



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS
NANO HÍBRIDAS.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

PAOLA ALEJANDRA NIETO MUÑOZ

TUTORA: C.D. NEYLA GABRIELA PÉREZ ESCOBEDO

MÉXICO, D.F.

2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



INDICE

| | |
|--|----|
| Introducción..... | 5 |
| Objetivo..... | 7 |
| 1. Resinas compuestas..... | 8 |
| 1.1 Composición..... | 8 |
| 1.1.1 Matriz orgánica..... | 10 |
| 1.1.2 Relleno inorgánico..... | 12 |
| 1.1.3 Agente adhesivo o de unión..... | 13 |
| 1.1.4 Pigmentos..... | 14 |
| 1.2 Clasificación..... | 14 |
| 1.2.1 Lutz y Phillips..... | 15 |
| 1.2.2 Cronológica..... | 16 |
| 1.2.3 Tamaño de relleno..... | 17 |
| 1.3 Propiedades..... | 18 |
| 1.3.1 Mecánicas..... | 19 |
| 1.3.2 Físicas..... | 20 |
| 1.3.3 Estéticas..... | 21 |
| 2. Polimerización..... | 22 |
| 2.1 Fases de la resina en la polimerización..... | 24 |
| 2.2 Polimerización por adición..... | 25 |
| 2.3 Polimerización por condensación..... | 25 |
| 2.4 Coadyuvantes..... | 26 |



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



| | |
|---|-----------|
| 2.5 Fotopolimerización | 27 |
| 2.5.1 Tipos de fotopolimerización | 28 |
| 2.5.2 Ventajas y desventajas | 29 |
| 2.5.3 Factores que influyen en la polimerización | 29 |
| 2.6 Unidades de fotocurado | 31 |
| 2.6.1 Espectro de ondas electromagnéticas | 32 |
| 2.6.2 Tipos de lámparas | 33 |
| 2.6.3 Mantenimiento y protección | 38 |
| 3. Contracción de polimerización | 39 |
| 3.1 Estrés de contracción | 40 |
| 3.2 Factor C (Factor de configuración cavitaria) | 41 |
| 4. Nanotecnología | 45 |
| 4.1 Aplicación de la nanotecnología en odontología | 46 |
| 5. Resinas nanohíbridas | 47 |
| 6. Contracción de resinas nanohíbridas | 49 |
| 6.1 Filtek™ Z 250 XT | 49 |
| 6.2 Tetric® N-Ceram | 51 |
| 7. Conclusiones | 54 |
| 8. Referencias bibliográficas | 56 |



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



A Dios por todo lo que me ha dado en la vida, por ponerme siempre en el lugar indicado poder realizar mis sueños y metas.

A mis padres Roció Muñoz y Alejandro Nieto por su amor y apoyo incondicional, por estar a lo largo de mi camino viéndome crecer y enseñándome a ser mejor persona, son mi motor, sin ustedes esto no hubiera sido posible. No me alcanzan y no tengo palabras para agradecerles el creer en mí y todo lo que me dan. Los amo.

A mi hermana por estar a mi lado y me hacerme reír en los días difíciles. Eres mi compañera de vida. No me imagino la vida sin ti.

A mi abuelo que desde el cielo cuida de mí. A ti que aunque no de forma física siempre estás en mí corazón y cada día me acompañas.

A mi familia, Verónica Muñoz por brindarme su apoyo en todo momento y abrirme las puertas de su casa para hacer más fácil esta etapa, a Nalleli Muñoz acompañarme en cada logro y tener siempre un consejo que darne. Las admiro mucho.

A mis amigas, Itzel, Mayumi, Denisse, Donají, Blanca; gracias por su amistad, hicieron este camino más ameno, lleno de risas.

A Mauricio, llegaste en el momento preciso a mi vida. Gracias por darle otro sentido y enseñarme que los tiempos de Dios son perfectos, por quererme tal cual y estar en las buenas y en las malas, por siempre tener un “tú puedes”, escucharme, apoyarme y alentarme a cumplir mis sueños, eres parte de esto.

A mi tutora la Dra. Neyla por su apoyo en la realización de esta tesina, por su tiempo y paciencia.

A la Dra. Ana por compartirme un poco de sus muchos conocimientos y dejarme aprender de ella.

A la UNAM y la Facultad de Odontología por todo y tanto, por formarme profesionalmente.

¡Gracias infinitas a todos ustedes!



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



INTRODUCCIÓN

La forma correcta de referirse a los materiales dentales conocidos como resinas es polímeros. Fueron introducidos en la odontología por primera vez en 1937 en forma de polímeros acrílicos.

Los polímeros son moléculas que se forman por la unión de monómeros idénticos. *Poli* (varios), y *mono* (uno). También pueden estar formados por una mezcla de diferentes monómeros. Si dos o más monómeros diferentes polimerizan juntos el material resultante será un *copolímero*. ¹

En 1963 el Dr. Rafael L. Bowen, publicó un trabajo sobre la evolución de los polímeros reforzados por el cual se le denominó el Padre de las resinas compuestas. ²

En general las resinas se clasifican según el tipo de relleno, en su mayoría la matriz de resina es similar. Se han desarrollado con el fin de incrementar la vida media de las restauraciones estéticas, anteriormente se limitaban a los cementos de silicato, que se componen de resina de polimerización química, en un sistema de polvo-líquido, teniendo muchas desventajas en cuanto a la polimerización, adaptación marginal, dureza, desgaste y ajuste de color.

Con el paso de los años han ido mejorando sus propiedades físicas, beneficiando al odontólogo en la manipulación de las resinas y al paciente que requiere una restauración estética directa. ¹



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



En la actualidad existe una gran demanda por la estética dental, la mayoría de los pacientes ya no están dispuestos en recibir alguna restauración metálica, eligiendo una restauración que simule el color de sus dientes, siendo las resinas la alternativa como elección de restauraciones directas.

Sin embargo, es muy controversial su uso, ya que en un inicio los resultados no habían sido tan buenos debido a las propiedades mecánicas que llegaron a presentar en cuanto a fracturas, filtración, abrasión y contracción que sufrían al ser fotopolimerizadas. Esto se ha podido reducir gracias al desarrollo de nuevos sistemas de resina.

Las resinas nano híbridas son el resultado de la nano tecnología que permite aumentar y mejorar las propiedades físicas y mecánicas.

El hecho de que en la actualidad las resinas utilicen un sistema de fotopolimerización representa una gran ventaja y beneficio para la elaboración de la restauración. 3



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



Objetivo

Conocer la contracción por polimerización de las resinas nanohíbridas mediante una revisión bibliográfica.



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



1. Resinas Compuestas

Las resinas compuestas se introdujeron en el mercado, a mediados de la época de los 60's. Se han aplicado con mayor frecuencia como tratamiento por elección de restauraciones en defectos dentarios producidos por caries, erosiones, resorciones, fracturas y alteraciones de forma o posición. ⁶

Se han modificado con el fin de mejorar el color, translucidez y opacidad, mismos que ayuden a imitar los dientes naturales.

Anteriormente sólo estaban indicadas para restauraciones estéticas del sector anterior, gracias a los avances y a los diferentes estudios, actualmente son utilizadas en la rehabilitación del sector posterior, obteniendo mejores resultados en cuanto a resistencia, manipulación y adhesión.

La colocación de resinas es una técnica que requiere tiempo, para poder controlar ciertos factores como la contracción de polimerización. ¹⁰

1.1 Composición

Las resinas compuestas están formadas por tres componentes fundamentales:

- 1) Una matriz orgánica (resina) que generalmente comprende del 30% al 50% del volumen total del material.

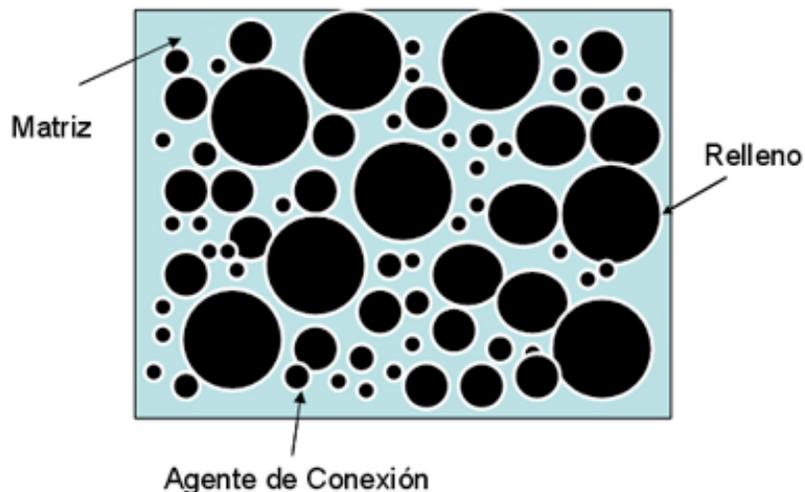


CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



- 2) Una fase dispersa, que es el relleno inorgánico, que le confiere la resistencia al material, a base de vidrio, cuarzo o sílice.
- 3) Un agente adhesivo o de unión, que va a permitir que los componentes fundamentales de las resinas se enlacen por medio de una molécula bifuncional, esto quiere decir que puede estar unida por enlaces iónicos a las partículas de relleno inorgánico y al mismo tiempo estar unidas químicamente a la matriz orgánica. La calidad de esta interfase en gran parte nos da el buen funcionamiento de la resina. (Figura 1) ^{1,3,4,6}

Además tenemos que añadir los coadyuvantes, que son sustancias que van a influir al momento de polimerizar la resinas; iniciadores, inhibidores o que intervienen en parte de la estética del material como estabilizadores de color.



(Figura 1) Componentes fundamentales de las resinas compuestas, matriz orgánica, relleno inorgánico y el agente de unión. ⁸



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



1.1.1 Matriz Orgánica

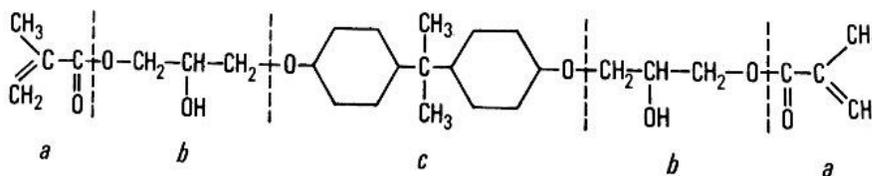
En la mayoría de las resinas comerciales la matriz orgánica se basa en la molécula de Bis-GMA o en alguna variación de esta.

La matriz orgánica estudiada por el Dr. RL Bowen en 1963, sintetiza el primer biomaterial estético-adhesivo de aplicación directa. Dando así el inicio de una nueva etapa en los materiales de uso odontológico. ^{5,4}

Es un monómero parecido a una resina epoxídica¹, solo que estos grupos son remplazados por grupos metacrilatos, denominada Bis-GMA, que se va a obtener a partir de tres moléculas base: bisfenol A, alcohol glicídico y ácido metacrílico (Bis-Fenol-Glicídil-metacrilato) ^{3, 4}

La molécula de Bowen tiene en los extremos dobles enlaces para así llevar a cabo la polimerización de las moléculas de BisGMA entre ellas.

Cuenta con dos ciclos aromáticos, los cuales le proporcionan a la molécula rigidez, y dos radicales hidroxilo (OH) que van a permitir se formen puentes de hidrógeno y esto le dará gran viscosidad. (Figura 2) ⁴



(Figura 2) Formula de Bowen. ³

¹Resina epoxídica: Es un polímero termoestable que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador.



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



Con el Bis-GMA se fue progresando en ciertos parámetros. La alta viscosidad que tiene se va a diluir con una mezcla de monómeros dimetacrilatos de menor peso molecular para poder tener una adecuada viscosidad con la que puedan incorporar rellenos inorgánicos.

Al eliminar el alcohol glicídico, se suprimen los radicales hidroxilo y la viscosidad será menos elevada obteniendo así Bis-MA (bisfenol-dimetacrilato).³

Los monómeros de baja viscosidad (bajo peso molecular) que se usan con mayor frecuencia son:

- Dimetacrilato de bisfenol A (Bis-MA).
- Etilenglicol-dimetacrilato (EGDMA).
- Trietilenglicol-dimetacrilato (TEGDMA).
- Metilmetacrilato (MMA).
- Dimetacrilato de uretano (UDMA).

En la actualidad el sistema Bis-GMA/TEGMA (Bis-Fenol-Glicidil-metracrilato)/(Trietilenglicol-dimetacrilato) es uno de los más usados para la elaboración de resinas compuestas, ya que ha mostrado resultados clínicamente satisfactorios, sin embargo aún necesitan mejorar algunas propiedades como la resistencia a la abrasión.

Los fabricantes se han dado cuenta que hay una disminución de hasta un 18% en la contracción al momento de polimerizar, esto con referencia a los resinas de generaciones anteriores.^{10, 8, 4}



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



Entonces se podría decir, que la matriz orgánica es el grupo de polímeros.

1.1.2 Relleno inorgánico (fase dispersa)

De éste va a depender en gran parte el comportamiento del material; son partículas que van a dar estabilidad y proporcionar mejores propiedades.

El adicionar éstas partículas a la matriz va a reducir la contracción por polimerización, el coeficiente de expansión térmica, aumenta la resistencia de tracción y abrasión (elasticidad y rigidez). Se utilizan como relleno; cuarzo, vidrio, bario y sílice. El cuarzo resulta ser dos veces más duro y con menor susceptibilidad a la erosión, en comparación con los otros cristales.

El tamaño del relleno actualmente es de 0.05 μm y su forma será variable redonda o esférica, el cual se va a asociar a tres hechos clínicos:

- 1) El pulido es mayor si se disminuye el tamaño de partícula de relleno.
- 2) Si el tamaño de partícula de relleno es menor la resistencia al desgaste va disminuir.
- 3) La resistencia a la fractura va a aumentar, si es incrementado el porcentaje de carga inorgánica (porcentaje de relleno).

Si es mayor la incorporación del relleno a la matriz, las propiedades de la resina son mejores, ya que existirá una menor contracción de polimerización y filtración marginal.



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



Estas partículas van a reemplazar en cuanto a peso hasta un 80% de matriz orgánica y en volumen hasta 60% máximo. 1, 3, 5,8,

1.1.3 Agente adhesivo o de unión

Es necesario un agente de unión entre las partículas de relleno y la matriz de resina, ya que como se ha mencionado antes, la matriz y las partículas de relleno son de diferente estructura lo cual no permite que entre ellas exista unión química. 3

El primer agente utilizado fue el vinil-silano, debido a su baja reactividad fue sustituido por el 3-(metacriloxi) propiltrimetoxisilano, el cual también es un silano. Como la mayoría, es una molécula bipolar, es decir que puede unirse por medio de enlaces iónicos a las partículas de relleno inorgánico, y al mismo tiempo unirse químicamente a la matriz orgánica. 1

El silano va a mejorar tanto las propiedades físicas como las mecánicas de las resinas compuestas, ayudando a reducir el desgaste. 1, 8

El relleno inorgánico se va a unir a la matriz en el momento de la polimerización. 11

Entonces el agente adhesivo será el que va a dar la integración de la fase orgánica e inorgánica.



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.

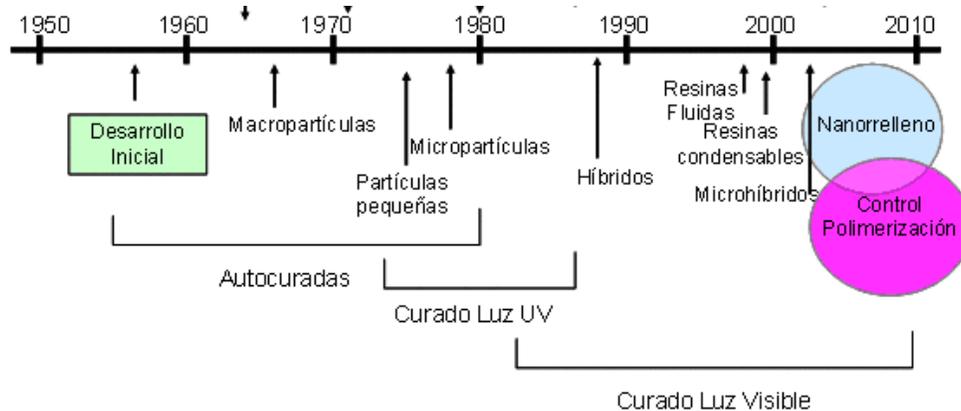


1.1.4 Pigmentos

Óxidos orgánicos con los cuales se va a obtener las tonalidades que van a permitir reproducir la mayoría de los colores de los dientes. 3

1.2 Clasificación

Con el paso de los años las resinas compuestas han sido clasificadas de diferentes formas, con el fin de hacer su identificación y uso más fácil. (Figura 4)



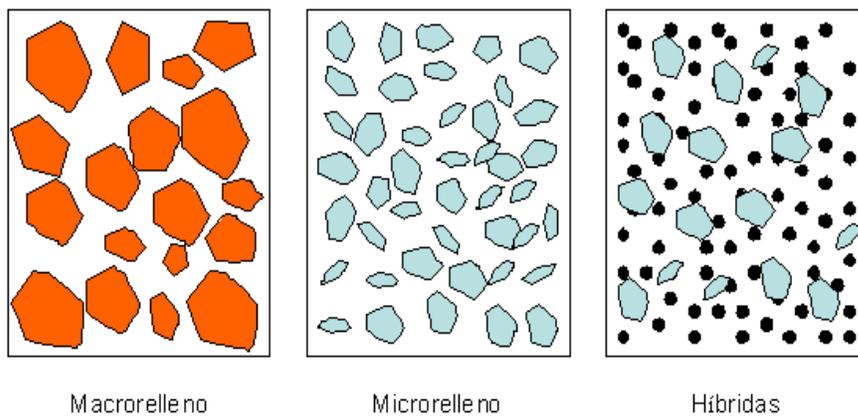
(Figura 4) Cronología del desarrollo de las resinas de acuerdo a sus partículas y sistema de polimerización. 8



1.2.1 Lutz y Phillips (1983)

En la clasificación propuesta por Lutz y Phillips, los autores se encargaron de dividir las resinas compuestas de acuerdo a su tamaño y distribución de partículas de relleno en:

- **Convencionales o de macrorelleno** (partículas de 0,1 a 100 μ). Este tipo de resinas fueron las primeras en el mercado, en su composición solo van a presentar partículas de macrorelleno, lo cual hará que se produzca un gran desgaste del material y el diente antagonista.
- **Micro relleno** (partículas de 0.04 μ). Estas resinas presentan un relleno de sílice amorfo y triturado finamente.
- **Híbridos** (con rellenos de diferentes tamaños). Con el fin de dar una mayor resistencia (figura 3).



(Figura 3) Clasificación de las resinas compuestas de Lutz y Phillips. 8



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



1.2.2 Cronológica

Las resinas compuestas también se han podido clasificar de acuerdo a su cronología en generaciones. Hasta este momento existen siete generaciones de resinas compuestas:

- 1. Primera Generación:** Fueron las primeras resinas que aparecieron en el comercio, se caracterizaron por una fase orgánica compuesta por Bis-GMA y un refuerzo esférico y prismático de vidrio en un 70%, era una macropartícula de 8 a 10 μm . En la actualidad no se cuenta con productos comerciales de esta generación.
- 2. Segunda generación:** Aumentó el porcentaje de la fase orgánica de 50 a 60% y el porcentaje de refuerzo de vidrio en forma proporcional, es la generación de las resinas de macropartícula. Inicialmente tuvieron un tamaño promedio de 0.04 μm . Actualmente se usan tamaños ligeramente mayores, 0.05 a 0.1 μm .
- 3. Tercera generación:** Los híbridos, donde se incluyen en la fase inorgánica diferentes tamaños de partícula, de micro y partícula pequeña de diferente composición química. La mezcla de diferentes tamaños de partículas mejora considerablemente la tersura superficial y la capacidad de pulimento.
- 4. Cuarta generación:** Grupo de resinas compuestas las cuales vienen en alto porcentaje de refuerzo inorgánico con base en



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



vidrios cerámicos y vidrios metálicos, son las resinas compuestas para dientes posteriores.

5. **Quinta generación:** Resinas compuestas para dientes posteriores. Técnica indirecta procesada con calor y presión o combinaciones con luz, calor, presión.
6. **Sexta generación:** Son los sistemas contemporáneos llamados también resinas compuestas microhíbridas.
7. **Séptima generación:** Polividrios o cerómeros indirectos, que contienen 2/3 de relleno y 1/3 de matriz orgánica.

1.2.3 Tamaño de relleno

En la actualidad podemos clasificar a las resinas compuestas en 5 categorías.

- **Resinas de macrorelleno o relleno convencional:** Partículas de un tamaño promedio entre 10 y 50 μm . Sus desventajas fueron la causa de que actualmente estén en desuso. Presentaban una deficiente resistencia a la abrasión y una mala capacidad de pulido con poco brillo superficial, susceptibles a la pigmentación, los rellenos más utilizados fueron cuarzo y vidrio de estroncio o bario.
- **Resinas de microrelleno:** Relleno de sílice coloidal, el tamaño de sus partículas oscila entre 0.01 y 0.05 μm . Sugeridas para la región anterior, donde las cargas de masticación son menores,



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



en la región posterior presenta ciertas desventajas en elasticidad y expansión térmica. El tamaño de sus partículas proporciona un alto pulimento y brillo superficial.

- **Resinas híbridas:** Llamadas así por su refuerzo inorgánico de vidrios de diferente composición y tamaño con un porcentaje del 60% o más de peso. El tamaño de sus partículas es de 0.6 y 1.0 μm y 0.04 μm de sílice coloidal. Con extensa variedad de colores, menor contracción al polimerizar, buenas características de pulido, textura y desgaste. Indicadas tanto para la región anterior como posterior.
- **Híbridos modernos:** Alto porcentaje de partículas sub-micrométricas ocupando más del 60% de volumen, el tamaño de sus partículas es de 0.4 a 1.0 μm . Provee buena resistencia al desgaste, sin embargo es difícil pulirlas y pierden brillo rápidamente.
- **Resinas de nano relleno:** De desarrollo reciente, relleno se encuentra de forma agrupada en “nanoclusters.”² 2, 8

1.3 PROPIEDADES DE LAS RESINAS COMPUESTAS

La resina es un material de tipo plástico y sus propiedades van a estar determinadas por la fase orgánica, el porcentaje y tipo de relleno.

² Nanoclusters: es una aglomeración de partículas con un tamaño máximo de 0.07 micrones (75 nanómetros)



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



1.3.1 Mecánicas

- **Resistencia a la compresión:** Ésta propiedad se pone a prueba en la masticación, es el desarrollo de la fuerza que se aplica en las caras oclusales de molares. Las resinas híbridas resisten más y pueden ser comparadas con las amalgamas y con la dentina. Alcanzan un valor máximo de resistencia a la compresión del 90% en una hora, mientras que una amalgama solo alcanza 1/3 de su valor total en el mismo tiempo, esto se puede ver afectado por una mala manipulación, donde exista contaminación húmeda.
- **Resistencia a la tracción:** Las resinas híbridas son las que van a presentar mejores características por su relleno inorgánico debido al ahorro de tejido en preparaciones amplias.
- **Módulo de elasticidad:** Relacionado con la tensión y la deformación, a mayor módulo, el material es más rígido y hay una menor deformación, esto quiere decir, que hay menor cantidad de matriz orgánica.
- **Dureza:** Resistencia del material a la deformación plástica. Esto condicionará el desgaste superficial y se verá relacionado con la cantidad de relleno.
- **Resistencia a la abrasión:** Se va a relacionar a la mayor o menor cantidad de matriz orgánica. Habrá un desgaste por la pérdida de sustancia de la matriz superficial, seguida de una exfoliación. Éste desgaste se va a acelerar con el paso del



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



tiempo, al estar sometido a tensiones que van a producir fracturas o fisuras. Las porosidades van a favorecer este desgaste.

1.3.2 Físicas

Van a condicionar la estabilidad dimensional del material, lo que quiere decir que está relacionada con la proporción de relleno y matriz, por lo cual con la duración de la restauración.

- **Expansión térmica:** Los cambios volumétricos que producen las resinas son mayores a los del esmalte y la dentina, el coeficiente es de 2 a 6 veces más elevado. Las resinas de microrelleno son las que presentan coeficientes más altos, para su colocación, debe seguirse un protocolo que desarrolle enlaces dentinarios y del esmalte para compensar un poco el coeficiente, como biseles anchos y adhesión amelodentinaria.
- **Contracción:** Producida en todas las resinas al momento de polimerizar, después de ocurrida la polimerización las distancias quedan reducidas.
- **Absorción hídrica:** Posibilidad de penetración de moléculas de agua en el polímero, esto va a implicar una expansión del material compensando la contracción por polimerización. Esta absorción es de hasta el 2% del material.



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



- **Porosidad:** Se relaciona a la manipulación del material. En las resinas autopolimerizables se presentó cierto problema por la necesidad de mezclado, esto fue poco importante para las resinas fotopolimerizables, pero aún sigue dependiendo de la manipulación.

1.3.3 Estéticas

Las propiedades estéticas son el color, el índice de refracción, la translucidez, la opacidad y la capacidad de pulido.

Los elementos del material y las condiciones clínicas van a ser los determinantes para el resultado.

- **Color:** Lo percibe el ojo humano, distingue la longitud de onda, el brillo y la saturación. La base del color son los pigmentos.
- **Índice de refracción:** Debe ser similar a los dientes vecinos para conseguir un efecto estético correcto.
- **Translucidez y opacidad:** La translucidez va a permitir la penetración de la luz y la opacidad la va a impedir.
- **Capacidad de pulido:** La superficie de la resina debe estar lisa como el esmalte, no deben existir irregularidades residuales. 3,4



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



2. Polimerización

La polimerización es el proceso de las resinas, cuando el material pasa de un estado plástico a uno rígido, de monómero a polímero, produciendo ciertas tensiones y efectos que van a verse reflejados al final en la restauración. ⁴

Al principio se forman cadenas poliméricas lineales, las cuales se van ramificando formando cadenas cruzadas entre las cadenas lineales. Constituyendo una verdadera red polimérica. A la vez que las cadenas poliméricas van aumentando en tamaño, aumentan también su peso molecular y su dureza.

Uno de los principales fracasos en las resinas, es la inadecuada polimerización, por esto es importante entender este proceso para así obtener mejores resultados.

En los sistemas de resinas los monómeros tienen por lo menos un carbón de doble unión y se transforman en polímeros y copolímeros al usar un sistema de iniciación.

- Calor: El peróxido de benzoilo se separa al ser expuesto al calor para formar radicales libres.
- Química (autopolimerización): La amina terciaria dona electrones para separar al peróxido benzoico en radicales libres.
- Luz UV: La fuente de irradiación a 365 nm, irradia al éter metil benzoico y lo transforma en radicales libres sin requerir de una amina terciaria. Sin embargo los efectos de esta luz en la retina,



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



los tejidos orales y su poca penetración han provocado el desuso de esta.

- Luz visible: Una fuente de luz de 420 a 470 nm excita la canforoquinona o alguna dicetona que se use como iniciador, que va a interactuar con una amina terciaria y empiezan a formar radicales libres. ^{9,12}

Los sistemas de resina en su conversión de monómero a polímero van a pasar por 4 etapas importantes:

1. Activación: Los radicales libres se generan por la activación de las moléculas que los producen, para esto se emplea calor, luz UV y luz visible.
2. Iniciación: Cuando un radical libre se une con un carbono de unión en un lado de la molécula de monómero da lugar a un nuevo radical libre en el otro extremo, lo que hará que la reacción continúe.
3. Propagación: Unión de dos monómeros. El monómero-radical libre resultante se vuelve el nuevo centro de radicales libres, se puede ir añadiendo sucesivamente, de manera que el proceso de polimerización continúa por la propagación del centro reactivo. La cadena deja de crecer cuando se rompe el centro reactivo a causa de la terminación.
4. Terminado: La cadena va a detener su crecimiento, se emparejan los extremos de los radicales libres de dos cadenas o se intercambia un átomo de hidrogeno entre una cadena de crecimiento y otra. ^{9, 12}



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



Los polímeros se van a unir mediante la polimerización, es decir, va a existir una unión química de los monómeros para así obtener moléculas de alto peso molecular. Puede llevarse a cabo por dos mecanismos: polimerización por adición y polimerización por condensación. ¹³

2.1 Fases de la resina en la polimerización

En la polimerización la resina pasa por tres fases:

- **Fase pre gel:** El material se encuentra en una masa plástica; los monómeros que forman parte de la matriz pueden moverse o adoptar nuevas posiciones en ella. Desde este momento el material empieza a contraerse.

- **Punto gel:** En esta etapa la reacción de polimerización ha avanzado lo suficiente de tal manera que el material se encuentra en un estado sólido, esto nos indica que el material ya no tiene la capacidad de escurrirse o fluir.

- **Fase post gel:** La polimerización sigue avanzando, el material continúa contrayéndose, tiene un alto grado de rigidez de manera que se produce la denominada tensión o estrés de contracción. ^{2,11,17}



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



2.2 Polimerización por adición

Es una reacción en cadena que puede crecer hasta que se agote el monómero.

Produce con facilidad moléculas de tamaño gigante. Durante la polimerización no hay cambios en la composición y las macromoléculas se van a formar a partir de unidades pequeñas o monómeros. Dicho de otra forma el monómero se repetirá muchas veces en polímero.

Los compuestos polimerizables por adición deben tener un doble enlace y una fuente de radicales libres; un radical libre es un átomo o grupo de átomos que posee un electrón impar que le da a los radicales libres la capacidad de liberar electrones. ¹²

2.3 Polimerización por condensación

También llamada escalonada. Es la unión química de dos o más moléculas que producen una estructura simple y no macromolecular. En estas reacciones el primer compuesto va a reaccionar y a formar subproductos como agua, alcoholes, ácidos halógenos y amoníaco.

Se obtendrá una cadena lineal de unidades monoméricas que se repiten.

Las resinas que polimerizan por condensación van a eliminar repetidamente pequeñas moléculas. Será una reacción lenta hasta que llegue a formar moléculas de polímeros grandes. ¹²



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



2.4 Coadyuvantes

Van a ser las sustancias que influyen en la reacción de polimerización.

Los fotoactivadores más utilizados van a ser derivados de la benzoína, la benzofenona, acetona y dicetona.

- **Agente iniciador**

Da inicio al proceso de polimerización, en los sistemas a base de Bis-GMA, el peróxido de benzoilo es el agente iniciador, utilizado con un 2% de amina terciaria aromática formando radicales libres.

Y en las resinas fotopolimerizables 0.06% de canforoquinona y 0.04% de amina terciaria son activadas por una luz y forman radicales libres que dan inicio a la fotopolimerización. ³

- **Inhibidores**

Compuestos incluidos para prevenir la polimerización de la resina, el componente más utilizado es el 2 4 6 Titerciabutil fenol (BHT), ya que sus resultados son más satisfactorios y tiene una mejor estabilidad de color. ⁹

- **Acelerador**

Es necesario una amina terciaria aromática que será la donadora de electrones, como la N, N Dihidroxietil-p-toloudina, interactúa con el agente iniciador para producir radicales libres y así dar inicio a la polimerización. ⁹



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



2.5 Fotopolimerización

El uso de una lámpara para polimerizar por medio de luz es utilizada para activar los fotoiniciadores y poder iniciar con la polimerización de la resina.

Con la fotopolimerización se ha podido evitar el problema de porosidad en las resinas de activación química y también permite el modelado de la resina, ya que nos da suficiente tiempo de trabajo.

Como ya se ha mencionado anteriormente las resinas fraguaban por un proceso de polimerización química llamado autopolimerización.

Actualmente los sistemas activados por luz, son el método por elección para la polimerización de resinas compuestas, basado en el uso de fotones luminosos, que van a llevar la energía. Para que se lleve a cabo la fotopolimerización deben existir fotoactivadores que por efecto de la radiación produzcan radicales libres capaces de desencadenar la reacción. Los materiales polimerizables por luz van a depender de la energía suficiente en la luz para que esta llegue a todas las áreas de la restauración, iniciando la conversión monómero-polímero.

La calidad y el éxito de la restauración van a depender en parte del buen uso y funcionamiento de la unidad de fotopolimerización y que durante la polimerización no se destruyan las uniones C-C.



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



Es importante considera tres factores; Intensidad, Tiempo y Velocidad. Se ha estimado un tiempo de 40 segundos de exposición para que sea fotopolimerizada una capa de 2 mm de grosor. 9,12

2.5.1 Tipos de fotopolimerización

La fotopolimerización puede ser de dos tipos:

- a) **Continua:** Se aplica una intensidad de luz constante durante el tiempo de aplicación.
- b) **Discontinua:** Hay una variación de la intensidad durante el tiempo de aplicación, dentro de esta hay tres tipos de aplicación:
 - 1. **En dos pasos:** De baja intensidad y alta intensidad.
 - 2. **Progresiva o en “rampa”:** La elevación de la intensidad se programa en la lámpara y va aumentando.
 - 3. **Diferida:** Se hace por incrementos de acuerdo a las capas de resina colocadas. 17



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



2.5.2 Ventajas y desventajas

Resultan ser más las ventajas que desventajas de la polimerización.

(Tabla 1) ³

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Mayor dominio del tiempo de trabajo. • Disminución del tiempo en el campo operatorio al evitar el mezclado de la resina. • Reconstrucción por capas. • Combinación de materiales. • Maquillaje. • Retoques • Mejora propiedades físicas y mecánicas. | <ul style="list-style-type: none"> • Ligero aumento de la temperatura del diente. • Coste de la lámpara • Deslumbramiento al paciente y al profesional. • Afección en la retina, es por ello la importancia del uso de lentes de protección. |

(Tabla 1) Ventaja y desventajas de la fotopolimerización. ³

2.5.3 Factores que influyen en la fotopolimerización

Una fotopolimerización inadecuada puede ser la consecuencia de la pérdida de biocompatibilidad en la resina, puede desprender monómero que no se fraguó, cambio de color, pérdida de retención y un excesivo desgaste.

Debemos tomar en cuenta ciertos factores. (Tabla 2) ¹

| FACTOR | REPERCUSIÓN CLINICA |
|---------------------------------|--|
| Tiempo de polimerización | El tiempo mínimo es de 40 segundos. Va a depender del color de la resina, potencia de la lámpara, profundidad de las cavidades, espesor de la capa y cantidad de relleno de la resina. |



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



| FACTOR | REPERCUSIÓN CLINICA |
|--|--|
| Color de la resina | Los tonos más oscuros requieren mayor tiempo de polimerización (60 segundos a una profundidad máxima de 0.5mm), en comparación con los tonos más claros. |
| Temperatura | Una resina a temperatura ambiente polimeriza en menos tiempo, a mayor temperatura polimerizan con más rapidez. |
| Espesor y colocación de la capa de la resina | Es recomendable no polimerizar capas mayores a 1 mm de espesor y colocar mediante técnicas de estratificación en incrementos. |
| Tipo de relleno | . Cuanto mayor carga de relleno inorgánico tiene una resina polimeriza más fácil. |
| Distancia entre foco de luz y la resina | La distancia óptima es de 1mm, con la fuente de luz a 90° con la superficie de la resina. |
| Calidad del foco de iluminación | La luz debe ser igual o mayor de 600 mW/cm ² , con una longitud de onda de 350 a 550 nm. |
| Contracción de polimerización | Esta va a depender de la fase orgánica. |
| Calor generado por las unidades de polimerización por luz | Durante la polimerización se va generar calor en el diente, que a nivel pulpar podría ser dañino. |
| Polimerización a través de la estructura dentaria. | La polimerización puede llevarse a través del esmalte, aunque solo tiene dos terceras partes de efectividad que la polimerización directa a la resina |
| Longitud de onda | Debe abarcar los picos de máxima activación de los diferentes fotoiniciadores. |

(Tabla 2) Factores que influyen en la polimerización de las resinas. 1, 10, 17



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



2.6 Unidades de fotocurado

Para desencadenar el trabajo de polimerización se necesita un dispositivo de curado con la suficiente potencia por unidad de superficie irradiada.

En los dispositivos de fotocurado se valoran en watts (W) o en algún submúltiplo de esta unidad como el miliwatt (mW). En el caso de los dispositivos para fotopolimerización de uso odontológico, se calcula la capacidad valorando en miliwatt por centímetro cuadrado (mW/cm^2).¹⁵

Las primeras unidades de fotocurado surgieron en 1970. Con el paso de los años han aparecido en el mercado una gran cantidad de lámparas para obtener mejores resultados. Las primeras unidades fueron de luz UV, que ahora están completamente en desuso ya que resultaban nocivos para el profesional y para el paciente pudiendo provocar dermatosis y trastornos oculares y una escasa capacidad de penetración. Fueron sustituidas por lámparas de luz halógena las cuales presentaron mejoras como un menor riesgo ocular y un mayor grado de polimerización, con una longitud de onda de entre 350 y 550 nm, siendo de 480 nm la medida necesaria para una buena polimerización, esto en todos los aparatos disponibles.^{3, 16}

Sin embargo la industria ha tratado de encontrar fuentes de luz que vayan a permitir una máxima conversión con un estrés mínimo de polimerización, Para dar mejores resultados estéticos y funcionales.¹⁰



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



En los últimos años se ha introducido una nueva fuente de luz para la polimerización de resinas, son las llamadas LED (luz emitida por diodos³). 16

2.6.1 Espectro de ondas electromagnéticas

Es el ordenamiento de las diferentes radiaciones, de acuerdo a su longitud de onda.

El espectro comienza con valores inferiores a los nanómetros (milésima de micrómetro) con los rayos cósmicos, extendiéndose hasta valores superiores al metro con las ondas de radio y televisión.

Entre estos se va a encontrar el espectro de la luz visible, que son las radiaciones que el ser humano es capaz de ver, con un rango de 400 y 700 nm (nanómetros). Las radiaciones que se perciben como violetas es el límite inferior y las rojas el superior.

En los materiales de polimerización de uso odontológico, la radiación no debe tener una longitud de onda reducida (menos de 300 nm), ya que van a ser absorbidas por tejidos y células que dañan.

Las radiaciones de longitud de onda muy larga, como las ondas de radio y televisión, no producen un daño significativo, por estar en abundancia en el ambiente no actuarían en el momento que el profesional lo requiera.

³ Diodo: es un componente electrónico de dos terminales que permite la circulación de la corriente eléctrica a través de él en un solo sentido

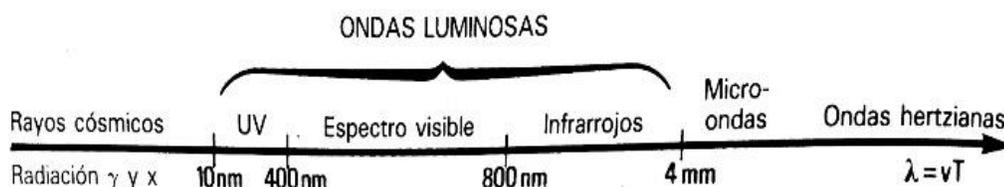


CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



Las cercanas al rojo (infrarrojo) son absorbidas por el agua y los tejidos vitales.

En el campo de la odontología la longitud de onda que se necesita para polimerizar la resina es de entre 350 y 550 nm. Corresponden al color azul, la combinación de una acetona y una amina cumple con la condición. (Figura 5) ¹⁵



(Figuran 5) Espectro de radiaciones. ₃

2.6.2 Tipos de lámparas

Para el fotoactivado de las resinas existen diversos tipos de unidades de fotocurado, las cuales tendrán diferentes características, como el peso y tamaño; si son inalámbricas o de mesa y con un sistema variable en la emisión de luz: ₂

- **Lámparas de luz halógena:** Trabajan con filtros para luz azul e infrarroja, filtran la radiación innecesaria, reduciendo el desarrollo el calor. El espectro de emisión de estas lámparas es de 400 y 500 nm, con pico energético en los 460 nm. Existen halógenas convencionales cuya densidad de potencia de 350 a 700 mW/cm² y halógenas de alta



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



densidad con una densidad, de potencia mayor de 700 a 1700 mW/cm², se consigue mediante el uso de bombillas más potentes. (Figura 6)



(Figura 6) Lámpara de luz halógena. 14

- **Lámparas de arco de plasma:** Introducidas a finales de los 90's. No desplazaron a las lámparas halógenas debido a sus desventajas de estrecho espectro de longitud de onda, alto desarrollo de temperatura y su elevado costo.

Emiten la luz mediante una descarga eléctrica en forma de arco voltaico entre dos electrodos de tungsteno separados a una determinada distancia. En el interior de la lámpara existe gas Xenón a elevada presión que evita la evaporación de los electrodos. La luz generada con este tipo de dispositivo es de elevada potencia 1400-2700 mW/cm². Es un tipo de luz con menor poder calorífico y por tanto con menos riesgo de provocar sobrecalentamiento pulpar durante la fotopolimerización, sin embargo algunos estudios contradicen este hecho. (Figura 7)



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



(Figura 7) Lámpara de arco de plasma. 14

- **Lámparas de luz láser:** Existen dos tipos:
 - Láser Argón; emite una radiación en el rango azul de 488 nm o azul-verde de 488-514 nm y densidad de potencia entre 750 y 1300 mW/cm², por lo que puede utilizarse tanto para la fotopolimerización de resinas como para la activación de la mayoría de agentes blanqueadores. (Figura 8)



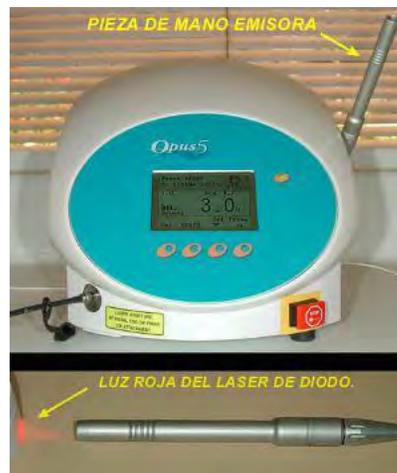
(Figura 8) Lámpara láser de Argón. 14



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



- Láser de diodos; emite una luz roja con longitud de onda entre 830 y 904 nm (espectro infrarrojo) la longitud de onda fuera del espectro visible justifica el hecho de que no pueda ser utilizado para fotopolimerizar resinas. Sus principales aplicaciones en Odontología son las terapéutico-quirúrgicas.(Figura 9)



(Figura9) Lámpara láser de Diodos. 14

- **Luz LED (light emitting diodes)**: Basadas en la utilización de determinados materiales semiconductores que poseen la propiedad de polarizarse al ser atravesados por la corriente eléctrica emitiendo energía óptica en forma de luz visible), Son de la tecnología más reciente. Emiten una luz azul de 450-480 nm, con pico en los 470 nm y tienen una potencia lumínica de 400 mW/cm². Tienen una generación mínima de calor, y al tener un espectro de longitud de onda más



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



reducido, necesitan la mitad de energía que las halógenas para saturar el pico de absorción de la canforoquinona. (Figura 10)



(Figura 10) Lámpara LED. 14

En la actualidad las unidades presentan mejores ventajas ya que son equipos livianos, inalámbricos, recargables y con un mantenimiento mínimo.

Las unidades por elección para la fotopolimerización de las resinas son, las lámparas de luz halógena y LED.

La calidad de la polimerización no solo va a depender de la intensidad de la luz, sino también de la absorción del sistema iniciador, haciendo que el espectro emitido sea un factor importante en el desempeño de una lámpara. La absorción de la canforoquinona es de 360 a 520 nm. En las lámparas convencionales el 95% de la luz emitida en longitud de onda es de 400 y 510 nm y las LED's de 450 y 480 nm, por lo tanto es más probable que un fotón de una lámpara LED sea absorbido por una canforoquinona que para una lámpara halógena. 2, 10, 15, 17



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



2.6.3 Mantenimiento y protección

Como ya se ha mencionado antes, para que las unidades de fotopolimerización funcionen correctamente y el fotocurado sea el adecuado es necesario que mantengan una longitud de onda y potencia adecuada.

Para constatar que una unidad de polimerización funciona de manera adecuada deben revisarse diferentes factores. (Tabla 4)^{1, 2, 15}

| | |
|-----------------------------------|--|
| Intensidad | Efectuar una medición periódica de las unidades de foto curados con radiómetros de intensidad y temperatura. Este control debe efectuarse por lo menos 1 vez al mes. La disminución de la intensidad se debe al envejecimiento de la bombilla y debe remplazarse de ser así. |
| Extremo de la lámpara | Evitar se acumulen en la punta pequeñas cantidades de resina que hagan que disminuya la intensidad de polimerización. |
| Limpieza | La lámpara debe ser limpiada y esterilizada antes de la utilización. Entre un paciente y otro desinfecte la lámpara, que el cuerpo y la batería estén completamente separadas, desinfectar la fibra óptica |
| Alteración en los filtros. | La mayoría de las lámparas llevan un filtro para la longitud de onda, situado en la bombilla y el cañón, este debe revisarse con frecuencia para descartar posibles roturas. |
| Haces de fibra óptica | Son muy frágiles y pueden romperse con el uso, en caso de que esto ocurra debe ser remplazada. |
| Lentes de protección | Tanto el odontólogo como el paciente deben utilizar protección ocular durante el uso de la lámpara de fotopolimerización. Se recomienda el uso de lentes con filtros color naranja. |

(Tabla 4) Factores importantes en el mantenimiento de las lámparas. ^{1, 2, 15}



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



3. Contracción de polimerización

Se va a producir en todas las resinas durante la polimerización, este resulta ser el mayor inconveniente de estos materiales de restauración.

Las moléculas de la matriz de resina (monómero) estarán separadas y se encuentran en forma líquida y en movimiento antes de polimerizar a una distancia aproximada de 4 nm. Después de polimerizar, se establecen uniones que las ordenan y la distancia queda reducida a 1.5 nm, esta disminución de la distancia provoca la reducción volumétrica del material, es decir el endurecimiento de la matriz orgánica. ^{3, 8}

Los materiales de bajo contenido de refuerzo cerámico al tener mayor proporción de matriz orgánica van a tener mayor grado de contracción, contrario a los materiales de alto contenido mineral, es por eso que las resinas híbridas tienen una contracción menor, y las resinas “flow” una contracción mayor. ¹¹

La contracción es un factor determinante en el comportamiento del material, puede determinar ciertas fracturas, fisuras marginales, disminución de la resistencia del material y alteraciones en el enlace matriz-relleno. Resulta ser un proceso complejo, donde se generarán fuerzas internas en la estructura del material que se van a transformar en tensiones cuando la resina se adhiera a las superficies dentarias. ⁴



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



3.1 Estrés de contracción

Durante la fotopolimerización de la resina ocurre una limitación espacial que impone la contracción y esto va a producir estrés en la resina, si éste estrés excede el límite elástico, va a producir una deformación plástica permanente.

Al inicio de la polimerización el límite elástico es bajo, la deformación plástica no daña las estructuras de la resina, las moléculas aún pueden deslizarse unas sobre otras, esta deformación es conocida como flujo y no se producirá estrés.

Conforme avanza el proceso de polimerización, el flujo disminuye y la rigidez aumenta lo que causa aumento del estrés.

El estrés se va formar en todo el volumen de material (resina). La resina que quede adherida a las paredes cavitarias será la más afectada por el estrés, dando un fallo en la interfase y dejando tensiones residuales. Puede causar la ruptura de adhesión a la dentina por ser más débil que el esmalte en los límites periféricos, provocando una discontinuidad que permite la colonización de bacterias causando el desarrollo de caries secundaria.

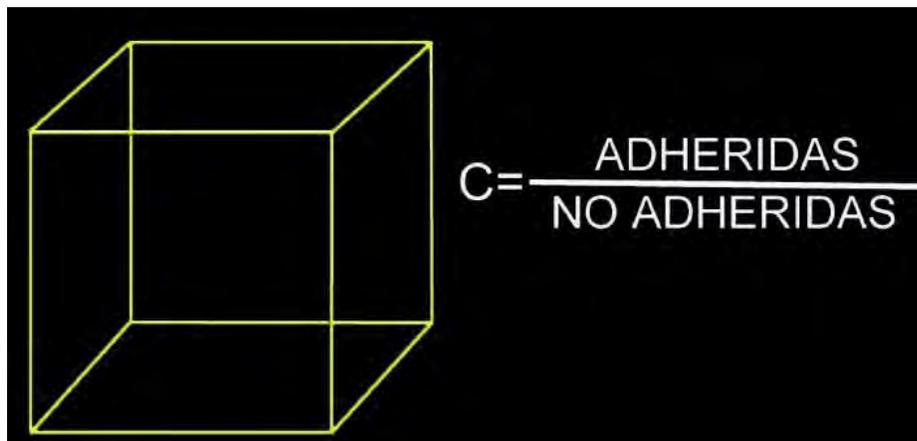
Cuando inicia el proceso de polimerización el estrés se dirige inicialmente hacia la cara externa, y al avanzar el proceso se dirige al fondo.

La cantidad de tensiones generadas por estrés van a verse relacionadas con el aumento, la disminución, el control o la orientación de la contracción de polimerización. 4,6



3.2 FACTOR C (factor de configuración cavitaria)

Va a estar relacionado con el diseño de la cavidad. Será la proporción entre superficies adheridas y no adheridas o libres. Es el resultado de dividir la cantidad de paredes, donde habrá adhesión; superficie adherida, por la cantidad de paredes libres de adhesión; superficie no adherida. (Figura 11)



(Figura 11) Cavidad sin resina, formula del Factor C. 18

Si es menor el factor C, menor será la competencia de las fuerzas entre el adhesivo y la contracción de polimerización. Y cuanto mayor el número de paredes en una cavidad, mayor será el factor C, por tanto mayor factor C, mayor stress de contracción.



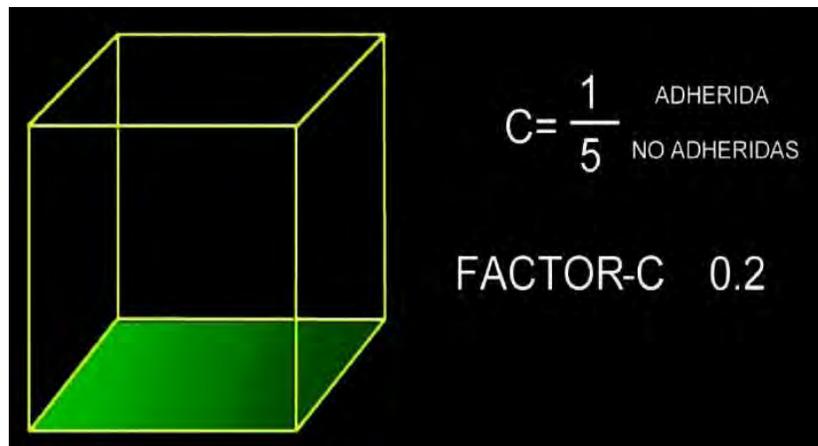
CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



Dicho de este modo debe haber mayor superficie de contacto y menor volumen del material para que haya una menor contracción de polimerización.

Es importante la forma de colocación y polimerización de las resinas, de acuerdo a la cavidad.

En una cavidad con una pared adherida, no existe estrés y el Factor C es favorable. (Figura 12)

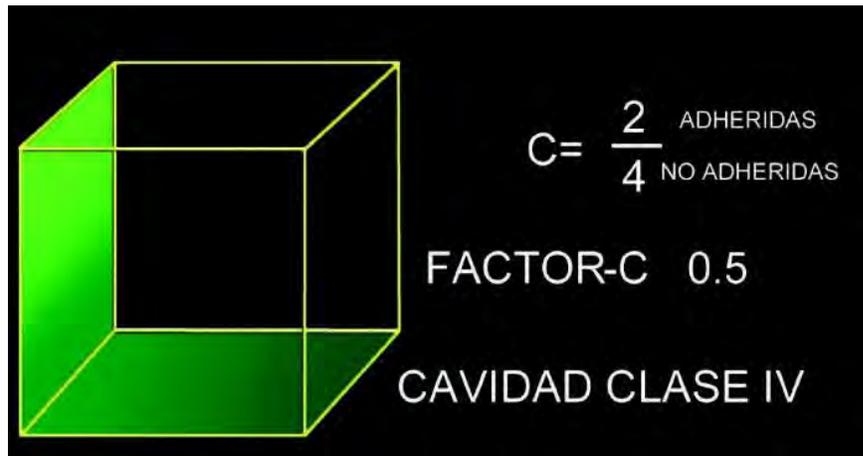


(Figura 12) Cavidad con una pared. 18

Cuando hay dos paredes adheridas y cuatro no adheridas el Factor C sigue siendo favorable esto podría ejemplificarse en una cavidad clase IV. (Figura 13)

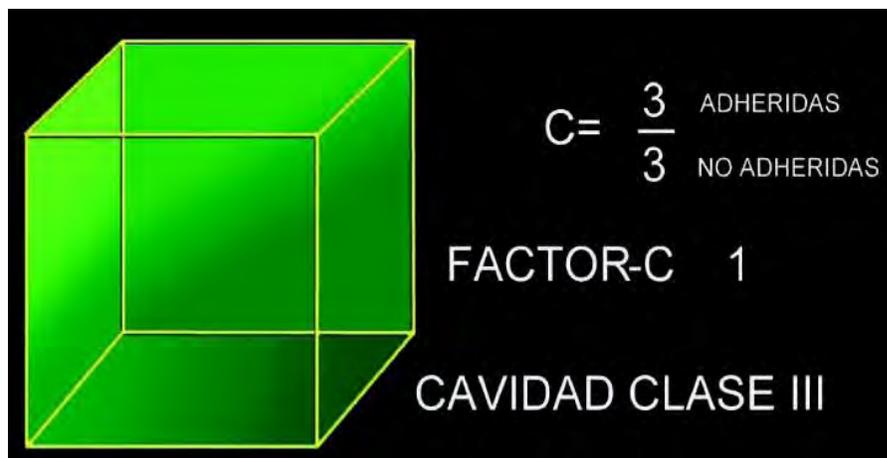


CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



(Figura 13) Cavity con dos paredes. 18

En una cavity con tres paredes adheridas y tres no adheridas el Factor C será de 1, empezando a general mayor estrés de contracción. Esto ocurre en cavidades clase III. (Figura 14)



(Figura 14) Cavity con tres paredes. 18



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.

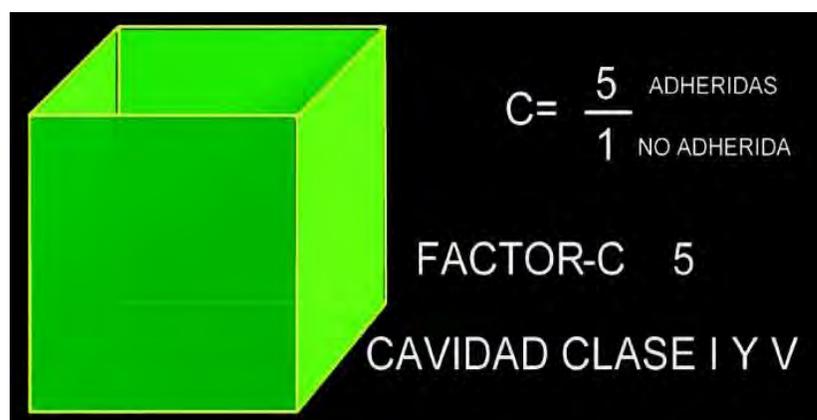


Una cavidad clase II, tienen cuatro superficies adheridas y dos no adheridas y un Factor C de 2. (Figura 15)



(Figura 15) Cavidad con cuatro paredes. 18

En una cavidad que tenga 5 paredes adheridas y una no adherida corresponde a una clase I y V de Black, estas cavidades son las más comunes y en las que se debe disminuir el Factor C. Se generara gran estrés de contracción. (Figura 16)



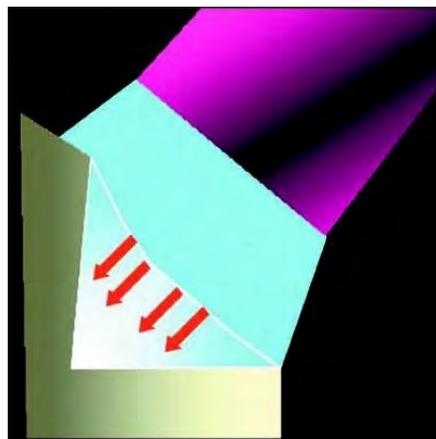
(Figura 16) Cavidad con cinco paredes. 18



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



La colocación de la resinas debe ser siempre buscando un Factor C de 0.5, que sería lo óptimo, así existirá menor tensión al contraerse la resina después de la fotopolimerización, si la resina se coloca en dos paredes se va a contraer hacia las mismas. (Figura 17) ¹⁸



(Figura 17) La colocación de la resina sobre dos paredes hará que la contracción será hacia la estructura dental y no hacia la luz. ¹⁸

4. Nanotecnología

Es la ciencia referente a la investigación y desarrollo a nivel atómico o molecular, con el fin de crear estructuras funcionales aplicadas en diversos campos. “Nano”, proviene de la palabra en griego “enano”. ¹⁹

Un nanómetro equivale a 1/ 1, 000, 000,000; una billonésima parte de un metro ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), o 1/1000 de una micra.



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



La nanotecnología describe investigaciones o productos donde sus dimensiones estén en un rango de 0.1 a 100 nm. Puede utilizarse para lograr que algunos productos sean más ligeros, fuertes y exactos. 21

Son muchas sus aplicaciones y usos, desde la industria automotriz, aeroespacial, eléctrica y electrónica, así como en campo de la medicina la ingeniería de tejidos, nanorobots, nanofibras, entre otros. 20

Por ello la nanotecnología se encuentra mejorando los productos que usamos con cotidianidad.

4.1 Aplicación de la nanotecnología en odontología

La "nano-odontología" busca un perfecto estado de salud oral mediante el uso de los nanomateriales y biotecnología que puedan ser aplicados en ingeniería del tejido, implantología, regeneración ósea, anestesia y en nanocompuestos que revolucionen los materiales dentales. 19

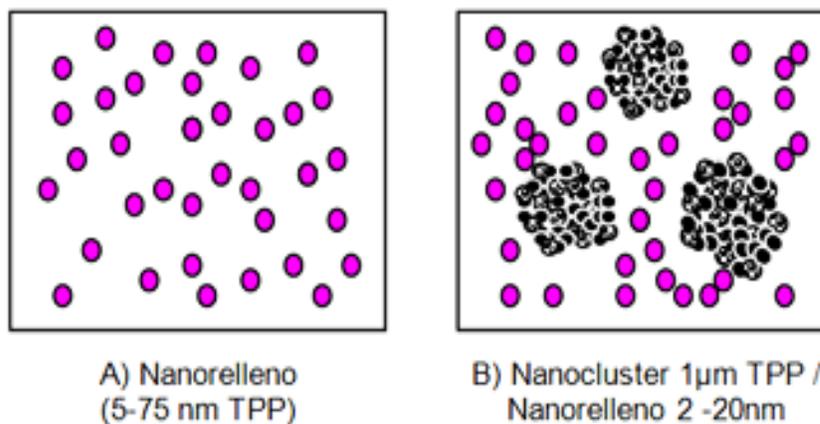
Por ejemplo, la nanotecnología ha desarrollado nuevas fórmulas de resinas compuestas, con un sistema que tiene el potencial de mejorar la continuidad entre el diente y la partícula de relleno, con el fin de proporcionar una interfaz más natural y estable entre los tejidos duros mineralizados del diente y la resina. 20

La casa comercial 3M ESPE fue el pionero en desarrollar la nanotecnología aplicada a los materiales dentales. 23



5. Resinas nanohíbridas

El más reciente desarrollo de resinas dentales con uso de la nanotecnología ha sido una nueva resina compuesta con nanopartículas de un tamaño aproximado de 25 nm y nanoagregados (nanoclusters) de 75 nm, formados por partículas de zirconio/sílice o nanosílice. (Figura 18)

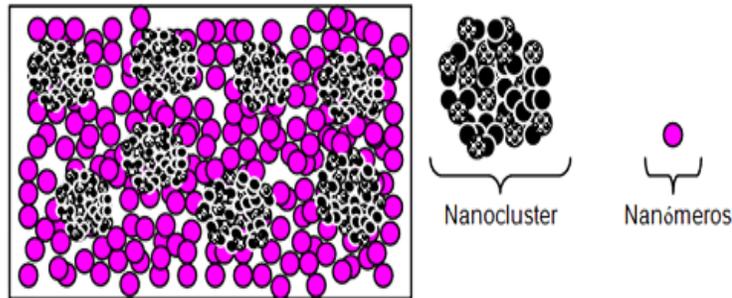


(Figura 18). A) Partículas manométricas B) Partículas nanoclusters. 8

Las características de las resinas nanohíbridas son diferentes a las anteriormente utilizadas, Debido a su distribución de relleno van a tener alto contenido de carga y las partículas aisladas de tamaño nanométrico van a comportarse como un líquido, reduciendo a viscosidad mejorando su manipulación. (Figura 19) 7, 10,19



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



(Figura 19) Distribución de las partículas de nanorelleno.⁸

Las resinas híbridas modificadas por la nanotecnología presentan ciertas cualidades y ventajas logradas como:

- Su uso en el sector anterior y posterior.
- Mayor dureza.
- Mayor resistencia a la flexión, módulo de elasticidad y transparencia.
- Alto pulimiento y tersura superficial.
- Reducción de hasta un 50% en la contracción por polimerización.

2,20,10

El concepto de nanohíbrido se refiere a la mezcla de partículas grandes y de tamaño nano. Por la distribución de los tamaños de partícula, la caga de relleno será alta, proporcionando alta resistencia.²²



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



6. Contracción de resinas nanohíbridas

En este punto se hará mención de la contracción de algunas resinas nanohíbridas de la casa comercial 3M ESPE (Filtek™ Z250 XT) y de Ivoclar Vivadent (Tetric® N-Ceram), la cual es utilizada en la Facultad de Odontología.

6.1 Filtek™ Z250 XT

Es una resina compuesta nanohíbrida directa indicada para la restauración de dientes anteriores y posteriores. (Figura 20)

Con una gama de tonos radiopacos para esmalte (A1, A2, A3, A3.5, A4, B1, B2, B3, C2 y D3) y dos tonos para dentina (0A2 y 0A3). Y un tiempo de polimerización aproximado de 20 segundos por capa de 2.0 a 2.5 mm con una intensidad de ($\geq 1,200$ mW/cm²).

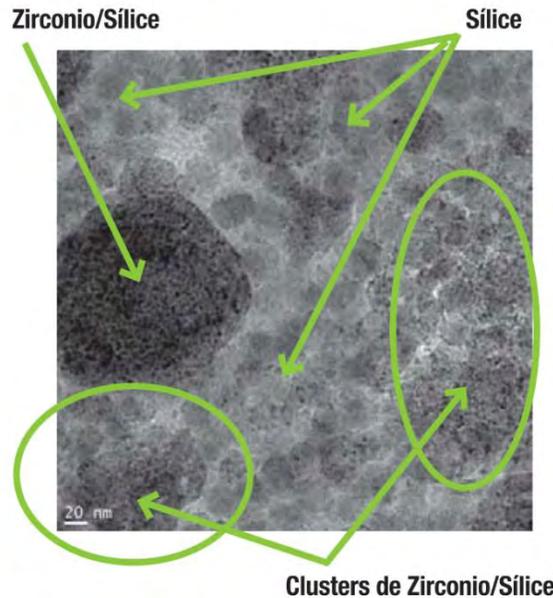


(Figura 20). Resina Filtek Z250 XT. 22

En su composición el sistema de relleno consta de Zirconio/ sílice con un tamaño de partícula de 3 micrones o menos aproximadamente, partículas de sílice de 20 nanómetros no aglomerados y su carga de relleno es de 82% por peso siendo el 68% por volumen. (Figura 21) 22



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



(Figura 21) Relleno Filtek™ Z250 XT. Partículas de nanosilice y clusters de nanozirconio/silice.²²

Contracción Volumétrica:

Existe un método para determinar la contracción por polimerización, descrito por Watts y Cash (Meas. Sci Technol. 2(1991) 788-794). El cual es una muestra de prueba en forma de disco y con una porción en pasta de resina sin curar que van a ser fijadas entre dos placas de vidrio que se van a fotopolimerizar a través de la placa inferior rígida. La placa superior flexible se doblará durante la polimerización de la muestra. Entre menos se doble la placa flexible, la contracción será menor. Pese a que en este proceso se mide de forma lineal, la contracción volumétrica se aproxima con mucha exactitud ya que los cambios dimensionales se limitaron al espesor. Mientras más bajo sea el valor, la contracción es menor.



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



La siguiente grafica se muestra una prueba realizada por 3M ESPE, donde se utilizaron diferentes marcas de resinas incluyendo Filtek™ Z250 XT. Fueron expuestas por 60 segundos a la lámpara de fotopolimerizado Visilux™ 2 de 3M ESPE. El final de la contracción fue registrado 4 minutos después de ser expuestas a la luz.



La contracción volumétrica por polimerización de la resina Filtek™ Z250 XT de 3M ESPE, estadísticamente es menor en comparación con Herculite XRV de Kerr, TPH3 de Dentsply y Gradia Direct X de GC. 22

6.2 Tetric® N-Ceram

Por otro lado en la Facultad de Odontología se proporciona una resina nanohíbrida; Tetric® N-Ceram, de la casa comercial Ivoclar Vivadent. (Figura 22)



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



Debido a su tecnología nanohíbrida, Tetric N-Ceram ya cuenta con excelentes propiedades físicas. Es una resina modelable, fotopolimerizable y radiopaca. Indicada para restaurar los dientes en la región anterior y posterior.



(Figura 22) Resina Tetric N-Ceram. 24

Fotopolimerizan en 10 segundos ($\geq 1,100 \text{ mW/cm}^2$) por capa no mayor a 2.0 mm.

Compuesta de dimetacrilatos (19-20% en peso). Los rellenos contienen vidrio de bario, trifluoruro de iterbio, óxidos mixtos y copolímeros (80-81% en peso).

Contracción Volumétrica

Como toda resina tiende a contraerse, por lo cual Ivoclar Vivadent realizó un estudio de esta resina en comparación con otras.

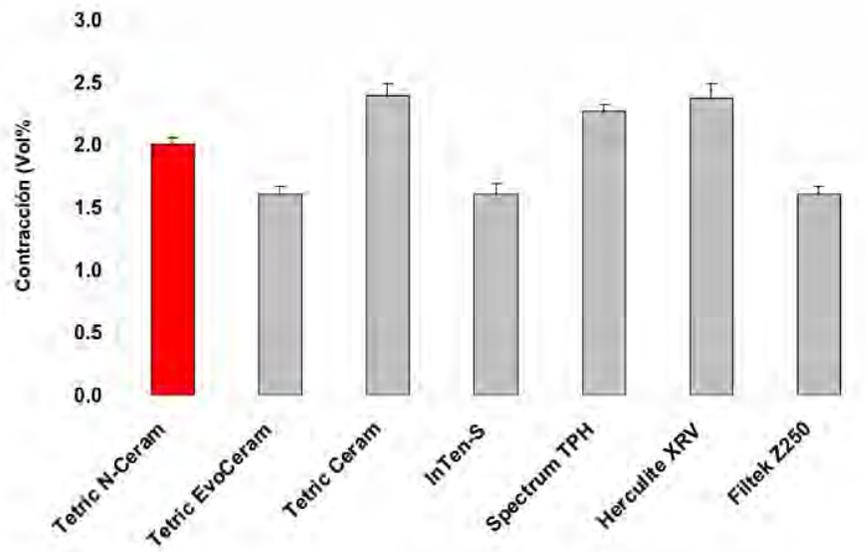


CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



La contracción de dichas resinas fue realizada con un dilatómetro⁴ de mercurio después de que transcurriera una hora de ser fotopolimerizadas.

Los resultados se mostraron en la siguiente gráfica.



Investigación Ivoclar Vivadent AG. ²⁴

Como se puede observar Tetric N-Ceram muestra una contracción de polimerización un poco mayor que el menor valor registrado, pudiendo observarse que fue mejorada en comparación con la resina Tetric Ceram que no contaba con el relleno de nanocompuestos.²

⁴ Dilatómetro: un instrumento científico para medir el cambio del volumen. Son instrumentos utilizados para medir la expansión/contracción relativa de sólidos en diferentes temperaturas



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



7. Conclusiones

El sistema de resinas compuestas ha ido evolucionando con el paso del tiempo para proporcionar mejores resultados clínicos, que beneficien al paciente y al odontólogo.

Con la ayuda de la nanotecnología se han podido crear resinas que ofrezcan un mejor pulido, menor desgaste, mayor resistencia a la fractura y una menor contracción, por mencionar algunos beneficios.

Las resinas nanohíbridas van a ofrecer un buen desempeño y hoy en día son muy utilizadas, sin embargo como cualquier resina compuesta va a sufrir contracción al momento de polimerizar.

La contracción es algo inevitable, pero si se puede reducir, si se toman en cuenta ciertos factores que nos ayuden a esto como; la forma de la preparación; el diseño de la cavidad que estará relacionado con el factor C, la manera de colocar la resina por incrementos y con el grosor adecuado y una buena fotopolimerización, con todo esto podemos lograr que la contracción sea menor. Aunado a esto es importante elegir una resina cuya contracción sea considerable. Existen varias casas comerciales que cuentan con resinas nanohíbridas y su contracción es variable. Como se pudo observar en las gráficas se compararon varias marcas de resinas nanohíbridas enfocándonos en dos principalmente; Filtek™ Z250 XT de la casa comercial 3M y Tetric N-Ceram de Ivoclar Vivadent, la cual es utilizada por la facultad de odontología en las clínicas de operatoria dental.



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



Cada casa comercial realizó su estudio y al comparar las gráficas se observa que la resina Filtek™ Z250 XT de 3M ESPE, sufre una menor contracción en comparación con Tetric N-Ceram de Ivoclar Vivadent.

Es importante tomar en cuenta estos factores para poder brindarle la mejor restauración estética directa al paciente ya que cada día contamos con los beneficios que nos brindan los nuevos avances.

Tomando en cuenta el estudio comparativo, y debido a que la resina Filtek™ Z250 XT sufre una menor contracción sería esta la resina nanohíbrida por elección por encima de la Tetric N-Ceram.



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



8. Referencias Bibliográficas

1. Albers H F, D.D.S. Odontología estética Selección y colocación de materiales. 1ª.ed.Barcelona España: Editorial Labor S.A., 1988. cap.2. p.18-72.
2. Guzmán H J. Biomateriales Odontológicos de uso clínico. 4ª. Ed. Bogota: Editorial Ecoe Ediciones, 2007. P 229-244,274-285.
3. Roth F. Los composites.1ª ed. Barcelona España: Editorial Masson S.A, 1994. p. 1-27.
4. Joubert R. Odontología adhesiva y estética y adhesiva. 1ª.ed. Madrid España: Editorial Ripano S.A., 2010. p. 135-145.
5. Steenbecker O. Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética adhesiva.1ª. ed. Chile: Editorial Universidad de Valparaíso, 2006. p. 293-297.
6. Mocerda J.C. Polymerization contraction of composite resin restorative materials. Rev. Odontología Conservadora, 1999 Enero- Marzo: 2(1), p.25-35. Disponible en: <http://eprints.ucm.es/5045/>
7. Murillo C. Nuevos Materiales Restaurativos: Contracción por fotopolimerización y adaptación marginal del ormocer admira y el composite nanohíbrido Filtek z350. Estudio comparativo. Rev. IDental, Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología, 2008: 1(1), p.37-50.Disponible en: <http://www.ulacit.ac.cr/files/documentosULACIT/IDental/volumen%201/iD104.pdf>



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



8. Rodríguez D R, Pereira N A. Current Trends and evolution on dental composites. Rev. Acta Odontológica Venezolana 2008 Diciembre 46 (3), p.381-392. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652008000300026&lng=es
9. Carrillo C, Monroy A M. Materiales de resinas compuestas y su polimerización. Rev ADM, 2009 Julio-Agosto: 65 (4), p.10-17. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2009/od094b.pdf>
10. Hervás A, Martínez M Al, Cabanes J, Barjau A, Fos P. Resinas compuestas: Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. Rev. Med. Oral, 2006 Abril: 11(2), p.215-220. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1698-69462006000200023&lng=es.
11. Lanata E. Operatoria Dental. 2ª.ed. Buenos Aires: Editorial Alfaomega Grupo Editor Argentino, 2011. p. 103-116.
12. Anusavice K J. Phillips Ciencia de los materiales dentales. 11ª.ed. Madrid España: Editorial Elsevier, 2004. p. 410-412, 154-162.
13. Graig R, Ward M L. Materiales de odontología restauradora. 10ª.ed. Madrid España: Editorial Harcourt Brace, 1998. p.127-130
14. Gumbau C. Fuentes lumínicas para la fotoactivación en Odontología. Disponible en: <http://blanqueamientodental.com/secciones/articulos/cientificos-todo.php?cientifico=27>
15. Macchi R L. Materiales Dentales. 4ª.ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2007. p.171-185.



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



16. Veiga de Melo M A, Ribeiro M, Rabelo JC, Candido A, Orbegoso V H. Influencia de las unidades de curado LED y LUZ halógena sobre la resistencia compresiva de las resinas compuestas. Rev. Acta Odontológica Venezolana, 2007 Diciembre: 45 (2), p.1-5. Disponible en: http://www.actaodontologica.com/ediciones/2007/2/unidades_curado.asp
17. Sánchez L A, Espías A F. La fotopolimerización en 2002. Rev. Av Odontoestomato, 2004 Diciembre: 20(6) 289-295. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/odonto/v20n6/original2.pdf>
18. Cedillo J J. Factor C en operatoria dental. Rev. ADM, 2010 Abril: 67(2), p.83-87. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2010/od102g.pdf>
19. Abiodun-Solanke I, Ajayi, D, Arigbede A. Nanotechnology and its Application in Dentistry. Rev. Annals of Medical and Health Sciences Research, 2014 September-October: 4(3), p.171–S177. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4212373/>
20. Kanaparthi R, Kanaparthi A. The changing face of dentistry: nanotechnology. Rev. International Journal of Nanomedicine, 2011 November: 6, p.2799–2804. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3224707/>
21. Perfil Técnico del Producto: Restaurador Universal Filtek™ Z350. Disponible en: <http://multimedia.3m.com/mws/media/348760O/filtek-z350-technical-profile-spanish.pdf>



CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN EN RESINAS NANOHÍBRIDAS.



22. Ficha Técnica: Filtek™ Z250 XT Restaurador Universal Nano Híbrido. Disponible en:

http://multimedia.3m.com/mws/media/862458O/filtek-z250xt.pdf?&fn=Filtek_Z250XT_TDS_6pg_A4_single

23. Resinas Compuestas y nanotecnología.

Color, versatilidad, estética, evidencia científica y clínica

Filtek Z350 y Filtek Supreme XT. Infodent. Disponible en

http://solutions.3m.com/3MContentRetrievalAPI/BlobServlet?lmd=1247595454000&locale=es_CL&assetType=MMM_Image&assetId=1180615427648&blobAttribute=ImageFile

24. Documentación Científica: Tetric® N-Collection. Disponible en:

<http://www.ivoclarvivadent.com.mx/es-mx/productcategories/obturar/tetric-n-ceram>