución según Lutz y Phillips (1983) de resinas Híbridas.

<https://www.actaodontologica.com/ediciones/2008/3/art-26/#>

2.4.4 Resinas Nanorelleno.

Este tipo de resinas son un desarrollo reciente, contienen partículas con tamaños menores a $0.01\mu\text{m}$, este relleno se dispone de forma individual o agrupados en "nanoclusters" o nanoagregados de aproximadamente 75 nm (Figura 7). El uso de la nanotecnología en las resinas compuestas ofrece alta translucidez, pulido superior, similar a las resinas de microrelleno pero manteniendo propiedades físicas y resistencia al desgaste equivalente a las resinas híbridas. Por estas razones, tienen aplicaciones tanto en el sector anterior como en el posterior².



Nanorelleno

Figura 7.- Tamaño y distribución según Lutz y Phillips (1983) de resinas en nanorelleno.

<https://www.actaodontologica.com/ediciones/2008/3/art-26/#>

2.4.5 Foto curadas / foto activadas.

Este tipo de activación permite que las resinas ya contengan foto iniciadores en su composición y sean polimerizados en presencia de luz.³

Este tipo de luz visible nos provee el estímulo necesario que activa el iniciador (canforoquinonas)¹.

“Es necesario que la resina sea expuesta a una fuente de luz con la adecuada longitud de onda entre 420 y 500 nanómetros en el espectro de luz visible”².

2.4.6 Termo curado.

Este tipo de método permite mejorar la resistencia al desgaste y a la degradación marginal, proporcionando un material eficiente para restauraciones tipo inlays y onlays. Funciona mediante la aplicación de calor, exponiendo el material a temperaturas de 100°C o más, y aquí el calor es el estímulo para activar el iniciador⁶.

2.4.7 Duales.

“Son resinas compuestas con ambos sistemas de activación, químico y físico (luz)”³.

2.5 Clasificación en cuanto a la viscosidad.

2.5.1 Baja viscosidad o fluidas.

Este tipo de resinas nos permite categorizarlo en fluidas, para obtener esta propiedad, se ha disminuido el porcentaje de relleno inorgánico y se han agregado diluyentes⁴.

Este agregado de diluyentes le permite mejorar las características de manipulación y entre otras ventajas podemos destacar: alta humectabilidad a la superficie dental, alta flexibilidad. Sin embargo no cumple con una radiopacidad ideal por lo que puede producir confusión al diagnosticar caries recurrente; estos materiales poseen alta contracción de polimerización^{2,4}.

2.5.2 Media viscosidad.

“Son las resinas compuestas convencionales, microhíbridas y microparticuladas aplicadas en las cavidades con espátulas apropiadas.

Necesitan de dispositivos o de técnicas especiales para obtener un adecuado punto de contacto interproximal, especialmente para dientes posteriores”³.

2.5.3 Alta viscosidad o condensables.

“Las resinas compuestas de alta densidad son resinas con un alto porcentaje de relleno”².

Propiciando una mayor facilidad en su manipulación, que permite a su vez una mejor reproducción de la anatomía oclusal, nos facilita la obtención de un buen punto de contacto y una mejor radiopacidad (Figura 8)⁴.

Como principales inconvenientes se encuentran una difícil adaptación entre capa y capa de resina, y poca estética en dientes anteriores².

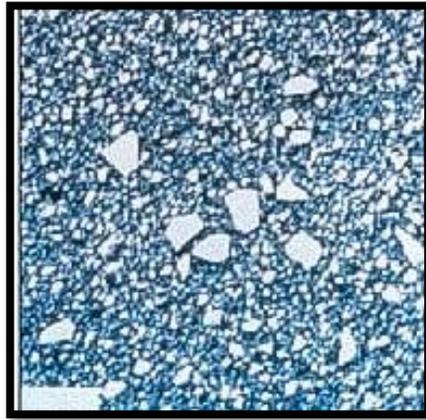


Figura 8.- Microscopia de un composite condensable.

<https://gacetadental.com/2009/05/sector-posterior-technicas-restauradoras-esteticas-parte-1-30952/>

2.6 Polimerización de resinas compuestas convencionales.

Se entiende como polimerización, a la conversión de monómeros a una matriz de polímeros, que puede ser iniciada por diferentes medios en formas de radicales libres que la activen. Todos los sistemas de resinas en su conversión de monómero a polímero pasan al menos por cuatro etapas importantes: activación, iniciación, propagación y terminado⁶.

Durante la iniciación de la reacción, involucra la activación de un agente que se separa para formar un radical libre y una vez que los agentes inhibidores se han consumido, los radicales libres están disponibles para reaccionar con las moléculas de los monómeros y formar los polímeros^{6,7}.

Cuando esta reacción sucede, un radical monómero se forma y va a reaccionar en forma continua con otras moléculas de monómeros, formando de este modo un alargamiento en la cadena de polímeros⁶.

2.6.1 Unidades de Fotopolimerización.

La lámpara de polimerización por luz es utilizada para activar a los fotoiniciadores en los materiales dentales restauradores⁴.

Estos sistemas son actualmente los métodos de elección para polimerizar las resinas compuestas cuando son colocadas directamente en cavidad oral (Figura 9)⁸.

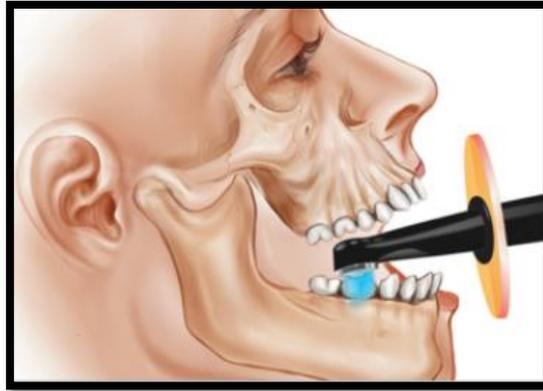


Figura 9.-Representación de la polimerización directa en cavidad oral.

<https://intl.ultradent.com/es-la/Productos-Dentales/Equipment/Lampara-de-fotopolimerizacion-LED/Pages/VALO-story.aspx>

La calidad, el éxito y la longevidad de la mayoría de los procedimientos de los materiales dependen de un buen uso y un funcionamiento adecuado de unidades de fotopolimerización^{1,9}.

Realizar este proceso en materiales dentales conlleva la necesidad de monitorear que todo el espesor de material expuesto se ha irradiado con la cantidad y calidad de energía suficientes para asegurar propiedades adecuadas en su estado sólido⁹.

Existen en el mercado las unidades de polimerización de luz visible basadas en una lámpara halógena de cuarzo y tungsteno mejor conocidas como "halógenas"; estas tienen un sistema de filtros para permitir sólo el paso de las longitudes de onda compatibles con los sistemas de iniciación de entre 400 y 500 μm . Más adelante surgieron como una fuente más eficiente para la generación de luz las lámparas LED^{5,6,9}.

Dado que las frecuencias, usualmente empleadas para la activación de los iniciadores de la polimerización, coinciden con las que tienen potencial para causar daño permanente en la retina, se aconseja emplear filtros, pantallas o anteojos protectores⁵.

2.7 Profundidad de curado en resinas compuestas convencionales.

Ciertos materiales, como es el caso de los composites logran su reacción de endurecimiento (fraguado) por una reacción de polimerización, esto gracias a que han evolucionado muy marcadamente en la utilización de materiales restauradores activados por luz⁶.

El uso de estos materiales dentales activados por luz, actúan como una respuesta a una mayor demanda de materiales estéticos, los materiales que son foto iniciados poseen una singular ventaja porque le permiten al dentista tener suficiente tiempo de trabajo⁶.

Los que son polimerizados por luz, dependen de la energía suficiente y que está llegué a todas las áreas de la restauración, para iniciar así la conversión de los monómeros a polímeros. Es de suma importancia obtener una adecuada conversión del monómero, ya que tiene una gran influencia en las propiedades físicas de la restauración como son: la resistencia al desgaste, la resistencia compresiva, la estabilidad dimensional, la absorción de agua, estabilidad de color, y biocompatibilidad⁶.

La completa polimerización del material, se determina con el grado de transformación de monómeros a polímeros, indicando la cantidad de grupos metacrilato que han reaccionado entre sí, mediante un proceso de conversión⁴.

En un composite la reacción de polimerización, iniciada por una sustancia química puede ser activada por un medio físico o químico. Al día de hoy se prefieren usar los sistemas de fotocurado por las desventajas inherentes de la presentación autocurable⁵.

La tecnología del fotocurado se basa en la fotoquímica, es decir en la producción de trabajo a través de la energía radiante para desencadenar una

reacción química. Para que se produzca el fotocurado es necesaria que la radiación lumínica sea absorbida por el material^{4,5}.

Dicha absorción se produce en función a la longitud de onda de la radiación incidente y de las características de la estructura sobre el material en que incide, por lo que dependiendo de las propiedades ópticas y del tipo de relleno, podrá polimerizar más o menor cantidad de resina⁵.

2.7.1 Ondas de luz visible.

Las radiaciones electromagnéticas pueden ser identificadas por su longitud de onda, su espectro comienza en valores inferiores al nanómetro con los rayos cósmicos y se extiende hasta los valores superiores al metro como las ondas de radio o televisión⁶.

Entre ambos extremos se encuentra el espectro de la llamada luz visible (Figura 10), constituida por las radiaciones que el ser humano es capaz de reconocer con su sentido de la visión⁵.

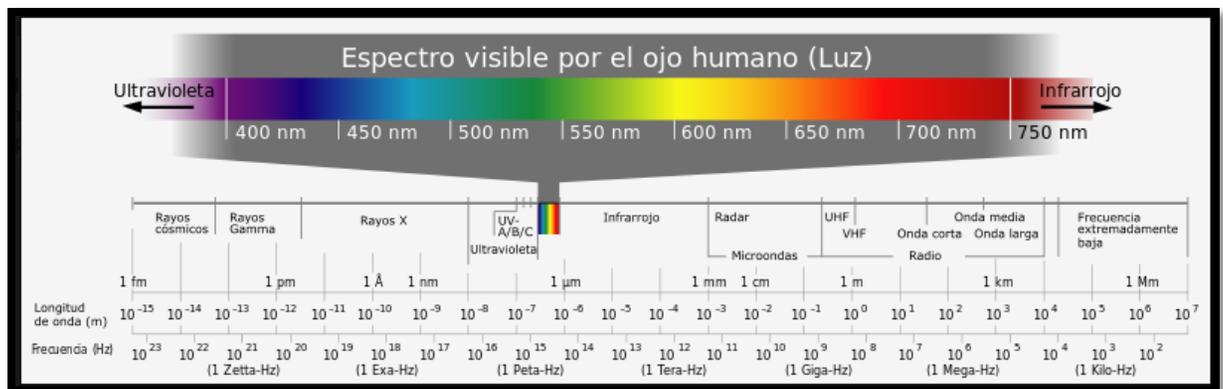


Figura 10.- Localización del espectro de luz visible como parte del espectro electromagnético.

<http://biologicaliili.blogspot.com/2012/10/espectro-visible.html>

El ojo humano es sensible y sólo puede percibir radiaciones de luz entre 380 a 780 μm , y es capaz de registrar todos los colores entre violeta y el rojo.

Cabe mencionar que cada color del espectro es específico de su longitud de onda y este color es creado en nuestros ojos y la comunicación que mantiene con el cerebro⁶.

Todas estas consideraciones hacen que para las condiciones a que se está haciendo referencia (activación directa en el medio bucal), la sustancia que sea incorporada a un material para hacer activada debe hacerlo absorbiendo radiaciones con longitudes de onda de aproximadamente entre 450 y 500 μm que corresponden fundamentalmente al color azul. Para que sea eficaz la radiación debe ser absorbida por la sustancia responsable de desencadenar la reacción, pero no debe ocasionar daño ni a los tejidos ni al material (Que no destruya las uniones C=C). Todo esto se refiere a la calidad de la radiación pero también es importante su cantidad para que el trabajo de polimerización sea completado de manera conveniente⁷.

En las resinas compuestas activadas por luz visible, el componente iniciador más común son las cetonas, tal es el caso de la canforoquinona que está presente en una cantidad de 0.2% al 0.6%, que utilizamos en combinación de una amina orgánica terciaria no aromática presente en cantidades de 0.1% o menor. La canforoquinona absorbe la luz en un rango de 468 μm , que es la longitud de onda que produce un estado de activación y que al combinarse con amina orgánica produce radicales libres que inicien la polimerización^{5,7}.

2.8 Contracción de polimerización en resinas compuestas convencionales.

Una característica integral de todos los materiales de restauración a base de resinas disponibles actualmente, es la contracción de la polimerización (Figura 11), este fenómeno provoca que se encojan, puesto que en la reacción de polimerización el empaquetamiento de las moléculas en una red conduce inevitablemente a una reducción de volumen.^{2,10} El aumento de densidad de la masa por la disminución de la distancia intermolecular es una consecuencia de la reacción de polimerización¹.

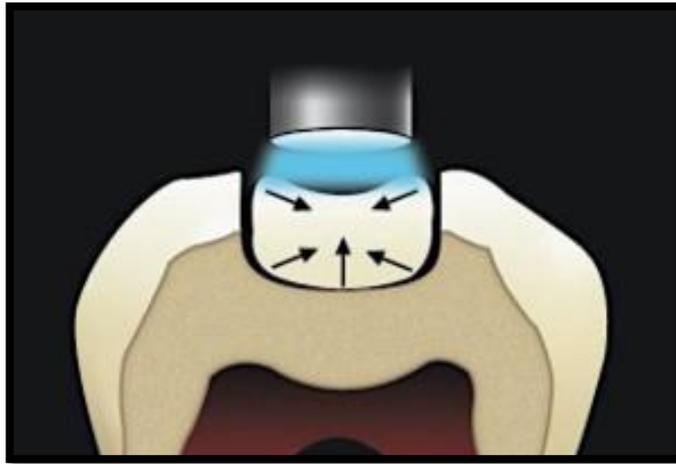


Figura 11.- Esquema representativo de la contracción por polimerización.

<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130131/An%C3%A1lisis-comparativo-in-vitro-del-sellado-marginal-de-restauraciones-clase-II-d-resina-compuesta-.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

“Las moléculas de la matriz de una resina compuesta se encuentran separadas antes de polimerizar por una distancia promedio de $4\ \mu\text{m}$, al polimerizar y establecer uniones covalentes entre sí, esa distancia se reduce a $1.5\ \mu\text{m}$ ”².

Este acercamiento de polímeros o reordenamiento espacial provoca irrevocablemente la reducción volumétrica del material, esto la posiciona en

una de sus principales desventajas ya que conduce a fracasos clínicos y consecuencias adversas^{7,9}.

La contracción de polimerización de las resinas convencionales compuestas, es un proceso complejo en el cual se generan fuerza internas que se transforman en tensiones cuando el material esta adherido a superficies dentarias².

La contracción volumétrica se consideró como la separación del material de las paredes de la preparación durante la reacción de la polimerización, una vez que los sistemas adhesivos evolucionaron fueron capaces de “impedir” que los materiales se separaran de las paredes de la preparación dentaria, esto llevo a la aparición de un nuevo concepto: la tensión de contracción¹.

En este proceso donde se unen a las paredes de la cavidad, están restringidas para contraerse libremente, lo que conduce a este tipo de tensiones de contracción, que ocasionan un desprendimiento y por consiguiente formación de espacios⁹.

La contracción volumétrica que sufre el composite durante el curado oscila entre 1.35 y el 7.1 % y es junto al estrés de polimerización, lo que produce los fallos cohesivos y adhesivos, que junto al grado de conversión monómero-polímero, son las principales causas del fracaso de las restauraciones de resinas convencionales compuestas⁴.

Este tipo de complicaciones se presenta en mayor cantidad cuando el material es lo suficientemente rígido, o tiene mucha carga de relleno de material compuesto, pues provoca una alta rigidez, lo que a última instancia nos genera una tensión de contracción⁷.

2.9 Asociación Dental Americana especificación no. 27 para material de obturación a base de resina.

Para comprender las características que deben presentar los materiales a base de resina en cuanto a la fotopolimerización, se recopiló información básica e importante de la ADA, esto nos permitió estandarizar los conocimientos sobre las cualidades que deben cumplir las resinas compuestas convencionales y estos nuevos lanzamientos de materiales dentales como la resina compuesta bulk-fill¹¹.

Datos obtenidos de especificación #27 de la Asociación Dental Americana para materiales de llenado a base de resina¹¹:

2.9.1 Clasificación.

- Clase A: materiales adecuados para cavidades que involucren caras oclusales.
- Clase B: todos los demás.
- Tipo I: materiales de curado químico.
- Tipo II: materiales activados por energía externa, como luz azul o iniciadores químicos.

2.9.2 Requisitos.

- Biocompatibilidad.
- Propiedades físicas y mecánicas.

2.9.3 Propiedades generales.

- Satisfacer los requisitos de tonos estándar precoloreados.

- Sensibilidad a la luz ambiental, materiales tipo II: no debe haber ningún cambio detectable en la consistencia después de haber sido expuesta a la luz de prueba durante 60 segundos.
- Profundidad de curado de materiales tipo II: no debe ser inferior a 1 mm y en cualquier caso, no más de 0,5 mm por debajo del valor indicado por el fabricante.

3. Resinas compuestas Bulk-fill.

La utilización de resinas compuestas en restauraciones se ha masificado, sin embargo la técnica de restauración en una preparación es compleja, ya que, es realizada mediante una técnica incremental (Figura 12)¹².

Cuando hablamos de una técnica incremental nos referimos, a la construcción progresiva de la restauración, agregando capas de resina compuesta no mayores a 2 mm, fotopolimerizando cada incremento antes de colocar el siguiente sobre la cavidad, siendo un trabajo que consume tiempo al odontólogo y que se puede volver de alta complejidad, generando la alta posibilidad de cometer un error en el procedimiento, que conlleve a consecuencias como caries secundaria, micro fracturas, contaminación entre capas y burbujas de aire¹³.

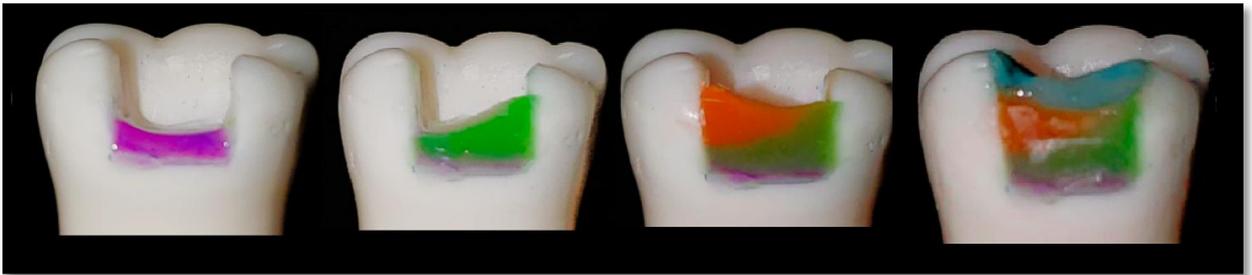


Figura 12.- Técnica incremental realizada con resina compuesta convencional teñida.

Fuente Directa.

Dando así que la profundidad de curado de estos materiales es limitada impidiendo la total polimerización de incrementos mayores, lo que también nos da como consecuencia efectos en la contracción del material al producirse la reacción de polimerización¹².

Gracias a esto, distintos investigadores mundialmente han concordado en la necesidad de crear un producto que se aplique en incrementos de más de 2 mm¹².

Esto nos permitiría en caso de preparaciones profundas y extensas poder aplicar una capa de este material, evitando un trabajo de alta complejidad en la técnica incremental, disminuyendo también complicaciones que puedan presentarse en esta técnica como la incorporación de burbujas de aire o contaminación entre capas (Figura 13)¹².

Como respuesta a estas dificultades, tenemos la nueva generación de Resinas Convencionales Bulk-fill que se podrían aplicar en un incremento único de hasta 4-5 mm mediante la técnica llamada de monobloque o a una capa, manteniendo las mismas características físicas mecánicas y biológicas de las resinas convencionales¹².



Figura 13.- Técnica de monobloque o una capa, realizada con resina compuesta Bulk-fill.

Fuente Directa

La primera resina con estas características apareció en el mercado en 2010, promulgando la posibilidad de ser aplicada únicamente en incrementos de monobloque de 4 mm, esta resina presentaba una consistencia similar a la de las resinas convencionales fluidas.¹² Este material se presume ser bueno en la utilización de procesos de restauración en la práctica odontológica, que en primera instancia solo fueron indicadas en cavidades clase I y clase II de Black, requiriendo una capa adicional de resina compuesta convencional en la cara oclusal(Figura 14)^{12,14}.



Figura 14.- Técnica de monobloque Bulk-fill más una capa adicional de resina compuesta convencional.

Fuente directa

Posteriormente aparecieron resinas de consistencia normal que si se pueden llegar a usar en incrementos de 4 mm sin necesidad de la capa oclusal de resina compuesta convencional¹².

Al igual que otras que se desarrollaron con posterioridad, implementaron una tercer variación que corresponde a una resina compuesta Bulk-fill que necesita una mano sónica especial para su aplicación y que le fabricante incluso describe como una resina en bloque con la capacidad de ser usada en incrementos de hasta 5 mm^{12,15}.

Esta resina también está indicada en clases I y II de Black, prescindiendo de una cubierta oclusal de resina compuesta convencional, al ser activada por medio de vibración sónica, produciéndose una baja momentánea en la viscosidad que presenta durante su aplicación¹².

3.1 Indicaciones de uso.

Las restauraciones dependen de varios factores para determinar su utilización como: el tamaño de la restauración, la forma de la cavidad, si la aplicación del composite es incremental o única¹⁴. Igualmente de la facilidad de manipulación, su capacidad de modelación, la adherencia a la superficie del diente y no al instrumento y que sea capaz de mantener la forma esculpida¹².

Las indicaciones pueden tener una variación de marca a marca, siendo las más comunes las siguientes¹⁵:

- Restauraciones directas en sector anterior y posterior.
- Restauraciones indirectas.
- Reconstrucción de muñones.
- Ferulización.
- Sellador de fosetas y fisuras.

Estas indicaciones no se exentan de complicaciones gracias a la contracción de polimerización y la variación de las propiedades físicas de la resina durante la misma. Permitiendo la acumulación de daño, que puede estimular la separación interfacial entre las restauraciones y los tejidos duros del diente, lo que nos lleva a sensibilidad dental posoperatoria, tinciones marginales, daño pulpar, recurrencia de caries o caries secundaria por microfiltraciones(Figura 15), desencadenar una grieta o hasta una fractura en el diente e incluso la pérdida de la restauración completa^{14,16}.



Figura 15.- Fotografía de caries secundaria presente en una restauración de resina compuesta convencional.

Fuente directa.

3.1.1 Composición.

Las resinas compuestas Bulk-fill no presentan gran diferencia en los materiales que la componen en comparación a las resinas compuestas convencionales, su matriz esta básicamente compuesta por Bis-GMA (Bisfenol-A-Glicidil Metacrilato), UDMA (Dimetacrilato de uretano), TEGDMA (Trietilenglicol dimetacrilato), así como en cuanto a la modificación[on de monómeros de menor viscosidad¹⁵.

3.1.2 “Stress decreasing resing”

Existe ya en el mercado una resina llamada Surefill SDRFlow, que contiene dimetacrilato de uretano y que posee tecnología “stress decreasing resing” esta tecnología permite que se vuelva más flexible, disminuyendo el estrés de polimerización^{12,15}.

3.1.3 Procrylat.

3M ESPE menciona en una de sus reinas Bulk-fill un cuarto monómero denominado Procrylat, del cual se ha descrito muy poco y lo convierte en un monómero ampliamente desconocido, habla de un monómero de alto peso molecular, lo que permite un menor desarrollo de contracción por polimerización. Y que además también le brinda una consistencia más fluida¹².

3.1.4 Ivocerin.

En cuanto a un cambio en los sistemas de iniciación de polimerización, Tetric Evoceram Bulkfill posee un iniciador llamado Ivocerin (Figura 16)¹².

Ivocerin es un iniciador de fotopolimerización a base de un derivado de divenzoil germanio desarrollado por Ivoclar y utilizado únicamente por Tetric Evoceram Bulkfill, este iniciador permite curar más rápido, y más profundo sin aumentar la translucidez, ni reducir el tiempo de trabajo. El fabricante menciona que con Ivocerin es posible fotocurar porciones arriba de 2 mm, siendo la técnica de monobloque su principal objetivo. El fabricante promete excelentes resultados de polimerización en capas de hasta 4 mm si es utilizada una salida mínima de luz de $>1000 \text{ mV} / \text{cm}^2$ ¹⁷.



Figura 16.- Presentación comercial de la marca Tetric Evoceram BulkFill con sistema iniciador Ivocerin.

<https://www.dentaltix.com/es/ivoclar-vivadent/tetric-evoceram-bulk-fill-composite-nano-hibrido-1x3gr>

3.2 Clasificación de resinas compuestas Bulk-fill.

3.2.1 Clasificación por su viscosidad.

3.2.2 Resinas compuestas Bulk-fill de viscosidad fluida.

Para el caso de este tipo de resina se habla de la composición fluida (Figura 17) parecida a las resinas compuestas convencionales, que presentan una carga de diluyentes y un porcentaje bajo de relleno inorgánico¹⁵.

La consistencia de este tipo de resinas le permite al fabricante recomendarla como base cavitaria, que se define como aquellas sustancias, capaces de formar unas barreras protectoras susceptibles, y capaz de producir aislamiento térmico y eléctrico a la dentina^{18,19}.

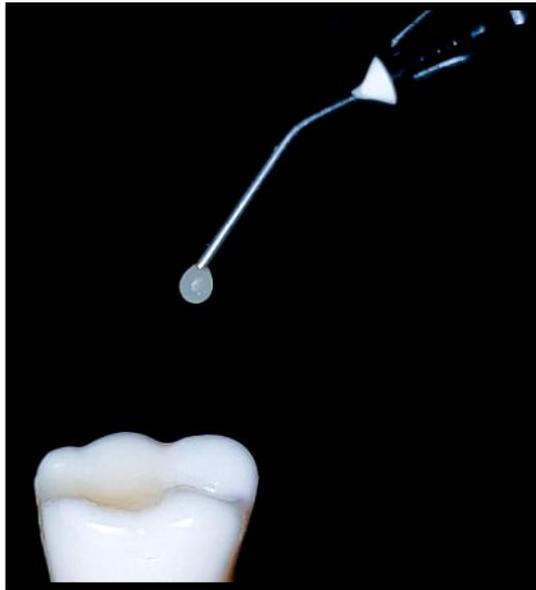


Figura 17.- Consistencia de resina compuesta Bulk-fill fluida.

Fuente directa

3.2.3 Resinas compuestas Bulk-fill de viscosidad normal.

Este sistema aparece en el mercado como viscosidad normal, o consistencia media, este tipo de viscosidad permite recomendarla como material de restauración directa, a pesar de que los fabricantes indican el uso de este material en casi toda la cavidad, se ha recomendado en algunos casos específicamente en este tipo de viscosidad, la adición de una última capa superficial de resina compuesta convencional solo para mejorar su estética(Figura 18)^{12,15}.



Figura 18.- Consistencia de resina compuesta convencional condensable.

Fuente directa

3.2.4 Resinas compuestas Bulk-fill activadas s3nicamente.

Esta material es presentado como una variaci3n de las otras resinas compuestas Bulk-fill, su aplicaci3n requiere de una pieza de mano s3nica especial, esta resina solo puede ser activada mediante vibraciones s3nicas, as3 baja la viscosidad de la resina adquiriendo mayor fluidez, facilitando la obturaci3n de la cavidad y perfeccionando el sellado marginal¹². En este caso si se recomienda cubrir con una capa de resina compuesta convencional o resina compuesta Bulk-fill fluida¹⁵.

Para este caso de resinas solo se ha comercializado una en su tipo, de la marca Kerr, la SonicFill es la 3nica resina en esta presentaci3n y la pieza de mano para su aplicaci3n es fabricada y vendida por la misma casa comercial¹⁵.

3.2.5 Resinas compuestas Bulk-fill con fibras de vidrio.

Recientemente, se propuso un nuevo tipo de material EverX Posterior y EverX Flow , que propone una colocaci3n en incrementos m3s gruesos, este material es 3nico en el sentido que se incluyen fibras de vidrio de hasta 1 mm, adem3s de los elementos de un composite compuesto convencional (Figura 19)¹⁶.

El fabricante de este material postula que las fibras aplicadas se orientan al azar, en una alineaci3n horizontal bajo presi3n de apisonamiento, a trav3s de esta orientaci3n se espera que la contracci3n por polimerizaci3n se disminuya^{12,16}.

Por el contrario se han registrado hallazgos en donde EverX presento un valor de estr3s m3s alto al mencionado por el fabricante, que pudo atribuirse a su alto contenido de relleno, gracias a este agregado de fibras. La falta de

estudios alrededor de estas nuevas aplicaciones en las resinas compuestas Bulk-fill los sigue posicionando en el mercado como una alternativa¹⁶.



Figura 19.- Presentación comercial de la marca EverX flow y de una imagen microscópica de las fibras de vidrio.

http://gclatinamerica.com/descripcion/everx_flow

3.3 Clasificación por tipo.

Kebler et al ¹⁶ clasifica estos materiales en dos tipos:

- Tipo I: Materiales compuestos de gran carga de relleno, con sistemas iniciadores optimizados que garantizan su fotopolimerización adecuadamente. Presenta altos niveles de viscosidad.
- Tipo II: Materiales fluidos, con bajos niveles de contenido de relleno.

3.4 Polimerización en resinas compuestas Bulk-fill.

Pueden existir cambios en las propiedades mecánicas debido a variaciones en el grosor del incremento, como es el caso de las resinas compuestas Bulk-fill, como el tiempo de emisión de luz al usar la lámpara de fotocurado de manera inadecuada y la distancia en la que esta es usada en relación a la resina compuesta¹⁵. En la utilización, de productos de restauración a base de resina, la variedad que ofrecen utiliza la misma familia de monómeros básicos y mecanismo de polimerización; por adición de radicales libres²⁰.

3.4.1 Creación de radicales.

El término “vinilo” se refiere a la presencia de un doble enlace de carbono, que aparece al final de una molécula de monómero, este grupo puede concebirse como un resorte comprimido, esto sucede porque mantiene su energía reservada, cuando al fin es liberada será utilizada para unir (polimerizar) otros grupos de metacrilato presentes en la restauración. Esta faceta de polimerización podemos entenderla como la “activación” mediante alguna forma de energía externa (calor, sustancias químicas o energía radiante)²⁰.

Una vez de esta forma, se convierten en radicales libres, que tienen una capa externa que busca electronegativamente otro electrón para compartir su órbita, formando así un enlace covalente^{21,22}.

3.4.2 Proceso de polimerización.

Una vez creado el radical libre se mueve a través del medio de la resina en busca de un doble enlace carbono-carbono de un monómero de metacrilato, cuando estas dos especies chocan, el efecto resultante es el inicio de la polimerización, los monómeros presentes en las resinas compuestas: Bis-GMA, TEGDMA, UDMA etc., se presentan en forma líquida y como resultado de este acomodamiento y polimerización se vuelven sólidos^{20,22}.

Como secuencia en este proceso, el primer monómero convertido en radical libre, busca otras especies monoméricas ricas en electrones, con las cuales reacciona para formar enlaces covalentes, construyendo la red polimérica en desarrollo. Consecutivamente se va formando la cadena de polímero creciendo en longitud, agregando covalentemente unidades de monómero de una a la vez^{21,22}.

Los radicales libres son necesarios para formar la cadena polimérica y proporcionarle una longitud, estos están formados por fotoiniciadores. Dichos radicales libres se pueden producir mediante varios métodos: térmicos, fotoquímicos y redox. Esto permite que los composites puedan fotopolimerizarse, quimiopolimerizarse o curarse de forma dual²².

La activación química es una reacción entre una amina orgánica con un peróxido orgánico, este es un proceso que se ejecuta rápidamente, tienen composiciones bastante similares a las fotopolimerizables pero con distintos iniciadores de polimerización, el iniciador es un per-compuesto de peróxido de benzoílo y se combina con una amina terciaria aromática. Para el curado dual, la polimerización comienza después de la irradiación de luz, este método incluye fotoiniciadores como la canforoquinona y también sales de yodonio, que generan las especies catiónicas reactivas que inician el proceso de polimerización. En este proceso, en las capas superiores, la polimerización se

inicia mediante la irradiación de luz y las capas más profundas se curan con un sistema de catalizador químico²².

3.4.3 Fotoiniciadores

Hay dos tipos de fotoiniciadores más frecuentes en resinas compuestas: el tipo 1 el óxido de trimetilbenzoil-difenilfosfina, el peróxido de benzoílo y el tipo 2 que es canforoquinona, fenantrenoquinona. Esta división es causada por diferentes formas de producción de radicales por estos fotoiniciadores. Por el contrario, no son los únicos, ya que, se han comenzado a incorporar nuevos iniciadores que complementan o sustituyen a los antes mencionados, esto se puede observar con la nueva generación de resinas compuestas Bulk-fill^{22,23}.

La concentración de canforoquinona debe ser lo más óptima posible, puesto que de no ser así puede desencadenar una serie de consecuencias como comprometer la estética, la biocompatibilidad, las características biomecánicas, y los rellenos podrían presentar un desgaste prematuro. Una concentración insuficiente, por el contrario, también puede inducir a una polimerización deficiente del composite dental y las propiedades mecánicas se debilitarán. La canforoquinona puede generar radicales libres por sí sola, aunque se ha descrito que es más eficiente con la incorporación de co-iniciadores²².

3.5 Mecanismos de polimerización.

“La longevidad clínica de las restauraciones directas de resina compuesta, está relacionada con el protocolo de fotopolimerización. La intensidad de la luz, la longitud de onda y el tiempo de exposición, influyen en la conversión de monómeros a polímeros y en consecuencia a sus propiedades”²⁴.

Las resinas compuestas Bulk-fill, en comparación con las resinas compuestas convencionales presentan cambios en su composición, destacando la translucidez y la incorporación de nuevos fotoiniciadores.²⁴ El grado de conversión de monómeros a polímeros, y la velocidad de polimerización, se describe para estas resinas, como la consecuencia del comportamiento mecánico^{15,24}.

La reacción de polimerización requiere la luz adecuada, para poder excitar las moléculas fotoiniciadoras, generalmente la canforoquinona (Figura 20), una vez activadas, estas moléculas reaccionan con las sustancias activantes y terminan el proceso de fotopolimerización²⁴. Un estudio demostró que los valores de la fuerza de unión en las paredes son significativamente más altos cuando se usa un compuesto de relleno masivo, en este caso las resinas compuestas Bulk-fill¹⁵.

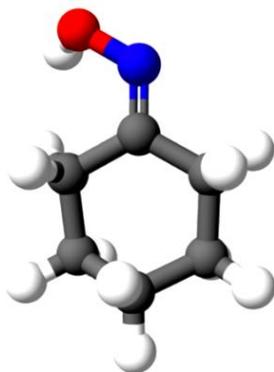


Figura 20.- Molécula tridimensional de la canforoquinona.

<https://www.freepng.es/hd-png/camphorquinone-3oxime.html>

3.6 Profundidad de curado en resinas compuestas Bulk-fill.

Una característica esencial en este proceso de estudiar los cambios y resultados que aportan las resinas Bulk-fill a la odontología, es comprobar si es posible conseguir una adecuada profundidad de curado. En la elaboración de soluciones a problemáticas relacionadas con la contracción por polimerización, se implementó en las resinas compuestas Bulk-fill, fuentes de luz (Figura 21), que permitan la máxima conversión con el mínimo estrés de polimerización, esto a su vez aportaría mejores resultados estéticos y funcionales de los materiales compuestos^{13,15}.

Se ha descrito como una desventaja de las resinas compuestas convencionales, su poca profundidad de curado con la posibilidad de escasa conversión de monómero en el fondo de la cavidad, lo cual no debe pasar desapercibido porque como consecuencia podría provocar la degradación de resina compuesta, propiedades mecánicas insuficientes, y reacciones biológicas adversas por la liberación de monómeros que no se lograron foto polimerizar^{12,15}.



Figura 21.- Emisión de luz, proyectada por lámpara de fotocurado.

Fuente directa

“Para poder realizar la técnica de monobloque con incrementos de hasta 4 mm, se debe utilizar una luz para polimerizar con una intensidad de hasta 1000 mW/cm² por un tiempo de 20 segundos”¹³.

Se ha evaluado el grado de conversión según la profundidad de la restauración, en donde se demostró que el incremento de 4 mm no evidenció una diferencia significativa, en comparación con la aplicación de la resina compuesta convencional en su técnica incremental con capas de 2 mm¹⁵.

La norma ISO 4049-2009, determina que la profundidad de curado no debe ser menor a 0.5 mm menos de lo establecido por el fabricante. Un estudio de la AD obtuvo datos mediante la evaluación de algunas resinas compuestas Bulk-fill, que arrojaron los siguientes resultados¹²:

- Resultados igual o mayores que los requeridos por la ISO en resinas compuestas Bulk-fill: Quixx Posterior Restorative, x-tra fill, Filtek Bulk Fill Flowable, Surefil SDR, Venus Bulk Fill y x-tra base.
- Resinas compuestas bulk-fill que no alcanzaron los valores requeridos por esta regulación: SonicFill, Tetric EvoCeram Bulkfill, y Alert Condensable Composite.

Se debe tomar en cuenta que para estas resinas existe una variabilidad en las propiedades mecánicas resultantes, al cambiar el grosor del incremento, el tiempo de irradiación de luz al que es expuesto el material, y la distancia de la punta de la lámpara en que es colocada en relación al material¹².

F. Besegato et al ²⁴ menciona que el relleno de cavidades profundas con un solo incremento, debe reconsiderarse para asegurar una polimerización adecuada en toda la masa de la resina compuesta, puesto que puede comprometer sus propiedades mecánicas, la irradiancia insuficiente puede aumentar la cantidad de monómeros residuales y citotoxicidad de los compuestos. También hace hincapié en que una irradiancia de baja potencia en un intervalo de tiempo más largo proporciona una polimerización más lenta,

lo que mejora las propiedades mecánicas de los compuestos de resina, ya que se forman cadenas más largas con mayor peso molecular en comparación con la irradiación de alta potencia. En el caso de resinas compuestas Bulk-fill se recomiendan irradiancias altas que pueden acelerar la reacción de polimerización, reduciendo el flujo viscoelástico y generando así una mayor contracción de polimerización.

3.7 Contracción por polimerización en resinas compuestas Bulk-fill.

“La técnica incremental se desarrollo como una de las estrategias para reducir estos efectos, la cual intenta reducir el factor C de una preparación”¹².

3.7.1 Factor de configuración cavitaria.

Aunque no existe evidencia que demuestre que el estrés por contracción reduce la longevidad de las restauraciones de composite, numerosos estudios in vitro han demostrado que sigue siendo un tema de discusión^{25,26}.

El factor de configuración cavitaria (Factor “C”) se define como la relación entre el área de la superficie libre y el área de la superficie adherida de una restauración dental²⁵.

Para tener en mente el factor C al realizar una restauración con resina tendremos en cuenta la siguiente formula²⁵:

$$\text{FACTOR C} = \frac{\text{Superficie adherida}}{\text{Superficie libre}}$$

Cuando realizamos una obturación es importante analizar la colocación y la polimerización de acuerdo a las paredes de la cavidad. Las siguientes imágenes nos muestran cómo obtener el factor C en nuestra cavidad²⁵.

Factor C adecuado de 0.2, al solo estar adherido por una superficie no existe el estrés, siendo bastante favorable(Figura 22)²⁵.



Figura 22.- Una pared adherida de 5, no genera estrés.

<https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2010/od102g.pdf>

Cuando se presentan 2 paredes adheridas el factor C, también es favorable, este tipo de situaciones se presentan en cavidades clase IV(Figura 23)²⁵.

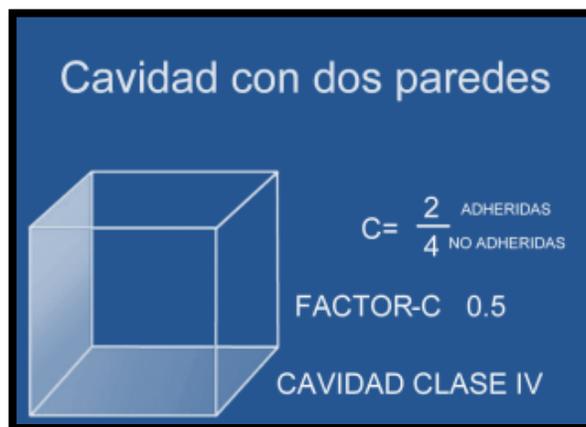


Figura 23.- En este caso el factor C es de 0.5 bastante favorable.

<https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2010/od102g.pdf>

En una cavidad clase III se presenta una igualdad en superficies adheridas y libres. Esto desencadena un factor C de 1, hasta el momento existe un equilibrio dentro de esta cavidad. Para el caso de la cavidad con 4 paredes, nos puede simular una cavidad clase II, aquí el factor C se presenta de 2, y para concluir se ejemplifica una cavidad con 5 paredes adheridas y 1 no

adherida, dando como resultado un factor C de 5. Es importante resaltar que este caso se presenta en cavidades clase I y clase V de Black y en las que es esencial disminuir el factor C (Figura 24)²⁵.



Figura 24.- El factor C se encuentra bastante aumentado con 5 superficies adheridas y 1 libre.

<https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2010/od102g.pdf>

Siempre es importante colocar la obturación, teniendo como objetivo obtener un factor C de 0.5. y con esto obtendremos menos tensión al contraerse después de polimerizarla^{25,26}.

3.7.2 Estrés de polimerización en resinas compuestas Bulk-fill.

Tomando en cuenta que la caries dental prevalece en todo el mundo y los compuestos de resina se utilizan ampliamente como materiales de relleno, cuando la contracción de polimerización y las tensiones de contracción asociadas a resinas compuestas son más altas, se forman espacios marginales en la interfaz, lo que da lugar a microfiltraciones. Las enzimas y metabolitos bacterianos, las bacterias y los fluidos orales pueden penetrar en las hendiduras del compuesto dental y provocar caries secundaria²⁷.

La lógica aplicada en la técnica incremental fue la aplicación de capas con incrementos de resina compuesta para reducir estas causas (Figura 25). Los estudios que evalúan la contracción de las resinas compuestas Bulk-fill, son todavía escasos y no nos permiten tomar muchas ventajas a su favor¹².



Figura 25.- Técnica incremental, realizada en tonos A1 y A3 en resina compuesta.

Fuente directa

El uso de la técnica de relleno masivo sin duda simplifica el procedimiento de la restauración, y ahorra tiempo clínico en casos de cavidades profundas, las tensiones de contracción están influenciadas por la composición y el contenido de relleno del compuesto de resina, el grado de conversión, así como la profundidad de curado del material también pueden influir en el desarrollo de tensiones²⁹.

Investigaciones han demostrado una deflexión cúspide baja en dos materiales de relleno masivo, en comparación con un compuesto de resina convencional nanohíbrida, esto corrobora los hallazgos previamente reportados de menores tensiones de contracción de polimerización para un compuesto de resina de relleno en bloque. En un estudio presentado se especifico que hubo resinas

compuestas Bulk-fill con valores menores, mayores y similares a los encontrados en resinas compuestas convencionales²⁹.

Es fundamental aumentar el tiempo de longevidad de las restauraciones a base de resinas compuestas convencionales y reducir sus efectos negativos dentro de las mismas, como la microfiltración, la posibilidad de grietas o fracturas y hasta la pérdida de la restauración completa, un estudio ha demostrado que parte de estas causas se debe a la contracción por polimerización que sufren las resinas, pero que esta se puede ver disminuida o simplemente compensarse mediante flujos en la etapa plástica temprana de polimerización antes de que se alcance el punto de gelificación¹⁶.

Los compuestos de resina de relleno a granel de baja viscosidad que contienen un volumen de relleno más bajo demostraron valores de contracción de polimerización más altos. Por el contrario, los compuestos de resina de relleno masivo de alta viscosidad presentaron valores de contracción de polimerización más cercanos a los compuestos de resina convencional. Un aumento en el contenido de relleno puede, en cierta medida, reducir la contracción de la polimerización debido a la disminución del contenido de monómero en relación con la relación de carga a monómero. En general, la contracción de polimerización de todos los materiales investigados estuvo entre 1,58% y 3,36%, lo que se considera aceptable si se compara con la contracción de polimerización de los compuestos de resina actualmente disponibles en el mercado. Los compuestos de resina de relleno masivo de alta viscosidad con contracción de polimerización reducida, dieron como resultado una formación de espacios similar en comparación con el compuesto de resina convencional^{29,30}.

3.8 Metodología y análisis.

La recopilación de la información que se obtuvo, fue seleccionada de la siguiente manera.

3.8.1 Instrumentos utilizados.

Para obtener información con la mejor calidad, se utilizaron buscadores científicos como Pubmed, se analizaron Journals Odontológicos y también se consultaron libros por medio de las bibliotecas digitales de la Universidad Nacional Autónoma de México, sobre restauradora avanzada, operatoria dental y materiales dentales.

3.8.2 Estrategias.

Se realizó la recopilación de la literatura nacional e internacional con restricción de tiempo del año 2015 -2020, con información enfocada en las marcas de resinas compuestas y su contracción por polimerización y la profundidad de curado entre dos tipos de resinas, compuestas convencionales y compuestas Bulk-fill.

En este trabajo se incluyeron secciones organizadas en subtemas, con un orden a fin de comprender las propiedades particulares de estos tipos de resina, me enfoque en colocar información clara y precisa sobre la contracción que presentan ambos tipos de materiales y su relevancia para cada una.

Se brindaron puntos de vista sobre las diferentes teorías alrededor de la profundidad de curado y su influencia en estos tipos de resinas.

Se leyeron protocolos de investigación, documentos académicos, estudios de modelos, que evaluaron el funcionamiento y las características que presentan estas resinas.

La recopilación de los datos para este trabajo nos arrojó lo siguiente:

TABLA 1: PROFUNDIDAD DE CURADO.

TITULO	AUTOR	AÑO	MARCA DE RESINA	TIPO DE RESINA
Revisión del estado actual de resinas compuestas bulk-fill.	Camila Corral Nuñez y colaboradores.	2015	Quixx Posterior Restorative.	Resina Condensable
			x-tra fill	Resina Condensable
			Filtek Bulk Fill Flowable	Resina Fluida
			Surefil SDR	Resina Condensable
			Venus Bulk-fill	Resina Condensable
			x-tra base	Resina Condensable
			Sonic Fill	Sónica
			Tetric EvoCeram BulkFill	Resina Condensable
			Alert	Resina

			Condesable Composite	Condensable
El efecto de la profundidad a Granel y el tiempo de irradiación sobre la dureza de la superficie y el grado de curado de los composites de relleno a granel.	F. Farahat y colaboradores.	2016	Venus Diamond	Resina Condensable

TABLA 2: CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN.

TITULO	AUTOR	AÑO	MARCA DE RESINA	TIPO DE RESINA	VALORES DE CONTRACCIÓN
Manifestación mecánica del factor C en relación con la fotopolimerización	Jing Fu. y colaboradores	2020	Filtek One	Condensable	0,83%
			Filtek Supreme Ultra	Condensable	0,99%

de composites de resina dental.			Ecosite	Condensable	0,93%
Efecto de la fotopolimerización rápida de alta intensidad sobre las propiedades de contracción de polimerización de compuestos convencionales y de relleno masivo.	Matej P. y colaboradores	2020	Tetric Power Flow	Bulk-fill	1.13%
			Tetric EvoCeram	Bulk-fill	0.93%
			Tetric Power Fill	Bulk-fill	1.13%
			Tetric EvoFlow	Convencional	1.15%
			Ceram.x	Convencional	0.91%

4. CONCLUSIONES.

1. Contar con nuevos materiales dentales, nos beneficia en la actualización y con ello lograr cambios para mejorar sus características.
2. En el caso de las resinas compuestas convencionales, se conoce y se ha estudiado mucho las características físicas y mecánicas que presentan, con esto podemos determinar el resultado que obtendremos, al utilizarlas en el consultorio dental.
3. La introducción de las resinas Bulk-fill nos aporta la innovación de una técnica de aplicación en bloque, que reduce el tiempo de trabajo del odontólogo, que a su vez puede ser puesta en duda, ya que ciertas marcas necesitan aditamentos para ser colocados en boca como el caso de las sónicas.
4. Las resinas Bulk-fill son reconocidas por implementar su aplicación en monobloques de 4-5 mm y así reducir el tiempo de trabajo para el odontólogo, pero en ocasiones y sin generalizar, es necesario fotopolimerizar el doble de segundos indicados por el fabricante, para poder explotar las características que el mismo refiere.
5. Las resinas Bulk-fill no presentan un porcentaje de estudios, que nos permitan confirmar sus beneficios en comparación con las resinas compuestas convencionales, esto nos indica que se debe esperar un poco en tiempo a que surjan nuevos análisis para determinar con exactitud en qué casos restaurativos es 100% efectivo utilizarlas.

6. Dentro de las posibilidades al ser utilizadas en boca, se recomienda adaptarlo a las necesidades de la cavidad, del tiempo de trabajo que se requiera en el paciente en específico y de los resultados que se buscan con ellas.
7. El porcentaje de contracción que refieren las resinas compuestas Bulk-fill, no es relevante en comparación a las resinas compuestas convencionales.
8. Al ser un material no predecible en cuanto a los resultados, no puede ser catalogado como de primera elección.
9. Las resinas Bulk-fill, no cuentan con los suficientes tonos estándar de precoloreados necesarios para ser utilizada en dientes anteriores, lo que las posiciona como de uso exclusivo en dientes posteriores.
10. Dentro de los beneficios en cuanto a polimerización, en algunos casos para las resinas Bulk-fill es recomendable utilizar ciertas lámparas de fotocurado que cumplan con la irradiancia adecuada, lo que lo convierte en una adquisición extra.
11. El factor C que se presenta en las restauraciones Bulk-fill es mayor al demostrado en resinas compuestas convencionales.

5. ANEXOS.

Infografía.

Ventajas y desventajas de resinas compuestas convencionales VS Bulk-fill.

Resinas compuestas convencionales

VS

BULK-FILL

VENTAJAS

- Variación de tonos para ser utilizadas en dientes anteriores y posteriores.
- Al ser colocada en capas incrementales, su profundidad de curado es efectiva.
- Sus consistencias permiten darles usos en toda la clasificación de cavidades de Black.
- Al presentar un factor C bajo, favorece el éxito y la calidad de las obturaciones.

Desventajas

- Pueden presentar espacios en la técnica de colocación incremental.
- Presentan un porcentaje de contracción alto.
- En la mayoría de los casos, presentan caries secundaria.

ventajas

- Menor tiempo de trabajo al utilizar en técnica de monobloque.
- Cuenta con iniciadores más actualizados para su polimerización
- Es compatible con pacientes pediátricos y adultos
- Buena translucidez

Desventajas

- Necesidad de aditamentos extras.
- No indicada en dientes anteriores.
- Deficiente profundidad de curado.

Elaborado por: Bastida Facundo Adriana Lizeth

Fuente Directa

6. REFERENCIAS.

1. Moonney B. Operatoria Dental avances clínicos, restauraciones y estética. 5ta ed. 2015. 786 p.
2. Trends C, On E, Composites D. Evolution on Dental Composites. Acta Odontológica Venez. 2008;46(1):1–19.
3. Nocchi E. Odontología Restauradora. Salud y Estética. 2008. 560 p.
4. García AH, Angel M, Lozano M, Vila JC, Escribano AB, Galve PF, et al. Resinas compuestas . Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. Fac ciencias Exp y la salud. 2006;1:215–20.
5. Macchi R. Materiales Dentales. 2011. 424 p.
6. Mexicana D, Carrillo C, Pr MSD, Toluca P, Licenciatura P. Materiales de resinas compuestas y su polimerización. Órgano Of la Asoc Dent Mex. 2009;4(AGOSTO):10–7.
7. Chen HY, Manhart J, Kunzelmann K, Hickel R. Polymerization contraction stress in light-cured compomer restorative materials. Dent Mater J. 2003;19(July):597–602.
8. Gheller R, José P, Roberto C, Hoepfner MG. Microporosity and polymerization contraction as function of depth in dental resin cements by X-ray computed microtomography. Microsc Res Tech. 2020;1(February):1–9.
9. Kaisarly D, Gezawi M El. Polymerization shrinkage assessment of dental resin composites : a literature review. Odontology. 2016;104(3):257–70.
10. Bociong K, Szczesio A, Sokolowski K, Domarecka M, Sokolowski J, Krasowski M, et al. The Influence of Water Sorption of Dental Light-Cured Composites on Shrinkage Stress. Materials (Basel).

2017;1(September):14.

11. ADA. American Dental Association Specification no.27. Vol. 24, ANSI/ADA. 1993. p. 8–24.
12. Corral-Núñez C, Vildósola-Grez P, Bersezio-Miranda C, Alves-Dos Campos E, Fernández Godoy E. State of the art of bulk-fill resin-based composites: a review TT - Revisión del estado actual de resinas compuestas bulk-fill TT - Revisión del estado actual de resinas compuestas bulk-fill. Rev Fac Odontol Univ Antioq [Internet]. 2015;27(1):177–96. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-246X2015000200177
13. Valle A Del. Revisión de resinas bulk fill: estado actual. Univ Nac del Nord. 2018;1(2):6.
14. Antunes Junior C, Mercuri EGF, Franco APG de O, Costa M, Karam LZ, Kalinowski HJ, et al. Bulk Fill flow resin contraction using 3D finite element model and calibration by Fiber Bragg Grating measurement. Comput Methods Biomech Biomed Engin [Internet]. 2020;0(0):1–11. Available from: <https://doi.org/10.1080/10255842.2020.1789607>
15. CASTILLO A. Resina Bulk-fill: Estado actual [Internet]. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL; 2020. Available from: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/49889/1/3412CASTILLOadriana.pdf>
16. Keßler A, Kaisarly D, Hickel R, Kunzelmann KH. Effect of fiber incorporation on the contraction stress of composite materials. Clin Oral Investig. 2019;23(3):1461–71.
17. Alkudhairy F, Alkheraif A, Naseem M, Khan R, Vohra F. Degree of conversion and depth of cure of ivocerin containing photo-polymerized

- resin luting cement in comparison to conventional luting agents. *Pakistan J Med Sci.* 2018;34(2):253–9.
18. Navajas J. Use of Cavitary Bases in Current Conservative Dentistry. *Rev Eur Odontoestomatol* [Internet]. 2017;1(1):1–11. Available from: <http://www.redoe.com/ver.php?id=49>
 19. Weiner R. Liners and bases in general dentistry. *Aust Dent J.* 2011;56(SUPPL. 1):11–22.
 20. F. Rueggeberg. CritiCal review Dental Materials/Dentistry Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. *Dent Mater Dent* [Internet]. 2017;31:64–91. Available from: <http://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0061>
 21. F F, Ar D, Z H. The Effect of Bulk Depth and Irradiation Time on the Surface Hardness and Degree of Cure of Bulk-Fill Composites. *J Dent Biomater* [Internet]. 2016;3(3):284–91. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28959755><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC5608064>
 22. Kowalska A, Sokolowski J, Bociog K. The photoinitiators used in resin based dental composite—a review and future perspectives. *Polymers (Basel).* 2021;13(3):1–17.
 23. Par M, Marovic D, Attin T, Tarle Z, Tauböck TT. Effect of rapid high-intensity light-curing on polymerization shrinkage properties of conventional and bulk-fill composites. *J Dent.* 2020;101(August 2020).
 24. Besegato JF, Jussiani EI, Andrello AC, Fernandes RV, Salomão FM, Vicentin BLS, et al. Effect of light-curing protocols on the mechanical behavior of bulk-fill resin composites. *J Mech Behav Biomed Mater* [Internet]. 2019;90:381–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2018.10.026>

25. J., CEDILLO. C-Factor in operative dentistry. Univ Auton Ciudad Juarez. 2010;1(1):83–7.
26. Fu J, Aregawi WA, Fok ASL. Mechanical manifestation of the C-factor in relation to photopolymerization of dental resin composites. Dent Mater [Internet]. 2020;36(8):1108–14. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.05.004>
27. Zhou W, Liu S, Zhou X, Hannig M, Rupf S. Modifying Adhesive Materials to Improve the Longevity of Resinous Restorations. Int J Mol Sci. 2019;(Figure 1):1–20.
28. Rizzante FAP, Duque JA, Duarte MAH, Mondelli RFL, Mendonça G, Ishikiriyama SK. Polymerization shrinkage, microhardness and depth of cure of bulk fill resin composites. Dent Mater J. 2019;38(3):403–10.
29. Bennetti AR, Havndrup C, Honore D, Pedersen MK PU. Bulk Filler Resin Compounds: Polymerization Shrinkage and Depth of Cure and Gap Formation. Oper Dent. 2015;1(1):190–200.
30. Lim B, Ferracane JL, Sakaguchi RL, Condon JR. Reduction of polymerization contraction stress for dental composites by two-step light-activation. Dent Mater. 2002;18(Jun):436–44.