

362

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGIA

"VALORACION DE PROPIEDADES FISICAS DE RESINAS
COMPUESTAS FOTOPOLIMERIZABLES EN BASE A LA
NORMA #27 ESTUDIO COMPARATIVO".

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
C I R U J A N O D E N T I S T A
P R E S E N T A :
C A R L O S D A N I E L M O R A G A R C I A

DIRECTOR DE TESIS: D.C.O. FEDERICO BARCELO SANTANA
ASESORES DE TESIS: C.D.M.O. JORGE MARIO PALMA CALERO
C.D.M.O. JORGE GUERRERO IBARRA

299349



MEXICO, D. F.

NOVIEMBRE 2001.



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.

Agradecimientos

A Dios,

Por brindarme la oportunidad de seguir vivo colmándome de oportunidades en mi vida, y poder compartir mis éxitos con las personas que mas quiero.

A mis abuelitos,

Que desde el cielo me mandan sus consejos y bendiciones.

A mis queridos padres,

Don Carlos por su trayectoria de vida que ha sido ejemplo viviente en la mía, difícil de superar. Gracias por estar siempre a mi lado en todo momento y no permitirme renunciar a las metas que me he propuesto. Te aseguro papá que nunca voy a defraudarte y siempre voy a llevar en alto todo lo que me has enseñado.

Doña Cristina, a quien amo profundamente, porque en todo momento siempre me ha brindado su amor y cariño, desvelos y preocupaciones de una manera ilimitada, con el único propósito de que sea un hombre de bien. A ti mamá mi mayor respeto y admiración, siendo tú la persona mas importante en mi vida.

A mis hermanos,

Carlos y Angélica que han sido los compañeros inseparables de toda mi vida, del los cuales me siento profundamente orgulloso y los quiero con todo mi ser.

A mi novia,

Gabriela, a quien respeto y adoro con todo mi corazón, le doy las gracias por apoyarme y darme suerte en todo momento con su presencia en mi vida, con quien pienso primero Dios compartir todos mis sueños y éxitos por lo que me resta de existencia.

A mis maestros,

Al Dr. Federico Barceló por brindarme la oportunidad y el apoyo de culminar este trabajo tan importante en mi vida profesional.

En especial al Dr. Jorge Mario Palma Calero porque de una manera desinteresada me apoyó y asesoró en el momento mas crítico de mi investigación.

A la Universidad Nacional Autónoma de México,

La máxima casa de estudios, por brindarme los conocimientos necesarios para afrontar la vida y que seguirá siendo semillero de futuras generaciones.

Índice

Introducción	1
Antecedentes	3
Composición de las resinas compuestas	6
• Matriz de resina	6
• Material de relleno	7
• Agente de unión	10
• Sistema de polimerización	11
Clasificación de resinas	13
• Resinas de macrorrelleno	14
• Resinas de microrrelleno	16
• Resinas híbridas	18
• Resinas de partícula pequeña	19
• Resinas de elevado porcentaje de relleno	20
Artículos	21
Especificación No.27	34
Perfil técnico	48
• Sinergy	48
• Degufill mineral	48
• Z100	49
Planteamiento de problema	50
Justificación	
Hipótesis	51
Hipótesis nula	
Hipótesis alterna	
Objetivo general	52

Objetivos específicos		
Variables independientes		53
Variables dependientes		
Materiales		54
Muestreo		55
Método		56
• Profundidad de curado	56	
• Resistencia flexural	57	
• Sorción acuosa y Solubilidad	58	
• Radiopacidad	60	
• Resistencia a la compresión	60	
Resultados		62
• Profundidad de curado	62	
• Resistencia Flexural	63	
• Sorción acuosa	64	
• Solubilidad	65	
• Radiopacidad	66	
• Resistencia a la compresión	67	
Análisis estadístico		68
• Profundidad de curado	68	
• Resistencia flexural	69	
• Sorción acuosa	70	
• Solubilidad	71	
• Resistencia a la compresión	72	
Discusión		73
Conclusiones		76
Bibliografía		77

Introducción

Las exigencias del hombre moderno han motivado la fabricación de nuevos materiales lo más semejantes a las piezas dentales naturales. En ese afán por desarrollar el material ideal, se han introducido infinidad de materiales que a su vez han sido desplazados por otros que superan las propiedades de los anteriores, como es el caso de las resinas compuestas que desde su creación hasta hoy, han evolucionado de enorme manera.

La conservación de la mayor cantidad de tejido dentario sano es uno de los criterios que han adoptado la mayoría de los cirujanos dentistas, y pocos son los aún seguidores de los postulados de Black, que aunque son válidos para algunos materiales de restauración, actualmente se prefiere la preparación de cavidades conservadoras y las resinas compuestas lo permiten.

Si agregamos que la resina compuesta es un material de fácil manipulación y propiedades físicas, mecánicas y estéticas aceptables, cumple con varias características del material ideal.

El desarrollo de las resinas como del resto de los materiales dentales, se logra mediante la innovación de pruebas realizadas por investigadores y fabricantes, seguidos por una evaluación clínica antes de ser comercializados en el medio odontológico. Los fabricantes son los que definen el método óptimo de manipulación y aplicación de sus productos en las instrucciones para su uso que incluyen los productos.

El presente trabajo tiene como objetivo valorar tres diferentes resinas compuestas fotopolimerizables de distinta casa comercial, que actualmente están a la venta. Se compararon en cada una de ellas, los parámetros exigidos en cuanto a algunas propiedades físicas que indica la Norma #27 de la Asociación Dental Americana, que son: profundidad de curado, resistencia flexural, resistencia a la compresión, sorción acuosa, solubilidad y radiopacidad.

Conociendo los valores de los resultados, podemos cumplir con uno de los propósitos fundamentales del cirujano dentista, que es conocer el comportamiento de los materiales dentales para ofrecer a los pacientes los materiales restauradores indicados, de acuerdo con el tratamiento a realizar, y así, devolverles la integridad estética, estructural y funcional.

Antecedentes

Los materiales dentales compuestos para restauración se desarrollaron a finales de los años 50's y principios de los 60's, sin embargo, para entender su importancia, es necesario remontarnos a los cementos de silicatos.

Material que es el precursor de los materiales restauradores estéticos que tenemos hoy en día. Los silicatos a pesar de estar actualmente casi en desuso, cuando surgieron en 1871, eran la restauración de primera elección para dientes anteriores, debido a que tenían ventajas sobre los materiales que hasta ese momento se habían desarrollado, como son la estética, dureza similar a la de la dentina y propiedades anticariogénicas por presencia y liberación de flúor. Bajo costo, fácil manejo y no requerían el uso de equipo sofisticado para su manipulación.

Sin embargo, las desventajas de estos sistemas de polvo-líquido fueron mayores, puesto que presentaban alta solubilidad en boca, debilidad en pruebas de tensión, e irritabilidad al ser colocados en boca pues tenían un pH 3, y hasta 30 días después alcanzaban un pH 7 (neutro). (1)

Como un intento por incrementar la vida media de las restauraciones estéticas, que hasta ese entonces se limitaban básicamente a los cementos de silicato, aparecen las resinas acrílicas. El uso de resinas acrílicas para obturaciones dentarias fue tema de controversia a finales de los años 30's cuando se desarrollan en Alemania los acrílicos autocurados y se hace posible la restauración directa de los dientes con resinas sin relleno.

Se componen de resinas de metilmetacrilato de polimerización química, semejantes a las resinas para prótesis totales. Sistema polvo-líquido, donde el polvo contiene partículas de polímero metilmetacrilato y aminas terciarias como aceleradores, y el líquido contiene monómeros de metilmetacrilato y peróxido de benzoilo como iniciador.

Presentan propiedades estéticas e insolubilidad que las hacen superiores a los cementos de silicato, sin embargo, las desventajas de estas resinas de obturación directa, derivan principalmente de la intensa contracción durante la autopolimerización que es de 7%, además de un alto coeficiente de expansión térmica, ambas desventajas producen como consecuencia una pobre adaptación marginal y elevada incidencia de caries recurrente. Además, tienen una dureza de superficie pobre, incidencia alta en fracturas y un índice de desgaste importante en zonas funcionales.

Si agregamos que las técnicas de aplicación y manipulación para las resinas no eran las adecuadas, lo que provoca cambios de coloración al poco tiempo de ser colocadas. Y por último, el uso indiscriminado, la falta de cuidados en relación al complejo dentino-pulpar y las pobres propiedades físicas inherentes a los acrílicos, ocasionó un gran número de fracasos y de iatrogenias en los pacientes.

Por todo lo anterior, podemos concluir, que con el desarrollo de las resinas de obturación directa se obtuvo solamente una ligera mejora de la vida media de los cementos de silicato, y por lo tanto, resultaron un rotundo fracaso. (1,2,3,4)

Bowen, del National Bureau of Standards, fue quien patentó en 1962 el componente de resina más usado hasta nuestros días., que es el Bis-GMA. (3)

Sus estudios los inició desde el año 1956, un año después que el Dr. Michael Buonocore reportara sus investigaciones relacionadas con el grabado ácido del esmalte con ácido fosfórico al 85%, con lo que se mejoró la recepción de la resina al esmalte de manera considerable. (5)

La molécula de Bis-GMA la obtuvo haciendo reaccionar un bisfenol A con dos moléculas de glicidil- metacrilato (GMA) para obtener el Bis-GMA (bisfenol A- glicidil-metacrilato). Se forma a partir de tres monómeros polimerizados juntos y técnicamente es un oligómero (oligo, término griego que quiere decir pequeño).

Es una molécula de un alto peso molecular, algo mayor a 500, formada por una porción central, constituida por la combinación de radicales epoxídicos más bisfenol unidos a dos extremos metacrilato.

Es una molécula bifuncional ya que por ambos extremos se encuentran los dobles enlaces de los grupos metacrilato, lo que permite el crecimiento tridimensional de las macromoléculas durante la polimerización.

El grupo fenólico confiere rigidez y resistencia mecánica y los grupos hidroxilo favorecen la formación de uniones secundarias en forma de puentes de hidrógeno. (2)

La resina Bis-GMA de Bowen, es mas grande y menos hidrofílica que las resinas de metacrilato previas, por lo que estas propiedades reducen la contracción de polimerización y absorción de agua de la resina resultante. Sin embargo, no fue hasta hace un poco mas de 40 años, que los sistemas de restauración estética evolucionaron por la incorporación de material inerte de relleno dentro de la matriz de resina, con el fin de reducir el volumen de matriz de resina.

Sin embargo, los primeros intentos por elaborar un material compuesto no tuvieron éxito porque las partículas de relleno que se agregaron no tenían enlace químico con la matriz de resina. (3)

El mayor avance ocurrió cuando Bowen desarrolló un nuevo tipo de material compuesto, ya que además de Bis-GMA, incorporó el uso de un silano que cubría las partículas de relleno para lograr el enlace químico con la resina.

Durante años se han ido mejorando las propiedades físicas de las resinas compuestas, es por eso que hoy en día, son los materiales de mayor difusión entre los materiales estéticos. El término compuesto puede definirse como un complejo de dos o más materiales diferentes con propiedades superiores o intermedias a las de los constituyentes individuales.

A las resinas compuestas se les llama también "composites", que quiere decir, hecho de distintas partes.

Composición de las resinas compuestas.

Los modernos materiales de restauración se componen básicamente de matriz de resina, de partículas inorgánicas de relleno, un agente de unión (silano), controladores de viscosidad, un iniciador-activador, aditivos (estabilizadores de color e inhibidores de polimerización como la hidroquinona), pigmentos y opacificadores. (1,2)

❖ Matriz de resina o fase continua.

El hallazgo de una matriz adecuada para las resinas compuestas se enfrentó a numerosas dificultades, como agentes de curado adecuados y la falta de estabilidad del color necesaria, sin embargo, con la creación de la molécula de Bowen se lograron disminuir éstas.

La mayor parte de los materiales compuestos que se usan como base en la actualidad, son monómeros como los diacrilatos aromáticos o alifáticos (Bis-GMA) o dimetacrilato de uretano (UDMA). La base de matriz mas usada es la de Bis-GMA, sin embargo, el monómero uretano-dimertacrilato (UDMA), es usado también ampliamente debido a que es un monómero bifuncional de baja viscosidad, que facilita la carga de relleno sin necesidad de añadir monómeros de pequeña molécula para controlar la viscosidad. Esta resina bifuncional fue introducida en 1974 por Foster y Walker.

A las resinas compuestas se les llama también "composites", que quiere decir, hecho de distintas partes.

Composición de las resinas compuestas.

Los modernos materiales de restauración se componen básicamente de matriz de resina, de partículas inorgánicas de relleno, un agente de unión (silano), controladores de viscosidad, un iniciador-activador, aditivos (estabilizadores de color e inhibidores de polimerización como la hidroquinona), pigmentos y opacificadores. (1,2)

❖ Matriz de resina o fase continua.

El hallazgo de una matriz adecuada para las resinas compuestas se enfrentó a numerosas dificultades, como agentes de curado adecuados y la falta de estabilidad del color necesaria, sin embargo, con la creación de la molécula de Bowen se lograron disminuir éstas.

La mayor parte de los materiales compuestos que se usan como base en la actualidad, son monómeros como los diacrilatos aromáticos o alifáticos (Bis-GMA) o dimetacrilato de uretano (UDMA). La base de matriz mas usada es la de Bis-GMA, sin embargo, el monómero uretano-dimertacrilato (UDMA), es usado también ampliamente debido a que es un monómero bifuncional de baja viscosidad, que facilita la carga de relleno sin necesidad de añadir monómeros de pequeña molécula para controlar la viscosidad. Esta resina bifuncional fue introducida en 1974 por Foster y Walker.

Debido a que los monómeros de alto peso molecular, como es el caso del Bis-GMA, son muy viscosos es necesario el uso de monómeros diluyentes de bajo peso molecular para obtener copolímeros que nos favorecen a alcanzar el elevado porcentaje de relleno y producir un material de consistencia manejable.

Los monómeros de bajo peso molecular, utilizados para disminuir la viscosidad son: El bisfenol-metacrilato (Bis-MA), etilen-glicol-dimetacrilato (EGDMA), trietilen-glicol-metacrilato (TEGMA) y el metil-metacrilato (MMA).

El TEGMA es el más utilizado, esta en un 10 a 31% de la mayoría de las resinas de microrelleno. Es una resina larga, flexible y bifuncional. Su utilización afecta la rigidez de la matriz de resina resultante, ya que le da a la resina mayor flexibilidad. Lo que mejora la resistencia en la terminación marginal pero reduce también su resistencia a la abrasión.

Aunque las propiedades mecánicas del Bis-GMA son superiores a las de la resina acrílica, no se enlaza a la estructura dentaria con mayor eficacia. (1,2,3)

❖ **Material de relleno o fase discontinua.**

La incorporación de las partículas de relleno dentro de la matriz de resina mejora significativamente sus propiedades siempre y cuando las partículas de relleno se unan a ella, proporcionan estabilidad dimensional a la matriz de resina inestable y blanda, disminuyen la contracción durante la polimerización, aumentan la dureza y la resistencia a la compresión, mejoran la resistencia a la fractura con mejor resistencia a las fuerzas de tracción, menor absorción de agua y rigidez aumentada.

Los trabajos iniciales para mejorar las propiedades de las resinas consistieron en introducir cargas o rellenos. En odontología adquieren importancia en 1966 cuando los rellenos son introducidos a la resina recién obtenida por Bowen, aunque hubo intentos anteriores para mejorar otras resinas, los primeros rellenos fueron a base de fibras y partículas de vidrio finamente molidas, fosfato de calcio fundido y sílice fundida.

El cuarzo tuvo gran importancia inicialmente, decayendo debido a que tiene un alto coeficiente de expansión térmica, radiolucidez y excesiva dureza. No obstante, actualmente, algunas presentaciones lo incorporan a su fórmula pero en un pequeño porcentaje, debido a que los agentes de acoplamiento se adhieren mejor al cuarzo que al resto de los rellenos.

En la actualidad los rellenos tienden a ser combinaciones que aúnan propiedades. Entre los más usados están silicatos de aluminio y bario, silicatos de aluminio (confiere resistencia) y litio, vidrios de sílice con bario o estroncio (aumenta radiopacidad), cuarzo (aporta dureza y rigidez), sílice coloidal, sílice pirogénica, zirconio (se obtienen partículas de tamaño de hasta 0.001 micras), tetrafluoruro de iterbio (acción anticariogénica). También puede utilizarse como relleno hidroxiapatita sintética. El bario puede reemplazar al calcio y así el cristal resultante es radiopaco.

Todos estos materiales son de gran dureza, químicamente inertes y tienen un índice de refracción y opacidad muy semejantes a la estructura dentaria.

Existen dos puntos importantes a considerar para la incorporación del material de relleno a la matriz de resina, que son: el tamaño de sus partículas y el porcentaje en que se pueden incorporar. Entre mayor sea el porcentaje, ya sea dado en peso o volumen, las propiedades del compuesto mejoran. Ambos parámetros sirven de base para la mayoría de las clasificaciones de resinas compuestas.

El tamaño de las partículas de relleno que se incorporan en las resinas compuestas varía desde 100 hasta 0.007 micrones. Las resinas de macrorelleno utilizan como relleno cristales de cuarzo y metales pesados, mientras que los de microrelleno utilizan sobre todo sílice pirolítico.

Las primeras resinas compuestas poseían rellenos grandes, tenían un porcentaje medio en volumen entre 60% y 70%, con las actuales resinas de partícula pequeña se llega a cifras en torno a 80% en volumen o más.

Respecto al tamaño y concentración de relleno, hay que considerar tres hechos que van asociados al comportamiento clínico:

- Capacidad de ser pulido es mayor a medida que disminuye el tamaño de la partícula de relleno.
- La resistencia al desgaste mejora a medida que disminuye el tamaño de la partícula de relleno.
- La resistencia a la fractura aumenta a medida que se incrementa el porcentaje de carga inorgánica de relleno por volumen.

Hoy se considera que la resistencia a la fractura aumenta a medida que se disminuye la distancia entre las partículas de relleno en la matriz de resina. Esto reduce la fatiga debida a la transmisión de la carga en la resina y disminuye la formación y propagación de grietas en la misma, cuyos efectos suponen el inicio del fracaso clínico. Por lo general, las resinas de microrelleno que tienen gran carga de relleno tienen distancias entre partículas más pequeñas. Además las partículas con cantos suaves y redondeados, distribuyen las fuerzas a través de la resina más uniformemente y conducen a una menor formación de grietas.

Para incorporar máxima cantidad de relleno en la matriz de resina se necesita distribución del tamaño de partículas. Las partículas inorgánicas de relleno por lo general significan 30-70% por volumen o 50-85% en peso del compuesto. (1,2,3)

Para obtener una estética aceptable, el índice de refracción del relleno debe estar cercano al de la resina. Para el Bis-GMA y el TEGMA el índice de refracción está entre 1.55 y 1.46 respectivamente, y la mezcla de los dos compuestos en proporciones por peso da un índice cercano a 1.5. Muchos de los cristales y el cuarzo que se usan para relleno también tienen índices de refracción aproximados a 1.5 que es adecuado para lograr suficiente translucidez.

La radiopacidad de los materiales de relleno se proporciona por el número de cristales y de cerámica que contienen los metales pesados como el bario, estroncio y zirconio.

❖ **Agente de unión o acoplante.**

La incorporación de partículas de relleno dentro de la matriz de resina mejora significativamente las propiedades físicas y mecánicas, si las partículas de relleno se unen a ella. Debido a la importancia de esto, es obvio que el uso de un agente de unión es muy importante en el comportamiento de un material compuesto. Se usa para facilitar la unión entre las partículas de relleno y la matriz de resina, ya que en las resinas convencionales la matriz y el relleno tienen diferente estructura y no existe entre ellas ninguna unión química.

Además disminuye la pérdida gradual de material de relleno a partir de la superficie de la resina y proporciona estabilidad hidrolítica para prevenir la penetración de agua a través de la interfase relleno-resina.

Los más comunes son los epoxi, vinil y metil silanos. El silano más usado en las resinas compuestas es el 3-(metacrililoiloxipropil) trimetoxisilano que es un silano orgánico.

La unión que da el agente de acoplamiento a la matriz de resina y el material de relleno, es una unión química. Es una molécula bifuncional, es decir, que por un extremo es compatible con la porción orgánica, y por el otro extremo con la porción inorgánica.

En estado hidrolizado , el silano contiene los grupos silanol que pueden enlazar con silanoles sobre superficies de relleno por la formación de un enlace de siloxano (S-O-Si). Los grupos metacrilato del componente organosilano forman enlaces covalentes con la resina cuando ésta polimeriza, por lo que se completa el proceso de acoplamiento.

La importancia del acoplamiento adecuado por medio de los silanos orgánicos es extremadamente importante para el funcionamiento clínico de las resinas compuestas. (1,2,3,6)

❖ Sistema de polimerización.

Los monómeros de metil metacrilato y dimetil metacrilato polimerizan por la adición de mecanismos de polimerización iniciados por radicales libres. Los radicales libres pueden ser generados por activación química, energética o física como la temperatura y la luz. (1,6)

Las resinas están constituidas por monómeros que poseen grupos terminales de metacrilato que polimerizan por adición, se inicia en radicales libres que se generan por activación química por reacción peróxido-amina, conocida como autopolimerización , quimiopolimerización o curado en frío. Este proceso inicia mezclando dos pastas en donde es imposible evitar la incorporación de burbujas de aire, pero uno de los problemas más grande es que no se tiene control del tiempo de trabajo.

Para evitar estas desventajas se logró el uso de una fuente de poder para la activación, es decir, la fotopolimerización que tiene ventajas significativas con el anterior sistema de polimerización, ya que el operador puede completar la inserción y el modelado de la restauración y después, iniciar el tiempo de

polimerización que indique el fabricante, la profundidad de curado varía de un material a otro, sin embargo, el promedio es de 2mm. Además no son sensibles a los inhibidores de oxígeno.

En un principio se empleó la longitud de onda que corresponde a los rayos ultravioleta, pero había poca profundidad de penetración de luz en la resina y no había paso de luz a través de estructura dentaria, además que la longitud de onda que producen es de solamente 365nm y existe riesgo potencial de la radiación en pacientes y profesionales. Por lo que actualmente, contamos con lámparas de luz halógena para la fotopolimerización de resinas, las cuales, tienen un filamento de tungsteno que genera luz blanca. Esa luz es transmitida por medio de haces de fibra óptica y cuando la luz pasa por un filtro azul, se emite con una longitud de onda de 425-450nm. Ese rayo de luz es capaz de penetrar los materiales restauradores en grosores por arriba de los 2mm.

La fuente de luz genera diferentes intensidades de luz con el tiempo, dependiendo de la calidad y edad de la lámpara, así como por la presencia de residuos de material en la punta de la luz.

Los compuestos dentales fotoactivados se proporcionan como pasta simple. La iniciación de los radicales libres consiste en la fotoiniciación de la molécula y un activador de amina contenido en la pasta. Cuando estos dos componentes son expuestos a la luz en una correcta longitud de onda, se produce un estado de excitación de fotoiniciador e interacción con la amina para formar radicales libres que inician polimerización adicional.

Un fotoiniciador comúnmente empleado es la canforoquinona, que tiene límites de absorción entre 400 y 500 nm. (luz azul del espectro de luz visible). Está presente en la pasta en un porcentaje aproximado de 0.2% en peso. Hay muchos aceleradores de aminas apropiadas para interactuar con la canforoquinona, como dimetilaminoetil metacrilato a 0.15% en peso.

Algunas de las limitaciones de la fotopolimerización, es que el material tiene que ser colocado en capas de 2mm. aproximadamente, lo que en restauraciones muy profundas el llenado de la cavidad puede tomar un tiempo considerable, además el material tiende a contraerse hacia la fuente de luz, mientras que las resinas quimiopolimerizables presentan una contracción paulatina y simultánea hacia el centro de la masa del material. (1,2,7)

Clasificación de resinas compuestas.

Se pueden hacer clasificaciones múltiples de acuerdo a sus propiedades, al tipo de matriz de resina, tamaño promedio de la principal partícula de relleno, el grado de volumen de relleno, el tamaño y la distribución del tamaño, a su aplicación, tipo de polimerización, etc.

Sin embargo, actualmente la más usada, es la que se refiere al tamaño de partícula de relleno y su distribución, debido a que el relleno es el que más influye en las propiedades de las resinas compuestas.

En 1977 la Asociación Dental Americana, describe dos categorías de la resina de obturación directa dentro de la especificación no.27 de la ANSI / ADA. basada en la manera de iniciar la polimerización. Las resinas tipo I: autopolimerizables o quimiopolimerizables, que están compuestas con iniciadores y activadores químicos. Y las resinas tipo II: fotopolimerizables, que son aquellas resinas que requieren una energía radiante con longitud de onda de rayos ultravioleta o luz azul (del rango de luz visible) que es la más usada actualmente. (8)

Algunas de las limitaciones de la fotopolimerización, es que el material tiene que ser colocado en capas de 2mm. aproximadamente, lo que en restauraciones muy profundas el llenado de la cavidad puede tomar un tiempo considerable, además el material tiende a contraerse hacia la fuente de luz, mientras que las resinas quimiopolimerizables presentan una contracción paulatina y simultánea hacia el centro de la masa del material. (1,2,7)

Clasificación de resinas compuestas.

Se pueden hacer clasificaciones múltiples de acuerdo a sus propiedades, al tipo de matriz de resina, tamaño promedio de la principal partícula de relleno, el grado de volumen de relleno, el tamaño y la distribución del tamaño, a su aplicación, tipo de polimerización, etc.

Sin embargo, actualmente la más usada, es la que se refiere al tamaño de partícula de relleno y su distribución, debido a que el relleno es el que más influye en las propiedades de las resinas compuestas.

En 1977 la Asociación Dental Americana, describe dos categorías de la resina de obturación directa dentro de la especificación no.27 de la ANSI / ADA. basada en la manera de iniciar la polimerización. Las resinas tipo I: autopolimerizables o quimiopolimerizables, que están compuestas con iniciadores y activadores químicos. Y las resinas tipo II: fotopolimerizables, que son aquellas resinas que requieren una energía radiante con longitud de onda de rayos ultravioleta o luz azul (del rango de luz visible) que es la más usada actualmente. (8)

Más tarde se realizaron otras clasificaciones basadas en el tamaño y distribución del relleno como la de Lutz y Phillips en 1983, en la que dividieron las resinas compuestas en; resinas de macrorelleno o convencionales, de microrelleno y complejos de microrelleno y macrorelleno, llamadas híbridas. También están las de Albers en 1985 y la de Leinfelder del mismo año.

Una de las mas recientes clasificaciones es la que publicaron en 1992 Willems y colaboradores. En la que se estudiaron 89 resinas comerciales, y se les realizaron pruebas para el conocimiento de: tamaño de partícula, distribución de los tamaños del relleno, contenido de relleno, módulo de elasticidad, superficie de pulido, dureza de superficie, fuerza compresiva y su apariencia al microscopio electrónico. De acuerdo a los resultados, las resinas compuestas se dividieron en cinco categorías; Densas, microfina (microfine), compuestas (miscellaneous), tradicionales y reforzadas con fibras. No debe considerarse propiamente una clasificación de resinas de acuerdo a la cantidad de relleno. Únicamente diferenciar que la cantidad puede diferenciarse como porcentaje en peso o como porcentaje en volumen, que se ha ido aumentando con el transcurso del tiempo y con la mejora de las técnicas de fabricación. (4,9)

Sin embargo, para fines prácticos las resinas compuestas se pueden clasificar de acuerdo al tipo de partícula en: resinas de macrorelleno, de microrelleno, híbridas, de partícula pesada y con elevado porcentaje de relleno. (2.3)

1. Resinas de macrorelleno.

Además de resinas compuestas de macrorelleno, se les conoce también como resinas tradicionales o convencionales. Debido a que hoy en día este tipo de material no es el más empleado, el término convencional puede ser reemplazado por alguno de los otros dos. El relleno más común en estas resinas es el cuarzo.

Actualmente se consideran macropartículas aquellas comprendidas entre 1 y 30 micras, ya que anteriormente las macropartículas primitivas eran de hasta 100 micras.

Los fabricantes utilizan diferentes rangos de: 1-5 micras, de 5-20 micras y de 20-30 micras. (2,3)

Sobre este tipo de material se han llevado a cabo estudios a largo plazo (5 a 10 años) y los resultados han demostrado que son efectivos como material de color dentario en restauraciones posteriores. Sin embargo, distan mucho de lo ideal, ya que no tienen buena resistencia a la abrasión si se comparan con los materiales compuestos con que disponemos actualmente. Necesitan mejor estabilidad de color y mejor acabado de superficie.

En los primeros materiales la superficie no se pulía adecuadamente, por lo que su rugosidad conducía al acúmulo de placa y aparición de tinciones, con un compromiso estético y alteraciones gingivales. La rugosidad se debe a poros o huecos y a la proyección de los cantos de las macropartículas. Eso provoca que su superficie de acabado sea mate y carente de lustre tras el proceso de pulido. (3)

- Propiedades de las resinas de macrorelleno

Si comparamos las propiedades de las resinas compuestas tradicionales con las resinas acrílicas, obviamente se han obtenido mejoras significativas a través de la estructura del compuesto.

El módulo de elasticidad es 4 a 6 veces mayor y la resistencia se duplica. La resistencia a la compresión de materiales compuestos ha aumentado de 3 a 5 veces por medio de la transferencia de la tensión a las partículas de relleno, en comparación con la de las resinas acrílicas. La sorción de agua se reduce, la contracción de polimerización es de 2% del volumen y la expansión térmica es tres veces menor a la de las resinas acrílicas. La dureza es mayor que la de las

resinas acrílicas y se asocia con el relleno y la estructura de la resina de enlace cruzado.

En cuanto a las consideraciones clínicas de las resinas de macrorelleno hay que tener presente que las técnicas de colocación deben ejecutarse con mucho cuidado, y deben incluir medidas para reducir los cambios dimensionales por efecto de la polimerización. (1)

2. Resinas de microrelleno.

Principalmente como un esfuerzo por resolver el problema de rugosidad de la superficie de las resinas de macrorelleno se desarrolló un material que tiene partículas de mucho menor tamaño, dadas en fracciones de micra. Su tamaño varía de 0.001 a 0.1 micras. Principalmente elaboradas con sílice coloidal con partículas que tienden a aglomerarse y los aglomerados equivalen a 0.04 a 0.4 nanómetros. Son 200-300 veces menores a las partículas de cuarzo de las resinas tradicionales. Este relleno es efectivo en el ajuste de la viscosidad del material por su mínima área de superficie. De 1% a un 5% de concentración es suficiente para convertir un fluido en crema.

Lo ideal sería si estas partículas de sílice se agregaran directamente en grandes cantidades a la matriz de resina, pero eso no es posible debido a que la matriz tiene que mojar una gran superficie de partículas de relleno. La matriz de resina que se emplea en este tipo de materiales es el mismo de las resinas tradicionales, es decir, que también el Bis-GMA está presente en la fórmula de la mayoría de ellas.

El método más frecuente para aumentar el volumen de relleno es haciendo un nuevo material con una resina compuesta prepolimerizada, que tiene mayor superficie con las partículas de sílice coloidal.

El contenido de relleno inorgánico final de una resina de microrelleno es apenas de 50% por peso, pero cuando se incluyen partículas de relleno prepolimerizadas, su contenido es casi de 80% por peso o de un 70% por volumen. Una de las ventajas de añadir microrelleno tanto al relleno orgánico como a la matriz de resina, es que se reduce la incompatibilidad entre ellas, y esto reduce la pérdida de relleno en la superficie de las restauraciones de microrelleno.

Los términos aglomerado y prepolimerizado, se refieren a diferentes formas de obtener industrialmente las partículas, como un esfuerzo del investigador para buscar un compromiso entre resistencia mecánica, resistencia al desgaste, capacidad de pulido superficial y cualidades estéticas, entre otras del material final. (1,2,6,7)

- Propiedades de las resinas de microrelleno.

La superficie de pulido es mejorada por el uso de relleno muy pequeño, lo que disminuye la presencia de poros y de rugosidad, y por lo tanto, la superficie es lisa y brillante después de la técnica de pulido. La categoría de resinas compuestas con relleno a base de resina prepolimerizada muestra mayores propiedades físicas y mecánicas por el aumento del contenido de relleno, que mejora casi todas las propiedades relevantes.

La resistencia a la compresión y el módulo elástico exceden a las resinas de microrelleno tradicionales. La resistencia elástica se incrementa al doble de las resinas de microrellenos y 1.5 veces mayor que las resinas de macrorelleno.

El coeficiente de expansión térmica es menor, aunque llega a ser casi dos veces mayor que el de la estructura dentaria. Mejora la resistencia al desgaste. La contracción por polimerización es igual o menor a la de las resinas de macrorelleno.

Debido a que mejora la resistencia por la gran cantidad de relleno, están indicados en lugares con tensiones amplias y abrasión como en cavidades clase I y II. Además el tamaño de partícula y su superficie de pulido liso, hacen que estén indicadas también en restauraciones para dientes anteriores, como las resinas compuestas de microrelleno tradicionales. (1,3)

3. Resinas híbridas o resinas mezcla.

Es un material que surge a partir de los dos anteriores, presenta propiedades intermedias de ambos y se desarrolló como un esfuerzo por obtener una mejor superficie lisa y proporcionar un compuesto con combinación de dos o más rangos de partículas, para lograr la integración de mayor cantidad de relleno a la matriz de resina pero con mejores propiedades que las resinas de macrorelleno. Las resinas híbridas logran tener características estéticas que son comparables con las de microrelleno.

Los rellenos híbridos actuales consisten en sílice coloidal y partículas de cristales que contienen metales pesados, constituyendo un contenido de relleno de aproximadamente de 75% a 80% en peso. Del total del relleno, solo 10 o 20% en peso está constituido por sílice coloidal, sin embargo, contribuye significativamente a las propiedades del material híbrido. Casi todas las presentaciones de resinas de macrorelleno actuales llevan añadidas pequeñas cantidades de microrelleno, pero es solo de 1% al 7% para aumentar la viscosidad, pero cuando presentan una proporción aumentada del 10% al 20% se consideran resinas compuestas híbridas.

Dentro de las ventajas de este tipo de material sobre las de macropartícula es que se disminuye la distancia interpartícula, y que logra que la matriz de resina sea menos conductora de fuerza, ya que las partículas de relleno pueden transmitir la fuerza entre ellas sin comprimir la matriz de resina, de tal modo que se obtiene una resina que actúa como un adhesivo y no como una matriz (transmisor de fuerza). El resultado final es que la resina actúa transmitiendo las fuerzas oclusales de una partícula a otra, en vez de absorber la fuerza ella misma.

Además la adición de microrelleno a la fórmula de macropartícula confiere mayor dureza de dispersión. Esto conduce una mayor fuerza de cohesión, deteniendo la propagación de grietas en la resina, y además presentan mejor resistencia al desgaste.

Así como existen los compuestos de microrelleno aglomerado, también los hay híbridos aglomerados, que obviamente presentan propiedades superiores a los materiales híbridos iniciales. (1,3)

4. Resinas de partícula pequeña.

Se le conoce así a cualquier resina compuesta de macrorelleno con un tamaño medio de partícula menor de 5 micrómetros. Pueden ser resinas híbridas o convencionales, ya que el término solo hace referencia al tamaño de macropartícula empleado, las cuales, son agregadas a la resina de forma directa.

La utilización de partículas más pequeñas ha dado lugar a resinas que muestran mejores propiedades de pulido y resistencia al desgaste. Esto está relacionado con el hecho de que partículas más pequeñas dejan huecos más pequeños cuando se desprenden de la superficie.

En los últimos años ha sido posible conseguir un alta carga en muchas resinas de partícula pequeña. Ello ha permitido que las resinas de partícula pequeña actuales tengan todas las ventajas de sus precursores, resinas de mayor tamaño de partícula (elevada carga de relleno con un buen resultado estético). Por lo que han desplazado a las resina convencionales. (3)

5. Resinas con elevado porcentaje de relleno.

Son materiales híbridos con más de un 80% de relleno por peso y en volumen. Se obtienen generalmente utilizando una distribución de varios tamaños de partículas que, comprimidas dan lugar a masas muy compactas con apenas espacios entre ellas.

A este proceso se le llama nivelación de vacíos. Estas distribuciones proporcionan un máximo refuerzo de partícula de la resina compuesta. A estos materiales se les denomina híbridos de partícula grande que contienen un porcentaje de macrorelleno de mayor tamaño cuyo objetivo es incrementar el porcentaje de carga inorgánica.

Idealmente, los híbridos de partícula grande están densamente cargados, que en su proceso de fabricación el volumen de las partículas de relleno no se ve incrementado cuando se le añade la resina, ya que la distancia entre las partículas es muy pequeña. Las resinas compuestas entre mayor es su rigidez, sirven mejor de soporte al esmalte que se adhieren. (2,3)

Artículos

1.M. Kawaguchi y colaboradores realizaron un estudio en el Departamento de Materiales Dentales en el Colegio Dental de Fukuoka, Japón, durante 1994, en el que se evaluó la profundidad de curado de varios tonos de resinas compuestas y su relación con el coeficiente de transmisión.

La relación entre el coeficiente de transmisión y la profundidad de curado fueron evaluados en ocho marcas diferentes de resina fotopolimerizable, las cuales, clasificaron en tres grupos basados en su sistema de relleno.

La profundidad de curado fue medida en base a la norma ISO 4049 y el coeficiente de transmisión se calculó de acuerdo a la ecuación de Berr-Lambert, y por medio de un radiómetro en los diferentes tonos de resina.

El coeficiente de transmisión estuvo valorado en un rango de 0.042 a 0.263, y dependió del tono de la resina. Se obtuvo una buena relación en todos los tonos de cada una de las marcas de resina, excepto en una de las resinas híbridas.

Los resultados revelaron que las resinas compuestas de microrrelleno mostraron un bajo coeficiente de transmisión y una profundidad de curado menor que las resinas híbridas y las resinas de partícula pequeña. (10)

2. Ferracane y Mitchem en 1994, evaluaron propiedades de las resinas posteriores en la Universidad de Ciencias de la Salud de Portland, Oregon, Estados Unidos. Las propiedades que fueron evaluadas en cuatro diferentes marcas comerciales de resinas compuestas y una de control, todas indicadas para restauraciones posteriores.

Los especímenes se realizaron de acuerdo a la norma ISO 4049, pero aplicaron algunas modificaciones. El primer grupo de cinco especímenes fue almacenado en agua a 37°C como lo describe la Norma, pero el segundo grupo fue almacenado por siete días en agua a 37°C y luego sumergido en agua hirviendo por otros siete días.

La fuerza flexural, el módulo flexural, la solubilidad en agua y la opacidad después de estar sumergidos los especímenes, en una solución de agua y etanol; fueron evaluados, en las cinco marcas comerciales de resinas compuestas.

Utilizaron la combinación de 75% agua y 25% etanol para demostrar que es un solvente más eficiente para las resinas, actuando como simulador de alimento.

Las pruebas de fuerza y módulo flexural, se desarrollaron mediante una máquina Instron con un patrón de velocidad de carga de 0.75 mm/min. Graficaron una tabla del cambio que existe entre la carga y el tiempo; y se usó para determinar módulo flexural de acuerdo a la norma ISO 4049.

Para las pruebas de opacidad y solubilidad usaron muestras en forma de disco, a las que se les aplicó luz halógena durante 40 segundos. Luego se les colocó en un desecador, se pesaron diariamente en una balanza analítica hasta encontrar una masa constante. Un grupo se sumergió en agua a 37°C y otro en solución de agua con etanol a 37°C también.

Los resultados de este estudio demostraron que no obstante, de haber seguido un protocolo idéntico y haber usado materiales con equivalentes cantidades, que las de la Especificación de la Norma ISO 4049, se obtuvieron diferencias significativas

en todos los valores de las pruebas. Sin embargo, fueron generalmente buenos también los lugares en el rango relativo de los materiales.

Estos resultados, según los investigadores, proporcionan una fuerte razón para que uno o dos materiales estándares sean incluidos en la especificación, diseñada para evaluar resinas compuestas indicadas para restauraciones de piezas posteriores. (11)

3. S. Gladis, Van Meerbeek y colaboradores, presentaron un estudio cuyo objetivo fue determinar y comparar las propiedades físicas y mecánicas de ocho materiales híbridos de restauración, de dos ionómeros de vidrio convencionales, una resina compuesta de microrrelleno y otra de relleno ultrafino compacto.

Este estudio se realizó en la Universidad Católica de Leuven, Kapucijnenvoer y la Universidad de Antwerp-RUCA, Bélgica, y fue publicado en abril de 1997.

Para aplicar las pruebas de resistencia flexural y de resistencia a la fatiga fabricaron 60 especímenes que dividieron en dos grupos, uno almacenado en seco a 35°C por un mes, y el segundo grupo almacenado por el mismo tiempo en agua destilada. Para el segundo grupo, las pruebas fueron solo dirigidas bajo agua en forma de spray.

Para estudiar los límites de fatiga flexural utilizaron el análisis ANOVA de dos vías para evaluar el efecto de almacenamiento en agua.

Los resultados obtenidos fueron que las dos resinas compuestas y dos de los tres poliácidos modificados con resina obtuvieron pulido al alto brillo como las resinas convencionales, y mejor que las resinas modificadas con ionómero de vidrio y que los ionómeros de vidrio convencionales.

Tanto para las resinas compuestas como para uno de los ionómeros de vidrio convencional, el límite de fatiga flexural disminuyó significativamente después de haber sido almacenados en agua, mientras que para el resto de los materiales, los límites de fatiga flexural, no difirieron significativamente de los especímenes en seco y con los almacenados en agua.

Este resultado es importante si consideramos que el límite de fatiga flexural y la fuerza de fractura son propiedades que dan un indicador de durabilidad a las restauraciones bajo condiciones clínicas simuladas. (12)

4. Stephen C. Bayne y colaboradores publicaron en Mayo de 1998, un estudio realizado a ocho resinas fluidas en tono A2, comparadas con dos resinas compuestas híbridas.

Midieron la profundidad de curado y el contenido de relleno en base a la norma ISO 4049, ISO/DIS 6872. Y la fuerza compresiva y fuerza tensil diametral en base a la norma ISO 9917.

Se elaboraron tres muestras de cada material para medir la profundidad de curado, con forma cilíndrica de 8mm de largo y 4mm de diámetro y fueron fotocuradas por 40 segundos. Y para la fuerza a la compresión se realizaron diez muestras de cada una de las resinas, del mismo tamaño que las anteriores.

Las propiedades que evaluaron, porcentaje de relleno en peso y volumen, profundidad de curado, fluidez, uso, fuerza compresiva, fuerza tensil diametral, fuerza flexural biaxial y dureza.

Las resinas compuestas híbridas demostraron mejor comportamiento en todas las pruebas mecánicas en comparación con los materiales fluidos.

Además todos los materiales tuvieron una profundidad de curado aproximado de 6mm en tono A2.

Encontraron que uno de los materiales fluidos, tiene una fluidez similar a una de las resinas híbridas, demostrando que no todos los materiales fluidos son necesariamente mejores en fluidez que los convencionales.

Ellos asumieron que la propiedad clave para predecir el comportamiento ante la resistencia a la fractura de los materiales es la dureza del mismo.

En general las propiedades mecánicas de las resinas fluidas fueron significativamente de valores menores que las resinas híbridas del grupo control. Únicamente tres resinas fluidas obtuvieron valores similares en las pruebas de resistencia a la compresión. (13)

5. R.G. Chadwick publicó en 1994, realizó una investigación cuyo objetivo principal del estudio no fue comparar el comportamiento de los diferentes materiales, sino investigar los efectos del termociclado sobre las propiedades de resistencia a la compresión y al desgaste de tres marcas comerciales de resina compuesta. Las muestras de cada marca de resina se dividieron en cinco grupos, cuatro diferentes ciclos y regímenes de almacenaje. Antes de realizar las pruebas, las muestras se sumergieron en agua destilada por una semana. Tres grupos se mantuvieron a 37°C y los dos restantes a 60°C.

Una propiedad mecánica básica de un material de restauración que presentan los fabricantes es la resistencia. Estos datos incluyen compresión, tensión o resistencia flexural. Estos valores de resistencia son aplicados al contenido de relleno y su composición a diferentes tiempos de curado y procedimientos de empacado. Las resinas fotopolimerizables son caracterizadas por su alta resistencia a la compresión y su baja resistencia tensional.

Se encontraron diferencias muy significativas entre los grupos almacenados a 37°C y los de 60°C, con respecto a la fuerza compresiva.

En cuanto a la resistencia al desgaste una de las marcas registró valores muy por encima que las otras dos resinas, todas sometidas a termociclado y almacenadas a 60°C. Pero significativamente menores a los del grupo control.

En conclusión debido al comportamiento de los tres materiales, todas las resinas podrían ser estudiadas como un material único. Dos de las resinas, partidarias de diferentes tratamientos, demostraron no tener relación entre la fuerza a la compresión y la resistencia al desgaste.

En la otra marca de la resina se mostró una relación similar entre el resultado de resistencia a la compresión y la resistencia al desgaste, el curso del comportamiento. El termociclado en esta resina, en temperaturas por arriba de los 50°C, provocó consecuencias catastróficas tanto en la resistencia a la compresión como en la resistencia al desgaste, lo que provoca una mayor probabilidad de fractura en materiales sometidos a cargas de estrés de 200 MPa. Tiene repercusión en el tiempo de duración del material. (14)

6. El Departamento de rehabilitación Oral de la Universidad de Tel Aviv, Israel, publicó un trabajo en 1999, realizado por T. Brosh, Y. Ganor y colaboradores.

Su objetivo fue determinar la relación entre la fuerza tensil diametral y la compresiva en resinas compuestas. Midiendo las probabilidades a la fractura y analizando su fractura bajo un estado de estrés.

Se probaron la fuerza a la compresión y tensil en diez diferentes marcas de resina seleccionadas para este estudio. Se prepararon 25 especímenes de 6mm de diámetro por 3mm de altura.

Para la fuerza a la compresión se usó una Instron con una velocidad de 0.5mm/min. hasta la fractura, mientras que la fuerza tensil se obtuvo mediante la aplicación de una ecuación.

En cuanto a los resultados, la fuerza tensil diametral reportó valores del 20% de su respectivo valor de la fuerza a la compresión. Múltiples pruebas comparativas

indicaron que las propiedades de fuerza tensil, fueron mucho más sensitivas en predecir diferencias entre las resinas compuestas, en comparación con las pruebas de fuerza a la compresión.

No se encontró relación entre la fuerza a la compresión y la tensil, por lo que, la fuerza a la compresión no puede predecir que probabilidad tiene una resina compuesta de soportar estrés tensil. La importancia de la resistencia a la compresión se limita a la fractura del material en estado de tensión. (15)

7. F.A. Rueggeberg, W F Caughman y J W Curtis realizaron un estudio en 1994, en el Departamento de Odontología restauradora del Colegio Médico de Georgia, USA, para ver el efecto de las variaciones de la fotopolimerización en la polimerización por volumen y la calidad del material, en dos tipos diferentes de resinas compuestas en los tonos universal y gris.

El objetivo fue evaluar la influencia de la intensidad de la luz y la variación del tiempo de iluminación en la eficacia de la polimerización, en las dos resinas en diferentes tonos de color, así como el efecto que se provoca al reducir la intensidad de luz en la preservación de la profundidad de curado del material con la estructura dental.

El primer tipo de resina estuvo compuesto por tres marcas comerciales de resina de microrrelleno en tres tonos cada una, y el segundo tipo fue una resina híbrida. Se utilizó una intensidad de luz de 175 y 700 mW/cm² con un tiempo de iluminación de 10 a 60 segundos, los datos se compararon usando modelos de análisis estadístico.

Los resultados de este estudio fueron: que si reducimos la intensidad de la luz lentamente y empleamos la iluminación por un tiempo de 60 segundos, el porcentaje de polimerización no se reduce. La profundidad provocó dramáticos

efectos en la polimerización de la resina. Espesores mayores de 2mm, tuvieron un curado pobre. La polimerización fue muy susceptible a los cambios de intensidad de luz y tiempo de exposición. Y que la iluminación de alta energía causa una separación mayor de la resina con la estructura dental.

Se demostró que el tiempo de iluminación es más efectivo que la intensidad de la energía de iluminación.

Concluyeron que las capas de material no deben de exceder los 2mm de espesor. La fuente de energía con una intensidad cercana a $400\text{mW}/\text{cm}^2$ por un periodo de 60 segundos, es la intensidad y el tiempo de fotopolimerización recomendado para las resinas compuestas. (16)

8. M. Miyazaki y colaboradores, realizaron en la Universidad de odontología de Tokio, Japón en colaboración con la Universidad de Odontología de Indiana, USA, un estudio acerca del efecto que tiene la exposición a la luz en la dureza y la resistencia flexural de las resinas fotopolimerizables.

Se publicó en 1996, su objetivo fue conducir a la investigación de las características de curado de las resinas fotopolimerizables y las propiedades mecánicas relacionadas.

Para la prueba de resistencia flexural, se realizaron moldes de acero inoxidable de $25\text{mm}/2\text{mm}/2\text{mm}$. Las resinas se curaron dentro de estos moldes. Unas se curaron por 30 segundos a $400\text{mW}/\text{cm}^2$, otro grupo se curó por 60 segundos a $200\text{mW}/\text{cm}^2$ y un tercer grupo fue por 20 segundos a una intensidad de $100\text{mW}/\text{cm}^2$. La prueba se realizó después de que los especímenes fueron almacenados por 24 horas en agua a 37°C .

Los resultados indicaron que la resistencia a la fractura, la resistencia flexural y el módulo flexural varió en las resinas compuestas fotopolimerizables. También que los tres grupos curados, no presentaron diferencias significativas en la resistencia a la fractura, resistencia flexural y módulo flexural.

La importancia de los resultados se basa en que la resistencia flexural y a la fractura son similares cuando se usa la radiación con la misma cantidad de energía. (17)

9. Dan Ericson y colaboradores, realizaron un estudio sobre la profundidad de curado de resina en preparaciones clase II in vitro. El estudio se llevo a cabo en 1993, en la Facultad de Odontología de la Universidad de Lund, Suecia.

Se realizaron preparaciones simuladas clase II con acrílico negro plexiglas y se fotopolimerizaron un grupo de control de la forma convencional, y el grupo de estudio con un aparato transparente llamado Light-tip. Las preparaciones se obturaron con cuatro diferentes marcas comerciales de resina compuesta, cada espécimen fue fotopolimerizado por 5, 10, 20 y 30 segundos.

A 56 especímenes se les retiró la resina no curada con un cepillo y acetona como solvente. La máxima profundidad de curado de cada uno de los materiales se midió desde la superficie oclusal hasta la parte más cervical del material de resina que si fotopolimerizo.

Los resultados fueron: Todas las profundidades de curado en una de las cuatro resinas fueron menores en comparación con las tres marcas restantes, en similares tiempos de curado.

Una profundidad de curado superficial se observó en los tonos oscuros comparados con los tonos universales.

Con el empleo del Light-tip, se logró una profundidad de curado de 2.2mm, gracias a esa capacidad de iluminar las porciones más profundas de la preparación, y por lo tanto, proporciona un incremento en el potencial de curado de la resina compuesta. (18)

10. T.V. Vijayaraghavan del departamento de Materiales Dentales y Joyi Hsiao de Odontopediatría, ambos del Centro Dental Krieger, Nueva York, USA, publicaron un artículo en 1994 acerca del comportamiento flexural de resinas fotopolimerizables en condiciones de inmersión en agua.

El objetivo del estudio fue investigar el efecto de la temperatura en el comportamiento flexural de cuatro marcas comerciales de resinas fotopolimerizables híbridas.

Para realizar la investigación realizaron muestras curadas, sumergidas en agua a 37°C por 24 horas antes de la prueba. Las mediciones flexurales realizadas después de colocar las muestras en agua con temperaturas de 5, 15, 25, 37, 45 y 55°C, y un grupo control en seco. Los parámetros de la propiedad flexural se obtuvieron en función de la prueba de temperatura.

Los resultados indicaron que la producción de estrés provocó cambios termomecánicos más sensitivos. Ablandamiento importante de los materiales, debido a la temperatura bajo las condiciones de inmersión en agua de la prueba. En los rangos de temperatura, solo dos materiales mostraron significativa reducción en la producción de estrés comparados con los valores obtenidos en los análisis dinámicos termo-mecánicos.

El efecto dañino que causa la acumulación en la superficie y en la subsuperficie de la microestructura de cargas termo-mecánicas, necesarias para explicar la correlación del comportamiento de desgaste y desplazamiento en condiciones de in vivo e in vitro. (19)

11. En 1992, Willems y colaboradores, realizaron un estudio en la Universidad de Leuven y la Universidad de Antwerp-RUCA, Bélgica, para dar una nueva clasificación de resinas, basada en sus características mecánicas y morfológicas.

El propósito del estudio fue valorar y dividir la mayor cantidad de resinas comerciales, en base al conocimiento del tamaño de partícula, distribución el tamaño de relleno, contenido de relleno, módulo de elasticidad, superficie de pulido, dureza de superficie, fuerza a la compresión y la apariencia bajo microscopio electrónico.

Se emplearon 89 diferentes marcas de resina compuesta para el estudio. Aproximadamente tres gramos de cada material fueron disueltos en acetona para el análisis, mezclado y centrifugado durante 30 minutos a 300 rpm.

Los resultados derivaron en la clasificación de las resinas en cinco categorías que anteriormente se mencionaron en los antecedentes. Resinas de alta densidad, resinas de relleno microfino, resinas híbridas, resinas convencionales y resinas reforzadas con fibras.

Los valores de resistencia a la compresión que se obtuvieron, indicaron la capacidad del material para resistir estrés vertical, cuando es vital en áreas de alto estrés.

Las resinas compuestas con indicación para restauración de posteriores deben de tener un módulo de elasticidad casi igual que el de la dentina que es de 18,500MPa, y preferiblemente mayor. (9)

12. Huysmans y colaboradores en 1996, publicaron un estudio acerca de la influencia de la manipulación clínica simulada, en la resistencia flexural y la resistencia a la compresión en resinas compuestas para restauración posterior.

El estudio se realizó en la Universidad de Nijmegen, Nueva Zelanda y la Universidad d Noroeste, Chicago, USA.

El principal objetivo del estudio fue estudiar la influencia que tenía la manipulación clínica de dos tipos de resina para posteriores, en la resistencia a la compresión y flexural.

Se realizaron especímenes cilíndricos en ambos materiales, bajo condiciones ideales de laboratorio y bajo condiciones de manipulación clínica.

En cuanto a los resultados se observaron diferencias en la medición de los valores de resistencia flexural, entre los especímenes preparados en el laboratorio y los preparados bajo manipulación clínica simulada, fueron significativamente más altos en ambos casos los elaborados en laboratorio. En las muestras elaboradas bajo manipulación clínica, la resistencia flexural fue 15% menor en el caso de una de las resinas, mientras que en la otra fue de 29%.

En la resistencia a la compresión no se observaron diferencias entre los especímenes realizados en laboratorio y los realizados con manipulación clínica.

Por lo tanto, la resistencia flexural de los materiales de resina en condiciones clínicas difieren significativamente del comportamiento que se puede predecir en laboratorio, en cuanto a las propiedades mecánicas. (20)

13. En la Escuela Dental Bauru de la Universidad de San Paulo Brasil, E.B. Franco y B.G.M. Seabra realizaron un estudio acerca de la profundidad de curado en resinas condensables. El objetivo del estudio fue evaluar la profundidad de curado en resinas de alta densidad y su relación con el tiempo de exposición y curado a través del esmalte. En esta dirección, las resinas estudiadas fueron: Alert, Solitaire y Surefil y la resina híbrida Z100. Cinco especímenes se prepararon de cada material. Se usó un molde de teflón cilíndrico de 1 cm. de profundidad por 0.5 cm.

de diámetro. Se colocó una loseta entre el material y la punta de la lámpara de fotopolimerización, con 1mm de espesor de esmalte o sin éste, seguido por la polimerización durante 40 y 80 segundos. Un utensilio especial fue usado para determinar la extensión de polimerización. La superficie opuesta de polimerización fue considerada curada cuando también se encontró el mismo valor de dureza en la superficie en contacto con la punta de la lámpara. Los remanentes de curado fueron medidos con un calibrador. Todas las mediciones y desviaciones estándar encontradas se dieron en milímetros.

El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los materiales, en tiempos de exposición y fotopolimerización a través del esmalte. Los resultados sugieren que el curado a través de esmalte y tiempo de exposición interfieren en la profundidad de curado y puede, afectar en mínimo el grado la polimerización recomendada por los fabricantes. (21)

14. Correa, Muench y Ballester del Departamento de Materiales Dentales de la universidad USP, realizaron un estudio acerca de la fuerza flexural en resinas relacionando las dimensiones de las muestras y la fotoactivación. El objetivo del estudio fue evaluar la fuerza flexural en la resina Heliomolar RO en relación al tamaño de la muestra y el número de superficies fotoactivadas, marcando la superficie donde se aplicó la carga. El tamaño de las muestras fue de 25x2x4 d=20, 25x2x2 d=20, 15x2x2 d=12, 10x2x2 d=8. La fotoactivación fue realizada durante 40 segundos a 600 mW/cm². Los especímenes fueron almacenados 24 horas a 37°C antes de la prueba.

Los resultados fueron que la altura de los especímenes afectó la fuerza flexural, mientras que en los especímenes con mayor longitud no fue así, permitiendo ésto, usar especímenes con menor material. (22)

Anexo

Especificación No. 27 de la Norma de la ANSI/ADA. (1993)

Todos los programas de investigación sobre materiales restauradores, así como de materiales dentales en general, están limitados actualmente a evaluaciones de laboratorio acerca de sus propiedades físicas y mecánicas. Los programas más antiguos y largos han sido llevados a cabo por la Asociación Dental Americana (ADA). Y han sido exitosos desde finales de la década de los años 20.

Los programas de investigación para materiales dentales están basados en las especificaciones de la Norma establecidas por organizaciones de estandarización nacionales o internacionales, como el Instituto Nacional de Estandarización Americana (ANSI) y la Organización Internacional de Estandarización (ISO). (23)

La especificación No. 27 de la ANSI/ADA de 1993, informa y ordena los requisitos que deben tener los materiales restauradores a base de resina, y la metodología que se debe seguir para obtener los valores físicos en base a necesidades clínicas de uso de este material.

Para el caso de resinas fotopolimerizables, alguna de las pruebas físicas que se obligan es: profundidad de curado, resistencia flexural, sorción acuosa, solubilidad y radiopacidad; así como la resistencia a la compresión que está indicada en el apéndice de la Norma, como prueba de comparación que se hace entre productos similares, pero no se considera parte de la Norma.

Para la verificación de estas propiedades físicas se utilizarán los aparatos y Equipo de acuerdo a lo requerido por la Norma especificación #27 de la ANSI/ADA en los siguientes incisos:

6. Preparación para especímenes de prueba.

Nota: Para la preparación de los materiales tipo II, se debe referir a las instrucciones del fabricante la cual debe establecer la fuente de energía externa o fuentes recomendadas para los materiales a ser probados. Se debe tener cuidado para asegurar que la fuente está en condiciones satisfactorias de operación.

Mezclar o de otra forma preparar el material de acuerdo con las instrucciones del fabricante y las condiciones de prueba especificadas en 7.2.

7.7 Profundidad de curado de materiales tipo II (fotopolimerizables)

7.7.1 Aparatos

7.7.1.1 Molde metálico, para la preparación de una muestra cilíndrica, de 6mm de largo y 4mm de diámetro, a menos que el fabricante pretenda una profundidad de curado de más de 5mm; en esta situación el molde debe estar por lo menos 2mm más largo que lo pretendido por la profundidad de curado.

7.7.1.2 Dos losetas de vidrio (ver 7.1.2.), con suficiente área para cubrir los extremos del molde.

7.7.1.3 Papel filtro blanco.

7.7.1.4 Película transparente que deje pasar la radiación (50 +/- 30) micras de grosor, Ej.: poliéster

7.7.1.5 Fuente de energía externa, como lo recomienda el fabricante para usarla con el material de prueba.

7.7.1.6 Micrómetro, precisión de 0.01mm

7.7.1.7 Espátula de plástico

7.7.2. Procedimiento

Colocar el molde(7.7.1.1.) sobre una tira de película transparente (7.7.1.4), cubierta con el papel filtro (7.7.1.3.) y llenarlo con el material de prueba, preparado de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Tener cuidado de eliminar las burbujas de aire.

Sobrellenar ligeramente el molde y colocar la segunda tira de película transparente como tapa. Presionar el molde y las tiras de película transparente entre las losetas de vidrio para eliminar el exceso de material. Remover la loseta que cubre la tira de película y colocar cuidadosamente la punta de la lámpara de fotopolimerización contra la tira de película. Irradiar el material por el tiempo recomendado por el fabricante para llevar acabo una profundidad de curado de por lo menos 2mm.

Remover la muestra del molde 180+/-20 segundos después de completar la exposición y cuidadosamente remover el material no curado con una espátula de plástico. Medir la altura del cilindro del material curado con el micrómetro, con una aproximación de +/- 0.1mm y dividir la medida entre dos. Registrar este valor como profundidad de curado y repetir la prueba dos veces.

7.7.3 Interpretación de resultados.

Si los tres valores son mayores que 1mm, el material ha cumplido con el primer requerimiento de profundidad de curado.

Para cumplir con el segundo requerimiento de profundidad de curado, los tres valores deben de ser no mayores a 0.5mm por debajo del valor establecido por el fabricante.

7.8 Propiedades flexurales

7.8.1 Aparatos

- 7.8.1.1 El molde se cubre ligeramente con un medio separador, para la preparación de una muestra de prueba de $25 \pm 2\text{mm.} \times 2 \pm 0.1\text{mm.} \times 2 \pm 0.1\text{mm.}$
- 7.8.1.2 Dos losetas de vidrio, cada una con el área suficiente para cubrir al molde.
- 7.8.1.3 Pinza pequeña.
- 7.8.1.4 Recipiente con agua, capaz de mantener una temperatura de $37 \pm 1^\circ\text{C.}$
- 7.8.1.5 Fuente de energía externa (para materiales tipo II), como lo recomienda el fabricante para uso con el material de prueba.
- 7.8.1.6 Micrómetro, aproximación de 0.01mm.
- 7.8.1.7 Equipo de prueba y aparatos para la aplicación de carga como se especifica en 7.8.3
El aparato consiste esencialmente de dos varillas (2mm. de diámetro), montado paralelamente con 20mm. entre los centros y una tercera varilla (2mm. de diámetro) centrada entre y paralela a las otras dos, de tal modo que las tres varillas en combinación puedan ser usadas para aplicar una carga de tres puntos a la muestra.
- 7.8.2 Preparación de las muestras de prueba.

7.8.2.1 Materiales tipo I

Preparar el material de acuerdo con las instrucciones del fabricante e inmediatamente colocarlo en el molde (7.8.1.1) posicionado sobre una de las losetas de vidrio (7.8.1.2). Colocar la segunda loseta en el tope del molde y ligeramente aplicar presión por medio de la pinza (7.8.1.3), de manera que se extruya el exceso de material del molde. Colocar el ensamblado en el recipiente con agua (7.8.1.4) mantenido a $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ tres minutos después de empezar la mezcla. Remover la pinza, remover las losetas y separar el molde 15 minutos después de empezar la mezcla. Almacenar las muestras en agua destilada a $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ por el tiempo especificado en 7.8.3. Preparar cinco muestras.

7.8.2.2 Materiales tipo II

Preparar el material de acuerdo con las instrucciones del fabricante, y llenar el molde con éste (7.8.2.1). Colocar la punta de la lámpara de fotopolimerización al centro de la muestra (7.8.1.5) y contra las losetas de vidrio. Irradiar la sección de la muestra por el tiempo de exposición recomendado. Mover la punta de la lámpara a la sección próxima al centro, traslapando la sección previa e irradiando el tiempo apropiado. Después irradiar la sección del otro lado del centro en la misma forma. Continuar con este procedimiento hasta ver que toda la muestra haya sido irradiada el tiempo de exposición recomendada. Repetir el procedimiento de irradiación del otro lado de la muestra. Se colocó el ensamblado en el recipiente con agua mantenido a $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 15 minutos. Después remover las muestras del molde y almacenar en agua destilada a $37\pm 1^{\circ}\text{C}$.

7.8.3 Procedimiento

Medir las dimensiones de la muestra con una precisión de $\pm 0.01\text{mm}$. 23 horas y 45 minutos después de iniciada la mezcla, en el caso de

los materiales tipo I, o la irradiación, en el caso de materiales tipo II. Transferir las muestras al aparato de pruebas de fuerza flexural (7.8.1).

Veinticuatro horas después de empezada la mezcla, aplicar una carga a la muestra a una velocidad de carga de 0.75+/-0.25mm./min., o a un rango de carga de 50+/-16N/min. hasta la fractura de la muestra. Registrar la máxima carga ejercida sobre la muestra. Repetir la prueba en las otras cuatro muestras.

7.8.4 Cálculo y expresión de los resultados.

7.8.4.1 Fuerza flexural.

Calcular la fuerza flexural en MegaPascuales con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{3Fl}{2Bh^2}$$

Donde:

F = máxima carga en Newtons, aplicada a la muestra

L = distancia en milímetros entre los soportes con una exactitud de +/- 0.01mm.

B = grosor en milímetros de la muestra medida inmediatamente antes de la prueba.

H = altura en milímetros de la muestra medida inmediatamente antes de la prueba.

7.8.4.3 Interpretación de los resultados.

- 7.8.4.3.1 Calcular los cinco resultados de fuerza flexural.
Si cuatro o cinco de los resultados están arriba de 50MPa, el material se considera que ha cumplido con uno de los requerimientos de fuerza flexural.
Si cuatro o cinco de los resultados están por debajo de 50MPa, se considera que el material ha fallado absolutamente.
Si solo tres de los resultados son mayores que 50MPa, se repetirá toda la prueba. Si solo cuatro de los resultados están por encima de los 50MPa en la segunda ocasión, el material se juzgará que ha fallado toda la prueba.
- 7.8.4.3.2 Si cuatro o cinco de cinco especímenes, o donde fuera necesaria una segunda serie, ocho o nueve de los diez especímenes estuvieran arriba de 50MPa, descarte los resultados fallidos y calcule la resistencia flexural media de las muestras exitosas.

7.9 Sorción Acuosa y Solubilidad.

7.9.1 Aparatos

- 7.9.1.1 Molde para la preparación de muestra en forma de disco de 15+/- 1mm. de diámetro y 0.5+/-0.1mm. de grosor.
- 7.9.1.2 Película transparente para dejar pasar la radiación de 50+/-30µm de grosor, Ej.: poliéster.
- 7.9.1.3 Losetas de vidrio (ver 7.1.2).
- 7.9.1.4 Dos desecadores, conteniendo clorhidrato de calcio anhidrido o sílica gel fresca, secada por 5hrs. a 130° C. Reemplazar la sílica gel con gel seco después de cada secuencia de pesado.

- 7.9.1.5 Lámpara de fotopolimerización (para materiales tipo II), como lo recomienda el fabricante para el uso del material de prueba.
- 7.9.1.6. Balanza Analítica.
- 7.9.1.7 Micrómetro, con aproximación de 0.01mm.
- 7.9.1.8 Pinzas.
- 7.9.2 Preparación de muestras de prueba.
 - 7.9.2.1 **Materiales tipo I**

Ligeramente sobrellenar el molde (7.9.1.1) con el material, preparado de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Colocar una película transparente (7.9.1.2) sobre el material en el molde y cubrir con la loseta (7.9.1.3) así se elimina el exceso de material. Sujetar la loseta y el molde juntos. Preparar cinco muestras en forma de disco de esta manera.
 - 7.9.2.2 **Materiales tipo II**

Preparar el material de acuerdo con las instrucciones del fabricante y llenar el molde con éste (7.9.2.1.). Colocar la punta de la lámpara de fotopolimerización (7.9.1.5) contra las losetas de vidrio (7.9.1.3) irradiar esa sección de la muestra por el tiempo de exposición recomendado. Mover la punta de la lámpara de fotopolimerización e irradiar toda la sección de la muestra. Continuar este procedimiento hasta que toda la muestra sea irradiada por el tiempo de exposición recomendado. Preparar cinco muestras en forma de disco de esta manera.

7.9.3 Procedimiento

7.9.3.1 Después de que las muestras han sido removidas del molde, se transfieren al desecador mantenido a $37\pm 1^{\circ}\text{C}$. Después de 24hrs remover las muestras, y almacenarlas en el desecador mantenido a $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ por una hora y entonces pesar con una exactitud de $\pm 0.2\text{mg}$. Repetir este ciclo hasta conseguir que una masa constante m_1 sea obtenida, hasta que la pérdida de masa de cada muestra no sea mayor que 0.2mg en un periodo de 24hrs.

7.9.3.2 Sumergir las muestras en agua y mantener a $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ por siete días. Después de este tiempo remover las muestras, lavar con agua y secar la superficie con aire hasta observar que esté libre de humedad, aplicar aire por 15 segundos, y esperar un minuto después de remover el agua. Esta masa se registra como m_2 .

7.9.3.3 Después de este pesaje, se reacondicionan las muestras a una masa constante en el desecador usando el ciclo descrito en 7.9.3.1. Esta masa se registra como m_3 .

7.9.3.4 Medir el diámetro y el grosor de la muestra en el centro de la misma, y en cuatro puntos igualmente espaciados sobre la circunferencia; calcular el volumen V en milímetros cúbicos.

7.9.4 Cálculo y expresión de los resultados.

7.9.4.1 Sorción acuosa.

Calcular los valores de sorción acuosa, W_{sp} , en microgramos/milímetro cúbico, de cada uno de las cinco muestras usando la siguiente ecuación:

$$W_{sp} = \frac{m_2 - m_3}{V}$$

Donde:

m₂ = masa de la muestra en microgramos, después de la inmersión en agua por siete días.

m₃ = masa reacondicionada de la muestra en microgramos.

V = volumen de la muestra en milímetros cúbicos.

7.9.4.2 Interpretación de resultados de sorción acuosa.

Si cuatro de cinco de los valores obtenidos están por debajo de los 50µg/mm³, el material cumple con el requerimiento de sorción acuosa.

Si dos de los valores obtenidos están por debajo de 50µg/mm³, el material ha fallado.

Si tres de los valores están por debajo de los 50µg/mm³, se repite toda la prueba. Si todos los valores están por debajo de los 50µg/mm³ en la segunda ocasión, el material se considera que ha pasado toda la prueba.

7.9.4.3 Solubilidad.

Calcular los valores de solubilidad W_{si} en microgramos por milímetro cúbico, para cada uno de las cinco muestras usando la siguiente ecuación:

$$W_{si} = \frac{m_1 - m_3}{V}$$

V

Donde:

m_1 = masa acondicionada en microgramos, antes de la inmersión en agua (ver 7.9.3.1)

m_3 y V están dados en 7.9.4.1

7.9.4.4 Interpretación de resultados de solubilidad

Si cuatro de los cinco valores obtenidos están por debajo de los $5\mu\text{g}/\text{mm}^3$, el material se considera que ha cumplido con el requerimiento.

Si dos de los valores obtenidos están por debajo de los $5\mu\text{g}/\text{mm}^3$, se considera que el material ha fallado.

Si tres de los valores están por debajo de los $5\mu\text{g}/\text{mm}^3$, se repetirá toda la prueba. Si todos los valores están por debajo de los $5\mu\text{g}/\text{mm}^3$ en la segunda ocasión, se considera que el material ha pasado la prueba.

7.11 Radiopacidad.

7.11.1 Aparatos.

7.11.1.1 Unidad dental de Rayos X de fase sencilla, con una filtración total de 1.5mm. en aluminio y una capacidad de operación de 65+/-5kV con accesorios disponibles.

7.11.1.2 Películas de Rx oclusales dentales de velocidad de grupo D (como lo especifican en ISO 3665), solución reveladora y fijadora.

7.11.1.3 Platos de aluminio, de 2mm de grosor del mismo tamaño que el espécimen, fabricados por lo menos de un 99.5% de aluminio puro.

7.11.1.4 Densitómetro fotográfico con capacidad de medición en un rango de 1.5 a 2.5.

7.11.2 Preparación de las muestras de prueba.
Preparar las muestras como se describe en 7.9.2.1 para materiales tipo I o en 7.9.2.2 para materiales tipo II, pero el grosor de las muestras a prueba debe ser de 1 ± 0.1 mm.

7.11.3 Procedimiento
Colocar la película de Rayos X sobre un pedazo de plomo no menor a 2mm. de grosor y colocar la muestra y el plato de aluminio en el centro de la película.
Irradiar la muestra, el plato de aluminio y la película con los rayos X a 65 ± 5 kV en un blanco de la película de distancia de 400mm al mismo tiempo que, después de procesado la región de la película cerca del espécimen y el aluminio tenga una densidad fotográfica entre 1.5 y 2.
Nota: Exposiciones de entre 0.3 y 0.4 segundos a 10mA son comunes.
Después de revelar y fijar la película, se compara la densidad de la imagen de la muestra con la del aluminio usando el densitómetro.

7.11.4 Interpretación de resultados
Si la densidad de la imagen de la muestra es menor que la densidad de la imagen del aluminio, el material se considera que ha cumplido con el requerimiento de radiopacidad.

A2.2 Fuerza Compresiva

A2.2.1 Aparatos

A2.2.1.2 Un molde metálico dividido, revestido con un medio separador apropiado, para la preparación de una muestra cilíndrica de 4 ± 0.1 mm. de diámetro por 6 ± 0.1 mm. de altura.

Dos losetas de vidrio con la suficiente área para cubrir el molde.

A2.2.1.3. Pinza pequeña.

A2.2.1.4. Lámpara de luz fotopolimerizable (para los materiales tipo II) recomendada por el fabricante para el uso de éste material.

A2.2.1.5. Aparato de pruebas para aplicar carga compresiva uniaxial a una tensión de 1 ± 0.25 mm./min.

A2.2.2. Preparación de las muestras a prueba.

A2.2.2.1 Materiales tipo I

Mezclar el material de acuerdo con las instrucciones y colocarlo inmediatamente en el molde posicionado sobre una de las losetas. Colocar la segunda loseta en el tope del molde y aplicar una ligera presión con la pinza, de manera que se extruya el excedente de material del molde. Tres minutos después de comenzar la mezcla, colocar el ensamblado en el recipiente con agua mantenido a 37°C, 15 minutos después de comenzar la mezcla, remover la pinza y separado el molde, almacenar las muestras en agua destilada a 37°C. Preparar cinco muestras.

A2.2.2.2 Materiales tipo II

Preparar el material de acuerdo a las instrucciones del fabricante y llenar el molde con éste, como se describe en 2.2.2.1. Colocar la punta de la lámpara de fotopolimerización contra las losetas de vidrio e irradiar la muestra con el tiempo de exposición recomendado. Invertir el molde e irradiar el otro lado de la muestra.

Si el fabricante expresa que la profundidad de curado es menor que 3.0mm., o que la profundidad de curado fue determinada de acuerdo a ISO 4049 7.7, es menor que 3.0mm, entonces se usará un molde de cristal de cuarzo el cual deberá recibir una exposición lateral. Después de la irradiación colocar el molde en el recipiente con agua a 37°C por 15 min. y después remover la muestra del molde y almacenar en agua destilada a 37°C.

A2.2.2.3. Procedimiento de pruebas

Veintitrés horas con cincuenta minutos después de comenzada la mezcla, transferir la muestra a la máquina de pruebas para aplicar la compresión. Veinticuatro horas después de comenzada la mezcla aplicar la carga a la muestra a una tensión de 1.0+/-0.25mm./min.

A2.2.2.4. Cálculo y expresión de los resultados

$$\text{Fuerza compresiva en MPa} = \frac{F}{d^2}$$

Donde:

F = máxima fuerza en Newtons ejercida sobre la muestra.

d = diámetro de la muestra en milímetros.

Calcular y registrar el resultado de las cinco pruebas. Si más de dos muestras caen fuera del promedio por un 15% o más, se debe repetir toda la prueba. (8)

Anexo

Perfil Técnico*

Variantes en las formulaciones de tres resinas compuestas de uso generalizado como son Z100, Sinergy y Degufill Mineral.

Sinergy.

Composición:

- Bisfenol A diglicidil metacrilato BisGMA
- Bisfenol A dietoxi metacrilato Bis EMA
- Trietilenglicol dimetacrilato TEG DMA
- Vidrio de estroncio, silanizado
- Vidrio de bario, silanizado
- Ácido silico amorfo, hidrofobizado

Datos técnicos:

- Diámetro medio de las partículas de relleno $0.6\mu\text{m}$
- Distribución de las partículas de relleno $0.4\mu\text{m}$ - $2.5\mu\text{m}$
- Proporción volumétrica del relleno inorgánico total 59%
- Porcentaje en peso del relleno inorgánico total 74%

Degufill Mineral

Composición:

- Bis-GMA
- Metacrilatos
- Dióxido de silicio finamente dispersado (silanizado)
- Borosilicato aluminicobárico
- Apatita de fosfato cálcico y flúor
- Iniciadores, estabilizadores y pigmentos.

Z100

Composición:

- Bisfenol A glicidil metacrilato
- Trietilenglicol dimetacrilato
- Relleno de zirconia/silica
- Distribución de la partícula de relleno 3.5 μ m- 0.01 μ m
- Proporción volumétrica del relleno inorgánico 66%
- Porcentaje en peso del relleno inorgánico 79%

*Datos proporcionados por el fabricante.

Planteamiento del problema

Por diversas razones, la mayoría de odontólogos consumidores de resina compuesta basan su preferencia en información proporcionada por los fabricantes, y como es lógico de suponer, esa información puede ser tendenciosa.

Una de las maneras de verificar la calidad de cada material, es haciendo las pruebas de acuerdo a la metodología indicada en la norma correspondiente y haciendo una comparación.

Justificación

Dado que la mayoría de los odontólogos no conocen información emanada de estudios independientes, se justifica verificar las cifras de comportamiento de diferentes materiales de resina compuesta, proporcionadas por los fabricantes.

Los datos aportados tendrán validez si emanan de pruebas ordenadas por la norma correspondiente.

Hipótesis

Las resinas compuestas para restauración Sinergy, Z100 y Degufill Mineral cumplirán con los requisitos mínimos que la Norma #27 exige en prueba de profundidad de curado (pc), resistencia flexural (rf), sorción acuosa (sa) y solubilidad (s), radiopacidad (r) y resistencia a la compresión (rc).

Hipótesis Nula

Las resinas compuestas para restauración Sinergy, Z100 y Degufill Mineral no cumplirán con los requisitos mínimos que la Norma #27 exige en pruebas de profundidad de curado (pc), resistencia flexural (rf), sorción acuosa (sa) y solubilidad (s), así como radiopacidad (r) y resistencia a la compresión (rc).

Hipótesis Alterna

Las resinas compuestas para restauración Sinergy, Z100 y Degufill Mineral cumplirán con algunos de los requisitos mínimos que la Norma #27 exige en: prueba de profundidad de curado (pc), resistencia flexural (rf), sorción acuosa (sa) y solubilidad (s) , radiopacidad (r) y resistencia a la compresión (rc).

Objetivo General

Comparar las propiedades físicas y valores de tres resinas compuestas que se encuentran a la venta en el mercado nacional, Sinergy, Z100 y Degufill Mineral; de acuerdo a la Norma #27 de la ANSI/ADA.

Objetivos Específicos

- Comparar los valores de profundidad de curado de acuerdo a la Norma #27 de la ANSI/ADA a las resinas Sinergy, Z100 y Degufill Mineral.
- Comparar los valores de resistencia flexural de acuerdo a la Norma #27 de la ANSI/ADA a las resinas Sinergy, Z100 y Degufill Mineral.
- Comparar los valores de resistencia a la compresión de acuerdo a la Norma #27 de la ANSI/ADA a las resinas Sinergy, Z100 y Degufill Mineral.
- Comparar los valores de sorción acuosa de acuerdo a la Norma #27 de la ANSI/ADA a las resinas Sinergy, Z100 y Degufill Mineral.
- Comparar los valores de solubilidad de acuerdo a la Norma #27 de la ANSI/ADA a las resinas Sinergy, Z100 y Degufill Mineral.
- Comparar los valores de radiopacidad de acuerdo a la Norma #27 de la ANSI/ADA a las resinas Sinergy, Z100 y Degufill Mineral.

Variables Independientes

1. Cantidad de matiz o tono de resina
2. Tiempo de polimerización
3. Cantidad de material orgánico e inorgánico

Variables Dependientes

1. Profundidad de curado
2. Resistencia a la compresión
3. Resistencias flexural
4. Sorción acuosa
5. Solubilidad
6. Radiopacidad

Materiales

- * Dos jeringas tono A2 de la marca Sinergy de Whaladent, Coltene (Alstatten, Suiza)
- * Dos jeringas tono A2 de la marca Z 100 de 3M (St. Paul Minnesota, E.U.)
- * Dos jeringas tono A2 de la marca Degufill Mineral de Degussa (Frankfurt/Main,Alemania)
- * Aceite de Silicón
- * Espátula de Ágata
- * Cinta mylar de 3M (St. Paul Minnesota, E.U.)
- * Radiómetro Demetron Research Corp.(Danbury, CT-USA)
- * Lámpara Visilux *2 de 3M (St. Paul Minnesota, E.U.)
- * Norma de la ANSI/ADA Especificación No.27 para materiales de Resina con relleno 1993
- * Seis juegos de losetas de vidrio transparente de 2mm de espesor y suficiente área para cubrir los extremos del molde
- * Aparato de Rx de 65 kv, modelo TP-650 de Trophy (Francia)
- * Una caja de radiografías oclusales de grupo D; de Eastman Kodak (Rochester, N.Y.)
- * Seis moldes de acero inoxidable para la fabricación de especímenes cilíndricos de 6mm de diámetro por 4mm de altura y moldes rectangulares de 25mm/2mm/2mm.
- * Vernier digital modelo Max-Cal, de Fowler & NSK, Japón
- * Tornillo micrométrico de Mitutoyo modelo 820-25v, Japón
- * Pliegos de lija de agua del No. 600
- * Campana de cristal para desecar a base de sílica gel
- * Balanza analítica modelo GA200, OHAUS, Corp Florham Park, Nj-West Germany
- * Platos de aluminio de 2mm. de grosor con 99.5% de pureza y 15mm de diámetro
- * Tina de baño caliente de la casa Hannau Engineering Co. Inc, Bufallo-NY,USA
- * Ambientador de muestras
- * 30 frascos de vidrio transparente para la recolección de muestras
- * Agua desionizada
- * Máquina de pruebas mecánicas Instron 1137.Chicago, Illinois
- * Densitómetro de Mac. Beck modelo TD504 (Alemania)

Muestreo

Para este estudio se realizarán tres grupos de resinas compuestas con cinco grupos de pruebas cada uno.

GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III
Z100	SINERGY	DEGUFILL MINERAL
a1.- pc	b1.- pc	c1.- pc
a2.- rf	b2.- rf	c2.- rf
a3.- rc	b3.- rc	c3.- rc
a4.- sa y s	b4.- sa y s	c4.- sa y s
a5.- rx	b5.- rx	c5.- rx

- pc = PROFUNDIDAD DE CURADO. Se realizarán tres especímenes de cada grupo, TOTAL: 9 especímenes.
- rf = RESISTENCIA FLEXURAL. Se realizarán cinco especímenes de cada grupo, TOTAL:15 especímenes.
- rc = RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN. Se realizarán cinco especímenes de cada grupo, TOTAL:15 especímenes.
- sa y c = SORCIÓN ACUOSA Y SOLUBILIDAD. Se realizarán cinco especímenes de cada grupo, TOTAL:15 especímenes.
- rx = RADIOOPACIDAD. Se realizará una muestra de cada grupo, TOTAL: 3 especímenes.

TOTAL DE MUESTRAS DE LOS TRES GRUPOS: 57 especímenes.

Método

- **Profundidad de curado.**

Para la realización de esta prueba se hizo un espécimen según lo marca 7.7.1.1 de la norma. El primer paso fue colocar una capa ligera de separador a base de glicerina en el interior del molde, que después fue colocado sobre una tira de poliéster. El molde fue llenado con el material de prueba con la ayuda de un condensador para resinas, sobrellenándolo ligeramente tratando de eliminar al máximo las burbujas de aire; se puso una segunda tira de poliéster como tapa, luego se colocó el molde entre dos losetas de vidrio. Se presionaron ambas losetas contra el molde hasta que se eliminó el exceso del material. Después se procedió a eliminar una de las losetas que cubría a la tira de poliéster sobre el molde y se irradió el espécimen con la punta de la lámpara de fotopolimerización durante 40 segundos para Z100 y Degufill Mineral y durante 30 segundos para Synergy, para poder lograr una profundidad de curado de por lo menos 2mm.

El último paso fue retirar el espécimen del molde 180+/-20 segundos después de concluida su irradiación. El material que no fotopolimerizó se retiró con una espátula de plástico para poder medir con un micrómetro la longitud del material que si fotopolimerizó.

La medida que se obtuvo del material fotopolimerizado se dividió entre dos para después registrar esta medida como profundidad de curado. Se realizaron tres especímenes por cada grupo.

Los resultados se interpretaron conforme a lo mencionado en el punto 7.7.3 de la Especificación No.27 de la Norma de la ANSI/ADA.

- **Resistencia Flexural**

Para esta prueba se realizaron especímenes para prueba, según lo indicado en 7.8.1.1 de la norma. Se colocó separador a base de glicerina en la parte interna de los moldes, que después fueron colocados encima de una loseta de vidrio; se procedió a la colocación del material de prueba en capas dentro del molde, cuidando condensar de una manera uniforme dentro de la ventana del molde, cuando el molde estuvo ligeramente sobreobturado, se procedió a la colocación de la tira de poliéster para el alisamiento de la capa superior del material. Después se aplicó ligera presión con las losetas para eliminar el material excedente del molde. Se procedió a fijar todo el ensamblado con una pinza y se irradió con la punta de la lámpara de fotopolimerización. Dada la longitud del espécimen, la irradiación se hizo por secciones, irradiando primero el centro y posteriormente, cada uno de los extremos. Cada sección del espécimen fue irradiada durante 40 segundos en el caso de Z100 y Degufill Mineral y durante 30 segundos en el caso de Synergy, Se irradió el otro lado del molde de la misma forma. Como se muestra en la figura 1

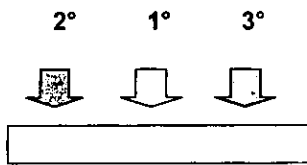


figura 1

Una vez polimerizado el espécimen, se colocó el molde con las losetas en un recipiente con agua a 37°C durante 15 minutos, pasado este tiempo, el espécimen se retiró del molde y se colocó en un recipiente limpio con agua bidestilada, para

colocarlo en un horno ambientador a 37°C. Con ese procedimiento se realizaron otros cuatro especímenes de cada grupo.

Veinticuatro horas después de curados los especímenes, se aplicó una carga a cada muestra a una velocidad de 0.75 +/- 0.25mm./min., hasta que se logró la fractura de la muestra. Se registró la máxima carga ejercida sobre la muestra y se repitió la prueba en las otras cuatro muestras.

Los resultados se calcularon y expresaron conforme a lo mencionado en el punto 7.8.4.1 y su interpretación 7.8.4.3.1 de la Especificación No.27 de la Norma de la ANSI/ADA.

Sorción acuosa y solubilidad.

Para esta prueba se elaboraron especímenes para prueba, según lo indicado en 7.9.1.1 de la norma. Los especímenes logrados tenían forma de disco. El molde se sobrellenó de material ligeramente, se colocó sobre éste una tira de poliéster, después se puso una loseta encima para eliminar el excedente y se fijó todo con una pinza. Se irradió el espécimen con la punta de la lámpara de fotopolimerización contra la loseta de vidrio para irradiar cada sección del espécimen en la secuencia que se muestra en la figura 2.

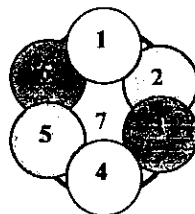


Figura 2

Para Degufill Mineral y Z100 el tiempo de exposición fue de 40 segundos, mientras que para Synergy fue de 30 segundos. Se prepararon cinco especímenes para cada grupo.

Las muestras fueron retiradas del molde 24 horas después y se colocaron en un desecador a una temperatura de $37\pm 1^{\circ}\text{C}$. Después se almacenaron en otro desecador, con una temperatura de $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ por una hora y se pesaron en la balanza analítica; es obvio que a pérdida de agua, correspondió pérdida de peso y esto se determinó cada 24 horas. Se consideró que los especímenes estaban completamente desecados cuando la variación de peso en un período de 24 horas, no fue mayor a 0.2mg., el peso determinado se registró como m1.

A continuación se sumergieron las muestras en agua y se mantuvieron a $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ por siete días. Después de este tiempo se removieron los especímenes, se lavaron con agua y se secó la superficie con aire hasta lograr que los especímenes estuvieran libres de humedad, para esto se les aplicó aire durante 15 segundos, se esperó un minuto y se procedió a pesar y registrar la cifra como m2.

Después de esta medición, se reacondicionaron los especímenes a una masa constante en el desecador usando el ciclo descrito anteriormente y la masa se registró como m3.

Para medir el diámetro y grosor del espécimen se utilizó un micrómetro el cual se colocó en el centro de aquel, y en cuatro puntos equidistantes, se calculó el volumen en milímetros cúbicos.

Los resultados de sorción acuosa se calcularon y expresaron conforme a lo mencionado en el punto 7.9.4.1 y su interpretación en el punto 7.9.4.2 de la Especificación No.27 de la Norma de la ANSI/ADA.

Los resultados de solubilidad se calcularon y expresaron conforme a lo mencionado en el punto 7.9.4.3 y su interpretación en el punto 7.9.4.4 de la Especificación No.27 de la Norma de la ANSI/ADA.

Radiopacidad.

Para esta prueba se utilizó el mismo molde y procedimiento para la fabricación de especímenes, para sorción acuosa y solubilidad anteriormente descritas, pero con la variante que el grosor del espécimen debe ser de 1 ± 0.1 mm; además se utilizaron platos de aluminio de 2mm. de grosor y del mismo tamaño del espécimen

Se puso una película de rayos X sobre una hoja de plomo, se colocó el espécimen y el plato de aluminio en el centro de la película. Luego se irradió el espécimen, el plato de aluminio y la película con los rayos X.

Por último se reveló y fijó la película y se comparó la densidad de la imagen del espécimen con la del plato de aluminio usando el densitómetro; colocando la punta de éste sobre la imagen proyectada en la película de rayos X. Únicamente se realizó un espécimen de cada grupo.

La interpretación de resultados de radiopacidad se realizó conforme a lo mencionado en el punto 7.11.4 de la Especificación No.27 de la Norma de la ANSI/ADA.

Resistencia Compresiva.

Para esta última prueba se elaboraron especímenes según lo indicado en A2.2.1.2 de la norma. Se revistió con separador de glicerina el interior del molde, se llenó

con el material colocando las losetas en los extremos, aplicando presión suave para eliminar el material excedente y se aprisionó con la pinza. Posteriormente se colocó la punta de la lámpara contra las losetas de vidrio y se irradió la muestra de cada grupo durante 40 segundos en el caso de Z100 y Degufill Mineral y durante 30 segundos en el caso de Synergy. Se invirtió el molde para irradiar el otro lado de la muestra.

Después de la irradiación se colocó el molde en un recipiente con agua a 37°C por 15 minutos, después se retiró el espécimen del molde y se almacenó en agua destilada a 37°C.

Veintitrés horas con cincuenta minutos después de la irradiación del espécimen, este fue transferido a la máquina Instron. Diez minutos después se aplicó la carga a la muestra con una velocidad de 1.0 ± 0.25 mm. por minuto.

Los resultados de fuerza compresiva se calcularon y expresaron conforme a lo mencionado en el punto A.2.2.2.4 de la Especificación No.27 de la Norma de la ANSI/ADA.

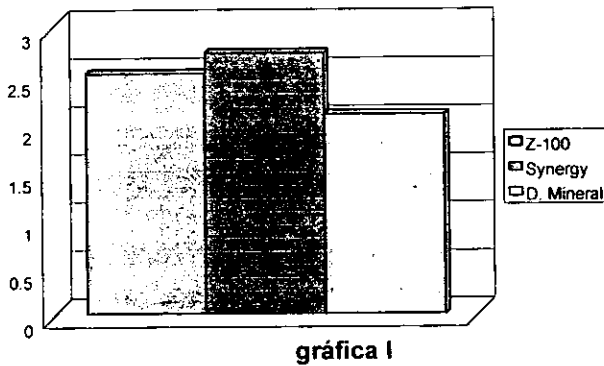
Resultados

Profundidad de Curado

Tabla I

Z100	Synergy	Degufill Mineral
2.405mm.	2.685mm.	2.215mm.
2.75mm.	2.665mm.	1.815mm.
2.375mm.	2.835mm.	2.225mm.
Promedio	Promedio	Promedio
2.510mm.	2.7283mm.	2.085mm.

Profundidad de curado

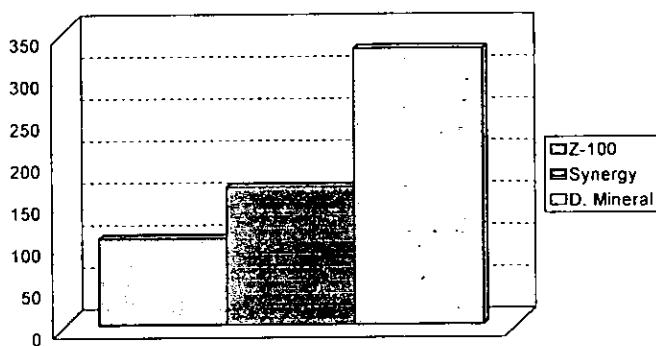


Resistencia Flexural

Tabla II

Z100	Synergy	Degufill Mineral
81.79 MPa	172.02 MPa	328.4 MPa
87.70 MPa	179.91 MPa	295.5 MPa
87.59 MPa	125.10 MPa	434.2 MPa
135.30 MPa	186.40 MPa	347.7 MPa
124.87 MPa	157.85 MPa	239.3 MPa
Promedio	Promedio	Promedio
103.45 MPa	164.256 MPa	329.02 MPa

Resistencia Flexural



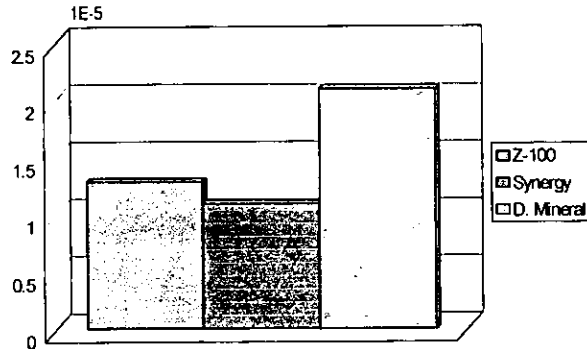
gráfica II

Sorción Acuosa

Tabla V

Z 100	Synergy	Degufill Mineral
12.3 Mg/mm ³	18.7 Mg/mm ³	13.5 Mg/mm ³
15.2 Mg/mm ³	9.5 Mg/mm ³	7.1 Mg/mm ³
20.9 Mg/mm ³	7.2 Mg/mm ³	16.9 Mg/mm ³
7.1 Mg/mm ³	9.5 Mg/mm ³	18.6 Mg/mm ³
9.2 Mg/mm ³	10.2 Mg/mm ³	12.0 Mg/mm ³
Promedio	Promedio	Promedio
12.9 Mg/mm ³	1.1 Mg/mm ³	21.1 Mg/mm ³

Sorción Acuosa



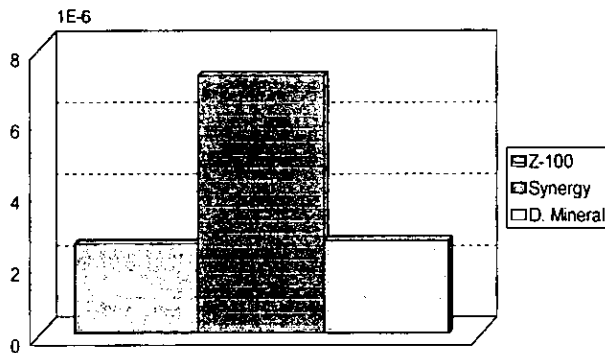
gráfica V

Solubilidad

Tabla IV

Z100	Synergy	Degufill Mineral
1.6 Mg/mm ³	8.5 Mg/mm ³	1.6 Mg/mm ³
2.4 Mg/mm ³	8.0 Mg/mm ³	2.6 Mg/mm ³
5.2 Mg/mm ³	6.5 Mg/mm ³	4.9 Mg/mm ³
1.0 Mg/mm ³	7.1 Mg/mm ³	1.9 Mg/mm ³
2.3 Mg/mm ³	6.0 Mg/mm ³	2.3 Mg/mm ³
Promedio	Promedio	Promedio
2.5 Mg/mm ³	7.2 Mg/mm ³	2.6 Mg/mm ³

Solubilidad



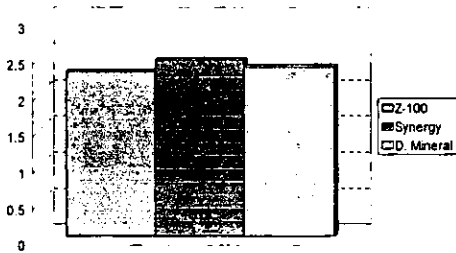
gráfica IV

Radiopacidad

Tabla VI

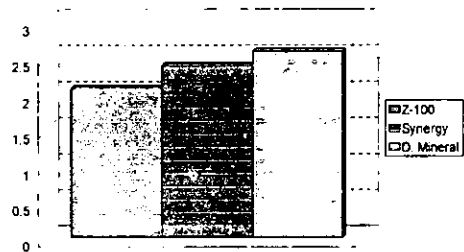
Nombre Comercial (Resina)	Densidad del plato de aluminio	Densidad de la Resina
Z100	2.28	2.08
Synergy	2.45	2.39
Degufill Mineral	2.35	2.59

Radiopacidad



gráfica VI

Radiopacidad



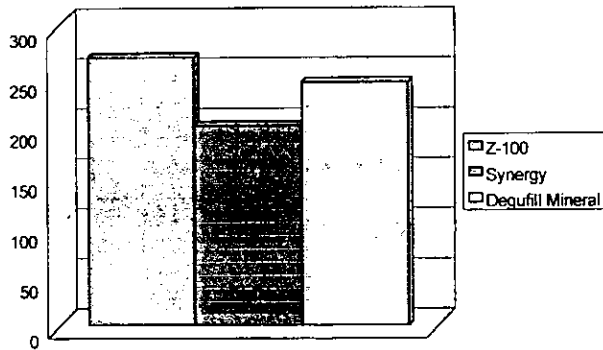
gráfica VI.a

Resistencia a la Compresión

Tabla III

Z100	Synergy	Degufill Mineral
295.00 MPa	203.57 MPa	232.6 MPa
276.09 MPa	228.34 MPa	226.3 MPa
229.46 MPa	267.05 MPa	257.3 Mpa
272.78 MPa	181.93 MPa	258.4 Mpa
276.53 MPa	117.53 MPa	238.7 Mpa
Promedio	Promedio	Promedio
269.972 MPa	199.684 MPa	242.66 Mpa

Resistencia a la compresión



grafica III

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Profundidad de Curado

Análisis de varianza de una vía

Prueba de normalidad: Pasó ($P = 0.638$)

Prueba de variación igual: Pasó ($P = 0.838$)

<i>Grupo</i>	<i>Número</i>	<i>Pérdidas</i>
Z100	3	0
Synergy	3	0
Degufill Mineral	3	0

<i>Grupo</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estadística</i>	<i>Coefficiente de variación</i>
Z100	2.510	0.208	0.120
Synergy	2.728	0.0929	0.0536
Degufill Mineral	2.085	0.234	0.135

La diferencia en los valores promedio entre los grupos tratados son mayores que lo que se podía esperar por azar o casualidad; si hay diferencia estadística significativa ($P = 0.016$)

PROCEDIMIENTO DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE ENTRE TODAS LAS PAREJAS (PRUEBA DE TUKEY)

Comparaciones por factor

<i>Comparación</i>	<i>Diferencia en el Promedio</i>	<i>q</i>	<i>P<0.05</i>
Synergy vs Degufill Mineral	0.643	5.907	Si hay diferencia estadística significativa
Synergy vs. Z100	0.218	2.005	No hay diferencia estadística significativa
Z100 vs. Degufill Mineral	0.425	3.902	No hay diferencia estadística Significativa

Resistencia Flexural

Análisis de varianza de una vía

Prueba de normalidad: Falló ($P = 0.023$)

Prueba de variación igual: Pasó ($P = 0.143$)

<i>Grupo</i>	<i>Número</i>	<i>Pérdidas</i>
Z100	5	0
Synergy	5	0
Degufill Mineral	5	0

<i>Grupo</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estadística</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>
Z100	103.450	24.708	11.050
Synergy	164.256	24.341	10.886
Degufill Mineral	329.020	71.738	32.082

Las diferencias en los valores promedio entre los grupos tratados son mayores que lo que se podía esperar por azar o casualidad; si hay diferencia estadística significativa ($P < 0.001$)

PROCEDIMIENTO DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE ENTRE TODAS LAS PAREJAS (PRUEBA DE TUKEY)

Comparaciones por factor

<i>Comparación</i>	<i>Diferencia en el promedio</i>	<i>q</i>	<i>P < 0.05</i>
Degufill Mineral vs. Z100	225.570	7.028	Si hay diferencia estadística significativa
Degufill Mineral vs. Synergy	144.764	4.949	Si hay diferencia estadística significativa
Synergy vs. Z-100	60.806	2.079	No hay diferencia estadística significativa

Sorción Acuosa

Análisis de varianza de una vía

Prueba de normalidad: Pasó (P = 0.230)

Prueba de variación igual: Pasó (P = 0.905)

<i>Grupo</i>	<i>Número</i>	<i>Pérdidas</i>
Z100	5	0
Synergy	5	0
Degufill Mineral	5	0

<i>Grupo</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estadística</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>
Z100	0.0000129	0.00000541	0.00000242
Synergy	0.0000110	0.00000444	0.00000199
Degufill Mineral	0.0000136	0.00000449	0.00000201

Las diferencias en los valores promedio entre los grupos tratados no son lo suficientemente grandes para excluir la posibilidad, que la diferencia sea debida al azar o a la casualidad, probando variabilidad, no hay diferencia estadística significativa (P = 0.682)

Solubilidad

Análisis de varianza de una vía

Prueba de normalidad: Falló ($P = 0.012$)

Prueba de variación igual: Pasó ($P = 0.913$)

<i>Grupo</i>	<i>Número</i>	<i>Pérdidas</i>
Z100	5	0
Synergy	5	0
Degufill Mineral	5	0

<i>Grupo</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estadística</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>
Z100	0.00000250	0.00000161	0.000000721
Synergy	0.00000722	0.00000103	0.000000462
Degufill Mineral	0.00000266	0.00000131	0.000000585

Las diferencias en los valores promedio entre los grupos tratados son mayores que lo que se podía esperar por azar o casualidad; si hay diferencia estadística significativa ($P=0.001$)

PROCEDIMIENTO DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE ENTRE TODAS LAS PAREJAS (PRUEBA DE TUKEY)

Comparaciones por factor

<i>Comparación</i>	<i>Diferencia en el promedio</i>	<i>q</i>	<i>P<0.05</i>
Synergy vs. Z100	0.00000472	7.881	Si hay diferencia Estadística Significativa
Synergy vs Degufill Mineral	0.00000456	7.614	Si hay diferencia Estadística Significativa
Degufill Mineral vs. Z100	0.000000160	0.267	No hay diferencia estadística significativa

Resistencia a la compresión

Análisis de varianza de una vía

Prueba de normalidad: Pasó (P = 0.221)

Prueba de variación igual: Pasó (P = 0.098)

<i>Grupo</i>	<i>Número</i>	<i>Pérdidas</i>
Z100	5	0
Synergy	5	0
Degufill Mineral	5	0

<i>Grupo</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estadística</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>
Z100	269.972	24.269	10.853
Synergy	199.684	55.765	24.939
Degufill Mineral	242.660	14.548	6.506

Las diferencias en los valores promedio entre los grupos tratados son mayores que lo que se podía esperar por azar o casualidad; si hay diferencia estadística significativa (P=0.029)

PROCEDIMIENTO DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE ENTRE TODAS LAS PAREJAS (PRUEBA DE TUKEY)

Comparaciones por factor

<i>Comparación</i>	<i>Diferencia en el promedio</i>	<i>q</i>	<i>P<0.05</i>
Z100 vs. Synergy	70.288	4.353	Si hay diferencia estadística Significativa
Z100 vs. Degufill Mineral	27.312	1.692	No hay diferencia estadística Significativa
Degufill Mineral vs. Synergy	42.976	2.662	No hay diferencia estadística Significativa

Discusión

Resistencia flexural, profundidad de curado, sorción acuosa, solubilidad, radiopacidad y resistencia compresiva son aspectos de comportamiento de una resina que cuando son adecuados, significan éxito clínico.

Determinar si un material dental cumple con su norma respectiva, es importante y por ello, nos abocamos a hacerlo con resinas que se emplean usualmente en México.

De acuerdo al objetivo de este trabajo, la profundidad de curado se cumplió en los tres materiales valorados, siendo mayor la profundidad de curado de la resina Sinergy con 2.7mm., existiendo una diferencia estadísticamente significativa entre este material y Degufill Mineral con 2.0mm.

Los valores reportados en el Colegio Dental Fukuoka en Japón por M. Kawaguchi y colaboradores⁽¹⁰⁾, en pruebas de profundidad de curado de 8 composites, basándose en la norma ISO 4049, oscilaron entre 2.78 y 5.15mm. Nuestros resultados fueron muy similares a los que obtuvieron estos investigadores; ya que la norma que se utilizó para realizar las pruebas tiene los mismos criterios para calificar o descalificar un material.

El valor reportado por Stephen C. Bayne y colaboradores ⁽¹³⁾ en esta misma prueba es de 6.15mm., al usar ellos la norma ISO 4049 donde se indica que el valor es el obtenido directamente del espécimen fotopolimerizado, y siendo en nuestro caso la norma #27 de la ADA donde se indica lo mismo con la diferencia que a este valor se le divide entre dos, por lo que sería 5.02, la diferencia puede estar en que ellos usaron una lámpara con energía de curado de 800mw/cm² y nosotros de 400mw/cm².

En relación a la resistencia flexural se cumplió con lo exigido por la norma, en las tres resinas puestas a prueba, siendo Degufill Mineral quien alcanzó la mayor resistencia flexural con 329.02 MPa, por lo cual se encuentra que si hay una diferencia estadísticamente significativa de Z100 y Defugill Mineral con 225.5 MPa y de Sinergy con Degufill Mineral con 144.7 MPa; de acuerdo a estos resultados se puede recomendar con mejores probabilidades de éxito el uso de Degufill Mineral en restauraciones de núcleos de resina (muñones y reconstrucciones) además de su uso en cavidades de clase V y I.

Stephen C. Bayne y colaboradores (1998) (13) realizaron pruebas mecánicas en composites híbridos y fluidos utilizando la norma ISO 4049 en donde valoran a Z100 en diferentes pruebas como en resistencia flexural. Los valores de esta resina fueron menores en nuestro trabajo (103.4MPa) ya que el valor reportado por ellos fue de 182.5MPa, valor que puede estar relacionado con los 800 mW/cm² de la lámpara Demetron usada por ellos a diferencia de los 400 mW/cm² de la lámpara Visilux de 3M utilizada por nosotros.

En lo que se refiere a resistencia a la compresión Z100 obtuvo los valores más altos en esta prueba con 269.972 MPa encontrando que si hay diferencia estadísticamente significativa de Z100 con Sinergy.

La norma no exige un valor mínimo pero de acuerdo al comportamiento, bajo esta prueba los resultados deben ser constantes 15% en promedio de tolerancia, lo que se observó en las resinas Z100 y Degufill Mineral con 269.9 MPa y 242.6MPa respectivamente. Sinergy obtuvo los valores más bajos con 199.6 MPa sin arrojar valores constantes en el 15%. Podemos suponer de acuerdo a estos resultados que con la resina Z100 se pueden obtener mejores resultados en zonas con alta carga oclusal.

En la universidad de Dundee Dundee UK, R:G: Chadwick (14) aplicó pruebas de resistencia a la compresión a 3 composites termociclados entre 5 y 60°C a 750 ciclos, sus resultados fueron variados, los grupos controles oscilaron entre estos resultados 254 y 317 MPa y los termociclados de 248 a 303 MPa; los resultados del grupo control son concordantes a los obtenidos por nosotros, aunque los composites fueron resinas de macrorelleno como P50 y Herculite XR, mientras que nosotros valoramos resinas híbridas.

Con respecto a la solubilidad solamente la resina Sinergy no cumplió con la norma ya que obtuvo 7.2 mg/mm³, mientras que Degufill Mineral y Z100 si lo hicieron con 2.5 y 2.6 mg/mm³, siendo que Z100 alcanzó el menor grado de solubilidad. Si hay una diferencia estadísticamente significativa entre Sinergy contra Z100 y de Sinergy contra Degufill mineral.

Los rangos de valores de solubilidad obtenidos por Ferracane y Mitchem (11) en 1994 son de 4.5 a 0.16 mg/mm³ reportando a la resina Silux con 2.2 mg/mm³, valor que esta en el rango de Z100 y Degufill Mineral obtenido por nosotros.

En lo que respecta a sorción acuosa los tres materiales aprobaron lo exigido por la norma siendo Sinergy la que obtuvo los valores más bajos 11.1 mg/mm³ seguido de Z100 con 12.9 mg/mm³. No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre ninguno de los grupos tratados.

Por ultimo en las pruebas realizadas a las tres resinas en radiopacidad, Z100 y Sinergy cumplieron lo exigido por la norma, siendo su densidad menor a la densidad de la imagen del aluminio. Aquí no se realizó análisis estadístico debido al número de especímenes o muestras que exige la norma en un campo clínico.

Conclusiones

Basándonos en los resultados obtenidos, concluimos:

Con Degufill Mineral se recomienda que en el uso de este material se apliquen capas muy delgadas para poder asegurar una polimerización total ya que presentó valores muy cercanos al límite (2.08mm)

Conforme a los resultados se recomienda el uso de Z100 en zonas donde exista mayor cantidad de fluidos bucales constantes como puede ser en las piezas inferiores, en restauraciones de clase V y clase I (defectos estructurales y cingulos).

Se puede concluir que Sinergy y Z100 se recomiendan para el uso en obturaciones de clase III y clase V en posteriores inferiores por tener un rango bajo de captación de agua en zonas demasiado húmedas; es decir donde se mantiene la saliva.

Se recomienda Z100 y Sinergy porque por su grado de radiopacidad se puede observar el grado de ajuste o sobrecontorneo en obturaciones de resina.

Bibliografía

1. **Phillips Ralph W:** La ciencia de los materiales dentales de Skinner, Ed. Mc. Graw Hill Interamericana, México,D.F, 8ªedición, 1992, p.p 169-259,508-514.
2. **Vega del Barrio J:** Materiales en Odontología, 1996, Madrid, 1ªedición, p.p291-315.
3. **Albers HF:** Odontología Estética, Ed.Labor, 1991, España, 7ªedición, p.p18-43.
4. **Braden, Clarke, Nicholson, Parker:** Polymeric Dental Materials, Ed.Springer, 1997, Alemania, p.p79-90.
5. **Swift Edward J.** Bonding systems for restorative materials-a comprehensive review. Pediatric Dent 1998;20(2):80-84.
6. **Roth Francois:** Los Composites, Ed. Masson, 1994, España, p.p1-34.
7. **Craig Robert:** Materiales Dentales, Ed. Interamericana, 1994, México, Capítulo 4 p.p59-88.
8. **Norma de la ANSI/ADA** Specification No.27 for Direct Filling Resin American Dental Association, 1993, Chicago, IL.,USA.

9. **Willems G, Lambrechts P, Braem M, Celis JP, Vanherle G.** A classification of dental composites according to their morphological and mechanical characteristics. *Dent Mater* 1992;8:310-319.
10. **Kawaguchi M, Fukushima T, Miyazaki K.** The Relationship Between Cure Depth and Transmission Coefficient of Visible-light-activated Resin Composites. *Dent Res* 1994;73(2):516-521.
11. **Ferracane JL, Mitchem JC.** Properties of posterior composites: Results of round robin testing for a specification. *Dent Mater* 1994;10:92-99.
12. **Gladys S, Van Meerbeek B, Lambrechts P, Vanherle G.** Comparative Physico-mechanical Characterization of New Hybrid Restorative Materials with Conventional Glass-ionomer and resin Composite Restorative Materials. *J Dent Res* 1997;76(4):883-894.
13. **Bayne SC, Thompson JY, Swift EJ, Stamatiades P, Wilkerson M.** A characterization of first generation flowable composites. *JADA* 1998;192:567-577.
14. **Chadwick RG.** Thermocycling-the effects upon the compressive strength and abrasion resistance of three composites resins. *J of Oral Rehab* 1994;21:533-543.
15. **Brosh T, Ganor Y, Belov I, Pilo R.** Analysis of strength properties of light-cured resin composites. *Dent Mater* 1999;15:174-179.
16. **Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW.** Effect of light Intensity and Exposure Duration on Cure of Resin Composite. *Operative Den* 1994;19:26-32.

17. **Miyasaki M, Oshida Y, Moore BK, Onose H.** Effect of light exposure on fracture toughness and flexural strength of light-cured composites. *Dent Mater* 1996;12:328-332.
18. **Ericson Dan, Derand Tore.** Increase of in vitro curing depth of class II composite resin restorations. *J of Prost Den* 1993;70(3):219-223.
19. **Vijayaraghavan TV, Hsiao Joyi.** Flexural behavior of visible light-cured composites as a function of temperature under water immersion test conditions. *Dent Mater* 1994;10:347-352.
20. **Huysmans M, Van der Varst P, Lautenschlager EP, Monaghan P.** The influence of simulated clinical handling on the flexural and compressive strength of posterior composite restorative materials. *Dent Mater* 1996;12:116-120.
21. **Franco E.B. , Seabra B.G.M.** Evaluation of the cure depth of condensable composite resins. *Journal of Dental Research* 2001;80:4.
22. **Correa I.C., Muench A., Ballester R.Y.** Flexural strength of composite related of specimens dimensions and fotoactivation. *Journal of Dental Research* 2001; 80:4.
23. **Mjor. Ivar A.** Problems and Benefits Associated with Restorative Materials: Side-effects and long-term cost. *Adv Dent Res* 1992;6:7-16.