



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**VALORACIÓN DE DUREZA Y RESISTENCIA AL DESGASTE
DE RESINAS COMPUESTAS.**

T E S I S

Que para obtener el Título de:

CIRUJANA DENTISTA

Presenta:

WENDOLYN EDAENNA FONSECA CÁRDENAS

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'F. Barceló Santana', written over the name of the director.

DIRECTOR: DR. FEDERICO HUMBERTO BARCELÓ SANTANA

MÉXICO D.F.

2005

0350572

Agradecimientos:

Primero que nadie, gracias a ti Dios mío, amigo mío, quien has estado conmigo aún en las veces que he sentido la soledad, tu has estado ahí, acompañándome, consolando mi corazón. Te agradezco que me hayas dado una carrera, y que día con día me hayas fortalecido para lograr terminarla. El éxito es de los dos, pero la gloria es tuya. TE AMO.

A mis padres, quienes con su esfuerzo y constancia me han enseñado el valor de la integridad, la puntualidad, la perseverancia y la dedicación hacia todo trabajo. Gracias por cada día que me llevaron a la escuela, cada palabra de aliento, por su paciencia y cuidado en esos 7 años de "rodilla" (ustedes saben a lo que me refiero). Creo que nunca podré corresponder a su amor, pero trataré de intentarlo.

A Lizardo, quien ha sido un gran apoyo en mi vida, me has enseñado grandes cosas hermano, eres generoso y tierno, tengo tu ejemplo para seguir, te admiro y te amo. Gracias por cada momento divertido.

A Mariana, cuñadita, gracias por tu amistad y cariño. También fuiste parte y testigo de lo que esto costó.

A toda mi familia, Georgina Fonseca, Luis Becerril, y parientes que se encuentran lejos.

A las "nacas" Adriana Tenorio, Jazmín, Kuri, y Alejandra García, quienes hicieron realmente divertido el levantarse los sábados a las 7, con quienes compartí lágrimas y logros, nunca olvidaré lo grato que fue compartir esos 4 años con ustedes. Están bien locas!

A Mary Carmen Fontanet Rendón quien compartió conmigo parte de este camino desde la secundaria, gracias por tu amistad, por tu entrega, porque contigo he aprendido lo que es una verdadera amistad.

A mis hermanos en Cristo: Montse, Naye, Viris, Yoalli, Níkan, Franz, Javier "Ñiringuis", Denisse, Sandra, Diana, Emmanuel, Victor, Juan y Erika, Bonnie y Javier y demás... quienes son parte de mi familia, que oran por mí y con quienes me siento como en casa. Los amo mucho.

A Hevia Olmedo Ramírez, "flaca" gracias por ser mi amiga, por apoyarme y escucharme. Es genial tener a una persona como tu alrededor.

...Y a todos quienes de alguna manera me apoyaron para poder ver este sueño cumplido.

Al Dr. Federico H. Barceló Santana, quien con su paciencia y conocimiento tuvo a bien dirigir este proyecto.

INDICE

	Pág.
Índice	i
Resumen	iii
1.0 Introducción	1
2.0 Antecedentes	3
2.1 Monómeros usados para disminuir la viscosidad	4
2.2 Rellenos	4
2.3 Agentes de unión	5
2.4 Activadores e inhibidores de la polimerización	6
2.5 Clasificación de las resinas compuestas en base al relleno	6
2.6 Polimerización	7
2.7 Propiedades	8
2.8 Tipos de desgaste	8
2.9 Escalas de dureza	9
2.10 Mecanismo de desgaste	11
2.11 Investigaciones previas	13
3.0 Planteamiento del problema	19
4.0 Justificación	20
5.0 Hipótesis	21

6.0 Objetivos	22
6.1 Objetivo general	22
6.2 Objetivos específicos	22
7.0 Materiales y Métodos	23
7.1 Material equipo	23
7.2 Equipo	24
7.3 Metodología	25
7.4 Población de estudio	31
8.0 Resultados	33
8.1 Resultados de la prueba de desgaste	33
8.2 Análisis estadística de la prueba de desgaste	39
8.3 Resultados de la prueba de dureza	42
8.4 Análisis estadístico de la prueba de dureza	43
9.- Discusión	47
10.- Conclusiones	51
11.- Bibliografía	52

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue medir la dureza y cuantificar el porcentaje de desgaste de ocho diferentes marcas de resinas compuestas al ser sometidas a pruebas de dureza y desgaste utilizando un microdurímetro y un aparato oclisor dinámico respectivamente.

Se realizaron 21 muestras en total, de las cuales 14 fueron de forma cilíndrica (muestras de carga) y 7 en forma de disco. Se utilizaron dos muestras de carga por cada disco.

Las muestras cilíndricas o de carga y muestras en forma de disco se pusieron en contacto por medio del oclisor dinámico bajo una carga de 49.5g por 20 000 ciclos.

Las muestras en forma de disco también se utilizaron para medir la dureza en unidades Vickers bajo una carga de 1.961N durante 20 segundos por cada indentación.

Se realizó análisis estadístico de ANOVA de una vía y prueba de comparación de Tukey.

La resina que obtuvo el mayor valor de dureza fue Filtek P60, la que obtuvo el menor valor de dureza fue Admira.

El grado de desgaste fue evaluado tomando en cuenta el porcentaje de pérdida de peso de la muestra de carga, comparándolo con los demás resultados.

Según los datos obtenidos, la resina que sufrió mayor desgaste fue Tetric Ceram contra Filtek P60 y la que menos desgaste sufrió fue Filtek Supreme contra Filtek Z250.

Bajo esta metodología los resultados no demostraron que el grado de dureza y el grado de desgaste se correlacionen entre las resinas compuestas valoradas.

1.0 INTRODUCCIÓN

El uso de materiales de restauración estético en odontología ha sido tema de controversia debido a sus ventajas y desventajas cuando se les compara con los materiales de restauración convencionales como las amalgamas. Tradicionalmente, las resinas han sido utilizadas como materiales de restauración desde antes de los años 50 siendo mejoradas a partir de los 60 cuando se introdujeron las resinas compuestas. Posteriormente, estas fueron modificadas para ofrecer una gran variedad de usos así como diferentes tipos como son las resinas híbridas, las empacables y recientemente las conocidas como de tecnología nanométrica, todo esto con el objetivo de mejorar sus propiedades y ofrecer un material de restauración que se aproxime a las características físicas del diente. Entre estas propiedades se encuentran, estabilidad dimensional, módulo y resistencia flexural, insolubilidad a los fluidos bucales, dureza y resistencia al desgaste entre otros.

En este estudio, se evaluará la dureza y resistencia al desgaste entre resinas compuestas.

La dureza es la resistencia que ofrece un material a ser rayado o penetrado mientras que el desgaste es un fenómeno físico que ocurre cuando dos superficies al estar en movimiento se ponen en contacto entre sí mientras una carga es aplicada.¹ Este fenómeno ocurre en la cavidad al momento de la masticación, donde cúspides y fosetas dentales se ponen en contacto. Al existir dentro de este sistema, restauraciones a base de resinas compuestas, muchas veces de distinta marca y/o fabricante, surge la inquietud de tener

datos que revelen la dureza y el grado de desgaste que sufren los materiales de obturación ante estas condiciones.

Debido a la creación de un simulador de masticación dinámico, desarrollado en el Laboratorio de Investigación de Materiales Dentales por el C.D. Alejandro López Sánchez explicado en su tesis "Cuantificación del desgaste, de resinas compuestas, polímeros de cerámica optimizada directos y amalgama, en oclusión dinámica con esmalte utilizando un simulador de masticación dinámico" se pudieron reproducir movimientos masticatorios, con el propósito de evaluar la resistencia al desgaste que presentan algunas resinas compuestas de diferentes casas comerciales al ponerse en contacto entre sí. Así como también se realizó una comparación de la dureza que estas presentan utilizando un microdurímetro calibrado en unidades Vickers. De esta manera, se evaluó que resina es más dura y cual es más resistente al desgaste entre ellas.

2.0 ANTECEDENTES

Desde el surgimiento de la Odontología como ciencia, se ha buscado el restablecer la anatomía y salud del sistema masticatorio, tratando de combinar la estética con la función.

Debido a la necesidad de realizar restauraciones dentales de mayor índice estético, comenzaron a usarse los cementos de silicato como material de obturación, posteriormente se introdujeron las resinas acrílicas convencionales tanto para restauraciones directas como para la elaboración de incrustaciones, coronas de acrílico termocurable cementadas en cavidades previamente talladas, sin embargo, debido a ciertas propiedades como el bajo módulo de elasticidad y la falta de estabilidad dimensional de las resinas, se provocaba la fractura del cemento y por consiguiente la filtración y falla de la restauración.²

En esta búsqueda de un material de obturación estético con propiedades favorables para la cavidad oral, Bowen, a finales de los años 50, hace reaccionar bisfenol A con dos moléculas de glicidilmetacrilato (GMA) dando como resultado el bis fenol A glicidil meta acrilato (BIS-GMA), molécula de alto peso molecular, característica que le confiere el reducir el porcentaje de contracción de polimerización, frente al metacrilato de metilo, cuyo peso molecular es mucho menor.

A esta molécula BIS-GMA, se le agregaron otras de menor peso molecular para reducir su viscosidad, moléculas de relleno y agentes acoplantes, dando como resultado lo que ahora se conoce como resinas compuestas.

De este modo, se puede definir a las resinas compuestas como un material constituido por la mezcla de dos constituyentes principales; uno formado por mezclas de monómeros y oligómeros orgánicos conocido como matriz y otro repartido en la masa de esta matriz denominado relleno, constituido por partículas inorgánicas de diferentes tamaños, unidos entre sí mediante agentes de unión a base de silanos.³

2.1 Monómeros usados para disminuir la viscosidad

Estos monómeros, de más bajo peso molecular, utilizados para disminuir la viscosidad son: BISMA (bisfenol metacrilato) EGDMA (etilenglicol dimetacrilato) TEGMA (trietilenglicol metacrilato) y MMA (metil metacrilato).

2.2 Rellenos

El relleno es aquel componente de la resina compuesta que le confiere sus propiedades mecánicas y físicas.⁴

Su función es proporcionar rigidez, estabilidad, reducir la deformación y el coeficiente de expansión térmica de la matriz². Cuanto más alta sea la relación entre el relleno dimensionalmente estable y la resina dimensionalmente inestable, más bajo será el coeficiente de expansión térmica.²

Las partículas de relleno están conformadas por cuarzo cristalino y vidrio de cerámica de litio o ambos. Sin embargo se utilizan otros rellenos, como el silicato de calcio, las cuentas de vidrio, las fibras de vidrio y el beta-eucríptito. Se ha introducido también el uso de fluoruro de calcio. La dureza de los rellenos varía desde grandes partículas duras de cuarzo hasta pequeñas y suaves partículas de vidrio. Es deseable cierta radiopacidad en una

restauración, la cual se obtiene al mezclar rellenos que contengan vidrio de bario y estroncio.²

Cada fabricante los incorpora según su experiencia en un intento de obtener las propiedades más singulares:

Cuarzo: Aporta dureza y rigidez, fue de los primeros en utilizarse.

Compuestos de bario: Aumentan la radiopacidad

Sílice pirogénica: Base de las resinas compuestas de microrrelleno.

Silicatos de aluminio: Confiere resistencia a la mayoría de las resinas compuestas actuales.

Estroncio: Contribuye a aumentar la radiopacidad.

Zirconio: Obtenido por síntesis que mediante trituración, se obtienen partículas con tamaño de hasta .001 micras. Confiere dureza y resistencia.

Yterbio: En forma de tetrafluoruro de Yterbio, persigue una acción anticariogénica.³

2.3 Agentes de unión

Debido a que la fase orgánica (resina) es la más dúctil, reparte y transmite las fuerzas hacia la fase mineral que será la que resista la deformación, por tanto, es indispensable que la matriz y el relleno se encuentren perfectamente adheridos. Esto se logra mediante una molécula bifuncional, la cual es por un extremo compatible con la porción orgánica y por el otro con la porción inorgánica.^{3,4}

Los agentes de unión permiten la adhesión estable entre el relleno y la resina, lo cual es esencial para que el compuesto tenga resistencia y durabilidad. Si esta unión no es adecuada, se provocará el desprendimiento del relleno de la

superficie y, por consiguiente la penetración de agua entre la interfase matriz-relleno. Estos agentes actúan también como disipadores de tensión entre la matriz y el relleno evitando la concentración de fuerzas. Anteriormente se usaban los agentes de unión de vinil silano, ahora, se han reemplazado por compuestos más activos como el gamma-metacriloxipropil silano.^{2,4}

2.4 Activadores e Inhibidores de la polimerización

Las resinas compuestas contienen también sustancias que influyen en la reacción de polimerización como son los fotoactivadores derivados de la benzoína, la bensofenona, la acetofenona y la dicetona.

Los inhibidores de la fotopolimerización permiten controlar los períodos de inducción, asegurando así una mejor conservación del producto. Los inhibidores más utilizados son las quinonas.⁴

2.5 Clasificación de las resinas compuestas en base al relleno:

Este tipo de clasificación es en función del tamaño del relleno:

- ❖ *Macrorelleno:* Resinas compuestas cuyas partículas de relleno van de 5 a 30 μm .
- ❖ *Minirelleno:* Resinas compuestas cuyas partículas de relleno van de .1 a 5 μm .
- ❖ *Microrrelleno:* Resinas compuestas cuyas partículas de relleno son menores a .1 μm y hasta .04 μm .⁵ Basado en el sílice coloidal que presenta la ventaja de ser fácilmente fragmentado lo que permite la obtención de partículas muy pequeñas.

- ❖ *Híbridas*: Resinas cuyo contenido de partículas de relleno es una combinación de partículas intermedias con algo de las del tipo de sílice coloidal.
- ❖ *Nanopartículas*: Resinas con bajo contenido de relleno del orden de nanómetros.⁶

2.6 Polimerización:

Un polímero es aquella macromolécula compuesta de unidades estructurales pequeñas llamadas monómeros o meros que se enlazan en forma repetitiva para formar largas cadenas mediante uniones covalentes.

Este proceso consiste en la ruptura del doble enlace del monómero (que en este caso se encuentra en los extremos metacrilato del BIS-GMA y moléculas diacrílicas) por la acción de un iniciador, el cual puede ser químico, térmico o proveniente de una fuente luminosa. Al romperse la doble ligadura se forman radicales libres los cuales son muy reactivos debido a la presencia de un electrón no apareado. Este electrón buscará unirse a otra molécula con doble ligadura y se formarán nuevamente radicales libres que buscarán unirse a otra molécula con doble ligadura, y así sucesivamente hasta formar cadenas. En el caso de las resinas compuestas son cadenas cruzadas las cuales confieren rigidez, resistencia a la degradación, disminución de la solubilidad y disminución de la absorción de agua.

Inicialmente, dominaron las resinas autopolimerizables cuyo iniciador es un peróxido unido a una amina terciaria. Después se introdujeron las resinas activadas por luz ultravioleta, pero perdieron su uso debido a los riesgos hacia

el paciente y el profesional, dando lugar a las resinas polimerizables por luz visible del rango de luz azul.

2.7 Propiedades:

Las resinas tienen diferentes propiedades físicas como son: coeficiente de expansión térmica, contracción de polimerización, módulo de elasticidad, dureza, resistencia a la compresión y resistencia al desgaste entre otras, las cuales están en íntima relación con la cantidad y tipo de relleno que contengan.

Este estudio se enfocará a la resistencia al desgaste y a la dureza.

El **desgaste** puede definirse como “la pérdida progresiva de sustancia de la superficie de un cuerpo debido a una acción mecánica”. Estas acciones mecánicas pueden ser fricción, impacto y erosión de acuerdo a lo publicado por Zainal en 1990 en una revisión de la literatura sobre el desgaste en donde se mencionan varios tipos de este.¹

Desgaste: Es el desgaste más común y es aquel que ocurre cuando un material sólido se desliza ó es presionado sobre una superficie de otro material, causando la remoción de pequeñas partículas de la superficie.

Desgaste abrasivo: Ocurre cuando una superficie se desliza sobre otra y la más dura desgasta a la más suave, dando como resultado pérdida de la estructura.

Desgaste erosivo: Ocurre cuando partículas de un sólido o líquido chocan sobre la superficie de un cuerpo.

Desgaste por impacto: Ocurre cuando dos superficies soportan una carga repetida.

Desgaste corrosivo: Es una forma de desgaste químico, resultado de la interacción del ambiente en el cual se desarrolla el deslizamiento entre las superficies, seguido de la liberación de productos de reacción.¹

Bajo condiciones clínicas, las causas del desgaste pueden clasificarse en dos:

- Por contacto, causado por la fricción del diente con la restauración, o restauración con restauración.
- No contacto, causado por partículas de comida que quedan atrapadas entre las superficies oclusales y que al sufrir una fricción producen un deterioro del material.⁷

La **dureza** puede definirse como la resistencia a la penetración, al desgaste o al rayado. La dureza de un material es una medida que describe su resistencia a la indentación cuando una carga constante es aplicada. El estudio de la indentación sobre un material proporciona información de la resistencia del mismo a la deformación en puntos localizados y puntos de contacto como son los contactos oclusales. Los valores de dureza de resinas compuestas pueden indicar la capacidad del material a resistir el rayado y la abrasión así como su facilidad para ser pulidas. Esta propiedad puede medirse por los siguientes métodos:

Escala de Mohs: Va del 1 al 10, dando valores bajos a los materiales más blandos como el talco (1) y el yeso (2), y valores altos a los duros como el diamante (10).

Escala de Vickers: Mide la dureza de metales y aleaciones por medio de una pirámide de diamante. También puede utilizarse para materiales rígidos a base de resina.

Escala de Brinell: También se usa en metalurgia, por medio de cargas aplicadas con una bola de acero endurecido. Se mide el diámetro de la huella.

Escala de Rockwell: Se usa para medir la dureza de aceros, latón, bronce, plásticos, plomo y algunas aleaciones dentales de cobalto-cromo o acero al carbono. También es una bola de acero endurecida pero en este caso se mide la profundidad de la huella.

Escala de Knoop: Para medir dureza en materiales frágiles o quebradizos como silicio, vidrio, esmalte y dentina por medio de un penetrador de diamante en forma de pirámide alargada.

Escala de Shore-A: Se usa para medir la dureza de los materiales menos duros como hules, bandas elásticas etc.⁶

Los valores de dureza se describen con las siglas HN seguidas de la inicial del método empleado. Ejemplo: Dureza del esmalte y dentina usando equipo con la escala de Knoop = 340 y 70HNK respectivamente.⁶

Cuando se efectúan restauraciones en los dientes anteriores, es importante el mantenimiento de la forma anatómica, pero esta condición puede ser subordinada, relativamente, a una buena armonía óptica. En cambio, cuando se hacen restauraciones en premolares y molares en los que la restauración debe mantener algún contacto con el diente antagonista, el mantenimiento de la forma anatómica es fundamental para el correcto funcionamiento del sistema estomatognático. La restauración en esos casos, no debe perder la forma

anat3mica m1s de lo que la pierde normalmente el diente. Macchi reporta valores en donde la p3rdida en las c3psides de premolares y molares se encuentra en el orden de 30 μm por a1o (ligeramente mayor en los molares que en los premolares). Por lo tanto, cualquier material con el que se pretenda restaurar esa zona, no debe experimentar una p3rdida de la forma anat3mica significativamente mayor que esos 30 μm anuales.⁵

Para ello, y en las situaciones en que existe contacto con el antagonista, la resina compuesta debe tener un m3dulo de elasticidad (rigidez) que asegure que la deformaci3n que se produce ante cada esfuerzo oclusal sea reducida. De no ser as3, la continua deformaci3n y posterior recuperaci3n produce micro fracturas que hacen perder forma a la restauraci3n.

Durante la masticaci3n, se producen diferentes movimientos, por lo que el desgaste de las restauraciones es la conjunci3n de diferentes procesos. Como se mencion3 anteriormente, existen varios tipos de desgaste, los cuales intervienen en la p3rdida de la sustancia del material.

Una de las desventajas m1s importantes que tienen las resinas es el desgaste. Por ello, es necesario seleccionar aquella que, bajo las condiciones de la cavidad bucal, tenga el mejor desempe1o.

El mecanismo de desgaste puede describirse de la siguiente forma:

- P3rdida de la sustancia misma de la matriz.

- Pérdida de las partículas de relleno debido a hidrólisis en la interfase de adhesión matriz-relleno.
- Pérdida de las partículas de relleno debido a fracturas en la matriz.
- Exposición de espacios vacíos que debilitan al material, ya que la porosidad, hace más susceptible al material de ser abrasionado.¹

Por lo tanto, se puede decir que la resistencia al desgaste depende del tamaño, proporción por volumen, y dureza de las partículas de relleno, así como la calidad de la resina.

Uno de los primeros hallazgos al experimentar con las resinas compuestas fue el del incremento importante de su dureza superficial con respecto a las resinas acrílicas utilizadas anteriormente. Conviene diferenciar aquí que, dureza y resistencia al desgaste, aunque evidentemente están correlacionadas, son conceptualmente distintas. Phillips describe una dureza Knoop (HNK) de 15 para un acrílico sin relleno, entre 25 y 30 para una resina compuesta de microrrelleno y entre 50 y 60 para las resinas compuestas. La dureza era al principio muy inferior a la de otros materiales para obturación (amalgamas).³

Se deben de tomar en cuenta los factores que intervienen ya sea directa o indirectamente en el proceso de desgaste y dureza como son:

- Coeficiente de expansión térmica
- Módulo de elasticidad
- Profundidad y grado de curado
- ph

- Temperatura
- Cantidad, tipo de partícula y volumen de relleno
- Porcentaje de agentes adhesivos
- Tipo de polimerización y
- Carga

Ya que, como se mencionó anteriormente, el desgaste es la conjunción de diferentes procesos, así como la resistencia a la penetración.

El cambio de temperatura dentro del medio oral, afecta el coeficiente de expansión térmica de la resina produciendo una tensión dentro de la misma, que puede llevar a la formación de microfracturas dentro de la matriz.

Por sus propiedades físicas, las resinas híbridas demuestran ser más resistentes al proceso de desgaste que las convencionales o las de microrrelleno ya que presentan un menor coeficiente de expansión térmica, menor contracción de polimerización, y menor sorción de agua.¹

Según Jorgensen, la porosidad en la superficie de la resina, aumenta su susceptibilidad a ser abrasionada. Esta porosidad es mayor en las resinas quimiopolimerizables debido a que por su misma forma de polimerización, no todas las moléculas llegan a reaccionar, produciendo así la formación de burbujas, mismas que aumentan la porosidad, caso que en las resinas fotopolimerizables se da en mucho menor grado, dado que la fuente lumínica, usada para la polimerización es controlable junto con la cantidad de radiación. Esta ventaja permite regular la cantidad de energía lumínica repartida en la

superficie de la resina; mientras más energía lumínica, habrán mas fotones, por lo tanto más son las moléculas de canforoquinona que son alcanzadas para formar radicales libres.⁸

Abate en su estudio encontró que la cantidad total de energía generada durante la polimerización tiene influencia sobre los valores de dureza, pero no así cuando se modifica la distancia. Esto puede ser porque al ser alcanzadas mas moléculas de canforoquinona, forman la mayor cantidad de radicales libres, y por lo tanto la mayor cantidad posible de cadenas de polimerización, lo que hará al material menos débil.

Para determinar la resistencia al desgaste, los investigadores se apoyan en métodos in Vitro que simulan las condiciones de la cavidad oral. Poniendo a prueba el material y determinar si este es aceptable para ser usado como restauración. El material no es aceptable si es mas duro que el diente antagonista, ya que puede causar una abrasión que puede poner en riesgo la integridad del diente antagonista.

Gohring demostró que entre resinas, el grado de desgaste es estadísticamente significativo y mayor que entre esmalte vs esmalte. Observó también que una expansión higroscópica tiene lugar en el material, lo que conlleva a un mojamiento del mismo, el cual debilita más la interfase matriz-relleno.⁹

Suzuki et al, encontraron que hay menor desgaste en composites con relleno de cuarzo que con otros rellenos menos duros, aunque causan mayor desgaste en el antagonista.

Condon y Ferracane evaluaron el desgaste de composites usando un simulador que replicaba las condiciones de la cavidad oral. Ellos notaron que el desgaste en el esmalte es mayor cuando se pone en contacto con resinas cuyo relleno contiene partículas muy grandes.

En su estudio, Nagarajan, usó esferas de Aluminio con una dureza de 14.7 Giga Pascales (GPa) para ponerla en contacto con los discos de resina. Encontraron que el sílice y el aluminio reaccionan con el agua durante el deslizamiento, esta reacción produce hidróxido de sílice e hidróxido de aluminio, formando una película en la superficie del material la cual contiene una mezcla de pequeños fragmentos de relleno y productos de la reacción.

Observó también que el desgaste aumenta con la carga aplicada al material, estableciéndose una relación directamente proporcional hasta llegar a los 10 N donde el volumen de desgaste se vuelve independiente. Así también encontró que el volumen de desgaste está relacionado con la dureza del material.

Shabnian confirma en su estudio la relación carga-desgaste, poniendo a prueba una resina (Z100) junto con esmalte y un cemento de ionómero de vidrio, encontrando que el esmalte es el material que menor volumen de desgaste sufre ante una carga. Puso también a prueba estos materiales ante diferentes niveles de pH, sabiendo que es uno de los factores que intervienen en la resistencia al desgaste. Se encontró que la resina es el material que es menos susceptible al desgaste ante un pH ácido, mientras que el esmalte es el más susceptible.¹⁰

En un estudio anterior, Condon demuestra que cuando el porcentaje de relleno en volumen y el porcentaje de los agentes adhesivos es disminuido, el desgaste aumenta de manera lineal. Aunque la profundidad de curado no fue determinante en una mejora de la resistencia al desgaste, estudios anteriores demuestran lo contrario.¹¹

Durante la masticación, los dientes antagonistas atrapan y trituran partículas de comida, las cuales también producen un desgaste al ponerse en contacto con la estructura antagonista. La fuerza masticatoria puede elevarse de 50 hasta 150N, provocando que las cúspides entren en mayor contacto y producir así un desgaste localizado.

La abrasión toma lugar cuando hay un desgaste gradual de la matriz. Esto lleva al desalojo de las partículas de relleno, por lo que una íntima adhesión del relleno a la matriz es indispensable.

Es importante entonces, que la matriz se vea protegida por un volumen de partículas de relleno, que no sea menor al 48%¹¹. Según Jorgensen en la matriz debe existir un espacio entre partículas de 0.10nm como máximo para protegerla.

El almacenamiento en agua, probó ser también un factor que según Wassell, afecta los niveles de dureza en las resinas, al darse un ablandamiento de la misma.

Al ser sometida al agua, la resina sufre una degradación hidrolítica penetrando el agua en la matriz, separando las moléculas solubles de la insoluble eliminando la solución y reduciendo los niveles de dureza.¹²

Mandikos realizó un estudio a resinas polimerizables en horno, el cual confirma que el tipo, tamaño y volumen de las partículas de relleno determinan las propiedades físicas y mecánicas del material, aunque también tiene que ver el tipo de matriz usado. La presencia de relleno aumenta la resistencia a la compresión y la dureza de la matriz.¹³

Li et al reportaron que al cambiar la cantidad o porcentaje de relleno, se altera la dureza, sorción de agua, resistencia a la compresión, módulo elástico y resistencia al desgaste, sin embargo Frazier no encontró relación alguna entre la cantidad de relleno y resistencia al desgaste.¹³

Menciona también que al aumentar la cantidad de relleno, se aumenta la dureza en la superficie del material y que existe una relación entre los valores de dureza con la resistencia al desgaste.

Sharkey encontró que los valores de dureza de resinas compuestas disminuyen cuando son fotopolimerizadas por lámparas de plasma, demostrando que la polimerización con lámparas de halógeno arrojan valores más altos de dureza.¹⁴

El método de indentación para medir la dureza de un material es útil cuando las muestras presentan dimensiones reducidas como puede ser una muestra de esmalte, o el de una restauración adherida al diente. Sirve también para observar las características mecánicas del material cuando se estudian estos valores junto con los de resistencia a la fractura para determinar la fragilidad del mismo.¹⁵

Mejoras en las resinas compuestas aparecen de las diferentes compañías con diferentes nombres como manera de darnos un producto con un desempeño clínico más duradero. Esto a hecho que cada día se utilice más este material para la restauración de dientes de la parte posterior de la boca, dándose cada día más la posibilidad de estar en contacto antagónico dos superficies restauradas con diferentes marcas de resinas compuestas. Poca información se tiene de su desempeño en estas condiciones, por lo que presumimos que materiales con mayor número de dureza desgastaran mayormente a las de menor dureza.

3.0 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso cada vez mayor de materiales de restauración estético como son las resinas compuestas requiere del conocimiento de sus propiedades y su comportamiento dentro de la cavidad oral cuando son expuestas a cargas fisiológicas entre ellas.

Por lo tanto, es necesario conocer su resistencia a agresiones tales como el impacto y la penetración (dureza), así como el desgaste que sufren éstas al ser sometidas a fricción por contacto con otra resina. El hecho de ser un material de obturación usado en dientes anteriores y posteriores así como su uso cada vez mayor en restauraciones de zonas oclusales, se da más frecuente el contacto antagónico entre ellas.

4.0 JUSTIFICACIÓN

Dentro de los requisitos que exige la norma No. 27 de la ADA a las resinas indicadas por los fabricantes para ser utilizadas en dientes posteriores y anteriores, se encuentra el reportar valores de desgaste y dureza. Estos valores son mencionados en algunas de las resinas compuestas usadas para este fin pero no en todas.

La pretensión de los fabricantes de materiales de restauración estéticos como las resinas compuestas es lograr un valor de dureza lo más parecido al esmalte, pero ya que no existe esta información, es necesario obtener estos valores de dureza y realizar una comparación de resistencia al desgaste entre resinas compuestas que nos permita predecir el comportamiento que tendrán cuando se colocan en dientes en contacto oclusal entre arcadas antagonistas.

La existencia de un equipo para realizar pruebas de desgaste en el Laboratorio de Investigación de Materiales Dentales de la División de Estudios de Posgrado e Investigación permite realizar esta valoración por medio de un Aparato Ocluser Dinámico, así mismo el apoyo institucional permite tener acceso a equipo electrónico para medir la dureza de materiales.

5.0 HIPÓTESIS

Los valores de dureza de las resinas compuestas serán directamente proporcionales al grado de desgaste de la más dura sobre la menos dura.

HIPÓTESIS NULA

Los valores de dureza entre resinas compuestas no serán directamente proporcionales al grado de desgaste de la resina compuesta más dura sobre la menos dura.

6.0 OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Valorar la dureza y el grado de desgaste entre resinas compuestas de diferentes casas comerciales.

6.2 objetivos específicos

Medir la dureza de Filtek Z250, Filtek Supreme, Filtek P60, Solitaire, Pyramid, Admira, Prodigy y Tetric Ceram.

Valorar la resistencia al desgaste por fricción entre Filtek Z250, Filtek Supreme, Filtek P60, Solitaire, Pyramid, Admira, Prodigy y Tetric Ceram.

7.0 MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Material

La siguiente figura muestra la presentación de las diferentes marcas comerciales de las resinas compuestas usadas en este estudio. Comenzando de arriba hacia abajo se encuentra Pyramid, Solitaire, Filtek Supreme, Filtek P60, Filtek Z250 y Admira. Del lado izquierdo se encuentran Tetric Ceram y Prodigy.

Figura 1 Marcas comerciales de resinas compuestas.



La tabla 1 contiene las casas comerciales a las cuales pertenecen las resinas compuestas utilizadas en la investigación y su tipo de relleno.

Tabla 1 Descripción de marca y tipo de relleno de las resinas compuestas.

Material	Fabricante	No. De Lote	Tipo de Relleno
Filtek Supreme	3M Irving CA	2AJ2005-07	Zirconia silice
Filtek Z250	3M Irving CA	20010726	Zirconia silice
Filtek P60	3M Irving CA	20021211	Zirconia silice
Admira	Voco Cuxhaven Alemania	351313	Ormocera
Solitaire 2	Kulzer Hanau Alemania	010229	Dióxido de silicio
Pyramid	Bisco Schaumburg IL	0100006377	Sílice amorfa
Tetric Ceram	Ivoclar México D.F.	F09270	Relleno cerámico
Prodigy	Kerr Orange CA	305A21	Vidrio de bario

7.2 Equipo

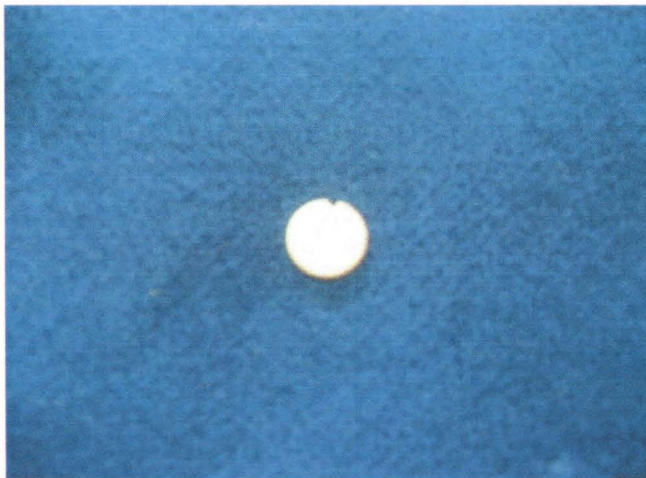
- Lámpara de fotopolimerizado: Heraus Kulzer 08mm/4315S.Lafayette Blvd. Translux Energy 100-240v, 50/60Hz/SN 01320207, de 450 mW
- Aparato oclisor dinámico para simular las condiciones del sistema masticatorio PUMA
- Microdurímetro Microhardness Tester, Modelo HMV-2 ASSY, No. I63013500071, Shimadzu Corporation, Hecho en Japón.
- Condensador de resina
- Balanza analítica OHAUS 1.2 A, GA 200, 208812
- Estroboscopio general Radio Company, Cancord Massachussets, Usa STROBOTAC TYPE 1531
- Guantes
- Cápsulas de gelatina de 4mm de altura por 6.17mm de diámetro
- portaobjetos
- Agua destilada
- Conformador de Muestras
- Cinta Mylar
- Papel abrasivo de óxido de aluminio # 600 (Fandeli México)

7.3 Metodología

Se elaboraron 21 muestras en total para realizar la prueba de las cuales 7 se hicieron en forma de disco y 14 en forma cilíndrica. Para la elaboración de las muestras de disco se utilizó un conformador para muestras con diámetro de 15 ± 1 mm y espesor variable de acuerdo a la Norma #27 de la ADA en el requerimiento 7.9 donde se describe la elaboración de muestras para sorción acuosa. El espesor de dichas muestras fue de $1\frac{1}{2} \text{ mm} \pm .5 \text{ mm}$.

En la figura 2 se observa una muestra de disco, a la cual se le realizó una muesca en su borde con el fin de entrar en contacto con el tornillo de la base inferior del oclusor dinámico.

Figura 2 Muestra en forma de disco.



Cada disco fue pulido metalográficamente por sus dos caras de forma manual sobre un papel de óxido de aluminio de #600. Fandeli Méx. Se elaboraron 14 muestras de forma cilíndrica con punta roma de cada una de las resinas compuestas a las cuales se les denominó muestras de carga ya que estas fueron las muestras sobre las cuales se aplicó una carga de 49.5g. Se utilizaron para su elaboración cápsulas de gelatina de 4mm de altura por 6.17 mm de diámetro. En la figura 3 se observa una cápsula de gelatina utilizada para realizar dichas muestras.

Figura 3 Cápsula utilizada para conformar las muestras cilíndricas.



Cada muestra fue fotopolimerizada de acuerdo al tiempo recomendado por el fabricante. Todas las muestras se almacenaron en agua a 37°C durante 7 días. A todas las muestras ya sea de carga o de disco se les asignó una clave de acuerdo a su marca comercial de la siguiente manera: se denominó a cada resina compuesta con una letra del abecedario más un número que van desde

A1 hasta H8 para así trabajar a ciego desconociendo la marca comercial al realizar la prueba, tal y como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1

A1	B2	C3	D4	E5	F6	G7	H8
Solitaire	Admira	Prodigy	Pyramid	FiltekP60	FiltekZ250	Filtek Supreme	Tetric Ceram

En el siguiente cuadro (2), se muestra el orden que se llevó a cabo para realizar la prueba dentro del oclisor dinámico en donde cada resina compuesta fue puesta a prueba contra las otras 7 resinas.

Cuadro 2 Combinaciones realizadas para trabajar dentro del Oclisor.

Filtek Z250	Filtek Supreme	Filtek P60 vs	Solitaire vs	Pyramid vs	Admira vs	Prodigy vs	Tetric Ceram vs
vs	vs						
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Filtek Supreme	Z250	Z250	Z250	Z250	Z250	Z250	Z250
Filtek P60	Filtek P60	Filtek Supreme	Filtek Supreme	Filtek Supreme	Filtek Supreme	Filtek Supreme	Filtek Supreme
Solitaire	Solitaire	Solitaire	Filtek P60	Filtek P60	Filtek P60	Filtek P60	Filtek P60
Pyramid	Pyramid	Pyramid	Pyramid	Solitaire	Solitaire	Solitaire	Solitaire
Admira	Admira	Admira	Admira	Admira	Pyramid	Pyramid	Pyramid
Prodigy	Prodigy	Prodigy	Prodigy	Prodigy	Prodigy	Admira	Admira
Tetric Ceram	Tetric Ceram	Tetric Ceram	Tetric Ceram	Tetric Ceram	Tetric Ceram	Tetric Ceram	Prodigy

Se utilizaron dos muestras de carga por cada muestra de disco. Sin embargo, sólo se utilizó una superficie de la muestra de disco que fue sobre la cual se irradió la energía lumínica. Esta misma superficie se utilizó para valorar la dureza.

Se midió el peso de las muestras de carga antes de cada prueba utilizando una balanza analítica y guantes en cada medida, todo esto dentro de un cuarto con temperatura y humedad controlados ($22\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $55\pm 5\%$ de humedad relativa) como se muestra en la figura 4.

Figura 4 Balanza analítica en donde se obtuvieron los resultados de peso.



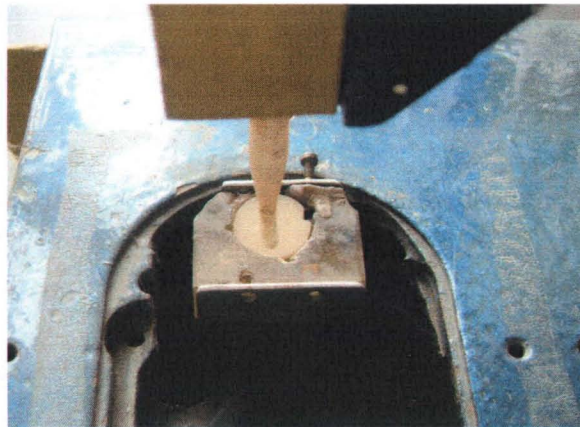
Este procedimiento no fue realizado en las muestras en forma de disco, ya que estas no iban a ser valoradas conforme a su peso.

Para cada prueba, la muestra de carga fue introducida dentro del vástago que se encuentra en el brazo superior del oclusor, el cual desciende para entrar en

contacto con la muestra en forma de disco que es colocada dentro de un molde de acrílico prefabricado en la base inferior del oclisor la cual es la parte del aparato que reproduce movimientos de deslizamiento, aplicando una carga de 49.5 g.

En la figura 5 se observa la base inferior del oclisor dinámico en donde se colocaron los discos.

Figura 5 Oclisor Dinámico.



En la figura 6 se observa un estroboscopio con el cual se verificó que el oclisor dinámico reprodujera 20 000 ciclos de deslizamiento para cada muestra.

Figura 6 Estroboscopio.



En cada prueba se utilizó una irrigación de agua a 37°C verificado con un termómetro digital como lo muestra la figura 7.

Figura 7 Termómetro del Ocluser Dinámico.



Posteriormente, se retiró la muestra de carga del vástago y se secó con toallas de papel desechables por 15 segundos para que los residuos de agua no fueran un factor que alterara el peso. Se registró nuevamente su peso en la balanza analítica la cual tiene una aproximación de 0.0001g. Estos datos fueron recolectados para evaluar la pérdida de material de cada muestra de carga.

Una vez sometidas a los ciclos en el ocluser, las siete muestras en forma de disco de cada resina fueron sometidas a prueba de dureza utilizando un microdurómetro marca Shimadzu HMV-2 ASSY (figura 8). Cada muestra fue indentada en cinco puntos diferentes bajo una carga de 1.961N por 20 segundos en unidades Vickers.

Figura 8 Microdurímetro.



7.4 Población de Estudio

Universo de Trabajo: Resinas compuestas indicadas para restauraciones posteriores y anteriores mencionadas en el cuadro 1.

Tipo de Estudio: Transversal comparativo

Criterios de Inclusión: Resinas compuestas indicadas para restauraciones directas Filtek P60, Z250, Filtek Supreme, Solitaire, Pyramid, Tetric Ceram y Prodigy.

Criterios de Exclusión: Cualquier otra marca de resina que no sea mencionada en los criterios de inclusión.

Variable Independiente: Tipo y cantidad de relleno que contiene la resina, matriz orgánica y composición de la resina.

Variable Dependiente: Número de ciclos, temperatura del agua, peso de la carga, velocidad con que trabaja el ocluser, carga, peso y tiempo de indentación del microdurímetro.

Análisis Estadístico: Se realizó un análisis estadístico de Varianza (ANOVA) y de Tukey para hacer una comparación entre grupos.

8.0 RESULTADOS

8.1 Resultados de la prueba de desgaste

Como se mencionó anteriormente, se utilizaron dos muestras de carga por una muestra de disco, a las cuales se les denominó muestra de carga 1 (M1) y muestra de carga 2 (M2). El cuadro No. 3 muestra el porcentaje de pérdida en peso de la muestra de carga 1 (M1) y la muestra de carga 2 (M2) obtenido de la siguiente manera:

$$\% = (P_i - P_f / P_i) 100$$

en donde P_i corresponde al peso inicial, o sea el peso de la muestra de carga antes de ser sometida a prueba de desgaste y P_f que corresponde al peso final, es decir, el peso de la muestra de carga después de haber sido sometida a prueba de desgaste, dando como resultado el porcentaje de pérdida de peso de cada una de las muestras de carga.

Se muestra así mismo en este cuadro, cada una de las combinaciones realizadas en la prueba, en donde la primera clave (A1, B2, C3 etc), corresponde a la muestra de carga, y la segunda, es decir, la clave que va después de la diagonal corresponde al disco utilizado en la prueba.

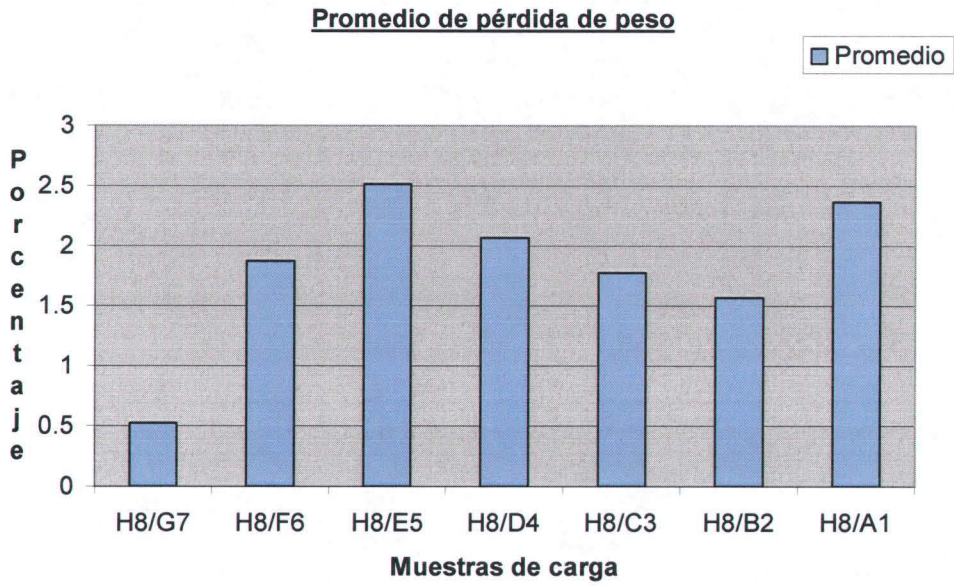
Cuadro 3

PORCENTAJES OBTENIDOS DESPUÉS DE REALIZAR LA PRUEBA DE DESGASTE

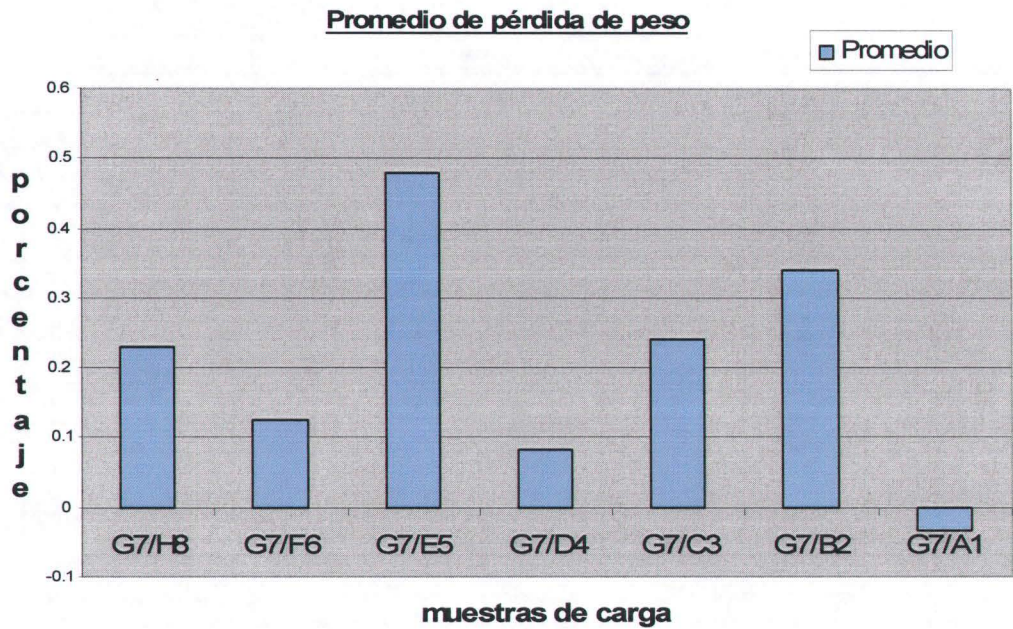
	H8/G7	H8/F6	H8/E5	H8/D4	H8/C3	H8/B2	H8/A1
%M1=	0.78459	1.9695	2.6363	2.1394	1.52998	1.58206	1.59313
%M2=	0.25974	1.77914	2.38885	1.996	2.02429	1.54539	3.1363
Promedio	0.522165	1.87432	2.512575	2.0677	1.777135	1.563725	2.364715
	G7/H8	G7/F6	G7/E5	G7/D4	G7/C3	G7/B2	G7/A1
%M1=	0.06825	0.19011	0.70134	0.16611	0.06523	0.18575	0.18891
%M2=	0.39018	0.05834	0.25624	0	0.41716	0.49342	-0.25542
Promedio	0.229215	0.124225	0.47879	0.083055	0.241195	0.339585	-0.033255
	F6/H8	F6/G7	F6/E5	F6/D4	F6/C3	F6/B2	F6/A1
%M1=	0.71599	0.35285	0.12247	0.56074	0.44757	0.87131	0.49019
%M2=	0.61766	0	0.41592	1.09823	0.26229	0.47265	0.18891
Promedio	0.666825	0.176425	0.269195	0.829485	0.35493	0.67198	0.33955
	E5/H8	E5/G7	E5/F6	E5/D4	E5/C3	E5/B2	E5/A1
%M1=	0.21845	0.25608	0.46153	0.40547	0.33726	0.25746	0.14749
%M2=	0.57232	0.05293	0.43811	0.89567	0.26455	0.56465	0.93555
Promedio	0.395385	0.154505	0.44982	0.65057	0.300905	0.411055	0.54152
	D4/H8	D4/G7	D4/F6	D4/E5	D4/C3	D4/B2	D4/A1
%M1=	0.25526	0.06381	0.37064	0.20661	0.32071	0.20519	0.73529
%M2=	0.29304	0.46697	0.35038	0.28768	0.35112	0.21505	0.39215
Promedio	0.27415	0.26539	0.36051	0.247145	0.335915	0.21012	0.56372
	C3/H8	C3/G7	C3/F6	C3/E5	C3/D4	C3/B2	C3/A1
%M1=	1.71463	0.15048	1.85062	1.24333	2.28907	1.12389	1.26262
%M2=	2.54041	0.60015	1.41043	1.0949	1.46305	1.57642	2.02429
Promedio	2.12752	0.375315	1.630525	1.169115	1.87606	1.350155	1.643455
	B2/H8	B2/G7	B2/F6	B2/E5	B2/D4	B2/C3	B2/A1
%M1=	0.65111	0.25706	0.93847	0.99552	0.83203	1.41509	0.67437
%M2=	0.70308	0.16304	0.86089	0.11336	0.61486	1.49613	0.68746
Promedio	0.677095	0.21005	0.89968	0.55444	0.723445	1.45561	0.680915
	A1/H8	A1/G7	A1/F6	A1/E5	A1/D4	A1/C3	A1/B2
%M1=	0.86058	0.26001	0.2474	0.65789	0.73349	0.67079	0.11448
%M2=	0.37433	0.4145	0.56759	0.40745	1.00166	0.16313	0.35005
Promedio	0.617455	0.337255	0.407495	0.53267	0.867575	0.41696	0.232265

Se observa en este cuadro que la muestra de carga que sufrió menos pérdida de peso fue G7(Filtek Supreme) contra el disco D4(Pyramid). Por otro lado, la muestra de carga que sufrió la mayor pérdida de peso fue H8(Tetric Ceram) al ser puesta a prueba contra el disco E5(Filtek P60).

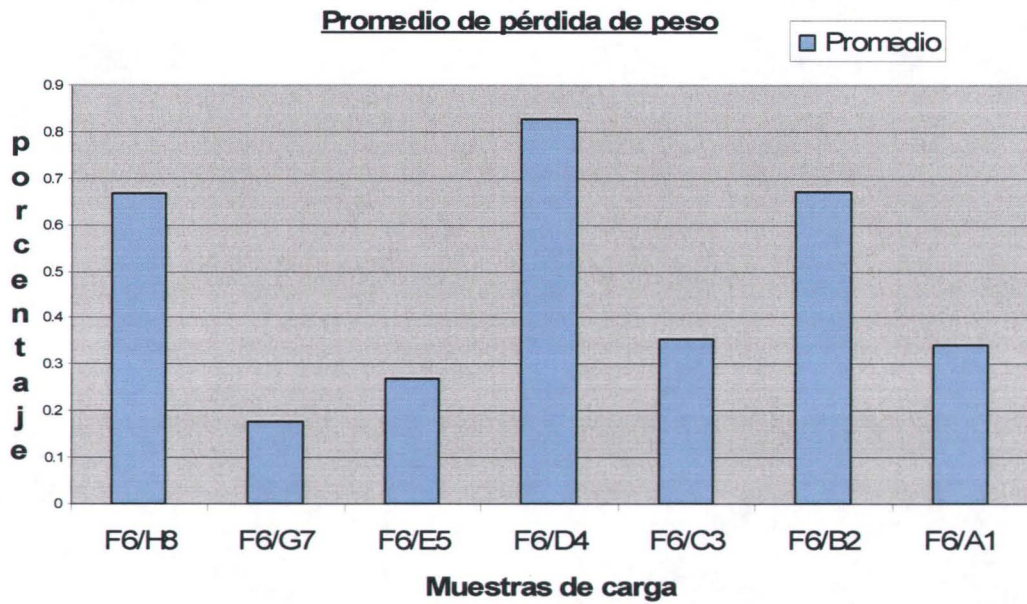
Gráfica 1 Promedio de pérdida de peso en porcentaje entre Tetric Ceram y las demás resinas compuestas.



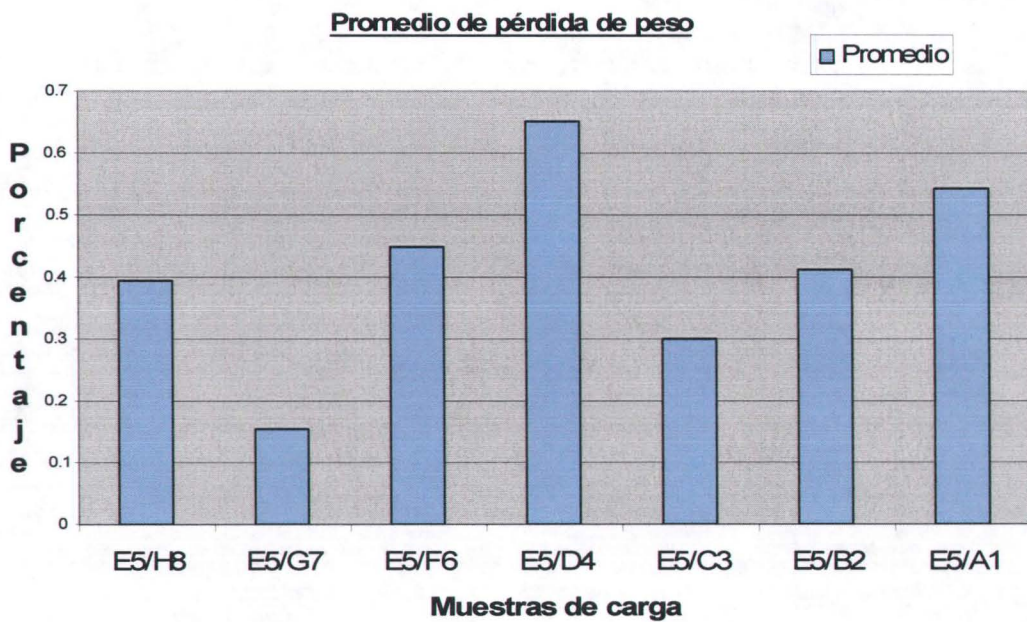
Gráfica 2 Promedio de pérdida de peso en porcentaje entre Filtek Supreme contra las demás resinas compuestas.



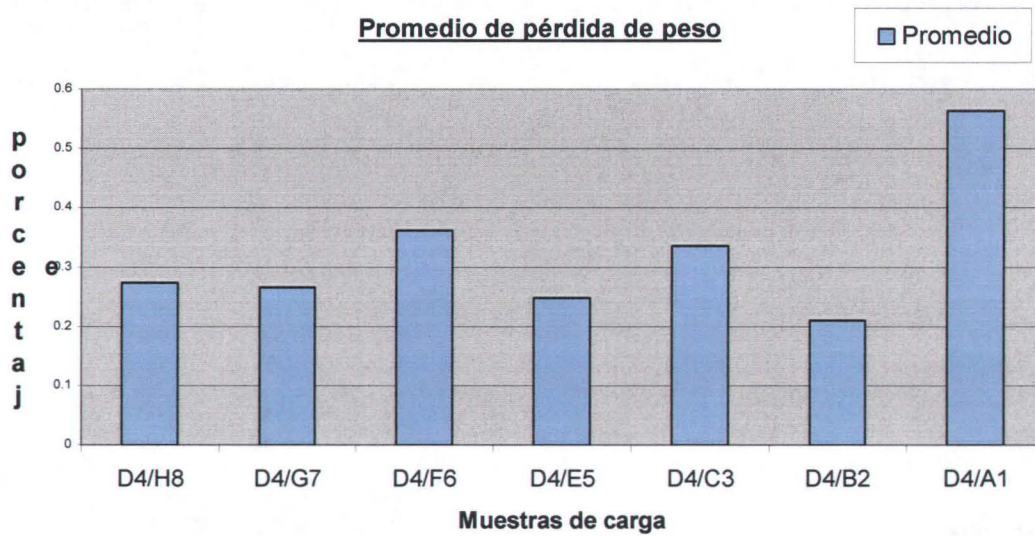
Gráfica 3 Promedio de pérdida de peso en porcentaje entre Filtek Z250 contra las demás resinas compuestas.



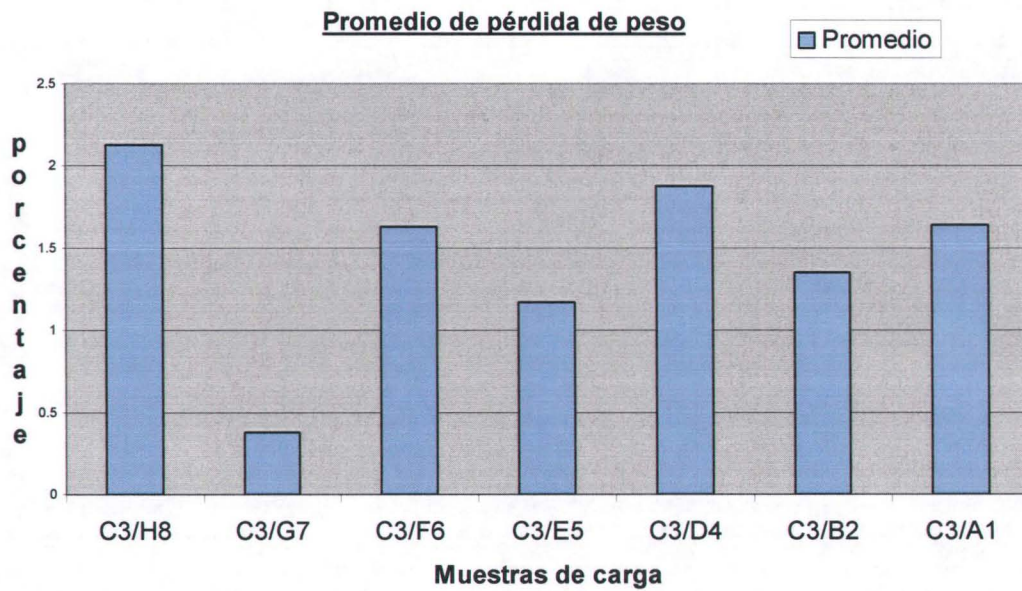
Gráfica 4 Promedio de pérdida de peso en porcentaje entre Filtek P60 contra las demás resinas compuestas.



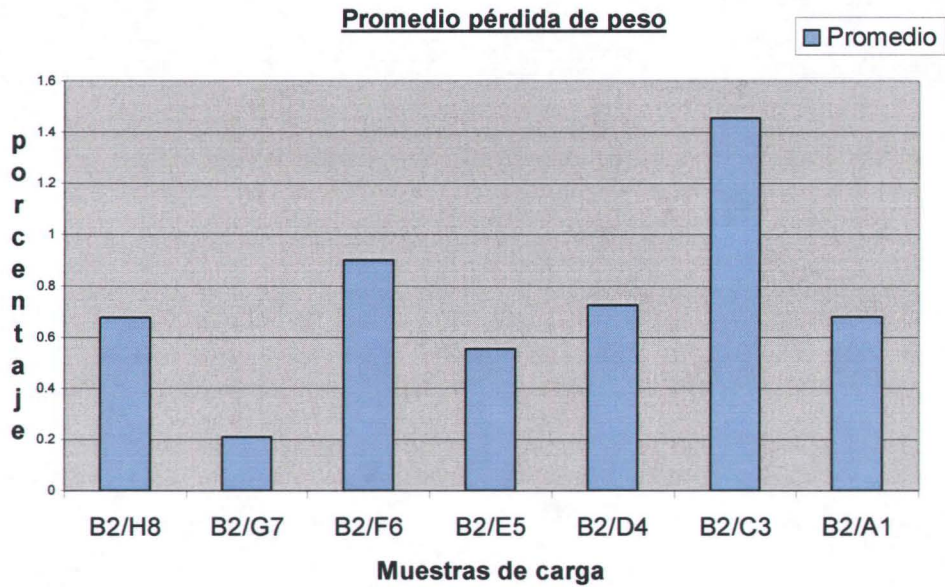
Gráfica 5 Promedio de pérdida de peso en porcentaje entre Pyramid contra las demás resinas compuestas.



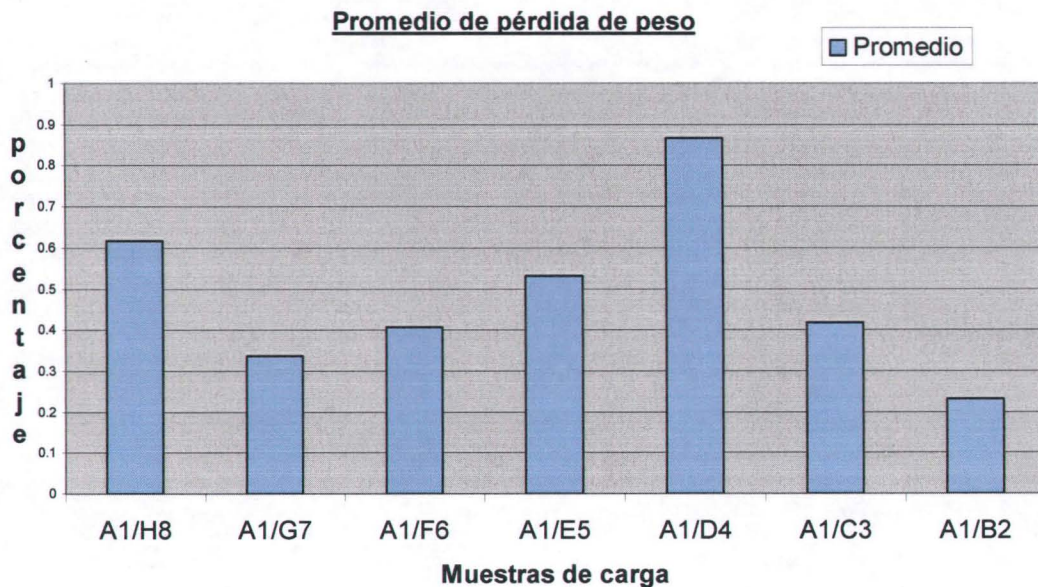
Gráfica 6 Promedio de pérdida de peso en porcentaje entre Prodigy contra las demás resinas compuestas.



Gráfica 7 Promedio de pérdida de peso en porcentaje entre Admira contra las demás resinas.



Gráfica 8 Promedio de pérdida de peso en porcentaje entre Solitaire contra las demás resinas compuestas.



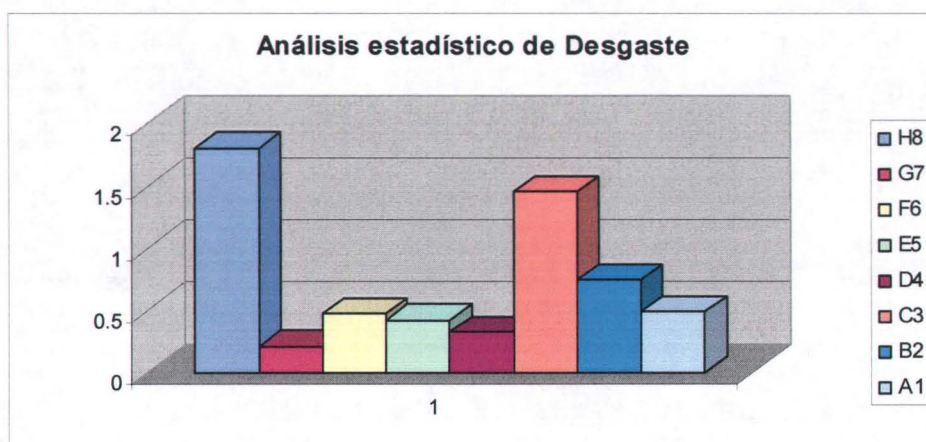
8.2 Análisis estadístico de la prueba de desgaste

Para la prueba de desgaste se realizó el análisis de varianza de una vía introduciendo al programa SigmaStat 2.0 el promedio del porcentaje de cada grupo obteniéndose los siguientes datos:

Tabla 2 Resultados del análisis estadístico.

Grupo	Media	Desv. Std
H8	1.811	.657
G7	0.209	.170
F6	0.473	.247
E5	0.415	.160
D4	0.322	.118
C3	1.453	.571
B2	0.743	.379
A1	0.487	.209

Gráfica 9 Valores de la media obtenida en el análisis de varianza en donde las unidades están dadas en porcentaje.



Esta gráfica muestra que en promedio, las resinas compuestas que en porcentaje sufrieron el mayor desgaste fueron H8 (Tetric Ceram) y C3 (Prodigy) y la que menos desgaste sufrió fue G7 (Filtek Supreme).

Al realizar la prueba de Tukey de comparación entre grupos, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 3 Resultados de la prueba de Tukey.

Comparación	Diferencia de Medias	P<0.05
H8 vs G7	1.602	Si
H8 vs D4	1.489	Si
H8 vs E5	1.396	Si
H8 vs F6	1.339	Si
H8 vs A1	1.324	Si
H8 vs B2	1.608	Si
H8 vs C3	0.358	No
C3 vs G7	1.244	Si
C3 vs D4	1.131	Si
C3 vs E5	1.038	Si
C3 vs F6	.981	Si
C3 vs A1	.966	Si
C3 vs B2	.710	Si
B2 vs G7	.534	No
B2 vs D4	.421	No
B2 vs E5	.328	No
B2 vs A1	.256	No
A1 vs G7	.278	No
A1 vs D4	.165	No
A1 vs E5	.0726	No
A1 vs F6	.0148	No
F6 vs G7	.264	No
F6 vs D4	.150	No
F6 vs E5	.0578	No

E5 vs G7	.206	No
E5 vs D4	.0924	No
D4 vs G7	.113	No
B2 vs F6	.270	No

Se demostró una diferencia estadísticamente significativa para Tetric Ceram vs Filtek Supreme, Pyramid, Filtek P60, Filtek Z250, Solitaire, y Admira con $P < 0.05$

No se encontró alguna diferencia estadísticamente significativa entre Tetric Ceram y Prodigy con $P < 0.05$

Se encontró una diferencia estadísticamente significativa para Prodigy vs Filtek Supreme, Pyramid, Filtek P60, Filtek Z250, Solitaire, y Admira con $P < 0.05$

Para todas las demás combinaciones no se encontró una diferencia estadísticamente significativa.

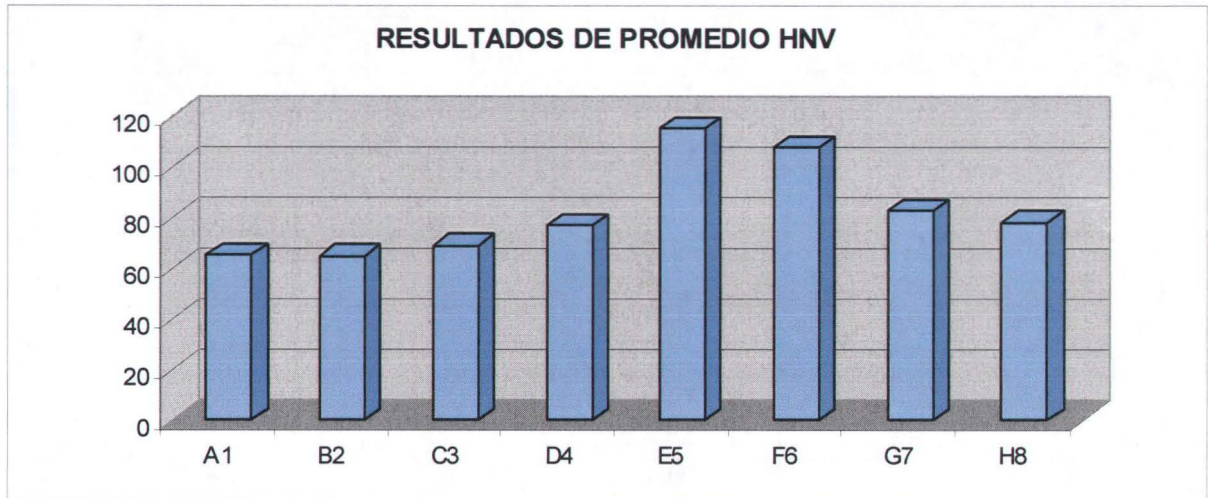
8.3 Resultados de la prueba de Dureza

La tabla No. 4 muestra los valores obtenidos en el microdurómetro. Por cada indentación realizada en el disco se obtenía un valor. Cada valor de la tabla representa el promedio de las cinco indentaciones. Los siete valores por cada clave (resina compuesta) representan los siete discos conformados para la prueba de desgaste.

Tabla 4 Valores obtenidos en el microdurómetro.

	A1	B2	C3	D4	E5	F6	G7	H8
	66.08	65.76	76.18	86.2	113.6	110.44	68.02	92.04
	67.34	65.48	58.92	69.66	113.02	99.1	59.62	76.5
	55.8	57.86	52.24	62.42	113	123.4	76.52	61.2
	61.84	61.44	73.2	79.6	108	95.4	116.8	87.14
	77.6	76.52	76.76	67.54	117.8	112.8	101.84	90.58
	69.54	68.84	67.24	85.74	113.46	105.86	70.28	73.62
	59.5	59.7	81	87.64	130.4	111.06	89.24	68.58
Promedio	65.38	65.08	69.36	76.97	115.61	108.29	83.18	78.52

Gráfica 10 Promedio de los valores obtenidos en el microdurímetro.



8.4 Análisis estadístico de la prueba de dureza

Para la prueba de dureza se realizó el análisis de varianza de una vía introduciendo al programa SigmaStat 2.0 el promedio de los valores obtenidos en el microdurímetro los cuales se muestran en la tabla No. 3.

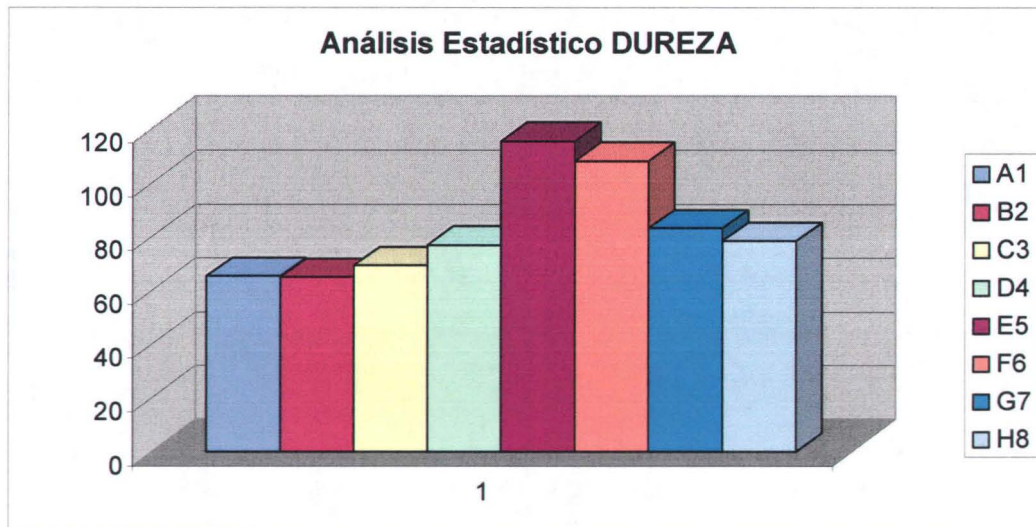
Tabla 5 Resultados del análisis estadístico.

Grupo	Media	Desv. Std
A1	65.386	7.186
B2	65.086	6.324
C3	69.363	10.473
D4	76.971	10.303
E5	115.611	7.114
F6	108.294	9.287
G7	83.189	20.457
H8	78.523	11.757

En la tabla No. 5 se muestra los resultados al realizar el análisis de varianza (ANOVA). La primer columna muestra las claves de los discos, la segunda

columna muestra los valores de la media (ampliados en la gráfica No.11), y la tercera muestra los valores de la desviación standard.

Gráfica 11



Esta gráfica muestra que en promedio, las resinas compuestas que arrojaron los valores de dureza más altos fueron E5 (Filtek P60=115.611) y F6 (Filtek z250=108.294) y la resina compuesta menos dura fue B2 (Admira=65.086).

Al realizar la prueba de tukey de comparación entre grupos se obtuvo lo siguiente:

Tabla 6 Resultados de la prueba de Tukey.

Comparación	Diferencia de Medias	P<0.05
E5 vs B2	50.526	Si
E5 vs A1	50.226	Si
E5 vs C3	46.249	Si
E5 vs D4	38.640	Si
E5 vs H8	37.089	Si
E5 vs G7	32.423	Si

E5 vs F6	7.317	No
F6 vs B2	43.209	Si
F6 vs A1	42.909	Si
F6 vs C3	38.931	Si
F6 vs D4	31.323	Si
F6 vs H8	29.771	Si
F6 vs G7	25.106	Si
G7 vs B2	18.103	No
G7 vs A1	17.803	No
G7 vs C3	13.826	No
G7 vs H8	4.666	No
H8 vs B2	13.437	No
H8 vs A1	13.137	No
H8 vs C3	9.160	No
H8 vs D4	1.551	No
D4 vs B2	11.886	No
D4 vs A1	11.586	No
D4 vs C3	7.609	No
C3 vs B2	4.277	No
C3 vs A1	3.977	No
A1 vs B2	.300	No
G7 vs D4	6.217	No

Se encontró una diferencia estadísticamente significativa con Filtek P60 vs Admira, Solitaire, Prodigy, Pyramid, Tetric Ceram y Filtek Supreme con $P < 0.05$
No se encontró una diferencia estadísticamente significativa con Filtek P60 y Filtek Z250 con $P < 0.05$

Se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre Filtek Z 250 y Admira, Solitaire, Prodigy, Pyramid, Tetric Ceram y Filtek Supreme con $P < 0.05$

Para todas las demás combinaciones no se encontró alguna diferencia estadísticamente significativa.

9.0 DISCUSIÓN

Al realizar la valoración del desgaste con el Ocluser Dinámico PUMA, bajo las condiciones de carga fija de 49.5g, número de ciclos verificados con un estroboscopio y condiciones de humedad controlados, se puede argumentar que los resultados obtenidos fueron en todos los casos bajo las mismas condiciones.

El equipo utilizado en este trabajo para la prueba de dureza es computarizado, por lo que los resultados y cálculos fueron registrados de manera automática dejando a un lado el error humano. Así mismo el número de valores de cada resina proporcionó un extenso universo para el análisis estadístico.

El grado de desgaste bajo esta metodología se pudo realizar al poner en contacto dos diferentes marcas de resina, una en forma cilíndrica que representa a la cúspide de carga y otra en forma de disco que representa a la superficie sobre la que se aplica la carga. Este procedimiento permitió obtener valores de pérdida de peso de la muestra de carga.

El desgaste observado al ser sometidas a prueba las resinas antes mencionadas, puede describirse como una combinación de desgaste abrasivo y desgaste erosivo ¹, en donde la resina más dura desgastó a la menos dura, El desgaste se observó como una franja cóncava en la superficie del disco y como un achatamiento en la curvatura de la muestra de carga.

Según la media obtenida en el análisis de varianza, la resina que se desgastó más fue Tetric Ceram, seguida de Prodigy, Admira, Solitaire, Filtek Z250, Filtek P60, Pyramid, y por último Filtek Supreme. Sin embargo, este orden varía de acuerdo a las diferentes combinaciones de las resinas que se sometieron a prueba.

Al relacionar estos valores con los obtenidos por medio del microdurómetro, se encontró que Filtek P60 fue la resina que obtuvo el mayor valor de dureza (HNV=115.61), pero también demostró uno de los menores valores de desgaste. Así mismo, también se observó que la resina que obtuvo los menores valores de dureza fue Admira (HNV=65.08) la cual no sufrió un desgaste muy marcado.

Estos resultados corroboran lo reportado por Michael N. Mandikos en su artículo "Comparación entre la resistencia al desgaste y dureza de resinas compuestas indirectas" en donde se sugiere que no existe una relación directa entre la dureza y la resistencia al desgaste en resinas compuestas.¹³

Como lo reporta Yap en su estudio "Comportamiento al desgaste de nuevas resinas compuestas", se esperaba un desempeño mejor por parte de Filtek Supreme ya que debido a su contenido de tamaño de partícula de 20 nm (nanopartícula) comparado con las partículas de microrrelleno de 40nm, mantiene una superficie relativamente más suave lo que minimizó la fricción y el desgaste¹⁶.

La resistencia al desgaste y la dureza dependen del contenido de relleno y su porcentaje en volumen, sin embargo el desgaste y la dureza no están relacionados entre sí. Según Yap, el desgaste disminuye cuando es aumentado el porcentaje de relleno.

Como lo muestran los valores dados en porcentaje en el cuadro No.3, unas resinas son más resistentes al desgaste que otras, esto puede deberse a mecanismos de fatiga. El desgaste por fatiga ocurre como resultado de la formación y propagación de microfracturas de la superficie.

Bajo estas condiciones de prueba, los resultados obtenidos indican que Filtek Supreme fue la resina que menos desgaste sufrió al ser sometida a prueba contra Pyramid (0.083%) y la que sufrió el mayor desgaste fue Tetric Ceram al ser sometida a prueba contra Filtek P60 (2.51%). También es conveniente recordar que intervienen otros factores como la cantidad, tipo y volumen de relleno que contienen las resinas compuestas, mismos que varían debido a que pertenecen a diferentes casas comerciales.

El aumento de peso observado en las muestras de Filtek Supreme contra Solitaire (-0.033%) pudo ser ocasionado, debido a que la primera, con una dureza de 83.18 HNV haya abrasionado a la menos dura (Solitaire de 65.38HNV) y que partículas abrasionadas de esta última, se hayan adherido a la superficie de la primera aumentando el peso de esta.

Se puede decir entonces, que la primera hipótesis no se cumplió debido a que las resinas sometidas a prueba contenían diferente tipo y porcentaje de relleno de acuerdo a los fabricantes, por lo tanto, los valores de dureza y la resistencia al desgaste fueron diferentes entre ellas.

En consecuencia, la segunda hipótesis si se cumplió ya que la dureza y el desgaste fueron diferentes entre todas las resinas.

El desgaste sufrido por las resinas no es directamente proporcional a la dureza, es decir, que si el valor de dureza es alto, no necesariamente producirá un

**ESTA TESIS NO SALI
DE LA BIBLIOTECA**

valor de resistencia al desgaste favorable como claramente se observó con Filtek P60, misma que obtuvo el valor más alto de dureza (115.61HNV), cualidad que no le confirió una resistencia mayor a ser desgastada.

Se pudo constatar que cuando se produce un movimiento de deslizamiento entre dos superficies diferentes de resinas, ocurre un grado de desgaste que dependerá de varios factores y no exclusivamente de la dureza del material.

10.0 CONCLUSIONES

Bajo esta metodología, la resina Filtek P60 obtuvo el valor más alto de dureza y la resina Solitaire el valor más bajo de dureza.

De la misma manera, bajo las condiciones obtenidas con el Aparato Ocluser Dinámico PUMA, la resina Filtek P60 no desgastó en mayor porcentaje a la resina Solitaire como se esperaría, sino a Pyramid que no es la resina con menor dureza.

La dureza no es un factor determinante en el grado de desgaste entre las resinas valoradas.

11.0 BIBLIOGRAFIA:

- 1.- Mohd Zainal AMS, Ramla Abdul A. Wear of Materials used in dentistry: A review of the literature. J Prosthet Dent 1990; 63(3):342-49.
- 2.- Phillips RW. La Ciencia de los Materiales Dentales.2a.Ed. México D.F:Interamericana;1993.p.164-185
- 3.- Vega J.M. Materiales en Odontología.1ª.ed. Madrid: Editorial Avances Médico Dentales; 1996.p.291-307.
- 4.-Roth F. Los Composites. Barcelona: Ed. Masson S.A.;1994.p.1-25
- 5.-Macchi R.L. Materiales Dentales. 3ª.ed. Buenos Aires:Editorial Médica Panamericana;2000.p.145-157.
- 6.-Barceló Santana F.H., Palma Calero JM. Materiales Dentales.2ª.ed.México:Trillas;2004.p.103-126.
- 7.-Venkata S,Nagarajan, Jahanmir S, Thompson V.P. In Vitro Contact Wear of Dental Composites.Dent Mater 2003;20:1-9
- 8.-Abate P.F.,Zahra V.N.,Macchi R.L. Effect of photopolymerization variables on composite hardness.J Prosthet Dent. 2001;86(6):632-635.
- 9.-Gohring T.N.,Besek M.M.,Schmidlin P.R., Attritional Wear and Abrasive surface alterations of composite resin materials in vitro. J Dent 2002; 30:119-127.
- 10.- Shabanian M., Richards L.C., In vitro Wear rates of materials under different loads and varying pH. J Prosthet Dent 2002;87(6):650-655.
- 11.- Condon J.R., Ferracane J.L. In vitro Wear of Compositie with Varied Cure, Filler Level, and Filler Treatment. J Dent Res 1997;76(7) 1405-1411.

- 12.-Paulo F.C., Gomes W., Ruggiero R. Influence of shade and storage time on the flexural strength, flexural modulus, and hardness of composites used for indirect restorations. *J Prosthet Dent.* 2001;86(3) 289-296.
- 13.- Mandikos M.N., McGivney G.P., Davis E., Bush P.J.,Carter J.M. A comparison of the wear resistance and hardness of indirect composite resins *J Prosthet Dent* 2001; 85(4):386-395.
- 14.-Sharkey S.,Ray N., Surface hardness of light-activated resin composites cured by two different visible-light sources: An in vitro study *Quint Int* 2001; 32(5) 401-405.
- 15.-Xu H., Smith D., Schumacher G., Indentation modulus and hardness of whisker-reinforced heat-cured dental resin composites. *Dental Mater* 2000; (16) 248-254.
- 16.-Yap A., Tan CH., Chun SM, Wear Behavior of New Composite Restoratives *Oper Dent* 2004; 29(3):269-274.