



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO.



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA.

PROGRAMA DE TITULACIÓN POR ALTO PROMEDIO (TAP).

SOLUBILIDAD, SORCIÓN ACUOSA Y TERSURA
SUPERFICIAL DE LA RESINA COMPUESTA DE
NANORELLENO Z-350, EN COMPARACIÓN
CON RESINAS HÍBRIDAS Y NANOHÍBRIDAS.
ESTUDIO IN VITRO.

T E S I S.

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE.
CIRUJANO DENTISTA.

P R E S E N T A:

HUGO EMMANUEL ESCANDÓN MEJÍA

TUTORA: C.D. MARÍA ESTELA LÓPEZ MAGAÑA.

ASESOR: Mtro. JORGE GUERRERO IBARRA.

ASESOR: Mtro. JORGE MARIO PALMA CALERO

MÉXICO.

2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Temario:

1. Introducción.
2. Marco teórico conceptual.
 - 2.1. Resinas Acrílicas.
 - 2.2. Resinas compuestas.
3. Sistema Activador-Iniciador.
 - 3.1. Etapas de la polimerización.
 - 3.2. Resinas de Activación química.
 - 3.3. Resinas de activación por luz.
4. Resinas compuestas.
 - 4.1. Resinas compuestas de macrorelleno, convencionales o tradicionales.
 - 4.2. Resinas de partícula pequeña.
 - 4.3. Resinas de microrelleno.
 - 4.4. Resinas compuestas híbridas.
 - 4.5. Resinas compuestas de nanorelleno.
5. Características de las resinas compuestas.
 - 5.1. Contracción de polimerización de las resinas compuestas.
 - 5.2. Adhesión entre resinas.
 - 5.3. Estabilidad cromática.
 - 5.4. Translucidez y opacidad.
 - 5.5. Propiedades térmicas.
 - 5.6. Módulo elástico.
6. Sorción acuosa y solubilidad, efectos del medio oral.
 - 6.1. Sorción acuosa.
 - 6.2. Solubilidad.
7. Acabado y pulido de las resinas compuestas.

8. Resinas empleadas para el estudio.
 - 8.1. Filtek P-60.
 - 8.2. Filtek Z-350.
 - 8.3. Filtek Z-250.
 - 8.4. Charisma Diamond.
9. Instrumental y material empleado.
10. Planteamiento del problema.
11. Justificación.
12. Objetivos.
13. Hipótesis.
14. Metodología.
15. Muestreo (Universo de trabajo).
16. Método.
17. Resultados.
18. Discusión.
19. Conclusión.
20. Bibliografía.

1. Introducción.

En la antigüedad, en la época de la cultura Azteca un diente afectado se extraía o se trataba de restaurar mediante la colocación de arcilla o pastas restauradoras (origen vegetal), inclusiones de perlas preciosas en los dientes de pacientes con posibilidad económica.

Años después los dientes se obturaban con amalgamas y/o incrustaciones metálicas. Sin embargo, los tiempos han cambiado al igual que las exigencias de los pacientes, por lo que entonces surge la necesidad de encontrar un material de restauración que cumpliera con todas las necesidades físicas y mecánicas, ideales para un paciente.

Durante la primera mitad del siglo XX, los únicos materiales que tenían color del diente y podían ser empleados como restauración estética eran los silicatos. Las resinas acrílicas, muy parecidas a las que se utilizan para porta impresiones individuales y para dentaduras (polimetilmetacrilato) reemplazaron a los silicatos, a finales de los 40 principios de los años 50, debido a su color parecido a los dientes, su insolubilidad en los fluidos orales, facilidad de manipulación y su bajo costo. Sin embargo las resinas acrílicas también presentan una resistencia al desgaste baja, una contracción de polimerización alta que ocasiona una filtración marginal elevada, tienen un coeficiente de expansión y contracción térmica elevada, por lo que se provoca una mayor tensión en los márgenes de la cavidad.¹

El avance más importante se realizó en 1962 cuando el Dr. Ray L. Bowen (padre de las “resinas compuestas”), desarrolló un nuevo tipo de resina compuesta. La innovación del Dr. Bowen fue el bisfenol A glicidil metacrilato (bis-GMA), una resina de dimetacrilato y un agente de conexión de silano orgánico que produce la adhesión entre las partículas de relleno y la matriz de resina.¹

Inicialmente, las resinas compuestas se indicaban solo para restauración de dientes anteriores por la estética del material. Posteriormente y gracias a los avances en las resinas, la indicación se extendió también a los dientes posteriores. Entre las mejoras de las propiedades, se encuentra: una mejor resistencia al desgaste, alta estética, fácil manipulación y como en estos materiales se emplean adhesivos para facilitar la unión mecánica entre la resina y el diente, y así poder elaborar preparaciones cavitarias más conservadoras, preservando la valiosa estructura dental.²

Es importante mencionar que durante la colocación de las resinas compuestas se deben controlar factores como la humedad del campo operatorio y la contracción de polimerización, que por sí solos, podrían causar problemas de pigmentación, desajuste marginal, sorción acuosa, expansión higroscópica, cambio dimensional, etc.²

La incorporación de agua en la resina, sorción acuosa, puede causar solubilidad de la matriz resinosa (fase orgánica de la resina), afectando negativamente las propiedades de la resina fenómeno conocido como degradación hidrolítica. Es importante recordar que la fase orgánica es

hidrófila y la fase inorgánica es hidrófoba, por tanto, a mayor porcentaje parte hidrófoba (relleno), menor será la sorción de agua.

Baratieri y Anusavice refieren que la expansión relacionada a la sorción acuosa es capaz de compensar la contracción de polimerización.¹

La sorción acuosa y la solubilidad de las resinas compuestas, presentan graves consecuencias como; la pigmentación, la filtración bacteriana, el desajuste resina-diente, la solubilidad de la restauración e incluso una reacción alérgica al diluir co-monomeros no polimerizados, lo que podría comprometer la salud del paciente.²

La textura superficial es la uniformidad de la superficie del material de restauración, es decir, en las resinas compuestas la lisura superficial esta relacionada en primer lugar con el tipo, tamaño y cantidad de las partículas de relleno y en segundo lugar con una técnica correcta de acabado y pulido, con ésta técnica se logra una menor energía superficial y se elimina la capa inhibida, dejando una superficie tersa y por lo tanto evitando la adhesión de placa bacteriana.²

Es importante recordar que una resina rugosa favorece la acumulación de placa bacteriana y puede ser un irritante mecánico especialmente en zonas próximas a los tejidos gingivales.

Se han realizado avances desde el descubrimiento de las resinas compuestas para solucionar los problemas de sorción acuosa y tersura superficial, sin embargo, las desventajas que presentaban las resinas compuestas, no se han logrado eliminar, solo disminuir.

El uso de la nanotecnología en las resinas compuestas ofrece una alta translucidez, un pulido superior, similar a las resinas de microrelleno pero manteniendo propiedades físicas y mecánicas similares a las resinas híbridas, así mismo asegura la disminución de la sorción acuosa que se presentaba en las resinas compuestas híbridas y de microrelleno.²

Las resinas de nanotecnología se han introducido al mercado como una gran innovación donde el fabricante asegura se obtiene una mejor tersura superficial, que no se presenta sorción acuosa, y que las propiedades físicas y mecánicas son superiores a sus antecesoras.

2. Marco teórico Conceptual.

Las resinas son clasificadas en; Resinas Acrílicas y Resinas Compuestas.

Las resinas acrílicas fueron las primeras en aparecer, sin embargo después de diversos estudios, se encontró que eran muy irritantes para la pulpa dental, por lo que fueron sustituidas por las resinas compuestas.

Resinas acrílicas:

Se componen básicamente de metacrilato de metilo (polvo) y de monómero de metacrilato de metilo (líquido).

El polvo contiene un iniciador que es el peróxido de benzoilo y el líquido contiene un activador, una amina terciaria (N-N Dimetil p-Toluidina), junto con un inhibidor como la hidroquinona.

Principales desventajas de las resinas acrílicas: cambio de color relacionado con la presencia de aminas terciarias (Dimetil p-Toluidina), por ser susceptibles a la oxidación y a los subsecuentes cambios de color, soportan poca carga o fuerza tensional, contracción de polimerización de un 5 % a 8 %, coeficiente de expansión térmico lineal (CELT) es 7 a 8 veces mayor que el diente y presentan alta abrasión.

Cuando se presentan tantas desventajas en un material de restauración es inevitable el surgimiento de una nueva era de resinas, las resinas compuestas.

Resinas Compuestas:

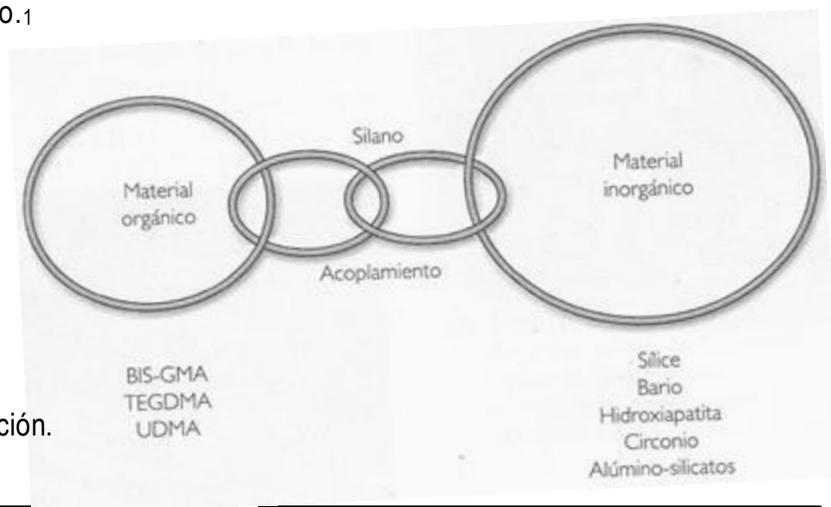
Según Anusavice, las resinas compuestas son combinaciones tridimensionales de materiales químicamente diferentes, con una interfase distinta, obteniéndose propiedades superiores a las que presentan sus constituyentes de manera individual.¹

Existen tres componentes estructurales en las resinas compuestas dentales.¹

- Matriz: Material de resina plástica.
- Relleno: Fibras o partículas de refuerzo que se dispersan en la matriz.
- Agente de conexión: Favorece la unión entre el relleno y la matriz de resina.

Existen otros componentes que se añaden para mejorar las propiedades, apariencia y durabilidad del material, como los pigmentos, absorbentes de luz ultravioleta y otros aditivos que mejoran la estabilidad del color, y los inhibidores de la polimerización alargan la vida de almacenamiento y aumentan el tiempo de trabajo.¹

Fig XIII. Esquema de la formulación general de las resinas compuestas



Que se explicarán a continuación.

2.1 Matriz de la resina.

La mayoría de las resinas emplean una mezcla de monómeros de dimetacrilato alifáticos y/o aromáticos, como el Bis-GMA, producto de la reacción de metacrilato de glicidilo con bisfenol-A, presenta grupos terminales metacrilato y grupos hidroxílicos.^{3,4,1}

Otra resina que se emplea es el dimetacrilato de uretano (UDMA), esta resina es el dimetacrilato más empleado en la elaboración de resinas compuestas, estas resinas son líquidos espesos formados por moléculas orgánicas llamadas oligómeros.

Los oligómeros son monómeros de alto peso molecular particularmente el Bis-GMA, que es extremadamente viscoso a temperatura ambiente (similar a la miel), debido a esto se emplean monómeros diluyentes, principalmente los monómeros a base de metacrilato de metilo (MM), o en su caso el dimetacrilato de trietilenglicol (TEGDMA), también se pueden emplear el dimetil metacrilato (DMATEG) o el dimetacrilato de bisfenol A (Bis-EMA-6 y Bis-EMA-10) para elaborar una pasta que clínicamente sea de fácil manejo. A mayor adición de estos monómeros diluyentes, aumenta la facilidad de contracción al polimerizado y el cambio dimensional térmico^{1,4}

Los monómeros u oligómeros utilizados en resinas compuestas deben cumplir los siguientes requisitos:

- Biocompatibilidad.
- Buenas propiedades físicas.
- Estabilidad química en el medio bucal.
- Estabilidad de color.
- Vida útil larga, en almacenamiento.
- Libre de sabor y de olor.

Partículas de relleno.

El propósito principal de las partículas de relleno es reforzar la resina compuesta y reducir la cantidad de matriz resinosa. Muchas de las propiedades de las resinas compuestas dentales se han mejorado gracias a un aumento de la carga del relleno: 1) refuerzo de la matriz de resina, que provoca una mayor dureza, resistencia y una disminución del desgaste, 2) reducción de la contracción de polimerización, 3) reducción de la expansión y contracción térmica, 4) aumento de la viscosidad y por ello mejora en su manipulación (el monómero líquido más el relleno dan lugar a una consistencia pastosa), 5) disminución en la absorción de agua, menor reblandecimiento y tinción y 6) aumento de la radiopacidad y de la sensibilidad diagnóstica gracias a la incorporación de cristales de estroncio (Sr) y bario (Ba).¹

El material de relleno debe cumplir con las siguientes características.⁴

- Incoloro.
- Resistente a la disolución en agua o de sustancias químicas (condiciones bucales).
- Biocompatible, sin problemas toxicológicos.
- Alta dureza.
- Efecto de refuerzo de polímero.

Las partículas empleadas como relleno son cuarzo, sílice, silicato de litio, aluminio y cristales de bario, estroncio, cinc e iterbio.¹

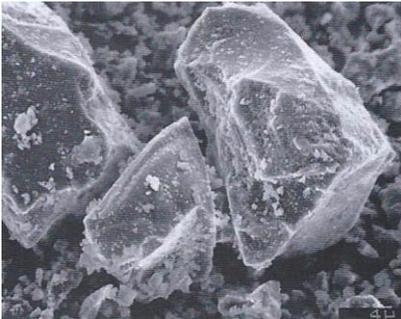


Fig XIV. Partículas de relleno de cuarzo triturado (20-30 μ m de diámetro) empleadas en las primeras fórmulas de las resinas compuestas tradicionales.

Las partículas de relleno generalmente se producen por pulverizado o triturado de cuarzo o cristales para obtener partículas que oscilan entre los 0,1 y 100 μ m.¹

Las partículas de sílice debajo del tamaño de la micra, de tamaño coloidal (0,04 μ m), conocida como microrelleno, se obtienen por precipitación o pirólisis ($\text{SiO}_2 = \text{O}_2 + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}$).¹ Siendo el cuarzo más duro, cristalino, abrasivo y más difícil de pulir que el sílice.¹

Las resinas compuestas se clasifican en función del tamaño medio del componente principal del relleno. Aparte del nivel de volumen de relleno, hay otros factores importantes que determinan las propiedades y la aplicación clínica de las resinas compuestas; éstos son el tamaño del relleno, la distribución del relleno, el índice de refracción, la radiopacidad y la dureza del relleno.¹

Para obtener una estética satisfactoria, la translucidez de la restauración de resina compuesta debe ser similar a la estructura dental. Por ello el Bis-GMA y el TEGDMA tienen un índice de refracción de 1,55 y 1,46 respectivamente, lo que en la mezcla de ambos da un resultado de 1,50. El índice de refracción empleado en la mayoría de los vidrios y cuarzoes es de 1,50, lo que es suficiente para lograr una translucidez adecuada.¹

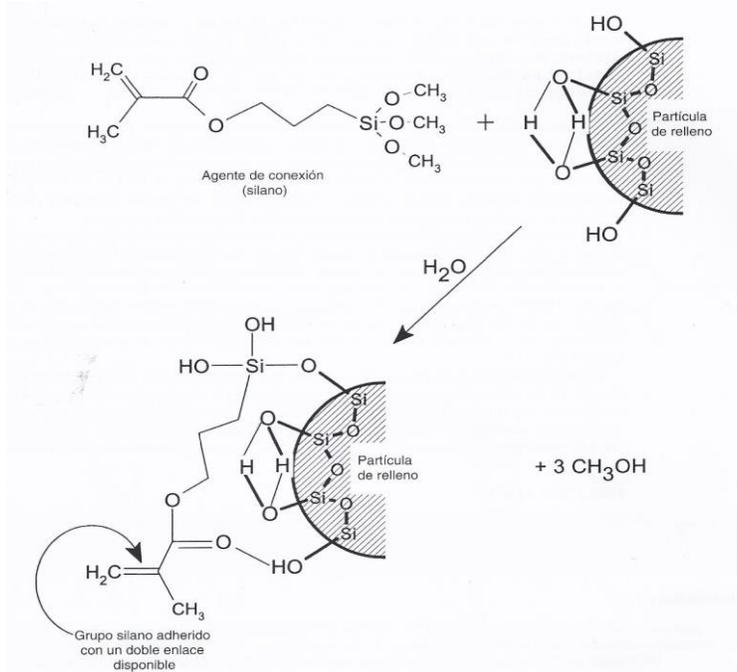
Agentes acopladores.

Estos permiten que la matriz del polímero, que es más flexible, transfiera las tensiones a las partículas de relleno que presentan un módulo elástico más alto.¹

Un agente de acoplamiento aplicado en forma adecuada, mejora las propiedades físicas y mecánicas de la resina, además de proporcionar estabilidad hidrolítica para prevenir la sorción acuosa que se presenta en la interfase relleno-matriz orgánica.¹

Aunque también se utilizan titanatos y circonatos como agentes de acoplamiento, los agentes de acoplamiento más utilizados son los derivados de los silanos orgánicos, como el γ -metacril-oxi-propil-trimetoxi-silano, que reaccionan con la superficie de relleno inorgánico y con la matriz orgánica, para permitir la unión entre estos, lo que permite reducir la pérdida de partículas de relleno y el desgaste del compuesto.⁵

Los grupos metoxi ($-\text{OCH}_3$) del γ -metacril-oxi-propil-trimetoxi-silano (en presencia de *agua*) se hidrolizan en grupos silanol ($-\text{Si-OH}$) que se adhieren a otros grupos silanol de las superficies de relleno mediante una unión siloxano ($-\text{Si-O-Si}$).^{1,5}



Los grupos metacrilato organosilano forman uniones covalentes con la resina cuando se polimerizan, completando así todo el proceso de conexión. La conexión adecuada mediante organosilanos es vital para las propiedades clínicas de los materiales de restauración a base de resinas compuestas.¹

3. Sistema Activador-iniciador.

La polimerización es la reacción química que ocurre cuando moléculas de resina de bajo peso molecular llamados monómeros, se unen mediante enlaces covalentes para formar moléculas de cadenas largas y alto peso molecular, los polímeros.

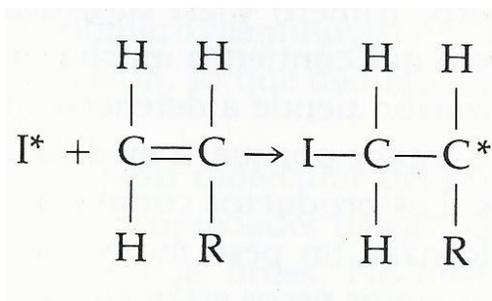
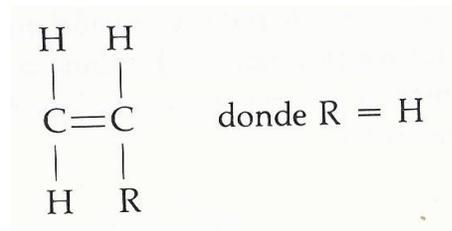
El proceso de polimerización puede ser activado por medios químicos, físicos o por una combinación de ambos métodos.¹

Para que una macromolécula pueda ser considerada como tal debe poseer un peso molecular por encima de 5.000, de tal manera que cuanto más alto sea este valor mejores propiedades tendrá el polímero.¹

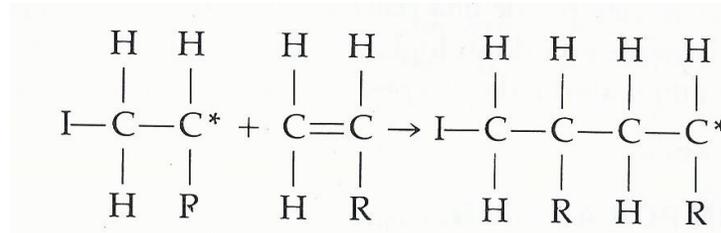
Los monómeros pueden unirse por medio de uno o dos tipos de reacción: polimerización de adición y polimerización de condensación o escalonada. Los monómeros de polimerización por adición se activan uno a uno y se van uniendo sucesivamente para formar una cadena cada vez más grande. En la polimerización escalonada, los componentes son disfuncionales y todos se reactivan o son reactivos de manera simultánea. Posteriormente, las cadenas crecen mediante los enlaces escalonados de los monómeros bifuncionales que, en ocasiones, aunque no siempre, dan lugar a un subproducto de bajo peso molecular, como el agua o el alcohol.¹

Los monómeros (llamados metacrilatos, o sea, Bis GMA) tiene grupos funcionales con enlaces dobles entre carbonos (C=C). Los iniciadores rompen uno de los enlaces dobles entre los carbonos dejando un radical libre que a su vez incita a otro radical libre que continúa la reacción en cadena, de tal manera que la molécula se polimeriza completamente, a esta reacción se le denomina polimerización por adición, reacción de las resinas compuestas.^{1,3,5}

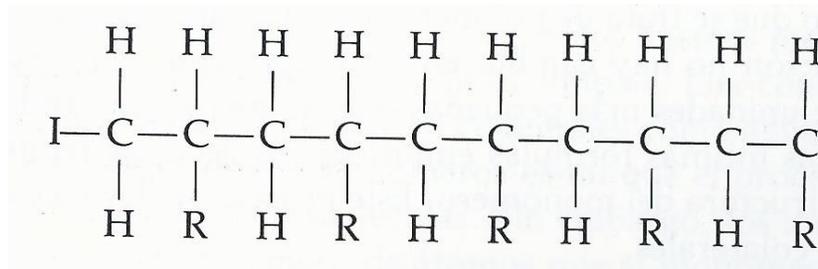
La molécula del etileno es un ejemplo que presenta polimerización por adición, ésta reacción química requiere de un activador, que se adiciona a los monómeros y se muestra en las imágenes (fig XVI, fig XVII) donde R podría ser cualquier radical y el iniciador se denomina "I".⁶



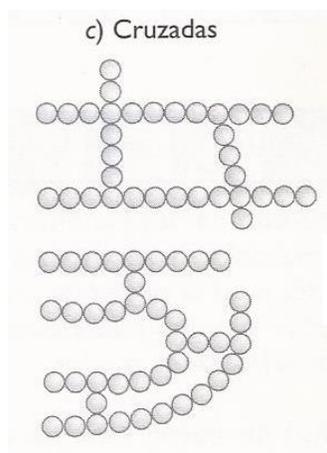
Los reactivos se agregan en forma sucesiva de tal manera que el proceso de polimerización continúa por la propagación del centro reactivo. Esto en cadena produce grandes moléculas de polímeros en cuestión de segundos, como se observa en la fig XVIII.6



Este proceso continúa y finalmente se forma un polímero, como se observa en la fig XVIII.



El crecimiento de la cadena se detiene cuando el centro reactivo se inactiva por algunas reacciones de terminación o de transferencia de cadena o solvente.



FigXIX. Cadena cruzada.

3.1 Etapas de la polimerización.

El proceso de polimerización se lleva a cabo en cuatro periodos; inducción, propagación, transferencia de cadena y terminación.

Inducción.

Dos procesos controlan la etapa de inducción: la activación y la iniciación. Para que comience el proceso de polimerización por adición se necesita una fuente de radicales libres. Los radicales libres se pueden generar por activación de las moléculas que producen radicales, empleando una segunda sustancia química, calor, luz visible, luz ultravioleta o transferencia de energía de otro compuesto que actúa como radical libre. De todos éstos, los agentes químicos, el calor, y la luz visible son los más utilizados en odontología.

Un radical libre es un átomo o grupo de átomos que poseen un electrón impar. El electrón no par confiere a los radicales libres la capacidad de liberar electrones. Cuando el radical libre y su electrón impar se acercan a un monómero con un enlace doble y con alta densidad de electrones, se extrae un electrón y se empareja con el electrón R, para formar un enlace entre el radical y la molécula del monómero, dejando desparejado al otro electrón del enlace doble. Por tanto, el radical libre original, se enlaza con un lado con la molécula del monómero y forma un nuevo lugar de un radical libre en el otro extremo. ¹

Propagación.

Cuando se aproxima otro monómero para formar un dímero, el complejo del monómero-radical libre resultante actúa como un nuevo centro de radicales libres. El dímero también se convierte en un radical libre. Esta especie reactiva se puede añadir sucesivamente a un gran número de moléculas de etileno, de manera que el proceso de polimerización, continúa a través de la propagación del centro reactivo. ¹

Transferencia de cadena.

En este proceso se transfiere el radical libre activo de una cadena en crecimiento a otra molécula y se crea un nuevo radical libre que crecerá más adelante. Por tanto, se crea un nuevo núcleo, que también crecerá. Del mismo modo una cadena ya terminada puede reactivarse mediante una transferencia de cadena y seguirá, creciendo. ¹

Terminación.

A pesar que la terminación de una cadena puede ser el resultado de la transferencia de cadena, las reacciones de terminación adicionales concluyen, con más frecuencia, al emparejar directamente los extremos de dos cadenas con radicales libres o al intercambiar un átomo de hidrógeno entre una cadena en crecimiento y otra.

La cadena del polímero deja de crecer cuando se destruye el centro reactivo a causa de una de las posibles reacciones de terminación. ¹

3.2 Resinas de activación química.

Las resinas compuestas que polimerizan por medios químicos son sistemas constituidos por dos pastas: Una pasta es la base compuesta por el peróxido de benzoilo, como iniciador, y otra pasta llamada catalizador o activador que se compone de una amina terciaria (amina aromática, como N. dimetil p-toluidina) creando una reacción peróxido-amina, que funciona rompiendo en dos radicales; Benzoico y Fenílico, cada uno de éstos con una valencia que induce la apertura de los enlaces dobles entre carbonos, para luego unirse entre sí, concluyendo la reacción con la formación de una cadena.^{7,3}

La reacción de polimerización se podría terminar en poco tiempo, por lo tanto se agregan sustancias inhibitoras para prolongar el tiempo de trabajo, el operador tiene dos minutos aproximadamente para la polimerización en boca, una vez colocado el material, este ya no debe manipularse debido que el material pierde sus propiedades. En la mezcla manual durante el espatulado, el material puede presentar porosidades por el atrapamiento de aire durante el mezclado.⁵ Ambas pastas se mezclan en partes iguales y comienzan la reacción de polimerización.

Las resinas autopolimerizables tienen la desventaja de cambiar de color con el tiempo, debido a la oxidación de la amina terciaria (Dimetil P-toluidina) presente en su formulación, además de la sorción acuosa que presentan.⁸

3.3. Resinas de Activación por luz.

Los materiales de fotopolimerización inician su reacción a partir de una onda de luz visible de 470nm (luz azul, o la que el fabricante indique), esta luz activa al iniciador, la cánforoquinona (presente apenas en 2%) que en presencia de un acelerador (dimetil aminoetil metacrilato DMAEMA), también en bajas proporciones), favorece la liberación de radicales libres capaces de iniciar la polimerización, creando una reacción de (dicetona-amina).¹

A partir de esto se produce la ruptura de los dobles enlaces de los carbonos de cada molécula, continúa con una propagación o formación de una cadena, concluyendo en la "terminación", es decir, donde no se encuentren más enlaces dobles.³

A pesar que en la pasta se incluyen ambos elementos (activador e iniciador) estos no inician su reacción hasta que se encuentre en contacto con el rango de luz visible indicada por el fabricante así mismo la pasta tiene la presencia de inhibidores los cuales evitan que durante su almacenamiento se active la reacción y produzca una polimerización acelerada.

Se recomienda colocar incrementos máximos de 2mm (fig xx), con la técnica incremental diagonal, para lograr que la longitud de onda de la luz pueda penetrar toda la resina y se obtenga un compuesto completamente polimerizado, (se requiere un mínimo de 20 seg. de exposición a la luz para una polimerización correcta y completa) así mismo las restauraciones clase III y IV necesitarán más tiempo de polimerización, al igual que las resinas más oscuras.⁵

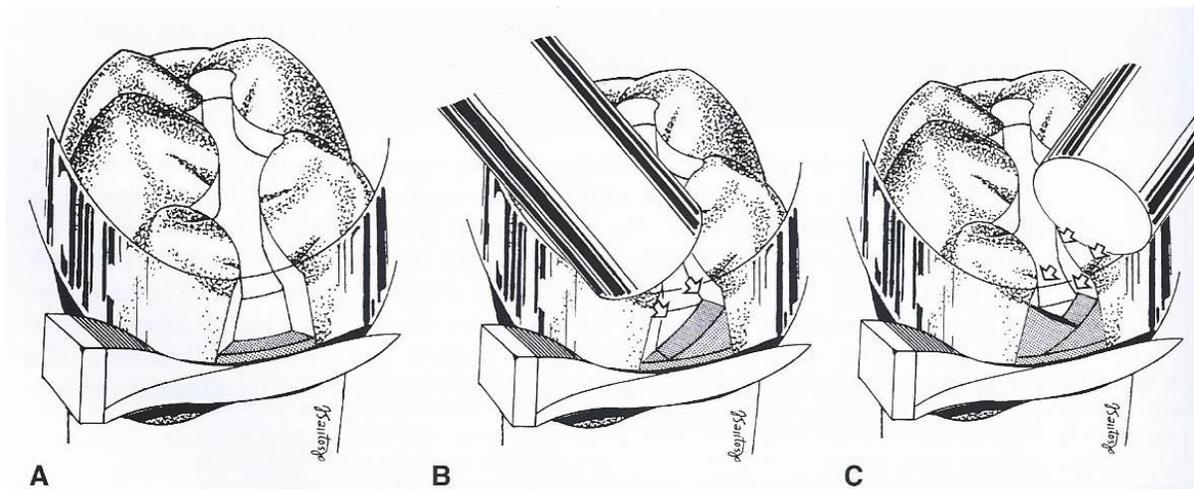


Fig XX, (A), Primera capa de resina compuesta, colocada y fotopolimerizada (area gris). (B) Segunda capa de resina compuesta en proceso de polimerización. (c) tercera capa de resina compuesta, imágenes de la técnica incremental.

Las ventajas que presentan las resinas de activación de luz sobre las resinas de activación química son:^{1,4}

- Menor tiempo con el paciente.
- Mayor tiempo de trabajo al poder controlar el tiempo de polimerización (a partir de la luz).
- Económico.
- Menor porosidad en las resinas de autocurado por el aire presente en el mezclado.
- Mejor control y estabilidad de color.

Inhibidores.

Los inhibidores se añaden a los sistemas de resinas para minimizar o prevenir la polimerización accidental o espontánea de los monómeros. Si se ha formado un radical libre, con una breve exposición de luz, durante el almacenamiento, el inhibidor actúa con el radical libre, mucho más a prisa que los radicales libres actúen con el monómero para inhibir la propagación de la reacción y así evitar la polimerización de la resina.¹

Un inhibidor típico es el hidroxitolueno butilado (HTB), empleado a una concentración del 0.01% en peso. Otro inhibidor que se adiciona es la Hidroquinona que se agrega en concentraciones de 0.0006% en forma de metiléter de hidroquinona.^{1,3}

Estos inhibidores tienen dos funciones; aumentar la vida media de almacenamiento de las resinas compuestas y garantizan un tiempo de trabajo adecuado.¹

Modificadores ópticos.

Los óxidos metálicos son los responsables de crear los diferentes matices que presentan las resinas compuestas.¹

La translucidez y la opacidad se modifican a partir del relleno y la matriz orgánica, también se pueden adicionar opacificadores, tales como dióxido de titanio y óxido de aluminio en cantidades mínimas (0,001 a 0,007 % en peso).¹

Es importante darse cuenta de que todos los modificadores ópticos afectan la transmisión de la luz a través de la resina compuesta. Es por ello que cuando se emplean tonalidades más oscuras o bien de mayor opacidad, la profundidad del fraguado disminuye, por lo que o bien aumentamos el tiempo de exposición o bien debemos poner una capa más fina de resina compuesta durante el fraguado.¹

4. Resinas compuestas

4.1. Resinas de macrorrelleno, convencionales o tradicionales.

Las resinas de macrorrelleno fueron las primeras resinas compuestas en desarrollarse en los años 70 y se mejoraron conforme a los requerimientos dentales de esa época.^{4,1}

Empleaban de relleno sílice amorfo pulverizado y cuarzo con un tamaño promedio de 8-12 μ m, presentando partículas de hasta 50 μ m.¹

La carga de relleno es de 60-70% en volumen y del 70-80% en peso.¹

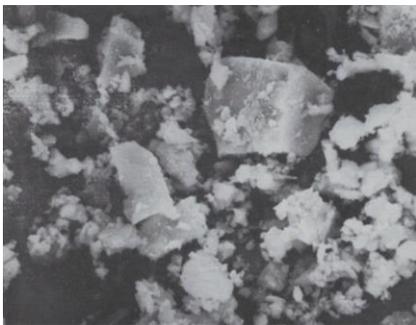
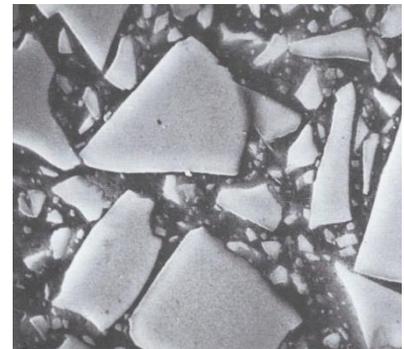


Fig. 1. Relleno de resina compuesta convencional

Fig. 2. Partícula de relleno convencional, de cuarzo.



Por un mal pulido con las fresas de diamante o por desgaste por fuerzas de la masticación, se dejaban picos de macropartículas y una matriz resinosa expuesta (una superficie rugosa y áspera), facilitando la microfiltración, sorción acuosa y la pigmentación.^{4,1}

Sus principales indicaciones eran para restauraciones dentales sometidas a tensión. Actualmente se encuentran en desuso. ⁴

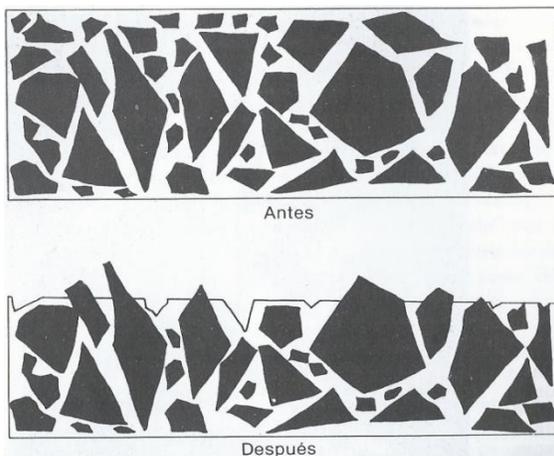


Fig. 3. Esquema de la superficie de una resina compuesta convencional antes y después del pulido.

Nótese que la matriz se desgasta con el procedimiento de terminado, lo que deja algunas partículas de relleno que sobresalen en la superficie, mientras otras se pierden.

4.2. Resinas de partícula pequeña.

Las resinas de partícula pequeña se idearon con el objetivo de contrarrestar las desventajas que presentaban las resinas de macrorrelleno.⁴

Las resinas de partícula pequeña presentan un tamaño promedio de 0.5 a 3 μm , aunque en una distribución muy variada, lo que facilita un mayor contenido de relleno, 80-90 % en peso y 65-77% en volumen.^{1,9}

Poseen relleno de sílice amorfo en cantidades bajas de solo 5% en peso, ya que la mayoría incorporan relleno de cristales de metales pesados que le confieren radiopacidad.¹

Con el aumento del contenido de partículas de relleno se mejoran las propiedades de las resinas compuestas de partícula pequeña.

Las resinas de partícula pequeña presentan menor coeficiente de expansión térmica que otras resinas, pero es el doble del que presentan las estructuras dentales, así mismo, presentan una mayor tersura superficial que las resinas de macrorrelleno, y mayor soporte a cargas que las de microrelleno.¹⁰ Las resinas de partícula pequeña son más resistentes al desgaste y presentan una menor contracción de polimerización.¹

La resina de partícula pequeña esta indicada para colocarse en restauraciones sometidas a alta tensión (restauraciones clase II y IV), algunas logran una alta tersura, sin embargo, no es comparable con las resinas de microrelleno.¹

Las resinas de partícula pequeña prácticamente han sido suplantadas por las resinas compuestas híbridas.¹

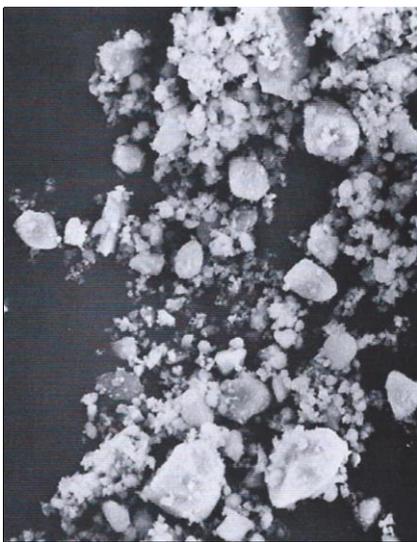


Fig. IV.
Resina
compuesta de
partícula
pequeña.

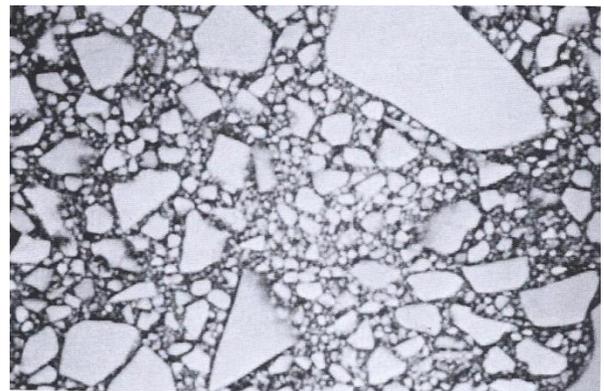


Fig. V. MEB Resina compuesta de partícula
pequeña.

4.3. Resinas de microrelleno.

A finales de 1970 las resinas de microrelleno presentaban partículas de sílice coloidal como relleno inorgánico. Actualmente la mayoría de los fabricantes adicionan metales pesados para proporcionar radiopacidad. ¹

El tamaño promedio del relleno va de $0.4\mu\text{m}$ a $0.04\mu\text{m}$, lo que facilita la obtención de superficies lisas ^{1,5}

La aglomeración que presenta el relleno de las resina de microrelleno, aumenta en forma significativa la viscosidad y produce un engrosamiento no uniforme, encontrando como única solución el combinar el relleno inorgánico, con resina prepolimerizada (triturada en microrrelleno). ¹

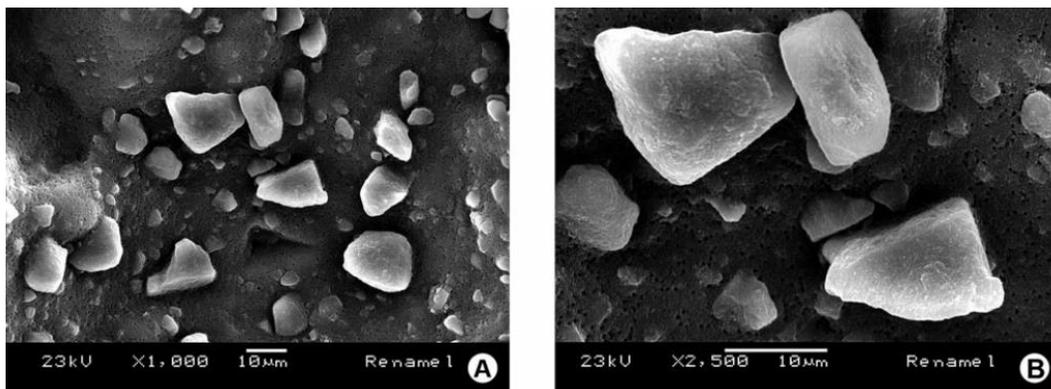


Fig. VI. Resina compuesta de microrelleno.

La preparación del relleno prepolimerizado implica la adición de un 60-70% en peso (50% en volumen) de sílice coloidal tratado con silano, esta resina se polimeriza y se tritura como “relleno orgánico”.¹⁰ El resultado es una resina compuesta de un 50 % de peso en relleno inorgánico, sin considerar el relleno orgánico, ya que si éste se sumara llegaría a ser un 80% de relleno en peso (aproximadamente 60 % en volumen).¹

Estas resinas tienen buena resistencia al desgaste y clínicamente solo se han observado deformaciones plásticas de la matriz orgánica.

Otras resinas emplean microrrellenos no homogéneos y aglomerados, este relleno es similar a los microrellenos tradicionales en cuanto a tamaño y propiedades químicas, pero diferentes en estructura, lo que permite aumentar su contenido proporcionando excelentes cualidades de acabado y de pulido.

Las ventajas de esta mezcla de partículas de sílice y partículas prepolimerizadas es una menor contracción de polimerización y mayor contenido de relleno, la desventaja es una escasa y débil unión entre la matriz prepolimerizada y la matriz orgánica. 1

Presenta una matriz de resina en un porcentaje de 40-80% del volumen, por lo tanto, la gran desproporción entre la matriz y el relleno inorgánico da lugar a una mayor absorción acuosa, un mayor coeficiente de expansión térmica y una disminución de módulo elástico. Además presentan menor resistencia a la tracción y compresión, esta disminución de las resistencias es igual a las resinas compuestas con partículas de relleno no silanizadas. 1

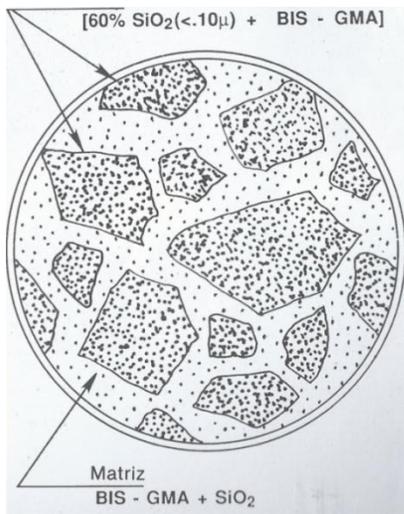


Fig. VII. Esquema de resina compuesta de microrelleno.

Las resinas de microrelleno presentan al pulido una superficie tersa, las partículas inorgánicas de relleno son más pequeñas que las partículas abrasivas que se utilizan en el acabado de la restauración, por lo tanto, el pulido se realiza en conjunto con las partículas de relleno, dejando una superficie lisa y suave. 1

Las resinas de microrelleno se pueden emplear en; obturaciones estéticas no sometidas a alta tensión, como, restauraciones de cavidades clase III y V. 1

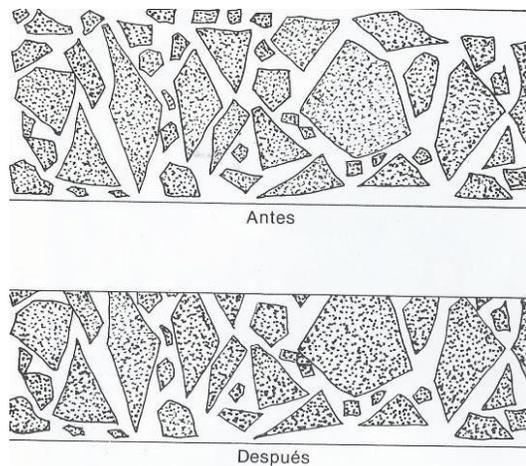


Fig VIII. Esquema de la superficie de una resina de microrelleno antes y después del pulido. Nótese que el procedimiento produce una superficie lisa, porque la matriz y el relleno se cortan a la misma proporción.

4.4. Resinas compuestas híbridas.

Las resinas Híbridas se definirán por concepto, como resinas compuestas que presentan dos tipos de relleno, usualmente, relleno tradicional y menor a la micra (microrelleno).¹

Las resinas híbridas se desarrollaron como esfuerzo para obtener una superficie lisa y pulida similar a las resinas compuestas de microrelleno y la resistencia mecánica de las resinas compuestas de macrorelleno. A partir de esto a estas resinas se les denomina de uso universal, es decir, para restauración de dientes anteriores y posteriores.

Los rellenos híbridos modernos consisten en sílice coloidal y partículas de vidrio triturado con partículas pequeñas de cristales de metales pesados, obteniendo un 75-80% en peso de relleno.^{4,1}

Las partículas de relleno tienen un tamaño que oscila entre 0.4-1 μ m.¹ La distribución típica del relleno es de un 75 % de las partículas trituradas a un tamaño menor a 1 μ m, así el sílice coloidal representa del 10-20 % en peso del contenido total del relleno.¹

Las características que presentan son:¹

- Alta carga de relleno, similar a las de partícula pequeña.
- Alta resistencia a la fractura, por su contenido de relleno.
- Mejor pulido que las de macrorelleno.
- Muy buena resistencia al desgaste.
- Fácil de manipular.

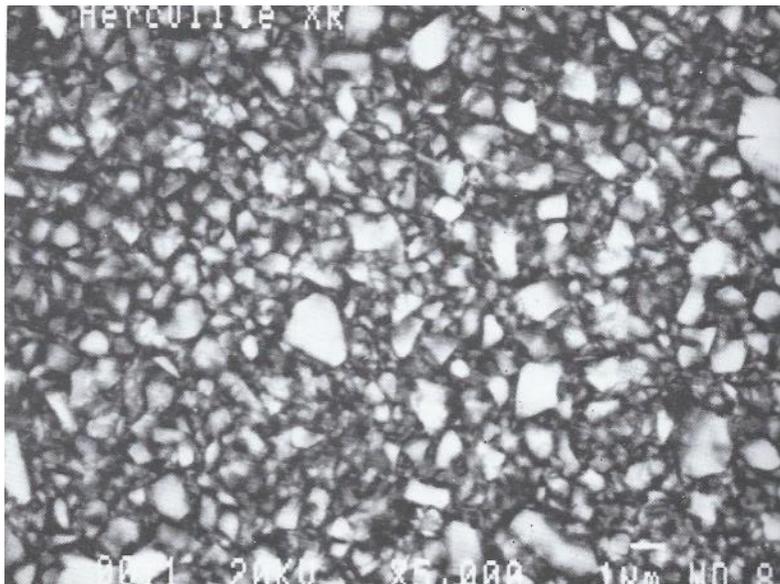


Fig. IX. Resina compuesta de relleno Híbrido.

4.5. Resinas compuestas de nanorelleno.

Estas poseen un relleno nanométrico.⁵ El relleno oscila entre 20 y 70nm, en formas esféricas y un tamaño de dispersión muy bajo, se obtienen a partir del sílice coloidal.² Otros autores refieren un tamaño de 40-50nm.¹⁰

La carga de relleno nanométrico es aproximadamente de 75-85 % en peso y un 60 % de volumen.¹⁰

La facilidad de aumentar el contenido de material de relleno, disminuye en gran parte la matriz orgánica, lo cual tiene ventajas como:

- Disminuye la contracción.
- Aumenta la resistencia a la abrasión.
- Facilita el alto pulimiento y la tersura superficial.
- Puede obtener un óptimo sellado resina-diente.
- Disminuye la sorción acuosa y la solubilidad.

Se han realizado estudios donde se ha observado que la contracción de polimerización ha disminuído de un 3 % en resinas compuestas iniciales, resinas híbridas debido a la mayor cantidad de relleno, hasta llegar a ser menor a 1 % en resinas compuestas con partículas de nanorelleno.⁵

La fase inorgánica de estos composites de nanorelleno se compone de vidrio de estroncio silanizado, vidrio de bario silanizado, y ácido silícico amorfo hidrofobizado.

El tratamiento de la superficie de las partículas de nanorelleno con partículas de sílice, facilitan la integración del relleno con la matriz orgánica del composite, evitando que las partículas se aglomeren y que con ello se genere una mayor contracción, (principal problema de las resinas con nanopartículas). Al ser numerosas partículas constituyen superficies muy extensas y poseen una elevada energía superficial.

Una resina compuesta que contenga solo partículas nanométricas, de un tamaño de 200nm (la mitad del rango menor de luz visible), se comportará como un líquido transparente, sin modificar su opacidad y translucidez.

Debido a la posibilidad de poder generar un material viscoso, (si se emplea sólo nanorelleno como única fase inorgánica), se tiene que reforzar con partículas de un tamaño promedio de 0.07 μm , las cuales servirán para regular la consistencia, proporcionar radiopacidad y funcionar como andamiaje para las nanopartículas.

Cabe hacer la aclaración que un andamio es una estructura auxiliar que sirve para soportar diversos materiales, en el caso particular de las resinas compuestas, sostiene el material de relleno, evitando los efectos del nanorelleno, creando un material fácil de manipular.

En este caso los productos que poseen partículas más grandes, (partículas de andamio), se les denomina “nanohíbridos” los cuales tienen un rango de 0.02-0.075 μm (20-25nm).⁴

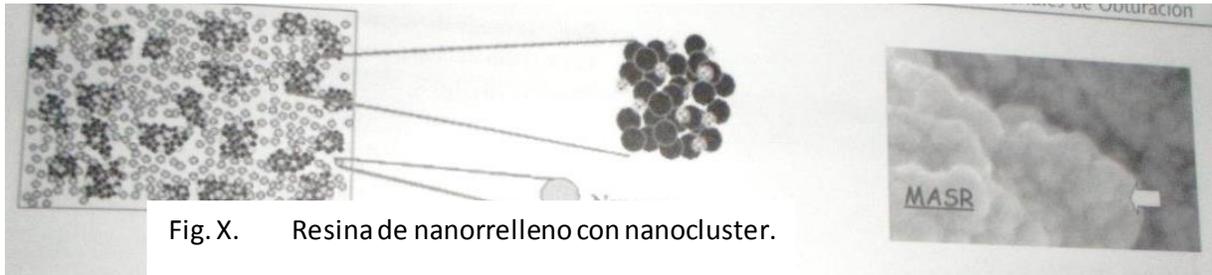


Fig. X. Resina de nanorrelleno con nanocluster.

La casa comercial 3M ESPE (patente), utiliza como partícula andamio al mismo relleno nanométrico pero aglomerado, formando los llamados “nanocluster” (3M ESPE, Filtek Supreme) que poseen un tamaño promedio de 0.075 micrones, estos se componen de partículas de Zirconio/sílice o nano sílice.

Las ventajas que poseen las resinas con nanorrelleno son:

- Carga de relleno aumentada.
- Menor contracción de polimerización.
- Disminución del desgaste.
- Resistencia y módulo de elasticidad adecuada.
- Alto brillo, facilidad de pulido.
- Estética.
- Mejor manejo.
- Menor sorción acuosa.

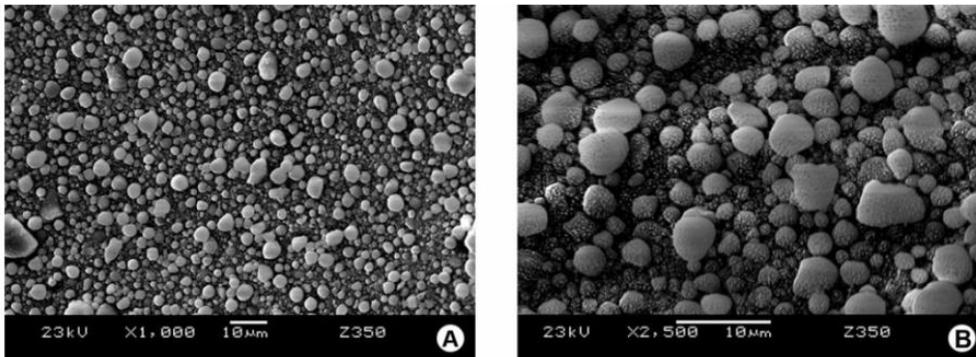


Fig. XI
Resina Filtek
Supreme
origen inicial
de la resina
Z-350.

Figure 1. SEM micrograph of Filtek Supreme composite resin (A = $\times 1,000$ and B = $\times 2,500$ magnifications). Agglomerated zirconia/silica spherical nanocluster of 1 to 4 μm can be noted.

Resinas compuestas fluídas.

Modificación de las resinas compuestas de partícula pequeña e híbridas, a estas resinas se les ha reducido el nivel de relleno, con el objetivo de reducir la viscosidad y que el material fluya fácilmente, creando compuestos más elásticos con la capacidad de flexionarse con carga, similar a los tejidos dentarios.¹

El empleo más común de las resinas fluídas es:^{1,4}

- Restauración de cavidades Clase II.
- Restauración de cavidades, Clase I como preventivo (sellador de foseas y fisuras)
- Reparación de defectos pequeños de esmalte.
- Reparación del borde incisal, desgastado a causa de una abrasión fisiológica.

Resinas compuestas empacables.

Son resinas compuestas que pueden empacarse como las amalgamas y pueden modelarse con relativa facilidad en comparación con resinas compuestas convencionales.

En esta técnica, se emplea el término “empacar” y no debe utilizarse el término condensar porque el mismo significa reducir a menor volumen o compactar.

Las resinas empacables tienen en su composición partículas de relleno fibrosas y alargadas aproximadamente de 100µm, de longitud, que presentan capacidad de engranaje y resistencia a la fluidez.¹

Características de las resinas compuestas.

Características/ propiedades	Acrílico sin relleno	Tradicional	Híbrido (partícula- pequeña)	Híbrido (polivalente)	Microrrelleno	Híbrido fluido	Híbrido condensable	Esmalte	Dentina
Tamaño (µm)	—	8-12	0,5-3	0,4-1,0	0,04-0,4	0,6-1,0	Fibroso	—	—
Relleno inorgánico (% en vol.)	0	60-70	65-77	60-65	20-59	30-55	48-67	—	—
Relleno inorgánico (% en peso)	0	70-80	80-90	75-80	35-67	40-60	65-81	—	—
Resistencia a la compresión (MPa)	70	250-300	350-400	300-350	250-350	—	—	384	297
Resistencia a la tracción (MPa)	24	50-65	75-90	40-50	30-50	—	40-45	10	52
Módulo elástico (GPa)	2,4	8-15	15-20	11-15	3-6	4-8	3-13	84	18
Coefficiente de expansión térmica (ppm/°C)	92,8	25-35	19-26	30-40	50-60	—	—	—	—
Absorción de agua (mg/cm ²)	1,7	0,5-0,7	0,5-0,6	0,5-0,7	1,4-1,7	—	—	—	—
Dureza Knoop (KHN)	15	55	50-60	50-60	25-35	—	—	350-430	68
Contracción de polimerización (% vol.)	8-10	—	2-3	2-3	2-3	3-5	2-3	—	—
Radiopacidad (mm Al)	0,1	2-3	2-3	2-4	0,5-2	1-4	2-3	2	1

Fig XII. Características de las resinas compuestas. (Anusavice).

5. Características de las resinas compuestas.

Sabemos que las resinas compuestas son materiales estéticos de uso odontológico, para la rehabilitación de dientes lesionados, a causa de caries u otros procesos físicos y/o biológicos. Sus propiedades y características se revisarán a continuación:

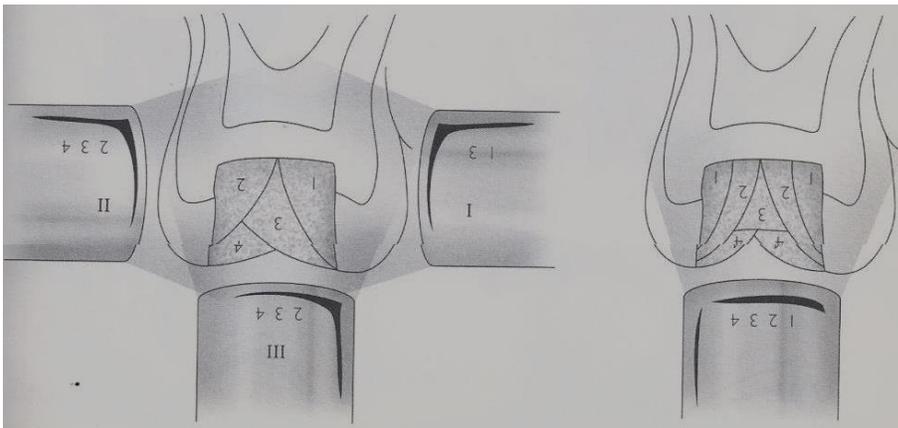
La estructura de la superficie de las resinas depende en gran medida del tamaño de las partículas de relleno.¹

5.1. Contracción de Polimerización.

La unión de diversos meros (moléculas), si se encuentran desorganizadas (unión sólo por fuerzas de Van der Wals), tendrá mayor volumen y por lo tanto ocupará un mayor espacio dimensional, una vez que polimerizan los meros y forman cadenas y uniones tridimensionales, se disminuye el volumen y por consiguiente disminuye el espacio dimensional, de ahí la contracción.¹

La contracción es directamente proporcional a la cantidad de matriz orgánica; se ha comprobado que a pesar del efecto del ácido grabador sobre el esmalte y el empleo de adhesivos, las tensiones generadas por la contracción, pueden superar la fuerza de adhesión de los composites a la estructura dental, lo que puede dar lugar a filtraciones marginales.⁵

A partir de esto se han propuesto dos métodos para disminuir los efectos de la contracción de polimerización, uno de ellos consiste en aplicar y polimerizar el composite por capas, el segundo consiste en preparar una incrustación de composite en la boca o sobre un troquel y cementar posteriormente.⁴



FigXXI. Técnica incremental.

5.2. Adhesión entre resinas.

El esmalte grabado y la dentina se infiltran con adhesivos a fin de formar una zona híbrida (resina-dentina). La dentina infiltrada con resina se llama zona o capa híbrida. El primer incremento de resina compuesta forma enlaces químicos con el agente adhesivo. Cada incremento adicional se unirá al incremento previo, siempre y cuando el material no se contamine con fluidos.¹

Al estar en contacto con el oxígeno, la resina compuesta presenta una capa superficial de resina no polimerizada, esta capa se observa brillante y se siente resbaladiza, facilita la unión molecular entre el primer y segundo incremento de resina. La última capa que queda inhibida de polimerización es fácilmente removida por los materiales de pulido, incluso puede ser eliminada por materiales de limpieza como cepillos de profilaxis o gasas.¹

5.3. Estabilidad Cromática.

Los cambios de color en los compuestos pueden deberse a:

- Decoloraciones o adherencias en la superficie.
- Cambios cromáticos o de translucidez.
- Sedimentaciones y decoloraciones en desajustes marginales.
- Sorción de líquidos.

Los depósitos de placa y bacterias se adhieren muy bien a las superficies rugosas o con porosidades, de ahí la importancia de la tersura superficial y del pulido de las resinas compuestas.

Las decoloraciones de superficies por algún componente de los alimentos, se deben a que la superficie del compuesto no es químicamente inerte, porque hay un bajo índice de dobles enlaces en las zonas de las superficies del material.¹

Las decoloraciones producidas en todos los compuestos tienen su origen con frecuencia en el aumento de opacidad provocado por la absorción de agua.⁴ Este punto es importante porque el estudio presente es acerca de la sorción acuosa, sus efectos y complicaciones.

5.4. Translucidez y opacidad.

La translucidez y opacidad de un compuesto se obtienen a partir del relleno que muestra un índice de refracción diferente a la matriz circundante. Si el diámetro de las partículas es mayor que la longitud de onda de luz incidente, la opacidad se origina por fenómenos de dispersión y reflexión. En partículas menores a 400nm, la luz incidente pasa por las partículas creando un efecto de transparencia como se explicó en los efectos de las nanopartículas o nanorelleno.⁴

Una matriz resinosa que presente Bis-GMA y TEGDMA tiene un índice de refracción de 1.55 y 1.46 respectivamente, y que con la suma de los dos en un mismo peso logra una suma de 1.50, suficiente para lograr una translucidez adecuada.¹

5.5. Propiedades Térmicas.

Comportamiento de un material ante el efecto de la temperatura, dicho comportamiento *se clasifica* en: conducción térmica y expansión térmica.

Conducción térmica.

Los cuerpos se pueden clasificar como buenos conductores térmicos (como los metales) y malos conductores térmicos también llamados aislantes (como el vidrio, la porcelana y las resinas). Se mide por la cantidad de calor que pasa por segundo a través de un cuerpo de 1cm de espesor.^{1,4,5}

Las resinas compuestas transmiten las temperaturas frías y calientes en forma muy parecida al diente.² Esto es debido a la matriz orgánica, que es un muy buen aislante térmico, y sirve como protección al complejo dentino-pulpar.

Difusividad térmica.⁴

El valor de la Difusividad térmica de un material, controla la tasa de los cambios de temperatura a medida que el calor pasa a través de un material, hasta llegar a un equilibrio térmico, en todo el material.

Expansión térmica.

La medida *en que* cambia el volumen de un cuerpo al modificar su temperatura se conoce como coeficiente de expansión térmica lineal (CELT). La disminución de la temperatura hace que los cuerpos se contraigan y el aumento de temperatura que los cuerpos se dilaten.⁸

Las primeras generaciones de resinas, presentaban un gran número de *fracasos por* la contracción y la expansión térmica que presentaban, 8.1 veces mayor que el diente, causante de los desajustes de las restauraciones.

Para una mejor comprensión se *debe tomar* en cuenta que la microfiltración es causada por la solubilidad y desintegración de la sustancia entre el material de obturación y el diente. Y la Percolación; es causada por la diferencia de coeficiente de expansión térmica entre el material de obturación y el diente.^{8,5}

Radiopacidad.

La cantidad del haz de rayos X que se ve atenuada por un objeto determina la radiodensidad de las sombras. Las Zonas blancas o radiopacas de una imagen representa las diversas estructuras densas del objeto, las cuales han frenado completamente el haz de rayos X. Las zonas negras o radiotransparentes representan aquellas áreas donde el haz de rayos X ha atravesado el objeto sin ningún tipo de impedimento. Las áreas grises representan las zonas donde el haz de rayos X se ha visto frenado en algún grado.¹¹ Para que un composite sea radiopaco, deberá contener elementos como el litio, bario, estroncio, bromo, cinc, circonio, lterbio o yodo.

5.6. Módulo elástico.

El módulo elástico (también referido como módulo-E o módulo de Young) se refiere a la rigidez del compuesto, y se determina por la cantidad de relleno.⁵

Mientras mayor sea la cantidad de relleno, mas rígida (mayor módulo elástico) y más resistente será la restauración. Importante para la selección del tipo de compuesto en cada restauración.⁵

Resistencia al desgaste.

Es el daño superficial sufrido por los materiales dentales después de determinadas condiciones de trabajo a los que son sometidos. El resultado del desgaste, es la pérdida del material, la subsiguiente disminución de las dimensiones de las resinas compuestas y como consecuencia fallas en las restauraciones.¹²

Se han hecho evaluaciones del desgaste que presentan las estructuras dentales, 30µm por año, en zona de molares y premolares, por lo que se debe buscar un material resturador con características similares a los dientes.^{7,13}

6. Sorción Acuosa y Solubilidad, efectos del medio oral.

Encontramos que el agua nos propicia dos condiciones en las resinas compuestas, estos efectos son solubilidad y sorción acuosa.

La Sorción es la absorción de agua en el material, creando un aumento de peso en éste, y la Solubilidad es la disolución de la resina por medio del agua, creando una disminución en el peso neto de este.¹⁴ Temas que se profundizarán en los subtemas siguientes.

Se han encontrado estudios donde la solubilidad y la sorción acuosa disminuyen las propiedades y la longevidad de las resinas compuestas.¹⁰

En el estudio del Dr. Razooki, se determinó la sorción acuosa y la solubilidad, de las resinas P-60 y Z-250 ambas de la marca comercial 3M ESPE (que se incluyan en ésta tesis), y los resultados del estudio son los siguientes.¹⁴

Compo-site	Organic/inorganic Matrix	Inorganic Filler	Filler size	% in Vol-ume (Filler)
Tetric Evo-Ceram	Dimethacrylates (17-18% weight)	barium glass, ytterbium trifluoride, mixed oxide and prepolymer	0.04-3 µm 0.55 APS	*61-60
Premise	The ethoxylated Bis-GMA	Non-agglomerated silica nanoparticles, prepolymerized filler, 0.4 micron barium glass	0.02 µm APS	69*
Herculite	Bis-GMA and TEGDMA	Barium glass and silicon dioxide	0.6 µm	59%*
Z100	Bis-GMA and TEGDMA	Zirconia/Silica	0.01-3.5 µm	66*
Z250	Bis-GMA, UEDMA and Bis-EMA	Zirconia/Silica	0.19 – 3.3 µm	60*
P60	Bis-GMA, UEDMA and Bis-EMA	Zirconia/Silica	0.01-3.5 µm	61*

14

Los experimentos se realizaron de acuerdo a la norma ADA-27 y su similar la ISO-4049.

Composite	Solubility
Tetric Ceram	2.639 (1.331)
Premise	4.359 (1.534)
Herculite	4.020 (0.903)
Z 100	2.901 (1.787)
Z 250	2.774 (2.109)
P 60	2.718 (1.705)

14

En el estudio se muestra que la resina Z-250 presenta mayor solubilidad (2.774) que la resina P-60 (2.718), deduciendo que la resina híbrida fue superior a la resina nanohíbrida.

6.1. Sorción Acuosa

La sorción acuosa es un fenómeno en el que están presentes la adsorción y la absorción.

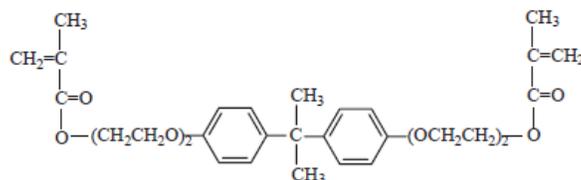
Adsorción; se refiere a un proceso de acción superficial, donde una sustancia penetra en las primeras capas (de resina) con espesor nanomolecular o de varios centenares de Angstroms, por medio de adosamiento de un líquido sobre la superficie de un sólido (como ejemplo; la saliva en el esmalte dental).

Absorción; es un proceso por el cual una sustancia se difunde o penetra en un material sólido (como ejemplo; la saliva en la base de acrílico de una prótesis total).¹⁵

Con el tiempo; la matriz de la resina (en especial la microfibrilla) absorbe agua, lo que conduce a la degradación gradual del material (hidrólisis).⁵

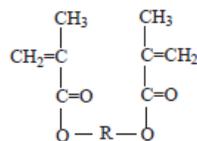
El agua también produce cierta expansión (expansión Higroscópica) del compuesto durante la primera semana de la colocación, lo que disminuye el efecto de la contracción.^{16,5}

Sabiendo que la matriz de resina es el componente que presenta la sorción acuosa, y que la matriz se compone de bisfenol A dimetacrilato (Bis-GMA) y dimetacrilato de trietilenglicol (TEGDMA), ambos monómeros altamente hidrófilos, se propuso en el estudio del Dr. Irini Sideriou,¹⁶ otros monómeros que sean hidrófobos, como el etoxilado bisfenol A etoxidil metacrilato (Bis-EMA), o el PCDMA Jeneric / Pentron Inc. (nombrado por el dimetacrilato de policarbonato PCDMA)¹⁶



Bis-EMA

Bisphenol A ethoxylated dimethacrylate
(4 ethylene oxide groups/bisphenol A group)



PCDMA

polycarbonate dimethacrylate

R : Aliphatic chain containing the carbonate group

Scheme 1. Chemical structure of the dimethacrylate monomers used.

16

La absorción acuosa puede producir las siguientes modificaciones en las resinas compuestas.

- Debilitamiento de la unión entre la matriz de polímero y el relleno, con la consecuente disminución de las propiedades físicas y mecánicas del material, causando la hidrólisis del mismo.
- Disminución de la unión del material a los tejidos dentales, lo que puede producir desajuste marginal, filtraciones y fracaso en el tratamiento.
- Afección del aspecto estético al causar pigmentaciones y opacidad.

La reducción de las propiedades físicas y mecánicas de la resina compuesta, debido a la absorción de agua se atribuye principalmente a la hidrólisis y expansión, lo que causa separación entre el relleno, la matriz orgánica y el silano.^{5,4}

6.2. Solubilidad.

La desintegración hidrolítica, es la que se realiza principalmente por hidrólisis de silano y matriz resinosa, creando microfracturas o a partir de un ablandamiento de la resina, principalmente por los monómeros inactivados que se presentan en la superficie.¹⁴

La norma 27 de la ADA, (norma que rige los compuestos de resina), menciona que “La solubilidad deberá ser inferior o igual a $7.5 \mu\text{g} / \text{mm}^3$ dentro de un periodo de siete días del compuesto en almacenamiento con agua”, lo cual es respaldado por la norma ISO 4049.¹⁴

Las consecuencias de la desintegración o solubilidad acuosa de la resina compuesta son:

- Cambio dimensional de la restauración.
- Cambios de color en la resina compuesta que dará un aspecto antiestético en las obturaciones.
- Disminuirá las propiedades mecánicas.
- El material no será biocompatible debido a que se diluyen los monómeros no activados, pudiendo causar reacciones alérgicas.¹⁴

7. Acabado y pulido de las resinas compuestas.1

Es importante mencionar que el término acabado se refiere al proceso de adaptación del material restaurador al diente. El término pulido se refiere a la eliminación de irregularidades para obtener la superficie más tersa posible. El objetivo del pulido es darle a la restauración un brillo similar al del esmalte. Con las partículas más pequeñas se consiguen superficies más lisas y brillantes.

La capacidad para conseguir el brillo depende de la dureza y el tamaño de las partículas del abrasivo y el método de abrasión.

El mejor pulido de una resina compuesta con un aspecto brillante y terso, se obtiene cuando al polimerizar la resina, se cubre con una banda o matriz de celuloide.⁵

Dejar una superficie rugosa puede favorecer el crecimiento bacteriano que conlleva a múltiples problemas como:

- Caries secundaria.
- Enfermedad periodontal.
- Tinción superficial.

Las técnicas de acabado y pulido constan de tres fases esenciales;

1. Consiste en el contorneado de la restauración el cual se puede hacer con fresa de carburo de 12 hojas y/o fresa de diamante de 30 a 100 μ m o discos recubiertos de abrasivo de grano grueso según la predilección del odontólogo.
2. Acabado con fresas de carburo de 16-30 hojas, fresas de diamante fina y extrafinas, piedras blancas óxido de alúmina, piedras de Arkansas blancas o discos recubiertos de medio abrasivo medio y fino.
3. El pulido se realiza con pastas de pulir fina y extrafina (óxido de alúmina o diamante), discos recubiertos de abrasivo extrafino, cepillos impregnados de carburo de silicón o bien discos, copas o puntas de pulir de goma impregnados de diamante.

En condiciones ideales las partículas abrasivas de más de 20 μ m proporcionan brillo a bajos aumentos, al final del proceso de pulido no debe haber surcos o rasguños.

En cada paso del pulido se debe eliminar y limpiar completamente el agente de pulido anterior, ya que una partícula restante podrá causar surcos profundos.

El acabado y pulido superficial se tipifica midiendo la rugosidad superficial, con el uso de un perfilómetro, un microscopio óptico o un microscopio electrónico de barrido.

La tersura superficial casi siempre se correlaciona con el brillo, aunque una superficie lisa no ofrece siempre una superficie brillante.

El recortado mediante discos gruesos a ultrafinos de óxido de alúmina, las fresas de tungsteno o de diamante fino se pueden usar para el ajuste de las superficies oclusales y para adaptar la resina compuesta con las superficies del diente.¹ Se han hecho varios estudios, encontrando que un mejor acabado y pulido se consigue con el uso de discos de aluminio, y como consecuencia menor daño a la resina.¹

A pesar de que se pueda asociar un aumento de la tensión en el lijado y pulido superficial, un estudio reciente demuestra que la microfiltración no está influida significativamente por el tipo de sistema de pulido empleado. Quizá el paso principal es la terminación con un sellador superficial.

Está ampliamente demostrado que el pulido y acabado de una resina produce microfaturas y pérdidas de las zonas más polimerizadas de la resina.

Se han realizado experimentos donde el pulido en seco causa mayor filtración marginal, así como el calor generado produce el reblandecimiento de la superficie y la despolimerización de la capa externa de la resina; sin embargo el pulido en seco no afecta la tersura ni el brillo de las restauraciones de resina compuesta.

La aplicación de un sellador superficial o una resina de baja viscosidad con poco o ningún tipo de relleno asegura un sellado de las porosidades y de las microfaturas. Los estudios demuestran que esta técnica de “sellado” disminuye significativamente la microfiltración mediante el selle marginal de las restauraciones.

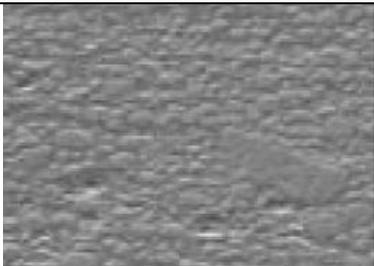
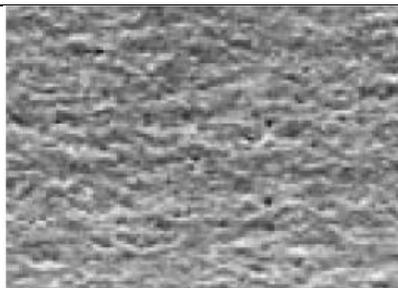
Una vez que sabemos que el pulido puede ser el causante de filtraciones, pigmentaciones, así como la lisis de la resina, la pregunta es; ¿Cuál es el momento indicado para pulir una resina compuesta?.

El pulido y acabado de las restauraciones de resina compuesta de acuerdo a algunos autores¹⁰ se debe realizar a las 24 hrs. después de haber colocado la resina; ya que la resina compuesta no ha polimerizado por completo y puede presentar cambio de color y/o contracción, a pesar que algunos autores sugieren el acabado y pulido inmediatamente después de colocada la resina.¹

Estudios actuales demuestran que el acabado retardado puede aumentar la filtración marginal y no tiene ningún efecto sobre las características superficiales con respecto al acabado inmediato.¹

Así mismo el acabado retardado tiene un efecto mínimo en la dureza, de acuerdo a lo anterior se recomienda pulir la resina poco después que se colocó, se recomienda un tiempo de espera de 15min.

Un estudio realizado por la casa comercial 3M ESPE¹⁷, presenta sus resultados de tersura superficial de la patente nanocluster Z-350, que son los siguientes:

<p>Fig XXV: Restaurador Universal Filtek™ Z-350 Es evidente que las nanopartículas individuales han sido arrancadas de los nanoclusters de zirconio/sílice. Las superficies teñidas del agregado siguen estando planas. La pérdida de las partículas de relleno no es notoria ya que no se observa cráter alguno.</p>	 <p>Fig XXII</p>
<p>Resinas compuestas híbridas y microhíbridas (EsthetX™, TPH™ Spectrum, Vitaescence®, Renamel™ Hybrid, Point 4™, Herculite XRV™, Tetric® Ceram) Las superficies están ásperas. Las partículas de relleno se proyectan por arriba de la matriz de resina. Se observan cráteres como resultado de la pérdida de las partículas individuales de relleno (punteo).</p>	 <p>Fig XXIII Imagen de Tetric Ceram.</p>

Agentes de pulido y terminado de una resina compuesta.

A continuación se menciona la naturaleza de cada uno de los elementos que se emplean para el pulido y acabado de las resinas compuestas.¹

- Piedras de Arkansas; es una piedra sedimentaria silíceas de color gris claro y semitranslúcida que se explota en Arkansas. Contiene cuarzo microcristalino es densa y dura. Su textura es uniforme. Pequeños fragmentos de este mineral se unen a espigas de metal y se cortan en formas diferentes.
- Corindón; Esta forma mineral del óxido de aluminio suele ser blanca. Sus propiedades físicas son inferiores a las del óxido de aluminio alfa (α).
- Abrasivos sintéticos de diamante; Los diamantes aglutinados en el metal tienen un tamaño más regular y constante, actúan como puntos o bordes cortantes principalmente debido a su dureza más que a su forma.
También se fabrican pastas de pulir de diamante con partículas de un diámetro menor de 5 μ m. Los abrasivos sintéticos de diamante se pueden unir a puntas de silicona o de plásticos para un pulido de resinas.
- Carburo de silicona; este es un abrasivo extremadamente duro, se producen dos tipos de carburo de silicona; verde y negro azulado. Estos dos tipos tienen propiedades físicas

equivalentes, sin embargo se prefiere el verde porque los sustratos son mas visibles frente a este color. El carburo de silicona es extremadamente duro y frágil. Las partículas son afiladas y se rompen para formar nuevas partículas agudas. Da como resultado un corte muy eficaz en una gran cantidad de materiales. Se encuentran en el mercado como carburo de silicona en discos recubiertos y como compuestos de aglutinante vítreo y aglutinante de goma.

- Óxido de aluminio o alúmina; También conocido como alúmina (al polvo) se elabora en forma de polvo blanco y puede ser mucho más duro que el corindón (alúmina natural) debido a su naturaleza la alúmina puede procesarse con diferentes propiedades si se modifican ligeramente los reactivos durante el proceso de fabricación. El óxido de aluminio sinterizado se emplea en la fabricación de piedras blancas, muy utilizadas para retocar el esmalte dental y las resinas compuestas.

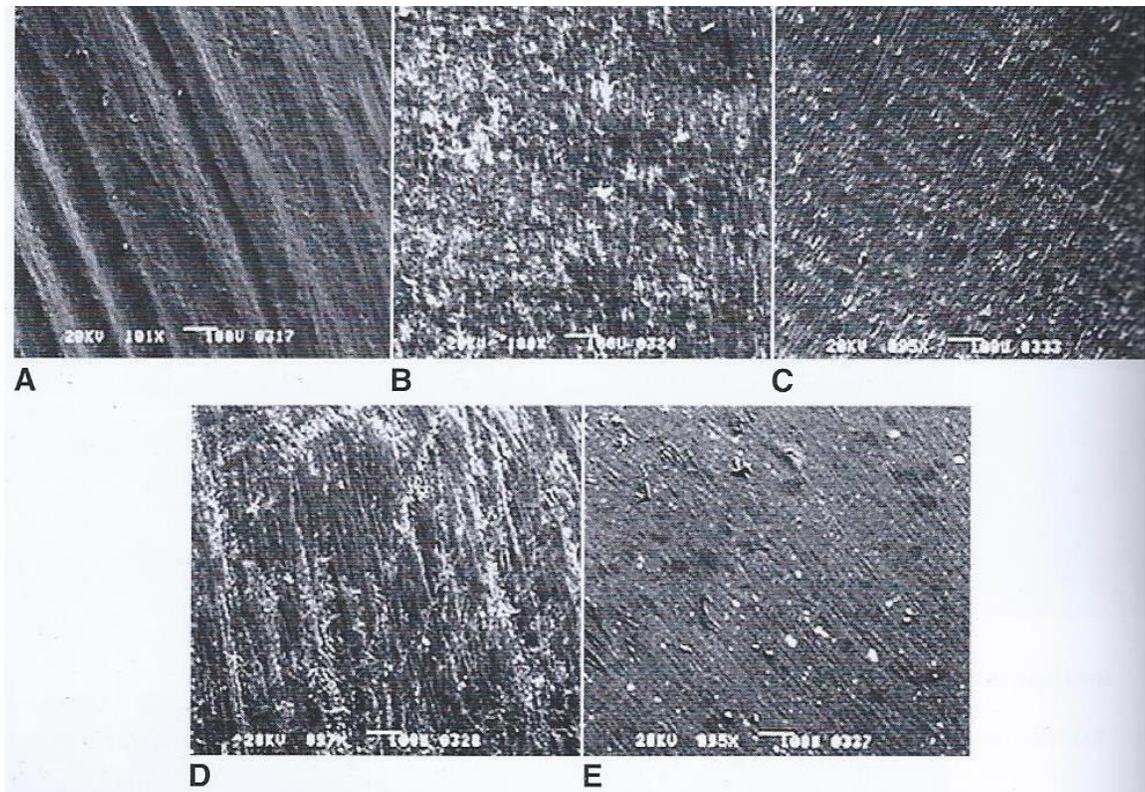


Fig XXIV Imágenes del MEB de la superficie de una resina tras los procesos de afilado, acabado y pulido; A. un diamante de grano grueso, B, una fresa de carburo de 12 hojas, C, una fresa de carburo de 16 hojas, D, un disco de acabado impregnado de abrasivo y E, un disco de pulido impregnado de abrasivo

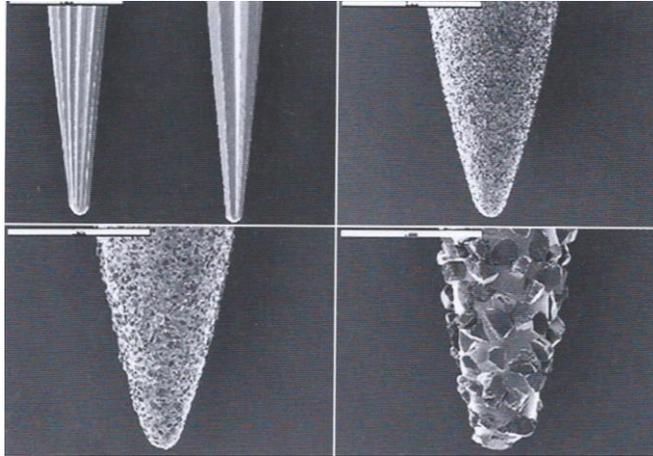


Fig XXV. Imágenes del MEB. Superior izquierda, fresa de acabado de carburo de tungsteno de 16 hojas (izquierda) y 8 hojas (derecha). Superior derecha, fresa de diamante de grano fino, inferior izquierda, fresa de diamante de grano medio, Inferior Derecha fresa de diamante de grano grueso.

8. Resinas empleadas para el estudio.

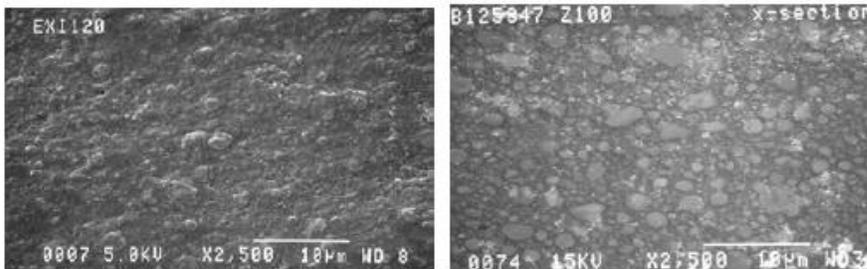
8.1. 3M™ Filtek™ P-60, Restaurador Posterior.¹⁷

El material Restaurador 3M Filtek P-60 es una resina compuesta restaurativa, fotopolimerizable, radiopaca. Se encuentra diseñada para utilizarse en restauraciones posteriores directas o indirectas. El material de relleno en el restaurador Filtek P-60 es zirconia/sílica. La carga de relleno inorgánico es de 61% por volumen (sin tratamiento con silano). La distribución del tamaño de partícula es 0.01µm a 3.5µm con un tamaño promedio de 0.6µm.¹⁷

El restaurador Filtek P-60, se constituye de una mezcla de UDMA (uretano dimetacrilato), Bis GMA y Bis-EMA. Estas dos resinas (Bis-EMA y UDMA) poseen un mayor peso molecular y por lo tanto poseen menor cantidad de enlaces dobles por unidad de peso, estas resinas imparten una mayor hidrofobicidad.¹⁷

Indicaciones de uso.

- Restauraciones posteriores directas
- Reconstrucción de cúspides
- Reconstrucción de muñones
- Ferulización
- Restauraciones indirectas posteriores incluyendo inlays, onlays y carillas.



Filtek P60 Restaurador Posterior

Restaurador Z100

Fig XXVI MEB Resina híbrida P-60 y restaurador Z-100 de 3M ESPE.

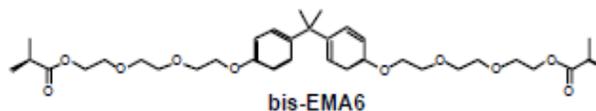
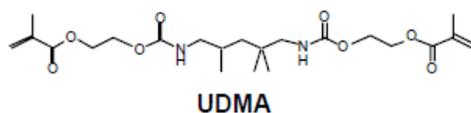
8.2. Restaurador Universal Filtek™ Z-350.¹⁸

El Restaurador Universal Filtek™ Z-350 de 3M ESPE es una resina compuesta para restauración, radiopaca, fotopolimerizable y que está diseñada para usarse en restauraciones de dientes anteriores y posteriores. La resina de 3M Z-350, se compone de BIS-GMA, BIS-EMA, UDMA con pequeñas cantidades de TEGDMA, que se usa en cantidades mínimas para ajustar la viscosidad. El relleno contiene una combinación de relleno de nanosílice no aglomerado/no agregado de 20 nm y un nanocluster de zirconio/sílice de unión holgada constituido por aglomerados de partículas primarias de zirconio/sílice de 5-20 nm. El tamaño de partícula del agregado oscila dentro de un rango de 0.6 a 1.4 micras. La carga de relleno es de 78.5% por peso (59.5% por volumen). Se encuentra en los tonos; A1, A2, A3, A3.5, B2, B3, C2 Y OA3 (A3).¹⁸

Indicaciones de uso.

El Restaurador Universal Filtek™ Z-350 de 3M ESPE está indicado para los siguientes tipos de restauraciones:

- Restauraciones directas en anteriores y posteriores.
- Reconstrucción de cúspides.
- Reconstrucción de muñones.
- Ferulización.
- Restauraciones anteriores y posteriores indirectas incluyendo inlays, onlays y carillas.



8.3. Restaurador Universal Filtek™ Z-250.¹⁹

El Restaurador Universal Filtek™ Z-250 de 3M™ es una resina compuesta radiopaca, fotopolimerizable, indicada para usarse en restauraciones directas o indirectas, posteriores o anteriores. El material de relleno del material Restaurador Filtek Z-250 es zirconia/sílice. La carga de material de relleno inorgánico es de un 60% por volumen (sin tratamiento con silano) con un tamaño de las partículas de 0.01µm a 3.5µm con un tamaño de partícula promedio de 0.6µm.

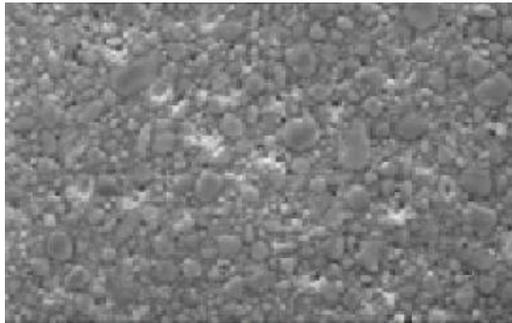
El sistema de resinas Restaurador Universal Filtek Z-250™ de 3M™ se compone de UDMA (uretano dimetacrilato) y Bis-EMA (Bisfenol A diglicidil éter dimetacrilato).¹⁹

Este restaurador se encuentra disponible en 15 tonos que corresponden al sistema de tonos más utilizado:

- A1, A2, A3, A3.5, A4
- B0.5, B1, B2, B3
- C2, C3, C4
- D3

Indicaciones de Uso

- Restauraciones directas anteriores y posteriores
- Reconstrucción de cúspides
- Reconstrucción de muñones
- Ferulizaciones
- Restauraciones indirectas anteriores y posteriores que incluyen inlays, onlays y coronas veneer.



Restaurador Filtek Z250



Restaurador Z100

Figura 5. MEB a 2500X

FigXXVII
Resina
compuesta
Z-250
nanohíbrida vs
restaurador
Z-100.

8.4. Charisma Diamond/Heraeus, Kulzer.²⁰

Charisma Diamond es una resina compuesta con relleno de nanopartículas, fotopolimerizable, y radiopaca indicada para restauraciones donde deben usarse adhesivos, tanto en dientes anteriores como posteriores, debido al sistema de carga de nanopartículas se obtiene un resultado estético y duradero. Está constituido por TCD-DI-HEA (bis(methacryloyloxyethyl)-tricyclo) y UDMA (contiene 64% de carga por volumen 5nm-20µm). Vidrio de Fluoruro de Bario y aluminio, así como nanopartículas altamente dispersas.²⁰

Indicaciones

Restauraciones directas en cavidades de clases I a V. Corrección de forma de dientes con diastemas o defectos congénitos, Inmovilización de dientes con movilidad dental por carga o lesión periodontal. Restauraciones indirectas, restauración de dientes deciduos, rechinamiento.

A1,A2,A3,A3.5,B1,B2,C2,CO,CL,AM	Tiempo de Fotopolimerización	20s
A4,B3,C3,D3,OB,OL,OM,OD,BL,BXL,YO	Tiempo de Fotopolimerización	40s
TODOS LOS COLORES	Espesor máximo	2mm

Resinas empleadas en el estudio.10

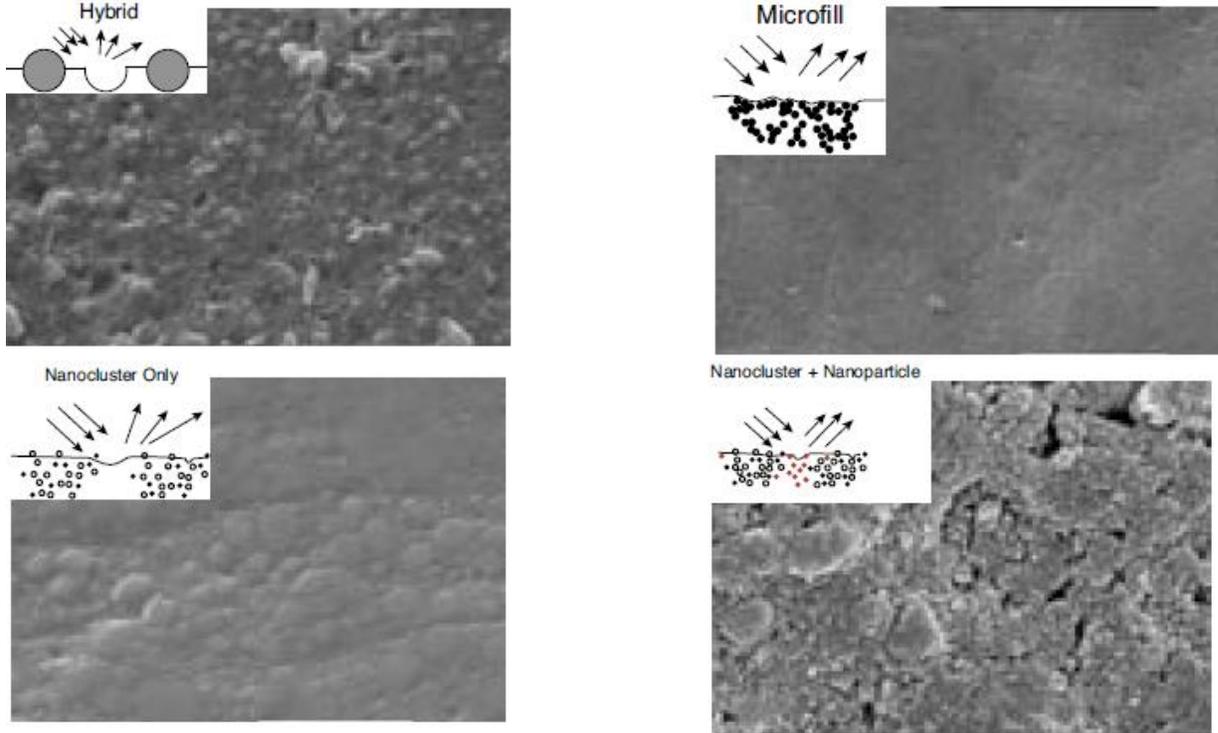


Fig XXVIII. MEB Resinas compuestas Híbridas, microrelleno, nanorelleno (nanocluster solo y con nanopartículas).

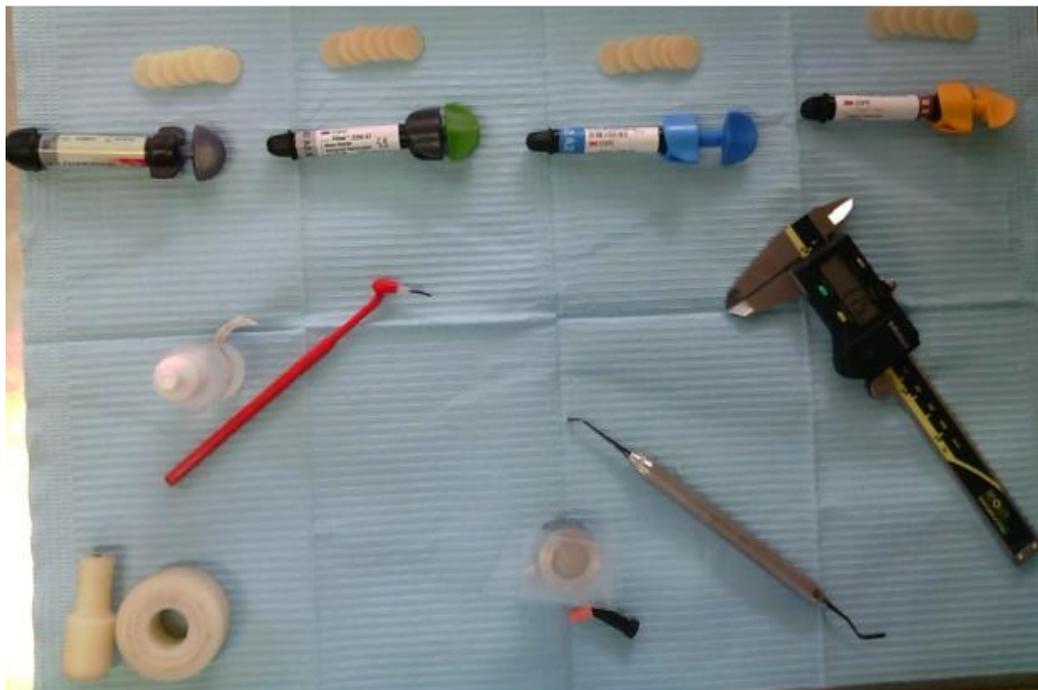


Fig XXIX. Muestras de las resinas que se emplearon, vernier, espátula de resina y conformador de muestras.

9. Instrumental y material empleado en el estudio:

- Papel abrasivo de grano 1000,1200 y 1500.
- Resinas (Z-350, Z-250, P-60 y Charisma Diamond).
- Acetona.
- Cinta Mylar.
- Sílica Gel.
- Agua tipo II.
- Aire comprimido.
- Vaselina.
- Perfilómetro.
- Campos.
- Guantes.
- Cubrebocas.
- Pinzas de curación.
- Conformador de muestras.
- Vernier.
- Desecador.
- Red plástica.
- Toper con red plástica.
- Horno a 37 C.
- Balanza analítica.
- Espátulas para resina (Hu- Friedy).

10. Planteamiento del problema.

Como ya se explicó anteriormente, existen una gran cantidad de desventajas que presentan las resinas compuestas, (solubilidad, sorción acuosa y tersura superficial) planteo entonces el problema de si los materiales de nueva generación que dicen tener menor matriz de resina, y que además usan diferentes tipos y tamaños de partícula, (aumentando su cantidad en volumen y peso de una resina compuesta) serán capaces de reducir e incluso eliminar estos problemas de estos materiales poliméricos, Por lo que me planteo la siguiente pregunta:

¿Las resinas compuestas de nanorelleno *presentarán menor* solubilidad, menor sorción acuosa y mejor tersura superficial que las resinas compuestas híbridas y nanohíbridas?

11. Justificación.

Los estudios que se encuentran de resinas compuestas de nanorelleno, respecto a sorción acuosa solubilidad y tersura superficial son escasos, siendo en su mayoría estudios cuestionables, ya que éstos son realizados por el mismo fabricante. Ellos aseguran que en su producto hay una disminución en la sorción acuosa y en la solubilidad y una mayor tersura superficial.

A partir de la premisa anterior, surge la necesidad de realizar una investigación, un estudio donde se someterán a pruebas de *sorción acuosa, solubilidad, y tersura superficial* resinas de "Nanotecnología" (nanorelleno y nanohíbridas) para compararlas con las resinas compuestas híbridas con el fin de encontrar la mejor resina compuesta, que sea utilizada como material restaurador con las mejores propiedades.

Se investigará con pruebas de laboratorio si las resinas de nanorelleno, superarán a las resinas híbridas y nanohíbridas, como lo plantea el fabricante.

12. Objetivos.

— *Objetivo general.*

Determinar las propiedades físicas en cuanto sorción, solubilidad y tersura superficial de las resinas compuestas de diferente tamaño de relleno:

— *Objetivos específicos.*

Valorar la sorción acuosa, solubilidad y tersura superficial de las resinas compuestas de nanorelleno (Z-350 3M ESPE).

Valorar la sorción acuosa, solubilidad y tersura superficial de las resinas compuestas de relleno nanohíbrido (Z-250 3M ESPE).

Valorar la sorción acuosa, solubilidad y tersura superficial de las resinas compuestas de relleno nanohíbrido (Charisma Diamond de la casa comercial Kulzer).

Valorar la sorción acuosa, solubilidad y tersura superficial de las resinas compuestas híbridas (P-60 3M ESPE)

Comparar los resultados de sorción, solubilidad y tersura superficial, de la resina de nanorelleno (Z-350 3M ESPE), resinas de relleno nanohíbrido (Z-250 3M ESPE, y Charisma Diamond, Kulzer) y resinas de relleno híbrido (P-60 3M ESPE).

13. Hipótesis.

— *Hipótesis de Trabajo.*

La resina compuesta de nanorelleno (Z-350 3M ESPE), presentará mejores características de tersura superficial así como menor sorción acuosa y menor solubilidad que las resinas compuestas de relleno híbrido y nanohíbrido.

— *Hipótesis Nula.*

La resina compuesta de nanorelleno (Z-350 3M ESPE), NO presentará mejores características de tersura superficial así como menor sorción acuosa y menor solubilidad que las resinas compuestas de relleno híbrido y nanohíbrido.

— *Hipótesis alterna.*

La resina compuesta de nanorelleno (Z-350 3M ESPE) es idénticamente igual a las resinas nanohíbridas (Z250 3M ESPE, Charisma Diamond Kulzer) e híbridas (P-60 3M ESPE), sin encontrar una significativa diferencia entre éstas.

14. Metodología.

En el presente trabajo, se busca realizar pruebas experimentales de sorción acuosa, solubilidad y tersura superficial, con el fin de encontrar la resina que presente las mejores características en base a estos tres problemas que se plantean, y así la selección del material más idóneo para la colocación en boca.

— *Criterios de inclusión.*

Muestras circulares de las resinas compuestas, de 14 mm de diámetro y de 1mm de grosor. Muestras de las resinas compuestas Z-350 3M ESPE, Z-250 3M ESPE, P-60 3M ESPE y Charisma Diamond Kulzer

— *Criterios de exclusión.*

Todas las muestras que no cumplan las características de los criterios de inclusión.

— *Criterios de eliminación.*

Todas aquellas muestras que alteren considerablemente los resultados obtenidos.

15. Universo de trabajo.

Se obtuvieron sesenta y cuatro muestras divididas como se muestra en la siguiente tabla;

MATERIAL	Sorción	Solubilidad	Tersura superficial.	TOTAL
Z-350	5	5	6	16
Z-250	5	5	6	16
P-60	5	5	6	16
Diamond	5	5	6	16
TOTAL:	20	20	24	64

Se tomaron diez muestras de cada resina compuesta para la prueba de sorción y solubilidad .

16. Método.

Elaboración de las muestras.

Las muestras se elaboraron de acuerdo a la ISO 4049. En un conformador de muestras que se calibró a un espesor de 1mm para que la muestra se conformara de 1mm de espesor y 14 mm de diámetro.

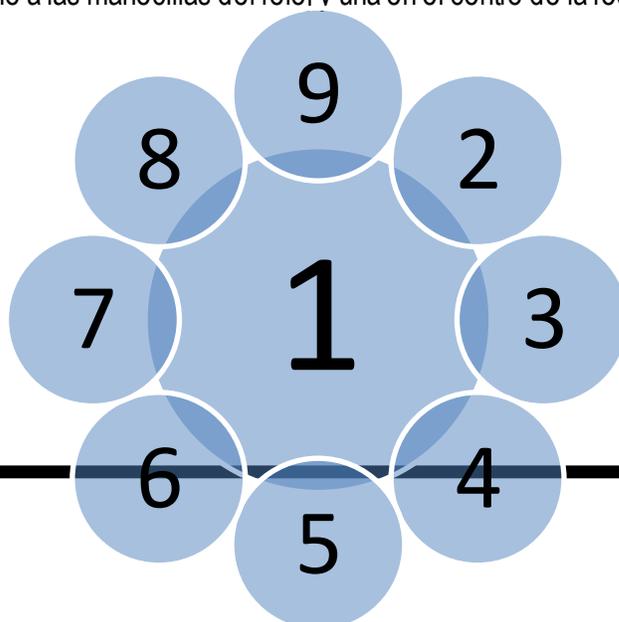
Para el manejo de la resina, se usaron barreras de protección (campos, guantes y cubrebocas desechables), con el fin de evitar que la muestra se contaminara, de sudor o algún fluido que alterara los resultados del estudio de sorción y solubilidad.

Se colocó la resina compuesta sobre el conformador de muestras con una espátula de teflon para resinas de la marca comercial Hu-Friedy, una vez compactada la resina compuesta sobre el conformador de muestras se procedió a la fotopolimerización, se colocó sobre la muestra de resina compuesta una tira de cinta Mylar, para eliminar la capa no polimerizada por presencia de oxígeno y obtener una superficie mas tersa.



FigXXX. Muestras de resinas con la resina que se empleo, vernier, espátula de resina y conformador de muestras.

La polimerización se realizó con una lámpara de fotocurado Blue phase-N con 800mW/cm² de potencia, de la marca Ivoclar Vivadent, el ciclo de fotocurado de esta resina fue de 9 puntos de fotopolimerización, 8 puntos conforme a las manecillas del reloj y una en el centro de la resina, como se muestra en la siguiente figura.



FigXXXI. Esquema de polimerización.

Una vez que se terminó el ciclo de fotopolimerizado, se retiró la tira de cinta Mylar, y se procedió a retirar la muestra de forma cuidadosa, evitando que sufriera una fractura que interfiriera con el estudio.

Las muestras se retiraron con una espátula de teflón. Con una fresa de diamante de grano fino se retiraron los excedentes que se presentaban en la periferia de la muestra y se almacenó en una bolsa de cierre hermético, para evitar la contaminación.

El mismo procedimiento se repitió en las 64 muestras que se obtuvieron en total (16 muestras de cada resina)

Para evitar una contaminación entre la elaboración de las muestras, se limpiaba con *acetona* el conformador y la espátula de teflón, antes de elaborar cada ejemplar, para eliminar cualquier partícula o matriz que pudiese haber quedado adherida del espécimen anterior.

Sorción y solubilidad acuosa.

Una vez que se realizaron todos los ejemplares 10 muestras de cada grupo de resina, se colocaron en un desecador, que es una *cápsula* de plástico con silica gel en su interior, con el fin de desecar los discos (especímenes).



Fig XXXII. Desecador con silica gel en el centro.

Se confeccionó una red de plástico para evitar fricción entre las muestras y pudieran verse afectados los resultados del estudio, como se observa en la imagen.



Fig XXXIII. Desecador con red de plástico y las muestras colocadas, evitando la fricción entre ellas.

Para evitar que las muestras absorbieran humedad del medio ambiente, el desecador se selló con vaselina (material hidrófobo).

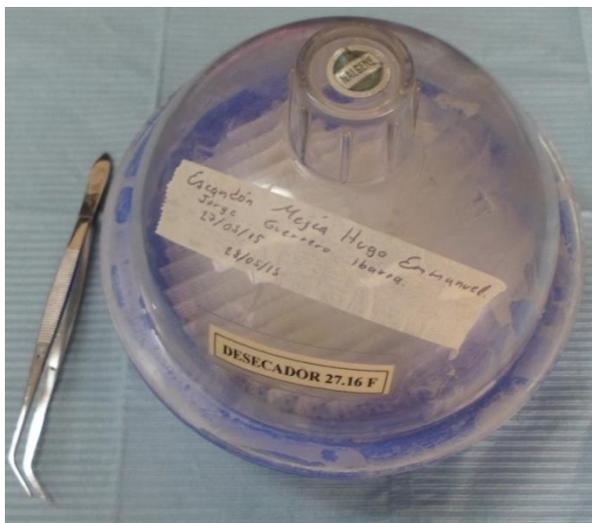


Fig XXXIV. Desecador sellado con vaselina.

El desecador (con las muestras dentro), se colocó en un horno a una temperatura de $37^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$, y permaneció en este durante 22 hrs, una vez cumplido el tiempo se retiró el desecador del horno y se colocó en un cuarto con temperatura regulada a $23^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$, donde se dejó durante 2 hrs.



Fig. XXXV. Desecador sellado y colocado en el horno a temperatura de 37°C .

Transcurrido el tiempo establecido, se procedió a pesar las muestras (una por una), en una balanza analítica electrónica, para evitar la variación del peso a causa del aire, se cerraron las compuertas de la balanza y se esperó 1 minuto para que el peso se estabilizara, este se registró en una bitácora.



Fig XXXVI. Balanza analítica pesando la muestra.

Una vez que se registró el peso en la bitácora, se colocó nuevamente la muestra en el desecador, este procedimiento se repitió con las 40 muestras de resina para la prueba de sorción y solubilidad.

Después de pesadas, todas las muestras se dejaron por 24 hrs. en el desecador (en el cuarto de temperatura regulada a 23°C) y se repitió el ciclo de pesar hasta obtener una diferencia de 0.1mg (0.001) como menciona la norma, obteniendo así Masa 1 (m1).

Una vez que se obtuvo m1, se midió el diámetro y el espesor, con una precisión de 0.01mm, mismos que se registraron en la bitácora.



Fig XXXVII. Manejo de las muestras con pinzas de curación evitando contaminación.

Se colocó en un medio de inmersión (agua) y se dejó en un horno que mantenía las muestras a

37°C \pm 1°C, durante 7 días. Para evitar que las muestras no presentaran fricción entre ellas, se colocaron en una red dentro de un recipiente con agua, tal como se muestra en la imagen (así mismo se supervisó que las muestras no se quedaran sin agua porque se podían afectar los resultados del estudio).



Fig XXXVIII. Almacenamiento en el horno a una temperatura de 37°C



Fig XXXIX. Recipiente con agua tipo II, con red plástica y muestras.

Cuando se terminó el periodo de 7 días, se retiraron las muestras del agua, se secaron con aire comprimido (no directo) durante 15 seg. se dejaron las muestras sobre un campo seco durante 1 min. y se procedió a pesar en la balanza analítica, para obtener Masa 2 (m₂), como se muestra en la imagen.



Fig XL Aire comprimido en lata, desecador, recipiente con agua bidestilada y las muestras, (Izquierda). Balanza analítica pesando obteniendo m₂. (derecha).

Una vez que se obtuvo m₂, se colocaron las muestras nuevamente en el desecador con sílica gel

nueva y una red de plástico nueva.

El desecador con las muestras dentro se dejó en un cuarto con temperatura regulada a $23^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$. Pasadas 24 hrs. después de colocar nuevamente las muestras en el desecador, se procedió a pesarlas en la balanza analítica, cerrando las compuertas de la balanza y esperando un minuto para que se estabilizara el peso de la muestra, mismo que se registró en la bitácora.

Las muestras se tomaron con pinzas de curación, se pesaban, se registraba en la bitácora y se volvían a colocar en el desecador, el ciclo de pesado se repitió hasta que se obtuvo un valor constante con una diferencia de 0.1mg (0.001) que se registró como Masa 3 (m3).



Fig XLII Pesado de las muestras para obtener m3.

Con estas tres medidas de m1, m2, y m3 se pueden obtener los resultados de sorción y solubilidad .

Tersura Superficial.

Una vez que terminó el estudio de sorción acuosa y solubilidad, se experimentó con las 6 muestras restantes de cada grupo de resina, 5 ejemplares se sometieron dos semanas antes a líquidos (agua), simulando las condiciones orales, dejando un espécimen control como "p" (misma que se sometió al estudio).

A todas las muestras sometidas al estudio de tersura superficial se les realizó un surco de manera diametral y un surco paralelo (a 1 mm de distancia uno del otro) con una fresa de diamante de punta fina, en sólo una cara, sin perforar la muestra, ambos surcos tenían una profundidad de medio milímetro, que sirvió como guía de la punta del perfilómetro. Como se muestra en la imagen.



Fig XLIII. Perfilómetro y muestras secas en el recipiente, con una red para evitar fricción entre éstas



Fig XLIV Muestra de resina con surco central de $\frac{1}{2}$ mm de profundidad y ubicado a 1mm de distancia el segundo surco.

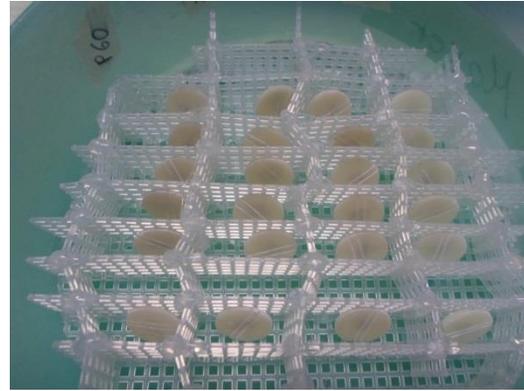


Fig XLV Muestras de resina en red para evitar fricción ya presentan surco central.

Una vez que se realizaron los surcos en todas las muestras, se procedió a pulir, con papel abrasivo de carburo de silicio de diferentes granos; 1000, 1200, y 1500. Sólo se pulió en la cara donde se realizaron los surcos, el pulido se realizó en presencia de agua como lo indican estudios antes mencionados.

Se comenzó a pulir con papel abrasivo de carburo de silicio de grano 1000, cuando se pulieron todas las muestras, con la punta del perfilómetro entre los surcos realizados previamente, se midió la tersura superficial de manera diametral, obteniendo un rango de tersura superficial, mismo que se registró en una bitácora, el procedimiento se realizó en las 24 muestras.



Fig XLVI Punta de perfilómetro.



Fig XLVII Medición de tersura superficial.

Posteriormente se procedió a pulir con papel abrasivo de carburo de silicio de grano 1200, se pasó la punta del perfilómetro de manera diametral a la muestra de resina, obteniendo un rango diferente al ser más tersa la superficie, y se registró en la bitácora, el procedimiento se repitió con las 24 muestras.



Fig XLVIII. Medición de tersura superficial, manejo con pinzas de curación.

Finalmente se procedió a pulir las muestras con papel abrasivo de carburo de silicio del grano más fino; 1500, y se midió la textura de las resinas con el perfilómetro, pasando la punta del perfilómetro de manera diametral paralelo al surco realizado en la muestra, esto en las 24 muestras. Todos los resultados se registraron en la bitácora.

17. Resultados.

Muestras de Sorción.

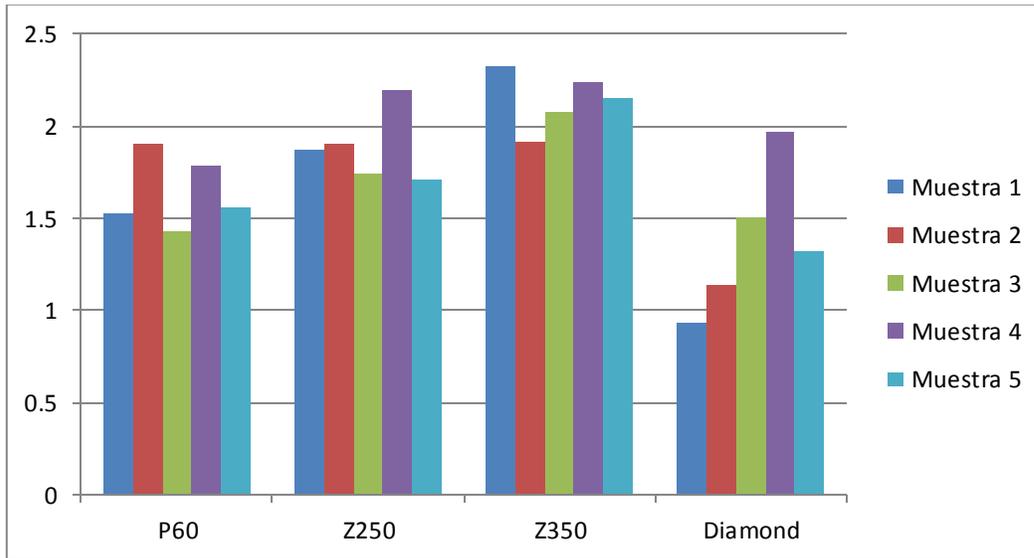
Los resultados del estudio de Sorción acuosa, se basaron en la norma ISO-4049. Esta norma clasifica como una absorción adecuada cuando se presenta $\leq 40 \mu\text{g}/\text{mm}^3$

El valor de pruebas de sorción acuosa (W_{sp}), se obtuvo en $\mu\text{g}/\text{mm}^3$. A partir de la siguiente fórmula:

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

Donde m_2 es la masa en μg , de la muestra después de la inmersión en agua, m_3 es la masa de la muestra reacondicionada en μg , como se mencionó en el método, y v que es el volumen de la muestra en mm^3 .

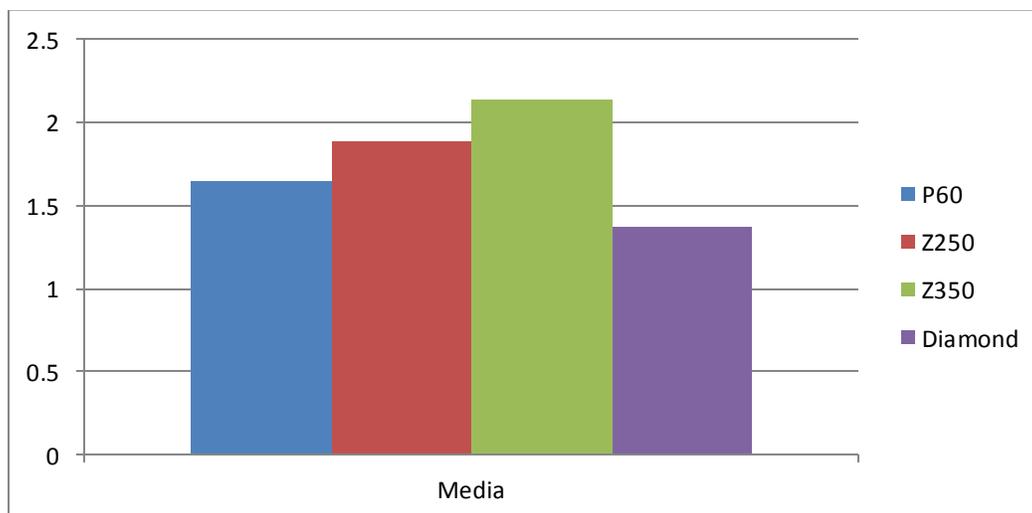
Bajo la fórmula anterior se encontraron los siguientes resultados:



Una vez que se actualizaron los resultados de la fórmula, a partir del programa SigmaStat 2.0, (programa especial de computación) que valora la media, la desviación estandar, y el coeficiente de variación.

El programa valora el nivel de significancia estadística que se fija con un intervalo de confianza de $P=0.484$, y todas las muestras se compararon mediante la prueba de Post-Hoc, Tukey, que presenta un rango de diferencia estadístico de ($P<0.05$).

Resultados de valores estadísticos, de acuerdo a la media:



	P60	Z250	Z350	Diamond
Media	1.644	1.884	2.142	1.374

En la gráfica anterior se muestra que: La resina Charisma Diamond presenta la media más baja, obteniendo un valor de 1.374 y por lo tanto es la que presenta menor sorción acuosa de todas con las que se le comparó, seguida por la resina híbrida P-60, la cual tiene un valor de 1.644, con un valor más alto la resina nanohíbrida Z-250, cuya media es de 1.884 y encontrando que la resina de nanorelleno Z-350 presenta mayor sorción acuosa al tener una media de 2.142.

De acuerdo al Post-Hoc, Tukey se encontraron las siguientes diferencias mismas que se muestran en la tabla para facilidad de comprensión:

Diferencias vs resina.	Diamond.	P-60
Z-350	6.761	4.384
Z-250	4.490	

Encontramos en la columna del extremo izquierdo y en la fila mas superior las marcas de las resinas que entraron en el estudio, omitiendo los resultados donde la diferencia no fue muy significativa.

La desviación estándar, fue mínima por tanto no se puede expresar en la gráfica, ya que los valores van de 0.399 a 0.154, encontrando que la desviación sería casi nula, como se muestra en los resultados:

	P60	Z250	Z350	Diamond
Desviación estándar	0.199	0.194	0.154	0.396

En resumen, la resina nanohíbrida Diamond, es la que menor sorción acuosa presenta seguido por la resina híbrida P-60, apenas antes de la resina nanohíbrida Z-250 y con mayor sorción acuosa la resina Z-350 (de nanorelleno).

Muestra de Solubilidad.

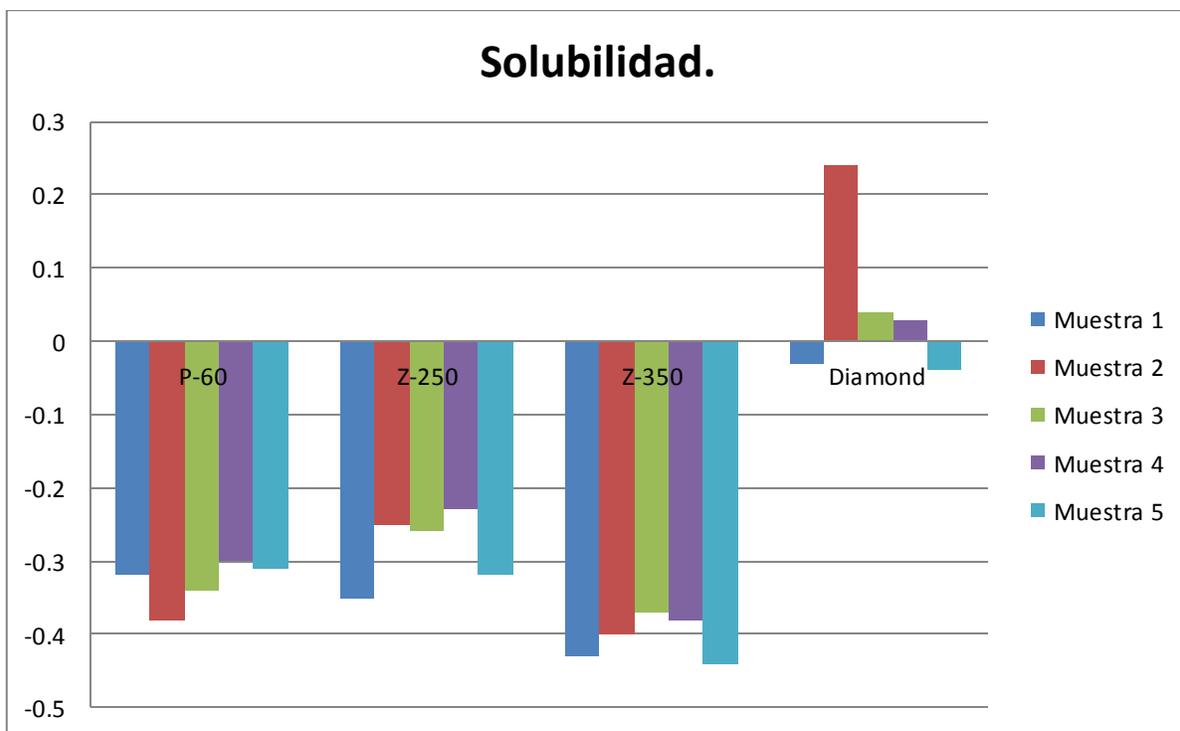
Las pruebas de Solubilidad (W_{si}) se medirán en $\mu\text{g}/\text{mm}^3$. A partir de la siguiente fórmula:

$$W_{si} = \frac{m1 - m3}{v}$$

Donde $m1$ es la masa acondicionada en μg antes de la inmersión en agua, $m3$ es la masa de la prueba reacondicionada en μg , como se explicó en el método, y v es el volumen de la prueba.

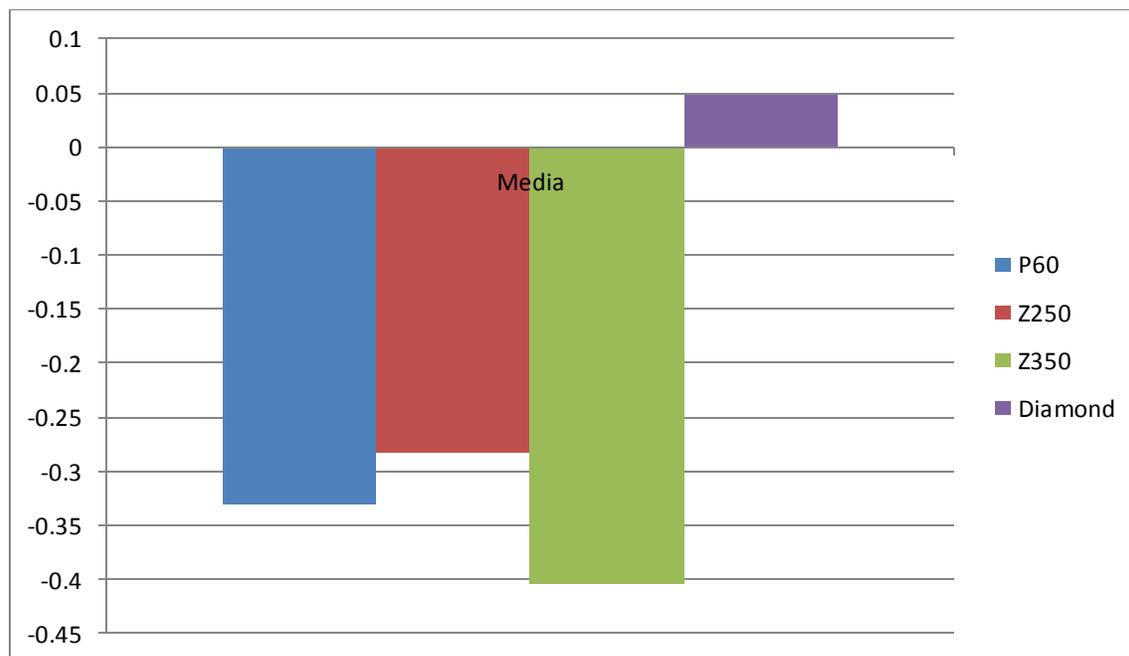
En donde se encontró de acuerdo a la norma ADA- 27/ ISO 4049, un valor aceptable de la solubilidad si el resultado es de $\leq 7.5\mu\text{g}/\text{mm}^3$.

Encontrando los siguientes resultados:



Mediante el programa de Sigastat 2.0 se obtuvieron los valores de media, desviación estándar y coeficiente de variación, así mismo los resultados se sometieron a la prueba de comparación, Post-Hoc, Tukey, el cual tenía como fin encontrar la variación media entre los grupos y ver si esta era de relevancia.

El programa mostró un intervalo de confianza de $P=0.031$, la prueba Tukey mostró un porcentaje de error promedio de $P<0.05$, y los valores que se mostraron son los siguientes:



	P60	Z250	Z350	Diamond
Media	-0.33	-0.282	-0.404	0.048

En la gráfica se muestra que la resina Z-350, presenta menor solubilidad que las resinas con las que se le comparó, con una media de -0.404, seguida de la resina Z-250 con un valor medio de -0.282, la resina P-60 presenta un valor promedio de -0.33 y con mayor solubilidad, la resina Diamond con un valor medio de 0.048.

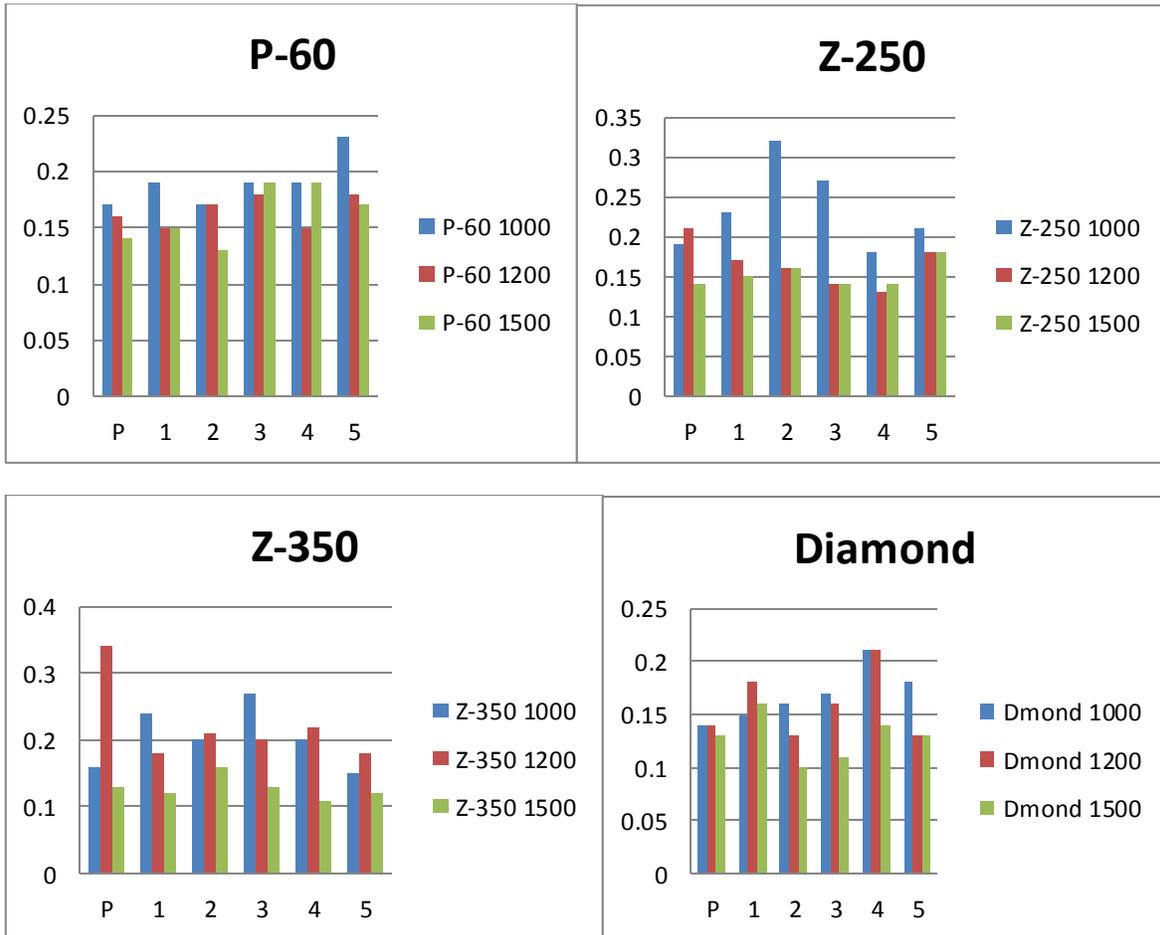
De acuerdo al estudio Post-Hoc, Tukey, las diferencias fueron las siguientes, mismas que se observan en la tabla, para mejor comprensión:

Diferencia resina.	vs	Z-350	P-60	Z-250
Diamond		15.382	12.864	11.230
Z-250		4.152		

En la tabla anterior se observan las diferencias significativas que se obtuvieron con el programa Post-Hoc que se les realizó a los resultados, encontrando en el extremo izquierdo las marcas de las resinas que se comparan, con las marcas de las resinas de la fila superior, omitiendo los resultados entre las resinas que no implicaron gran diferencia en el estudio.

Resultados de tersura.

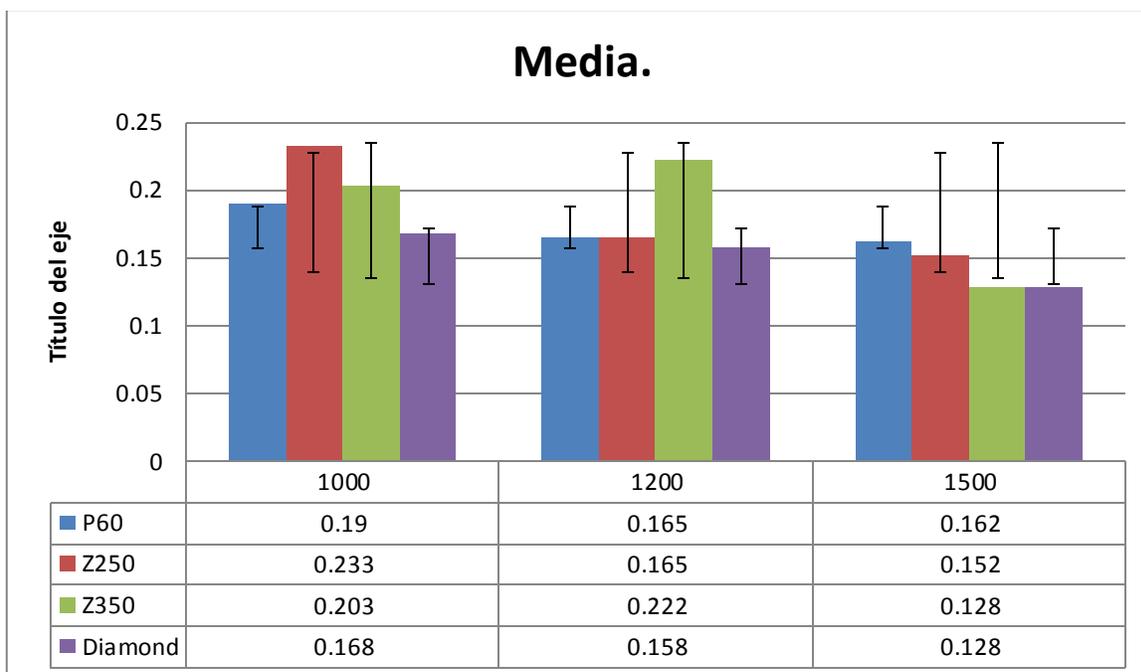
Después de haber pasado por el proceso descrito en el método se obtuvieron los siguientes resultados, de la bitácora.



Las gráficas anteriores reflejan los datos que arrojaba el perfilómetro en cada grupo de resina que se realizó, es decir se tenían 5 muestras que se sometieron a agua 2 semanas previas al estudio, simulando el ambiente húmedo de la cavidad bucal, además de esas muestras se tenía una muestra para control, denominada en la grafica como “p”, que no se sometió a agua.

Se observa a simple vista que los resultados de tersura superficial con papel abrasivo de grano más fino son menores que los de papel abrasivo de grano más grueso, así mismo en un comparativo rápido se observa que la resina de grupo Diamond, tiene resultados menores, suponiendo que presentará mejor tersura a comparación de las otras resinas con las que se le comparó.

Los valores que se habían recabado con el perfilómetro se introdujeron al sistema SigmaStat 2.0, donde se obtuvo la media, la desviación media y el coeficiente de variación. Mismos que se expresan en las siguientes graficas.



Para poder explicar los resultados vamos a dividirlos en 3 grupos, la media de los grupos con papel abrasivo de grano 1000, 1200, y de 1500, de cada grupo de resina respectivamente.

Encontramos en la gráfica anterior, respecto al grupo del papel abrasivo de grano 1000 que la resina, Diamond presenta un mejor pulido, con una media de 0.168, seguido de la resina P-60, con una media de 0.19, le sigue la resina Z-350 con una media de 0.203 y finaliza la resina Z-250 presentando una superficie más áspera y rugosa con una media de 0.233.

En el grupo del papel abrasivo de grano 1200, encontramos que nuevamente la resina Diamond tiene la superficie más tersa, con una media de 0.158, seguido de las resinas Z-250 y P-60 que se encuentran igualadas con una media de 0.165 y con mayor porosidad, la resina Z-350 con una media de 0.222.

En el grupo del papel abrasivo de grano 1500 encontramos que nuevamente la resina Diamond es la que obtuvo la superficie más tersa, siendo en este grupo igualada por la resina Z-350 ambas con una media de 0.128, seguidas de la resina Z-250 con una media de 0.152 y la más áspera en su superficie la resina P-60, con una media de 0.162.

Así mismo entre los resultados que se obtuvieron, fue posible la comparación entre éstos a través de un estudio Post-Hoc, Tukey; con un rango de diferencia de $P < 0.05$, mismos que para su mayor comprensión se explican en la siguiente tabulación.

Diferencia Vs resina.	Z-250, (1000)	Z-350 (1000)
Diamond (1500)	7.711	5.508
Diamond (1200)	5.508	
Z-350 (1500)	7.711	5.508
P-60 (1500)	5.263	
P-60 (1200)	5.018	
Z-250 (1500)	5.998	
Z-250 (1200)	5.018	

En la tabla anterior se observan en la columna vertical del extremo izquierdo, las marcas de resinas, con las que se realizó el Post-Hoc y tuvo una diferencia significativa, encerrando en paréntesis el grupo del papel abrasivo al que pertenecen, y en la primer fila se mencionan dos resinas Z-250 y Z-350, de la misma manera se encierran en paréntesis los grupos del papel abrasivo a los que pertenecen, en la tabla se pueden establecer el rango de diferencias que presentan unas con las otras.

18. Discusión.

Las resinas compuestas son materiales de restauración que se componen de dos fases; la fase orgánica y la fase inorgánica, encontrando que la fase orgánica (matriz resinosa), que puede ser UDMA, TEGMA, Bis-EMA, Bis-GMA, (todas con un cierto grado de Hidrofilicidad), favorece la absorción acuosa. La parte inorgánica se compone por partículas de relleno que son Hidrófobas y por lo tanto no absorben líquidos.

Las resinas de nanotecnología han sido introducidas al mercado como una gran innovación que le indican al clínico que su utilización tendrá un desempeño óptimo, eficaz y confiable para el paciente, asegurando según sus fabricantes mejores propiedades, sin embargo en el estudio se encontró que la resina de nanorelleno completo, no presenta grandes ventajas sobre las nanohíbridas, incluso las híbridas, ya que las superaron en los grupos de tersura 1000 y 1200.

La resina Z-350 de la casa comercial 3M ESPE se consideró como la resina que presenta menor solubilidad, y mejor tersura superficial solo en el grupo de lijado más fino (1500), sin embargo en las pruebas demostró ser la de mayor sorción, contrario a lo que se esperaba la resina de nanorelleno (únicamente), presenta mayor sorción acuosa, incluso que la resina Híbrida P-60.

La resina Z-250, una resina Nanohíbrida de la casa comercial 3M ESPE, se consideró como una resina intermedia en las pruebas de sorción acuosa y con escasa tersura superficial en el subgrupo 1000, obteniendo resultados intermedios en las pruebas de solubilidad y de tersura superficial de grano 1200 y 1500.

La resina P-60 de la casa comercial 3M ESPE, es considerada una resina intermedia, con resultados similares a la resina Z-250 en la prueba de tersura de grano 1200, y superando en sus grupos 1000 y 1200 a la resina Z-350, presenta una alta solubilidad, en la prueba de sorción acuosa se le considera como intermedio con mínima sorción acuosa, superada por la resina Diamond.

En los resultados de tersura superficial, las resinas de nanotecnología superaron todas las pruebas, con respecto a las resinas híbridas.

Se concluye que la resina de nanorelleno, no presenta todas las propiedades físico-mecánicas que el fabricante menciona. Para que el odontólogo pueda elegirla en su práctica diaria y éste pueda sustituirlas por las nanohíbridas e híbridas, se requiere de más estudios.

19. Conclusión.

Encontramos que la resina nanohíbrida Diamond, de la casa comercial Kulzer, presenta las mejores propiedades de tersura superficial, siendo la mejor en los tres subgrupos, así mismo presenta una mínima sorción acuosa, menor que la resina totalmente de nanorrelleno Z-350, sin embargo es la que tuvo mayor solubilidad, resultado cuestionable por ser inferior a los criterios de la norma ADA 27 e ISO 4049 siendo un valor de 0.0480.

Con la resina compuesta Z-350 3M ESPE, se obtuvo una alta tersura superficial con papel abrasivo más fino siendo superada en las otras pruebas por las otras resinas que se sometieron al estudio, tiene menor solubilidad que las otras resinas sin embargo su nivel de sorción acuosa es el más alto.

La resina nanohíbrida Z-250 3M ESPE al igual que la resina P-60 (de la misma casa comercial) se encuentran en rangos intermedios, con solubilidad y sorción acuosa intermedia a las resinas Z-350 y Diamond. Mientras que en tersura superficial también se ubican en rangos intermedios.

Así encontramos que nuestra hipótesis de trabajo no se comprobó ya que las expectativas de varias pruebas fueron superadas, por tanto la hipótesis alterna fue la que predominó en el presente trabajo, encontrando que las resinas compuestas de nanorelleno presentan mejores características en algunas pruebas y en otras no.

Se concluye en el presente estudio, que la mejor resina, (aún con su nivel de solubilidad), es la resina Charisma Diamond, seguida de la resina Z-350 3M ESPE, con menores propiedades la resina Z-250 3M ESPE, y con bajos resultados la resina P-60 3M ESPE, aún y cuando (P-60) haya superado en algunas pruebas a las resinas Z-250 y Z-350.

La selección de la mejor resina compuesta, fue por la cantidad de pruebas que superaba a las otras muestras.

20. **Bibliografía:**

1. Anusavice, Kenneth J., Phillips Ciencia de los Materiales dentales., 11ª ed, Ed. Elsevier Science, 2004, Madrid, España.
2. Rodríguez G. Douglas R., Pereira S. Natalie A., CURRENT TRENDS AND EVOLUTION ON DENTAL COMPOSITES/ Evolución y tendencias actuales en las resinas compuestas, Acta Odontológica Venezolana Vol 46 Nº 3 / 2008
3. Guzmán Báez, Humberto José; Biomateriales odontológicos de uso clínico, 4ta ed, Ed. Ediciones Ecoe; Bogotá, Colombia, 2007, Capítulo I: Propiedades físicas y mecánicas aplicadas a los materiales de uso odontológico de uso odontológico. pp13-32, Capítulo XI Polimeros, pp 215-227. Capítulo XII Resinas compuestas pp221-250.
4. Cova, José Luis, Biomateriales dentales, 2 ed, Ed Amolca., 2010, "Capítulo 4 Materiales de obturación", 4.14 Resinas compuestas, pp 245-278.
5. Dixon H., Carol, W. Stephan Eakle., William F. Bird, Materiales Dentales; Aplicaciones clinicas, 2ed, Ed. Manual Moderno, Mexico 2012, pp279. Capítulo 2 "Ambiente bucal y consideraciones del paciente" pp5-11. Capítulo 5 "Principios de adhesión" pp33-42. Capítulo 6 "Compuestos de ionómero de vidrio y compómeros" pp49-64.
6. Phillips, Ralph W., La Ciencia de los Materiales Dentales de Skinner, 7ªed, Ed. Interamericana, México, Estado de México, 1976.
7. Macchi, Ricardo L., Materiales dentales; 4ed, Ed. Medica Panamericana. Buenos Aires, Argentina 2009 Capítulo 1 Materia y Materiales, pp1-13 Capítulo 2 Propiedades de los materiales, pp13-39. Capítulo 5 Materiales orgánicos, pp85-103, Capítulo 13 Composites pp.157-171
8. Barceló Santana, Federico Humberto; Palma C. Jorge Mario; Materiales dentales, Conocimientos básicos aplicados, 3ed. Ed Trillas, México D.F. 2008, Parte I Generalidades Terminología, pp12-35 Parte III Materiales para la restauración dentaria, terminología, pp74-145, Cap 11 Resinas Compuestas pp103-126.
9. Roth Francois, Los composites, Ed Masson, Paris, Francia 1993.
10. Bittencourt Berger, Sandrine, Muniz Palialol, Alan Rodrigo, Cavalli, Vanessa, G., Marcelo Characterization of Water Sorption, Solubility and Filler Particles of Light-Cured Composite Resins, Dent J (2009) 20(4): 314-318.
11. Giannini, Cristina, Roani, Roberta, Diccionario de restauración y diagnóstico, Ed Nerea, 2008, vista en línea 22-02-2015, disponible en: <https://books.google.com.mx/books?id=N6ro8FkEqtIC&pg=PA169&dq=radiopacidad&hl=es-419&sa=X&ei=B53qVJKRkcafNqv4gugJ&ved=0CCIQ6wEwAQ#v=onepage&q=radiopacidad&f=false>.
12. Desgaste de materiales, pdf en línea vista el 22-02-2015, disponible en: <http://www.utp.edu.co/~dhmesa/pdfs/desgaste.pdf>.
13. E., Davis, H. Troxell, G. E y Wiskocil, C. W., 1964 Ensayo e Inspección de los Materiales en Ingeniería. McGRAW-HILL
14. Razooki, Ali A., Aubi, Ira A, Solubility of nanofilled versus conventional composites. Pakistán Oral & Dental Journal Vol 34, No. 1 (March 2014), pp 118-121.
15. Luminosa Soberanes, Ester, Sorción acuosa de tres resinas compuestas, Vista en línea el 22-02-2015, disponible en; <http://www.odontologos.mx/odontologos/reportajes/esterluminosa/reportaje6esterluminosa.pdf>
16. Sideriou, Irini, Achillias, Dimitris S., Spyroudi, Chrysa, Karabela, Maria, Water sorption characteristics of light-cured dental resins and composites based on Bis-EMA/PCDMA. Received 29 January 2003; accepted 15 June 2003, I. Sideridou et al. / Biomaterials 25 (2004) 367–376.

17. Perfil técnico del producto, 3M™ Filtek™ P60 Restaurador Posterior. Visto en línea, 25/Marzo/2015, disponible en; multimedia.3m.com/mws/media/.../filtektm-p60-technical-profile.pdf
18. Perfil técnico del producto Flitek, 3M, Restaurador Universal, Filtek™ Z350, visto en línea el 25/Marzo/2015, disponible en; <http://multimedia.3m.com/mws/media/3487600/filtek-z350-technical-profile-spanish.pdf>
19. Perfil técnico del producto 3M Filtek™ Z250 Restaurador Universal, visto en línea el 25/Marzo/2015, disponible en; <http://multimedia.3m.com/mws/media/2926620/perfil-tecnico-filtek-z250.pdf>.
20. Perfil técnico de la resina Diamond, disponible en http://heraeus-kulzer.com/media/webmedia_local/downloads_new/charisma_9/charisma_diamond_3/Charisma_Diamond_PI_GB_ROW.pdf.
21. Sideridou, Irini D. *, Karabela, Maria M., Vouvoudi, Evangelia Ch., Physical properties of current dental nanohybrid and nanofill light-cured resin composites., *dental materials* 27 (2011) 598–607.
22. Whaites, Eric, Fundamentos de radiología dental, 4 ed, Ed Elsevier Masson.Barcelona; España, 2008.

Bibliografía de imágenes:

1. Anusavice, Kenneth J., Phillips Ciencia de los Materiales dentales., 11ª ed, Ed. Elsevier Science, 2004, Madrid, España. IMÁGENES: 4,5,9,12,14,15,24 y 25
2. Perfil técnico del producto Flitek, 3M, Restaurador Universal, Filtek™ Z350, visto en línea el 25/Marzo/2015, disponible en; <http://multimedia.3m.com/mws/media/3487600/filtek-z350-technical-profile-spanish.pdf> IMÁGENES: 22,23 y 28
3. Perfil técnico del producto, 3M™ Filtek™ P60 Restaurador Posterior. Visto en línea, 25/Marzo/2015, disponible en; multimedia.3m.com/mws/media/.../filtektm-p60-technical-profile.pdf IMÁGENES: 26
4. Bittencourt Berger, Sandrine, Muniz Palialol, Alan Rodrigo, Cavalli, Vanessa, G. Marcelo, Characterization of Water Sorption, Solubility and Filler Particles of Light-Cured Composite Resins, *Dent J* (2009) 20(4): 314-318. IMÁGENES: 6 y 11.
5. Barceló Santana, Federico Humberto; Palma C. Jorge Mario; Materiales dentales, Conocimientos básicos aplicados, 3ed. Ed Trillas, México D.F. 2008, Parte I Generalidades Terminología, pp12-35 Parte III Materiales para la restauración dentaria, terminología, pp74-145, Cap 11 Resinas Compuestas pp103-126. IMÁGENES: 10,13,19,20 y 21.
6. Phillips, Ralph W., La Ciencia de los Materiales Dentales de Skinner, 7ªed, Ed. Interamericana, México, Estado de México, 1976. IMÁGENES: 16,17 y 18.
7. Perfil técnico del producto 3M Filtek™ Z250 Restaurador Universal, visto en línea el 25/Marzo/2015, disponible en; <http://multimedia.3m.com/mws/media/2926620/perfil-tecnico-filtek-z250.pdf> IMÁGENES: 27