



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ODONTOLOGIA

**“VALORACIÓN DE CAMBIOS DIMENSIONALES
DE SILICONAS POR CONDENSACION
EMPLEANDO LA TÉCNICA DE IMPRESIÓN
TRADICIONAL CON Y SIN ESPACIADOR”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANO DENTISTA

**P R E S E N T A :
NAVARRO VITE ALFREDO DAVID**

DIRECTOR: C. D. MIGUEL NORIEGA BARBA

ASESORA: C. D. MARIANA LATORRE GARCIA



MÉXICO, D. F.

2004



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.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

A mi familia:

A mis padres por darme la oportunidad de vivir.

A mis hermanos por los momentos bipolares compartidos y los que nos quedan por compartir.

Y a todo el resto de mi familia por todo el apoyo incondicional que me han brindado

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: *Navarro Vite*

Alfredo David

FECHA: *27-Enero-2004*

FIRMA:

A mis maestros:

Por ser el pilar de mi conocimiento actual.

A la C.D. Mariana Latorre por su enorme paciencia y disponibilidad.

Al C.D. Miguel Noriega por su valiosa orientación.

A mi Universidad:

Por disfrutar de sus instalaciones, permitirme formar parte de su historia, y nutrir mi mente, cuerpo y espíritu en la Máxima Casa de Estudios... y por continuar siendo de las mejores, a pesar de todos los contratiempos...

INDICE

| | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 1. Resumen | 6 |
| 2. Introducción | 7 |
| 3. Antecedentes | 9 |
| 3.1 Polimerización | 9 |
| 3.1.1 Propiedades físicas | 11 |
| 3.1.2 Polimerización por condensación | 13 |
| 3.1.3 Polimerización por adición | 14 |
| 3.1.4 Activación de la polimerización por adición | 16 |
| 3.1.5 Periodos de la polimerización | 20 |
| 3.1.5.1 Inducción | 20 |
| 3.1.5.2 Propagación | 21 |
| 3.1.5.3 Terminación | 21 |
| 3.1.6 Transferencia de cadena | 22 |
| 3.1.7 Inhibición de la polimerización | 23 |
| 3.1.8 Copolimerización | 24 |
| 3.1.9 Cadenas cruzadas | 26 |
| 3.1.10 Plastificantes | 27 |
| 3.1.11 Estructura del polímero | 28 |
| 3.1.12 Elastómeros | 30 |
| 3.2 Materiales de impresión | 32 |
| 3.2.1 Cualidades deseables | 33 |
| 3.2.2 Tipos de materiales de impresión | 34 |

| | |
|---|-----------|
| 3.3 Materiales elastoméricos no acuosos | 35 |
| 3.3.1 Requisitos de los materiales elastoméricos no acuosos para impresión de acuerdo a la norma no. 19 de ANSI/ADA | 36 |
| 3.3.2 Mercaptanos | 38 |
| 3.3.2.1 Composición y reacción química | 38 |
| 3.3.2.2 Manipulación | 39 |
| 3.3.2.3 Variables en su comportamiento | 41 |
| 3.3.3 Siliconas | 43 |
| 3.3.3.1 Composición y reacción química | 44 |
| 3.3.3.2 Manipulación | 46 |
| 3.3.3.3 Variables en su comportamiento | 49 |
| 3.3.4 Poliéter | 51 |
| 3.3.4.1 Composición | 51 |
| 3.3.4.2 Reacción de polimerización | 52 |
| 3.3.4.3 Propiedades físicas | 53 |
| 3.3.4.4 Manipulación | 54 |
| 3.3.4.5 Ventajas | 55 |
| 3.2.4.6 Desventajas | 55 |
| 3.4 Técnicas para la toma de impresiones | 56 |
| 3.4.1 Consideraciones técnicas | 56 |
| 3.4.2 Preparación del portaimpresión | 56 |
| 3.4.3 Técnica de rebase o portaimpresión universal | 56 |
| 3.4.4 Retiro de la impresión | 67 |
| 4. Planteamiento del problema | 68 |

| | |
|--------------------------------|----|
| 5. Justificación | 68 |
| 6. Hipótesis | 69 |
| 6.1 Hipótesis de trabajo | 69 |
| 6.2 Hipótesis nula | 69 |
| 6.3 Hipótesis alterna | 69 |
| 7. Objetivos | 70 |
| 7.1 Objetivo general | 70 |
| 7.2 Objetivos particulares | 70 |
| 8. Metodología | 71 |
| 8.1 Materiales | 71 |
| 8.2 Método | 76 |
| 8.3 Tipo de estudio | 82 |
| 8.4 Muestra | 82 |
| 8.5 Población de estudio | 82 |
| 8.6 Criterios de inclusión | 82 |
| 8.7 Criterios de exclusión | 83 |
| 8.7 Tipos de variables | 83 |
| 8.7.1 Variables independientes | 83 |
| 8.7.2 Variables dependientes | 83 |
| 9. Infraestructura | 84 |
| 9.1 Recursos Humanos | 84 |
| 9.2 Recursos Físicos | 84 |
| 9.3 Recursos Financieros | 84 |

| | |
|-------------------------|-----|
| 10. Resultados | 85 |
| 11. Discusión | 98 |
| 12. Conclusiones | 102 |
| 13. Bibliografía | 103 |

1. RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue el de comprobar que el uso de espaciadores reducen el efecto timbre utilizando 3 marcas comerciales de silicona por condensación (Speedex de la marca Coltène, Zetaplus/Oranwash de la marca Zhermarck y Optosil/Xantopren de la marca Heraeus-Kulzer) medidas en diferentes intervalos de tiempo (15, 20, 60 minutos y 24 horas).

Se tomaron 10 impresiones por cada marca comercial de silicona por condensación utilizando la técnica de impresión tradicional sin espaciador y 10 impresiones por cada marca comercial de silicona por condensación utilizando la técnica de impresión tradicional con espaciador.

Cada material de impresión se mezcló siguiendo las instrucciones del fabricante. Las muestras fueron medidas en el microscopio de medición Leitz Wetzlar Germany.

Las mediciones en las muestras se reportaron en micras. Los datos se analizaron usando ANOVA, Tukey con una significancia de ($P < 0.001$)

El material que más se acercó a la medida del modelo de acero, fue la marca Optosil con la técnica de impresión con espaciador. En cuanto a la estabilidad dimensional de todos los materiales evaluados fue Zhermarck con la técnica de impresión con espaciador.

Ambas técnicas de impresión (con y sin espaciador) tuvieron una diferencia estadísticamente significativa comparada con el grupo control, pero la técnica de impresión tradicional con espaciador fue la que registró los valores más cercanos al grupo control.

2. INTRODUCCIÓN

La finalidad del odontólogo es conservar y restituir la salud bucal del paciente; dentro de las acciones para lograr este fin está la de obtener una réplica exacta de los tejidos duros y blandos de la cavidad bucal. Además, a menudo es útil tomar un modelo para estudio, como un medio adicional para facilitar la evaluación del caso y planificar su tratamiento.

La preparación de un modelo de la cavidad bucal y sus diferentes estructuras es un paso esencial en la confección de muchas restauraciones indirectas y prótesis dentales. Para obtenerlo se debe tomar una impresión o molde de la cavidad bucal empleando un material apropiado, denominado material para impresión, que es colocado dentro de la cavidad bucal contenido en un portaimpresión. En la cavidad bucal endurece por medio de una reacción química, o algunas veces, debido a un cambio en la temperatura. Después de que el material ha fraguado o polimerizado se debe retirar la impresión y crear un modelo vaciando en ella un material cuya naturaleza depende del procedimiento a realizar. Los modelos obtenidos de esta forma son usados para preparar restauraciones tales como: prótesis, férulas, prostodoncias, aparatos ortodóncicos, etc.

Los procedimientos técnicos que requieren el uso de un modelo de la cavidad bucal y sus diferentes estructuras exigen gran exactitud. La exactitud puede ser considerada bajo dos puntos de vista: reproducción de detalles y estabilidad dimensional. La primera está referida al grado de reproducción de detalles del material y es principalmente en función de su viscosidad. La necesidad de reproducir detalles finos varía según el procedimiento a realizar.

Un material con buena estabilidad dimensional es el que mantiene su forma y tamaño durante un lapso prolongado. En términos prácticos es aquel que puede ser conservado durante 24-48 horas con mínima distorsión. Cualquiera que sea el material a utilizar para confeccionar el modelo es deseable que exista muy poco o ningún cambio dimensional hasta que la impresión sea vaciada.

Uno de los problemas en la toma de impresiones, es aquel ligado a la técnica de corrección o de rebase. Si el segundo material ligeramente fluido, se adapta bajo la primera impresión y no hay suficiente posibilidad de descarga, se produce el “efecto timbre”, provocando como resultado que las dimensiones del objeto copiado sean inferiores al original.

El propósito de este estudio es comprobar que el uso de espaciadores reducirá el efecto timbre, para lo cual se tomarán impresiones con y sin espaciadores a diferentes intervalos de tiempo utilizando diferentes marcas comerciales de silicona por condensación.

3. ANTECEDENTES

3.1 Polimerización.

Antes de que se empezaran a usar los polímeros acrílicos en odontología en 1937, el principal polímero utilizado era el caucho vulcanizado para base de dentaduras. Desde entonces, han aparecido polímeros como acrílicos vinílicos, el poliestireno, los epóxidos, los policarbonatos, el acetato de polivinilo-polietileno, el cis- y el trans-poliisopropeno, los polisulfuros, las siliconas, los poliéteres y los ácidos poliacrílicos. Por otra parte, también se han empezado a aplicar los oligómeros de bisfenol A y glicidil metacrilato (como los dimetacrilatos) y dimetacrilatos de uretano.¹

En términos cuantitativos, la principal aplicación de los polímeros ha sido para la fabricación de aparatos protésicos como bases de dentaduras. No obstante, también se han utilizado para aplicaciones muy importantes, como dientes artificiales, restauraciones dentales, cementos, mantenedores de espacio, elásticos ortodóncicos, carillas de coronas y puentes, obturadores de paladares hendidos, patrones para incrustaciones, implantes, impresiones, troqueles, coronas provisionales, obturaciones endodóncicas y protectores bucales para deportistas.²

La composición de una sustancia polimérica se describe en términos de sus unidades estructurales, como lo indica la etimología de la palabra polímero (es decir, muchas partes). La polimerización se produce a través de una serie de reacciones químicas por las cuales se forma una macromolécula o polímero a partir de una gran cantidad de moléculas simples conocidas como monómeros (una molécula o un mero). En otras palabras, gran cantidad de

moléculas (meros) de bajo peso molecular, de una o más especies, reaccionan y forman una molécula grande de elevado peso molecular.

El término polímero describe una molécula que está constituida por muchas (poli) partes (meros). La terminación mero representa la unidad química estructural repetida más sencilla de la que el polímero está compuesto. Por ejemplo, el poli (metacrilato de metilo) es un polímero que tienen unidades estructurales derivadas del metacrilato de metilo.

Las moléculas a partir de las cuales se constituye el polímero se denominan monómeros (una parte). Se pueden preparar moléculas de polímero a partir de una mezcla de diferentes tipos de monómeros. Se les denomina copolímeros si contienen dos o más unidades químicas diferentes, y terpolímeros, si contienen tres unidades diferentes.²

Las características más importantes de los polímeros son:

- 1) Están compuestas de muchas moléculas grandes;
- 2) Casi invariablemente el peso molecular de las macromoléculas individuales no es constante con un gran margen de variabilidad,
- 3) Su estructura molecular es capaz de adoptar configuraciones y conformaciones casi ilimitadas.

El polímero consta básicamente de una unidad estructural simple repetida en particular y, que en esencia, se relaciona con la estructura del monómero. Las unidades se conectan una con otra en la molécula del polímero por enlaces covalentes. En algunos casos, el peso de la molécula llega a 50 millones. Cualquier compuesto químico que exceda de 5,000 se considera una macromolécula. Por tanto, la polimerización es una reacción intermolecular repetida capaz de continuar de manera indefinida.

La macromolécula puede ser un polímero inorgánico, como el grafito o la arcilla; sin embargo en la actualidad, los que se utilizan en odontología son de tipo orgánico.

Las moléculas de un polímero constan invariablemente de especies cuyo grado de polimerización varía dentro de un margen considerable. Pero el promedio divide el número total de unidades estructurales entre el número total de moléculas. Otro método para expresar el grado de polimerización es el promedio del peso molecular, que representa el peso de la muestra, dividido entre la cantidad de moles que contiene. El número molecular promedio de los diferentes polvos de polímero dental comercial varía entre 3,500 y 36,000; mientras que los mismos productos después del polimerizado muestran de 8,000 a 39,000. Las bases para dentadura polimerizadas registran pesos moleculares hasta de 600,000. Los dientes artificiales de resina con cadenas cruzadas tienen un peso molecular aún más alto.

La polimerización nunca termina por completo y el porcentaje del monómero residual tiene un efecto notable en el peso molecular. Por ejemplo, cuando queda 0.9% de monómero residual en una muestra de resina de polímero cuyo número promedio de peso molecular es 22,400, el peso molecular de la resina polimerizada es de 7,300.

3.1.1 Propiedades físicas

Las propiedades físicas del polímero reciben gran influencia de cualquier cambio en la temperatura, ambiente, peso o composición molecular y estructura. En general, cuanto más elevada sea la temperatura, más se ablanda y debilita el polímero. Cuando una resina termoplástica se hace lo suficientemente blanda como para moldearse, se dice que alcanzó su

temperatura de ablandamiento o modelado. A menor peso molecular del polímero, más baja es la temperatura de ablandamiento.

A medida que se forman las macromoléculas aumentan las uniones secundarias o fuerza intermolecular que las mantiene juntas. El resultado es que también aumentan las propiedades que se vinculan con estas fuerzas, como temperatura de ablandamiento y resistencia a la tensión. Los polímeros no presentan resistencia mecánica hasta que alcanzan un grado mínimo promedio de polimerización. Dependiendo de su tipo, las resinas, por lo general, tienen resistencia mecánica sólo cuando su grado de polimerización es relativamente alto, en un margen general de aproximadamente 150 a 200 unidades repetitivas. La resistencia de las resinas aumenta en proporción paralela al grado de polimerización, hasta que se obtiene un peso molecular característico de un polímero determinado. Arriba de éste no hay gran cambio en la resistencia con la polimerización posterior. El número promedio del peso molecular indica la resistencia de la resina; el valor de este número disminuye con la presencia de pocas moléculas con bajo grado de polimerización, lo que debilita a la resina de manera considerable.

Así mismo, la distribución del peso molecular del polímero desempeña una función importante al determinar las propiedades físicas. En general, su distribución limitada, proporciona los polímeros más útiles. No obstante, casi todos tienen una amplia gama de pesos moleculares.

Las cadenas laterales en la molécula, por lo general, producen una resina más débil, con temperatura de ablandamiento más baja en comparación con las propiedades similares de un polímero cuya estructura de cadena es rectilínea. Pero si las cadenas son de unión cruzada, aumenta la resistencia.

La polimerización puede efectuarse por una serie de reacciones de condensación o por simples reacciones de adición. Si la polimerización se da por reacciones del primer tipo, el proceso se denomina, polimerización por condensación; si se produce por una reacción de adición, se lleva a cabo una polimerización por adición.

3.1.2 Polimerización por condensación

Las reacciones que producen polimerización por condensación se llevan a cabo por los mismos mecanismos de las reacciones químicas entre dos o más moléculas simples. Los compuestos primarios reaccionan con la formación de productos colaterales como agua, ácidos halógenos y amoníaco. La estructura de los monómeros es tal que el proceso puede repetirse por sí mismo y dar lugar a macromoléculas. Sin embargo, los meros (unidades que se repiten) contienen un número menor de átomos que el monómero original.

En el pasado en odontología se utilizaron varias resinas por condensación en la elaboración para bases de dentadura. La resina principal fue la de fenol-formaldehído conocida como "baquelita", denominada así en nombre de su inventor, L. H. Baekeland.

Las reacciones de esta resina son muy complicadas y se desconoce la naturaleza exacta de su estructura final. Las primeras reacciones se producen entre el fenol y formaldehído para formar alcohol de algún tipo; luego, los alcoholes reaccionan por condensación y forman macromoléculas.

Cuando el peso molecular es relativamente bajo, el material se conoce como resol. En esta fase es termoplástico y soluble en alcohol. Es posible moldearlo y además reacciona bajo la acción del calor para transformarse en su forma fina, una resita. En esta fase es insoluble y no se funde.

Aunque el producto se utilizaba en bases para dentaduras, era translúcido y resistente, y carecía de estabilidad química en la boca. Es posible que por oxidación, gradualmente perdiera su color.

Al progresar la ciencia, se amplió la clasificación de las resinas por condensación. Los polímeros cuyas unidades repetitivas se ligaban a grupos funcionales (como amida, uretano, éster o azufre), aún sin la formación de un producto colateral, también se clasificaron como resinas por condensación. El poliuretano es un ejemplo de polímero de este tipo; se forma al reaccionar un diol con diisocianato. La unión de uretano (OCONH) se repite en toda la cadena.

Así, las resinas por condensación son aquellas en las que:

- 1) La polimerización se acompaña de eliminación repetida de moléculas pequeñas o,
- 2) Los grupos funcionales se repiten en la cadena del polímero.

La formación de polímeros por condensación es lenta por su formación paso a paso, de monómero a dímero, trímero, y así sucesivamente, hasta formar grandes moléculas de polímero que contienen muchas moléculas de monómero. Con esto, el proceso de polimerización tiende a detenerse antes de que las moléculas alcancen un tamaño realmente grande por que, a medida que crece la cadena, se tornan menos móviles y numerosas. Los productos como el nylon, adquieren sus propiedades más valiosas cuando alcanzan un peso molecular de 10,000 a 20,000. Pero es muy difícil generar moléculas cuyos pesos estén en las centenas de millar o en unidades de millón por medio de la condensación.

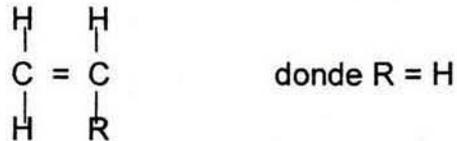
En la actualidad, las resinas por condensación no tienen gran empleo en restauraciones o aparatos dentales protésicos; sin embargo, los adelantos en la química de polímeros alteran en forma rápida esta situación. El hule de polisulfuro como material para impresiones es ejemplo de una reacción de polimerización por condensación que se utiliza ampliamente en odontología. La pasta de polisulfuro de bajo peso molecular se convierte en un material de alto peso molecular por una reacción de condensación.

3.1.3 Polimerización por adición

Las resinas de mayor uso en los procedimientos dentales son producto de la polimerización por adición. De hecho, este proceso es tan frecuente, que muchas veces al utilizar el término de polimerización solo, se da por entendido que se trata de polimerización por adición. A diferencia del proceso por condensación no hay cambio en la composición. Las macromoléculas se forman a partir de unidades más pequeñas o monómeros sin cambios de composición, pues tienen las mismas fórmulas empíricas. Es decir, se repite en el polímero muchas veces la estructura del monómero. Este proceso se lleva a cabo sin la formación de productos colaterales.

En contraposición con la polimerización por condensación, aquí es posible formar con facilidad moléculas gigantes, casi de tamaño ilimitado. Comienzan por un centro activo, incorporan un monómero a la vez y arman una cadena que en teoría puede seguir su crecimiento de manera indefinida hasta que lo permita el aporte de unidades que lo constituyen. El proceso es simple pero difícil de controlar.

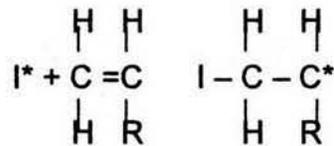
Uno de los requisitos para un compuesto polimerizable por adición es la presencia de un grupo no saturado. Para ilustrarlo, el etileno es el monómero más simple capaz de polimerizarse.



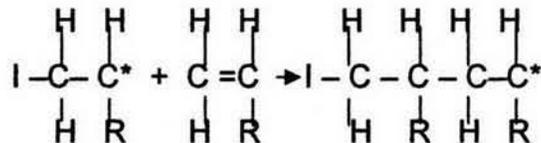
En teoría R puede ser casi cualquier radical que escoja; por ejemplo, el hidrógeno y el gas etileno original se puede polimerizar bajo calor y presión hasta convertirse en polietileno.

3.1.4 Activación de la polimerización por adición

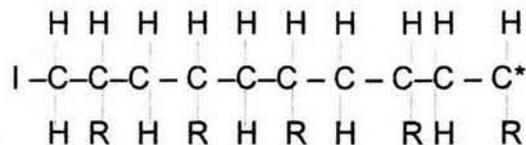
Este tipo de reacciones por lo general ocurren por un proceso en cadena. Las polimerizaciones requieren un activador el cual produce las especies iniciadoras (I*) con un centro reactivo. Éstos se agregan después a la molécula del monómero y cumplen su función. Por ejemplo, una molécula de etileno se activa por el iniciador I* y se "abre" la doble ligadura a fin de formar una unidad de etileno activada.



Estos reactivos se agregan en forma sucesiva a un gran número de moléculas de etileno, de tal manera que el proceso de polimerización continúa por la propagación del centro reactivo. Esto en cadena, produce grandes moléculas de polímero en cuestión de segundos. El proceso se ilustra como:



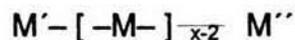
Este proceso continúa y finalmente forma un polímero:



El crecimiento de la cadena de polímero se detiene cuando el centro reactivo se destruye por algunas reacciones de terminación.

Es posible representar la polimerización como una serie de reacciones en cadena que se llevan a cabo durante una explosión. El proceso es muy rápido, casi instantáneo. Las reacciones son exotérmicas y generan una cantidad considerable de calor.

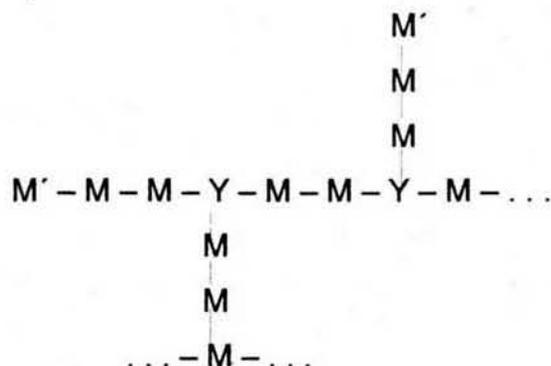
Se hace otra clasificación de polímeros con base en sus configuraciones estructurales o especiales. El proceso de polimerización que se explicó muestra la formación del más simple de todos los polímeros, el polímero lineal, en el cual las unidades estructurales se unen entre sí en una secuencia lineal. Para representarlo de una manera simple, véase la fórmula:



Cuya unidad estructural principal, o mero, se presenta con M, y X es el grado de polimerización. Las unidades terminales son M' y M''. Todas las unidades estructurales excepto las terminales son covalentes.

En sus formas más simples, los tipos de polimerización por condensación y adición producen macromoléculas lineales, pero son raras en la práctica. En el caso de la polimerización por adición, surgen reacciones ramificadas colaterales a través de la transferencia de cadena con el monómero o moléculas previas de polímero. Estas unidades estructurales de polímero se conectan entre sí y forman una estructura polimérica ramificada no lineal o de

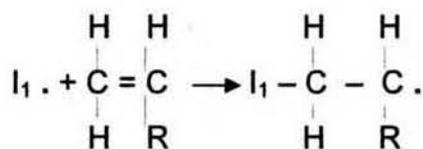
cadena cruzada. En este tipo, algunas unidades estructurales poseen alguna valencia mayor de 2. Un polímero ramificado característico en el que las unidades ramificadas se representan por Y está indicado por:



Por medio de la propagación de la estructura ramificada se organizan estructuras moleculares con esta característica.

La luz ultravioleta o luz visible, el calor o la transferencia de energía de otro compuesto activado afecta la propagación original de las moléculas del monómero. Este último método se utiliza en odontología.

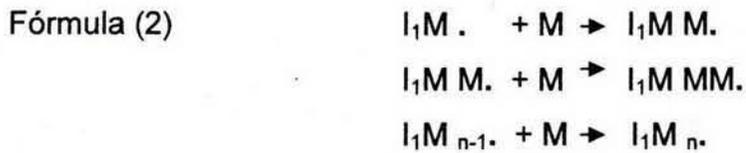
La activación del derivado de etileno por otro compuesto activado I_1^* se representa como sigue:



O si m representa $\begin{array}{c} H & H \\ | & | \\ C = C \\ | & | \\ H & R \end{array}$, el mecanismo de reacción se describe como sigue:



Después, la reacción progresa



donde n es cualquier número entero.

Hay que señalar que el producto químico activo, I_1 , no es un catalizador, en el sentido que hay que dársele al término, porque entra en la reacción química y forma parte del compuesto final. Es mejor que se denomine como iniciador.

Este método de polimerización depende de la formación de radicales libres, que son compuestos con un electrón impar, por lo general un fragmento de la molécula más grande dividida por el calor. Este electrón hace al radical muy reactivo. El símbolo convencional $C = C$ representa por supuesto dos pares de electrones. Cuando un radical libre choca con una unión doble, puede aparearse con uno de los electrones de ligadura complementaria, con lo que deja libre al otro miembro del par. De esta manera, el propio monómero se convierte en radical libre.

Numerosas sustancias capaces de generar radicales libres son iniciadores potentes para la polimerización de resinas de polimetacrilato de metilo. La que se emplea con más frecuencia es el peróxido de benzoilo que se descompone a temperaturas relativamente bajas y libera radicales.

La descomposición del peróxido de benzoilo se presenta rápidamente entre los 50 y 100°C, y se esquematiza como:



3.1.5 Periodos de polimerización

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

3.1.5.1 Inducción

El periodo de inducción o iniciación es el tiempo durante el cual las moléculas del iniciador adquieren energía o se activan y la transfieren a las moléculas del monómero. Aquí influye mucho la pureza de este último. Cualquier impureza que reaccione con los grupos activados alarga el periodo. A mayor temperatura, más corto es el tiempo de inducción.

La energía de iniciación para activar cada unidad molecular del monómero es de 16,000 a 29,000 cal x mol en la fase líquida. El proceso de polimerización útil para las resinas dentales, por lo general, se dispara por uno de tres sistemas de inducción. La mayor parte de las resinas para bases de dentaduras se polimerizan activadas por calor. Así, los radicales libres que se obtienen por el calentamiento del peróxido de benzoilo inician el proceso del monómero de metacrilato de metilo.

Un segundo tipo de sistema de inducción se activa químicamente a la temperatura bucal. Este sistema, cuenta por lo menos de dos reactivos, que cuando se mezclan sufren una reacción química que genera los iniciadores. Durante el almacenaje hay que guardar por separado estos componentes. Por consiguiente, los sistemas químicamente inducidos siempre constan de dos o más partes. Un ejemplo de este sistema es el uso de peróxido de

benzoilo y una amina cuaternaria en las restauraciones dentales de resina autopolimerizable.

La luz funciona como activador de un tercer tipo de sistema de inducción. En este sistema, los fotones de energía luminosa activan el iniciador y generan radicales libres que a su vez inician el proceso de polimerización. Así, en las restauraciones dentales de resina fotocurables, reaccionan con la canforquinona y una amina cuando se irradian con luz visible para generar radicales libres. Como no se produce una polimerización visible a temperatura ambiente en un sitio oscuro, estas composiciones son sistemas de una sola fase y se almacenan de manera que no estén expuestos a la luz.

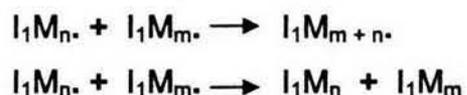
3.1.5.2 Propagación

Las reacciones de propagación se ilustran con las fórmulas 1 y 2. Ya que sólo requieren de 5,000 a 8,000 cal x mol. Una vez que empieza el crecimiento, el proceso continúa a velocidad considerable. En teoría, las reacciones en cadena continúan con la evolución de calor hasta que todo monómero se cambia en polímero. En realidad nunca se completa la polimerización.

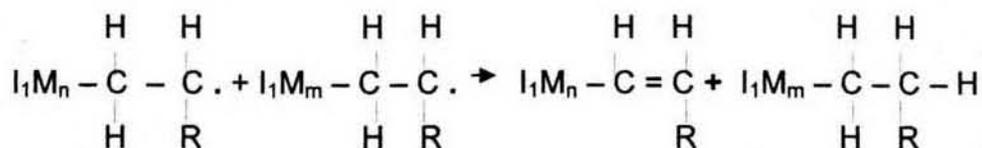
3.1.5.3 Terminación

Las reacciones en cadena terminan por acoplamiento directo o por intercambio de átomos de hidrógeno de una cadena en crecimiento a otra.

La terminación por acoplamiento directo se ilustra como una reacción esquemática. Si I_1M_n representa un polímero de n unidades de monómero y I_1M_m es un polímero de m unidades. Entonces,



En otras palabras, ambas moléculas se desactivan por intercambio de energía. Otra forma de efectuar este intercambio es transferir un átomo de hidrógeno de una cadena en crecimiento a otra; por ejemplo,

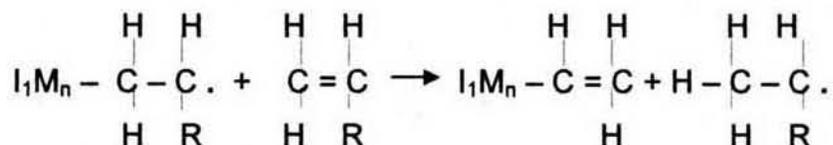


donde R_1M y R tienen la misma importancia que en las reacciones anteriores. Como antes m y n representan números de moléculas de monómeros ligadas en la cadena.

3.1.6 Transferencia de cadena

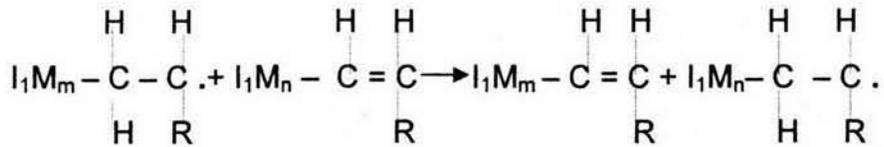
Aunque la terminación de la cadena pueda derivarse de la transferencia, el proceso difiere de las reacciones descritas en las que el estado activo se transfiere de un radical activo a una molécula inactiva, y se crea un núcleo nuevo de crecimiento.

Por ejemplo, una molécula de monómero se activa por una macromolécula en crecimiento de tal manera que la terminación se produce en la última:



Así, se produce un nuevo núcleo de crecimiento.

De la misma manera, una transferencia de cadena reactiva la cadena ya terminada y continúa su crecimiento:



3.1.7 Inhibición de polimerización

Las reacciones de polimerización no agotan por completo el monómero y siempre forman polímeros de alto peso molecular. Con frecuencia, las impurezas del monómero inhiben estas reacciones.

Cualquier impureza del monómero hace que reaccione con radicales libres inhibiendo o retardando la reacción del proceso. Puede reaccionar con el iniciador o cualquier núcleo activo, incluso con cadena de crecimiento, e impedirselo. La presencia de estos inhibidores influye notablemente en la longitud del periodo inicial, así como en el grado de polimerización.

Por ejemplo, la adición de una cantidad pequeña de hidroquinona al monómero inhibe la polimerización sin la presencia del iniciador, y retarda en definitiva la reacción, en caso de que exista.

El oxígeno retarda el proceso por que reacciona con los radicales libres. Se comprobó que la velocidad de la reacción y el grado de polimerización es menor si ésta se lleva a cabo comparándola con los valores altos que se obtienen cuando lo hace, por ejemplo, en un tubo sellado. La influencia del oxígeno en la polimerización está regida por muchos factores, como la concentración de oxígeno, temperatura y luz.

Es práctica comercial frecuente agregar una cantidad pequeña (0.006% o menos) de un inhibidor, como éter metílico o hidroquinona, y así evitar la polimerización durante el almacenaje.

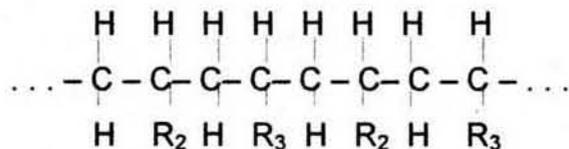
3.1.8 Copolimerización

Además de las reacciones de polimerización por adición, la macromolécula se forma por polimerización de un tipo único de unidad estructural. Para mejorar las propiedades físicas, se usan dos o más monómeros de química diferente como materiales iniciadores. Así, el polímero que se forma contiene unidades de todos los monómeros presentes en un principio. Este se denomina copolímero, y su proceso de formación se llama copolimerización. En un copolímero, el número y posición relativa de las unidades diferentes varían entre macromoléculas individuales.

La copolimerización se ilustra mejor con dos monómeros, aunque es posible tener más de dos. Por ejemplo, dos monómeros compuestos por derivados de etileno tienen las siguientes fórmulas estructurales:



en donde R_2 y R_3 , son radicales diferentes. Es probable que después que ocurra la polimerización normal se obtenga el siguiente copolímero:

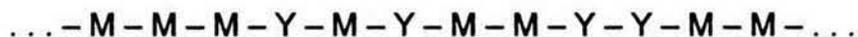


Esta estructura copolímera es, sin embargo, muy idealizada ya que la distribución alterna de los radicales en la cadena se presenta en raras ocasiones. Es más factible que sus posiciones se distribuyan al azar, según las leyes de probabilidad.

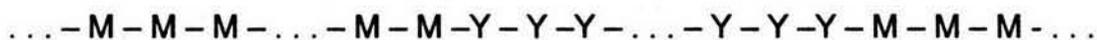
De hecho, es raro que la composición del copolímero corresponda con la de la mezcla original. Si el monómero determinado en la fórmula 1 se designa como A, y la fórmula 2 como B, entonces la composición del copolímero depende de la reactividad relativa de las diferentes moléculas y las de igual composición.

Por ejemplo, si la tendencia del monómero A para polimerizar es tan grande que lo hace independiente de B, no se da la copolimerización y la resina que produce es la mezcla de dos polímeros. Esto ocurre en pocas ocasiones o nunca. Por otro lado, A y B, pueden tener mayor tendencia a polimerizarse juntos y no por separado; en este caso, todos los monómeros presentes integran el copolímero sin llevar a cabo la polimerización independiente. En la mayor parte de los casos, la resina final se compone de una mezcla de polímeros y copolímeros con grados de polimerización y copolimerización diferentes.

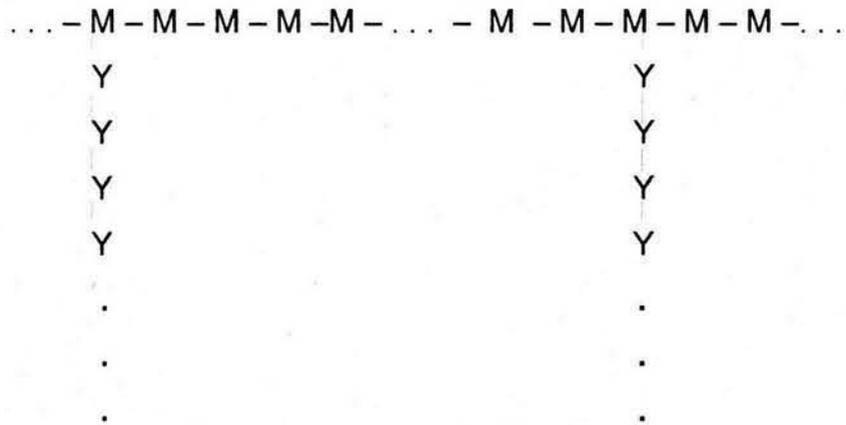
Los copolímeros son de tres tipos: al *azar*, en *bloque* e *injertados*. En el tipo al azar, los meros (o partes) diferentes se distribuyen de manera irregular a lo largo de la cadena como:



Sin embargo, si aparecen unidades idénticas de monómero en secuencias relativamente largas en la cadena principal de polímero se forma un copolímero en bloques:



En los copolímeros injertados, las secuencias de uno de los monómeros están injertadas en la "columna" de la segunda especie de monómero:

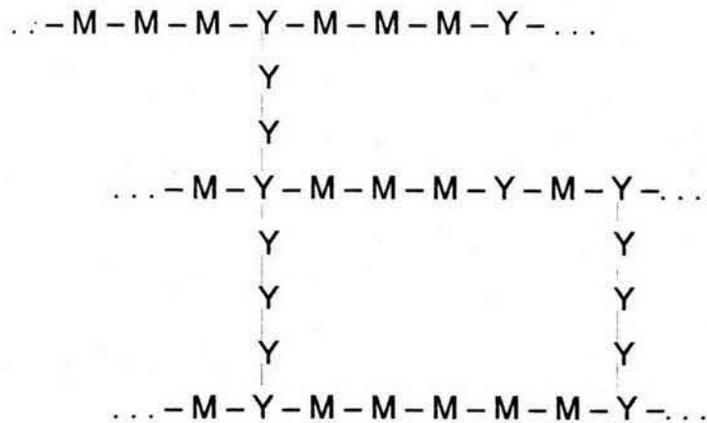


Muchas de las resinas más útiles se fabrican por copolimerización. El metacrilato de metilo y los ésteres acrílicos, todos copolimerizan con facilidad, con una pequeña inhibición entre los monómeros pares. Por ejemplo, es posible realizar el proceso con cantidades pequeñas de acrilato de etilo con metacrilato de metilo y modificar la flexibilidad de una dentadura.

Injertar varios segmentos de polímeros en cadenas lineales produce un importante mecanismo con el que se modifican o regulan con cálculo las macromoléculas para conseguir las propiedades que se requieran en cada uso específico. Por ejemplo, los polímeros en bloque e injertados, con frecuencia mejoran la resistencia al impacto. En pequeñas cantidades modifican las propiedades adhesivas de las resinas, así como sus características superficiales. Aunque no se dispone de información sobre la configuración molecular de las resinas dentales comerciales, quizá una cantidad creciente de ellas cae dentro del dominio de los polímeros en bloque o injertados.

3.1.9 Cadenas cruzadas

Los polímeros lineales se pueden unir o conectarse con uniones primarias, mediante ciertas cadenas laterales reactivas y formar redes moleculares. Las cadenas cruzadas son similares a:



La cadena cruzada proporciona una cantidad suficiente de uniones primarias entre las macromoléculas lineales y así se forma una red tridimensional que modifica la resistencia, solubilidad y absorción de agua de la resina. Por ejemplo, los fabricantes de dientes de acrílico utilizaron en gran medida la unión de cadenas cruzadas para aumentar la resistencia contra solventes y tensiones superficiales.

El efecto exacto de la unión cruzada sobre las propiedades físicas varía con la composición y concentración del agente que las produce y del sistema de polímero. En algunos casos, este tipo de cadena en un polímero de peso molecular bajo hace que aumente la temperatura de transición del vidrio al equivalente de uno de peso molecular alto. Otros estudios comprueban que la cadena cruzada tiene poca influencia sobre la resistencia a la tracción, transversal o a la dureza.

3.1.10 Plastificantes

Con frecuencia se agregan plastificantes a la resina a fin de reducir sus temperaturas de ablandamiento o fusión. Es posible plastificar una resina que a temperatura ambiente es dura y rígida a una condición en la cual sea flexible y blanda. Los artículos como bolsas de mano e impermeables se elaboran con esta clase de resina. En ocasiones se agrega el plastificante en

cantidades relativamente inferiores a las necesarias para alterar de manera evidente la flexibilidad de la resina a temperatura ambiente normal. Aunque la temperatura de ablandamiento disminuye, en el caso de las resinas dentales la función del plastificante es aumentar la solubilidad del polímero y disminuir su fragilidad.

La acción del plastificante es la neutralización parcial de las uniones secundarias o fuerzas intermoleculares que por lo regular impiden que las moléculas de resina se deslicen una sobre otra cuando actúa una tensión sobre el material. Su efecto se considera análogo al del solvente, puesto que penetra entre las macromoléculas; este componente se denomina plastificante externo. Es insoluble con punto de ebullición alto. Su atracción molecular hacia el polímero debe ser muy grande para que no se volatilice o escape de alguna u otra forma durante la fabricación o uso posterior de la resina. En la práctica se cumple este requisito en raras ocasiones y por esto se modera el uso de plastificantes en resinas dentales.

La plastificación de las resinas también se lleva a cabo por copolimerización con el comonomero adecuado. En este caso, el agente es parte del polímero que actúa como plastificante interno; por ejemplo, cuando se agrega butil acrilato al metacrilato de metilo antes de la polimerización, la resina curada se plastifica de manera interna por el poli (butil acrilato).

Como se deduce de la teoría, por lo general los plastificantes reducen la resistencia y dureza del material, así como su punto de ablandamiento.

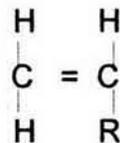
3.1.11 Estructura del polímero

Las macromoléculas orgánicas individuales están unidas por enlaces covalentes. Estas uniones son tan completas que sólo con la unión de las fuerzas de Van der Waals se agregan moléculas. Puesto que estas uniones

se separan con facilidad, cualquier aumento de temperatura genera el ablandamiento hasta las temperaturas de transición de los polímeros (T_g) en el cual casi se licuan. Sin embargo, si el polímero se estabiliza, la macromolécula se degrada o despolimeriza antes de alcanzar su T_g .

Es característica de los polímeros lineales dentales una estructura desordenada o no cristalina. Las estructuras de polímero constituyen una masa enredada, su forma colectiva se compara con la de un fideo cocido: cada pieza tiene cerca de 1.5 Km. de longitud. En estas condiciones, es evidente que los meros tienen poca probabilidad de difundirse o moverse en un estado sólido. Como en el caso del vidrio, todo ordenamiento es de corto alcance.

Sin embargo, el grado de polimerización de muchos depende de las uniones secundarias que forme la estructura de la cadena, grado de ordenamiento y peso molecular. Se ilustran las condiciones de cristalización al utilizar derivados de etileno o resinas vinílicas cuya fórmula generalizada es típica:



Si R es un grupo lateral simple, como $R = \text{OH}$ que forma un alcohol polivinílico después de la polimerización, las cadenas tienden a formar redes de corto alcance. Por otra parte, si la cadena lateral es más compleja, se produce una estructura no cristalina, a menos que los meros en las cadenas de polímero se distribuyan en forma simétrica entre sí. En este caso, se da lugar a un polímero cristalino, incluso con una cadena lateral compleja.

Por lo general, una resina dental no es cristalina, aunque la cristalinidad del polímero aumenta la resistencia a la tensión, también reduce la ductilidad de la resina, así como también aumenta la temperatura de su modelado.

Los factores que favorecen la no cristalinidad son:

1.- Polímeros largos y ramificados.

2.- Distribución al azar de los grupos laterales (en particular grupos laterales grandes) que tienden a separar las moléculas.

3.- Copolimerización, que disminuye la regularidad de las cadenas de polímero.

4.- Plastificantes que tienden a separar las cadenas.

3.1.12 Elastómeros

Los elastómeros son polímeros que se estiran de forma similar al hule y que se relajan hasta alcanzar sus dimensiones originales al retirar la tensión. Todos estos polímeros no son cristalinos a temperatura ambiente, pero lo son bajo tensión por tracción.

Uno de los requisitos para los elastómeros es que su T_g sea menor a la temperatura ambiente de manera que los segmentos de la cadena tengan agitación térmica. Así, las cadenas se hacen más flexibles. De hecho, es posible recurrir a casi todos los medios para impartir cualidades elastoméricas mediante las cuales las moléculas del polímero adquieren más movilidad. Otro requisito es la presencia de cadenas cruzadas en algún grado, de tal manera que cualquier deformación se revierta rápidamente. Las uniones de esta índole deben estar presentes sólo de manera ocasional

entre las cadenas. Si hay un grado alto de cadenas con estas características, prevalece la configuración en red y la resina se torna rígida. La situación es análoga por completo a la formación del alginato de calcio en los geles de alginato. Estas uniones de cadenas cruzadas permiten al polímero regresar a su forma original después de liberar la carga como en el caso de los geles.¹

3.2 MATERIALES DE IMPRESIÓN

Los materiales de impresión se han utilizado para obtener réplicas exactas de los tejidos bucales. La zona de interés puede variar desde un sólo diente hasta la dentición completa, o se puede obtener una impresión de uno(s) proceso(s) edéntulo(s). La impresión proporciona una reproducción negativa de los tejidos, que se puede vaciar con yeso u otro material para este fin y obtener un modelo positivo retirándolo una vez que haya fraguado. Los modelos de la boca se utilizan para fabricar restauraciones y prótesis, así como para estudiar la posición de los dientes cuando existen problemas ortodóncicos, oclusales o de otro tipo.

Normalmente, el material se introduce en la boca en estado plástico dentro de un portaimpresión que se aplica contra la zona por impresionar. Cuando el material ha polimerizado o fraguado, se retira de la boca junto con el portaimpresión. Para obtener el modelo se vacía la impresión con yeso u otro material para este fin. Algunas veces se recurre al electrodepositado con cobre o plata para obtener un modelo metálico. Son de gran importancia la exactitud, los detalles y la calidad de esta reproducción final. Por otro lado, se utilizan los materiales de impresión para duplicar un sólo modelo obtenido cuando se necesita más de una reproducción positiva. Estos materiales se denominan materiales para duplicar.

El portaimpresión debe colocarse de tal modo que el material quede en contacto con los tejidos bucales y se mantenga inmóvil hasta que el material haya fraguado o polimerizado. A continuación se retira el portaimpresión y la impresión está lista para ser vaciada con un material para este fin.

3.2.1 Cualidades deseables

Debido al contacto con los tejidos vivos de la cavidad bucal y a las necesidades que conllevan los procedimientos clínicos, los materiales para impresión deben poseer propiedades físicas fundamentales. Ningún material de impresión cumple plenamente con estos requisitos por lo que la elección del material más adecuado para cada uso en particular es responsabilidad del odontólogo.

Básicamente, una impresión debe reunir las siguientes propiedades:

- 1.- Olor, sabor y color agradables.
- 2.- Ausencia de componentes tóxicos o irritantes.
- 3.- Vida útil adecuada para su almacenamiento y distribución.
- 4.- Económicamente viable en función de los resultados a obtener.
- 5.- Fácil de manipular con el uso de un equipo mínimo.
- 6.- Características de fraguado o polimerizado que satisfagan los requisitos clínicos
- 7.- Consistencia y textura satisfactorias.
- 8.- Humectación adecuada de los tejidos bucales.
- 9.- Propiedades elásticas que impidan la deformación permanente tras el retiro de la impresión.
- 10.- Resistencia adecuada para no romperse o desgarrarse al retirarlos de la boca.
- 11.- Estabilidad dimensional dentro de los intervalos de temperatura y humedad normales en los procedimientos clínicos o de laboratorio durante un período suficientemente prolongado para poder obtener un modelo o troquel.
- 12.- Compatibilidad con los materiales de modelaje y troqueles.
- 13.- Exactitud en su uso clínico.
- 14.- Fácilmente desinfectable sin pérdida de exactitud.

15.- Ausencia de liberación de gases durante el polimerizado de los materiales para impresión o modelaje y troqueles.²

3.2.2 Tipos de materiales de impresión

Los materiales de impresión se emplean para hacer réplicas de las estructuras bucales. Todos los materiales de impresión deben estar en un estado plástico o fluido mientras se está haciendo esta réplica. Una vez fraguados o polimerizados pueden distinguirse dos clases generales de materiales de impresión: elásticos y rígidos.

Dentro de los materiales de impresión elásticos están: hidrocoloides reversibles e irreversibles de agar, polisulfuros, siliconas por condensación, siliconas por adición y poliéteres.

Los materiales de impresión rígidos incluyen el óxido de zinc y eugenol, el yeso, la modelina y las ceras.³

3.3 MATERIALES ELASTOMÉRICOS NO ACUOSOS

Dentro de este término se engloban a los materiales de impresión elásticos de naturaleza semejante al caucho. Estos materiales contienen grandes moléculas con interacción débil entre sí, pero unidas en ciertos puntos para formar una red tridimensional. De esta manera tienen un comportamiento que al aplicarles una carga, las cadenas se estiran, y al liberar estas cargas recuperan su forma original. A estos materiales también se les conoce como cauchos sintéticos o materiales de caucho para impresión. Son de carácter hidrófobo, o sea, que rechazan el agua, de ahí el término de no acuosos.

Químicamente, existen cuatro tipos de elastómeros que se utilizan como materiales para impresión dental:

- a) Polisulfuro
- b) Silicón de polimerización por condensación
- c) Silicón de polimerización por adición
- d) Poliéter

La especificación no. 19 de la Asociación Dental Americana (ADA) reconoce tres tipos de estos materiales de hule para impresión. La clasificación se basa en las propiedades elásticas seleccionadas y cambio dimensional durante el endurecimiento del material y no en su composición química. Pero cada tipo se divide en cuatro clases de viscosidad.¹

3.3.1 Requisitos de los materiales elastoméricos no acuosos para impresión de acuerdo a la norma no. 19 de ANSI/ADA

Existen requisitos y pruebas que deben cumplir los elastómeros para ser aprobados por los centros de investigación que realizan pruebas de control de calidad y asegurar al odontólogo el uso de productos con seriedad en su elaboración, dentro de las cuales se incluyen las siguientes:

Cada empaque de un producto debe incluir las instrucciones de uso que son:

- a) Naturaleza química del sistema, ejemplo: polisulfuro, silicona o poliéter
- b) Indicación del tipo de viscosidad del material, si éste es muy pesado, pesado, mediano o ligero.
- c) Precauciones o instrucciones especiales para almacenar los componentes. Para materiales muy pesados debe incluir la recomendación de que esta consistencia sólo debe utilizarse para la toma de impresiones preliminares. Pues con esta consistencia sólo se logra reproducir líneas de 0.075 mm. Mientras que los materiales de consistencias baja, media y alta logran reproducir líneas de 0.02 mm y deben ser compatibles con los derivados del yeso para poder transferir la línea de 0.02 mm a los materiales de yeso para troqueles.
- d) Instrucciones de las proporciones correctas para realizar la mezcla, en gramos o en milímetros, con el fin de obtener siempre los mejores resultados.
- e) El equipo necesario para la mezcla y la técnica que debe emplearse.
- f) La temperatura ambiente recomendada para realizar la mezcla. Recordando que la temperatura tiene influencia directa sobre el tiempo de

mezclado y de trabajo del material, es conveniente respetar estas recomendaciones para saber con cuanto tiempo se cuenta para estos propósitos.

g) El tiempo de trabajo recomendado por el fabricante. El tiempo de trabajo no debe ser menor a dos minutos, con el propósito de tener el tiempo necesario para su manipulación, colocación en el portaimpresión y llevarlo a

de esperar para poder retirar la impresión de la boca y de esta manera asegurar que el material ha polimerizado hasta un punto donde en que se asegure una resistencia tal que no se produzcan cambios indeseables en la impresión.

h) El tiempo máximo recomendado para hacer el positivo de yeso dental tipo III o IV.

i) Recomendaciones de las condiciones de almacenado en relación a humedad y temperatura.

j) El tiempo de vida del producto en almacén.

Al mismo tiempo, ciertas propiedades físicas que deben evaluarse son: estabilidad dimensional, en rangos que les permita ser usados como materiales de impresión para fabricar aparatos de precisión.²

La resistencia del material a las tensiones debe ser tal que no se rompa, ni se rasgue al momento de obtener la impresión y retirarla de la cavidad bucal.

El empaque debe también llevar el número de lote, fecha de fabricación y el peso en gramos o miligramos de la cantidad total del producto.¹⁴

3.3.2 POLISULFUROS

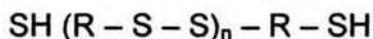
Este grupo se le conoce en la literatura como hules de polisulfuro, mercaptanos o thiokoles.

Fueron los primeros materiales de impresión elastoméricos no acuosos que aparecieron en el ámbito odontológico, tiene ciertas ventajas sobre los hidrocoloides, como la de ser flexibles como éstos, pero no presentan cambios dimensionales al almacenar la impresión. Las impresiones con hules de polisulfuro son mucho más fuertes y resistentes al desgarre que los hidrocoloides, y además pueden ser electrodepositadas, o sea, se pueden preparar dados o modelos metálicos además de los modelos de yesos.

Los hules de polisulfuro son materiales de impresión que se presentan en forma de pasta, en estuches que contienen dos tubos colapsables, uno con la base y otro con el catalizador. Puede incluirse, además, un tubo de adelgazador, cuya función es la de alargar el tiempo de polimerización del material mezclado, así como darle mayor flexibilidad. También se incluye un adhesivo para unir al material de impresión con el portaimpresión.

3.3.2.1 Composición y reacción química

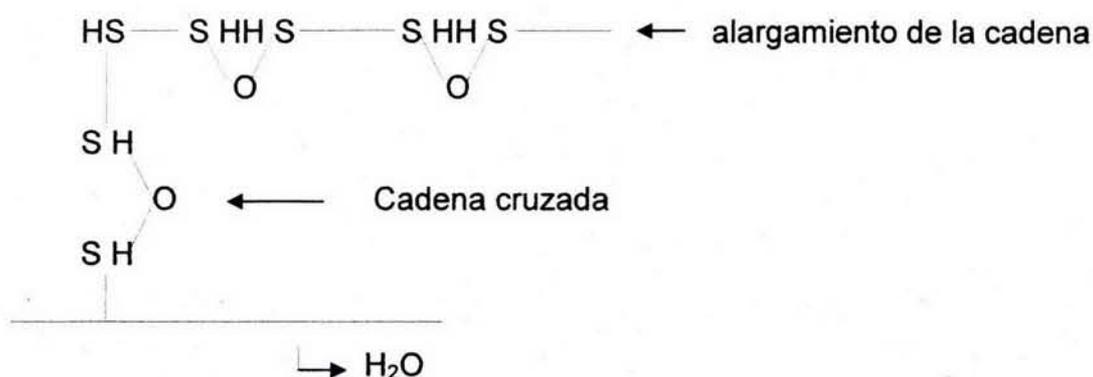
El ingrediente básico del polímero líquido es un polímero de polisulfuro, cuya fórmula estructural es:



Donde R es: $\text{C}_2\text{H}_4 \text{ - O - CH}_2 \text{ - O C}_2\text{H}_4$

Una característica de este polímero es la de tener cierto número de sitios de entrecruzamiento laterales, el agente más usado para efectuar este entrecruzamiento es el dióxido de plomo, cuyo mecanismo de acción es

alargar la cadena de polímero por oxidación de los grupos terminales – SH y la cadena cruzada por oxidación de los grupos – SH laterales.



La pasta base se compone de polímero de polisulfuro que es un líquido color ámbar, para darle consistencia y resistencia necesaria, el fabricante le agrega un material de carga que casi siempre es dióxido de titanio, además de un plastificante, como el ftalato de dibutilo que le confiere la viscosidad necesaria. Se agrega una pequeña cantidad de azufre (0.5%) cuyo mecanismo de acción es facilitar el entrecruzamiento para conferirle propiedades elásticas, además de un olor desagradable.

La pasta llamada catalizador, pasta aceleradora o reactor, consiste en el dióxido de plomo cuyo color es característico (oscuro). El material de carga y el plastificante son el mismo que la pasta base. Para controlar la velocidad, el fabricante le agrega ácido oléico o esteárico como retardante.

3.3.2.2 Manipulación

Las pastas se suministran en tubos colapsables; normalmente se extraen cantidades iguales sobre un block de papel o una loseta. Debido a que la composición del material en los tubos está balanceada siempre se deben usar los mismos pares de tubos que vienen de fábrica. Con algunos productos es posible obtener cierta flexibilidad, tiempo de trabajo y de

polimerizado al cambiar las proporciones. Esto se hace con cuidado por que es muy posible alterar de manera adversa las propiedades físicas.

Primero se toma la pasta catalizadora con la espátula de acero inoxidable y se distribuye en la base, la mezcla se extiende sobre la loseta. Se incorpora la mezcla con la hoja del instrumento y se alisa de nuevo. El proceso continúa hasta que la mezcla adquiere un color uniforme, sin estrías de base o catalizador en la pasta combinada. A falta de homogeneidad, el polimerizado no es uniforme y produce una impresión deformada. Es indispensable seguir siempre las instrucciones del fabricante.

El material de impresión mezclado se coloca directamente sobre un portaimpresión cubierto con adhesivo o en los dientes preparados, si se utiliza una punta de "jeringa".

Después de esto, y dependiendo del tipo y la consistencia del producto, se usará un portaimpresión fabricado de acrílico que deje un espesor de 2 a 4 mm para este material, lo que permite obtener impresiones más fieles al fluir bajo una presión uniforme y en donde los cambios dimensionales son mínimos (pues los cambios dimensionales de estos productos son directamente proporcionales al volumen del mismo). Se usa la consistencia fluida tanto sobre el portaimpresión como sobre una jeringa especial para llevar el material al fondo de las cavidades por impresionar.

Una vez obtenida la impresión se recomienda realizar el modelo de trabajo después de 15 a 20 minutos de retirarlo de la boca, con el fin de permitir que se recupere el material de las tensiones producidas al momento de retirarlo de las áreas retentivas de la cavidad bucal.

3.3.2.3 Variables en su comportamiento

El tiempo de trabajo de los hules de polisulfuro es relativamente largo, se recomienda la técnica a cuatro manos para facilitar su manejo.

La temperatura tiene influencia sobre el tiempo de polimerizado, por lo tanto, una manera de poder controlar ésta, es con la temperatura de la loseta y el material a utilizar.

La humedad acelera la velocidad de polimerización.

Las propiedades elásticas de los hules de polisulfuro mejoran con el tiempo de polimerización. En otras palabras, cuánto más tiempo esté la impresión dentro de la boca, más precisos serán los resultados.

Se debe tener cuidado de usar la consistencia indicada con relación a la viscosidad del material; la presentación fluida se utiliza para la técnica de jeringa y no una de consistencia mediana ni de consistencia pesada o muy pesada, pues la apertura de la punta de la jeringa está dada sólo por la viscosidad del tipo de fluido.

Aunque la estabilidad dimensional de este producto es superior a la de los hidrocoloides, los hules de polisulfuro sufren una ligera contracción por los fenómenos de polimerización y pérdida de los componentes de los aceleradores volátiles a base de hidroperóxido. Además de que liberan agua (H_2O) como subproducto de la polimerización.²

Con el tiempo todos los materiales sufren cambios, por lo tanto, es recomendable fabricar el modelo durante los primeros 30 minutos después de haber retirado la impresión de la boca.

Con el propósito de minimizar los cambios dimensionales, es recomendable usar un portaimpresión que permita solamente un volumen mínimo de material entre éste y los tejidos por impresionar (2 a 4 mm).

El uso de un adhesivo es necesario para este material; el adhesivo es un hule butílico disuelto en un solvente volátil (cloroformo o acetona), el cual se pincela sobre la superficie del portaimpresión donde se va a colocar el hule de polisulfuro. Si no se usa un adhesivo el material se desprenderá en el momento de retirar la impresión, al mismo tiempo una película no continua de adhesivo o una película muy gruesa tiene influencia negativa en la estabilidad de la impresión.

El retiro de la impresión debe realizarse después de pocos minutos de efectuada la polimerización, de manera firme y de un sólo intento, con el fin de no aumentar las tensiones al momento de retirar la impresión de áreas retentivas.¹

3.3.3 SILICONAS

Con este nombre se reconocen a los materiales elastoméricos no acuosos que se usan en la odontología para la toma de impresiones y de manera muy especial en prótesis reconstructiva facial.

Las siliconas son el resultado de las investigaciones en materiales dentales por crear un producto con las características de los hules de polisulfuro, eliminando el olor desagradable de éstos, y su capacidad de manchar la ropa blanca, además de ser más estables volumétricamente.

Se encuentra en cualquiera de las cuatro consistencias: ligera, mediana, pesada y muy pesada.

Se presenta en diversos contenedores, dependiendo de su consistencia. Pueden ser frascos de boca ancha para la consistencia pesada y muy pesada, tubos colapsables para la de consistencia mediana y ligera, y al mismo tiempo se pueden proporcionar en frascos de plástico con apertura mínima para dispensar el material de consistencia ligera. El catalizador se presenta en forma de un líquido en un frasco gotero de cristal o en forma de pasta en un tubo colapsable. También se pueden encontrar en una presentación que es de mezcla automática que consta de un cartucho en el que se encuentran la base y el catalizador en cilindros separados, con una pistola y con una boquilla de mezcla que tiene dos émbolos para permitir la salida de cantidades iguales de base y catalizador.²

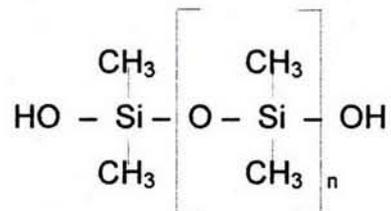
En todos los casos, se mezcla la base con el catalizador para lograr la polimerización. Están indicadas para la toma de impresiones unitarias, parciales o totales en donde las áreas retentivas no sean una limitante para

el uso del material; pueden ser electrodepositadas en la misma manera que los hules de polisulfuro.

3.3.3.1 Composición y reacción química de las siliconas

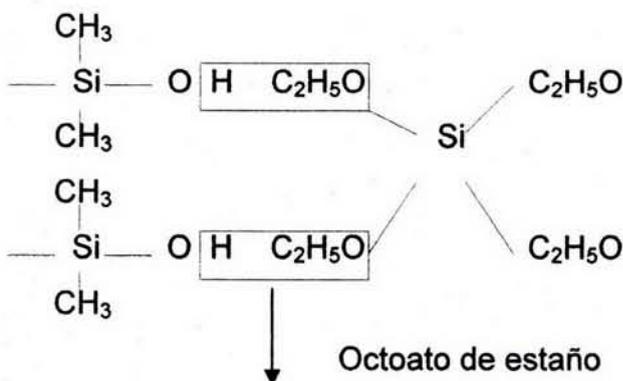
Se usan dos variantes de siliconas en relación a la manera de polimerizar:

1.- Siliconas por condensación. Se basa en un polidimetilsiloxano hidroxiterminado. La unión cruzada se realiza mediante una reacción con silicatos alquílicos trifuncionales y tetrafuncionales, en presencia del octoato de estaño $[\text{Sn}(\text{C}_7\text{H}_{15}\text{COO})_2]$.

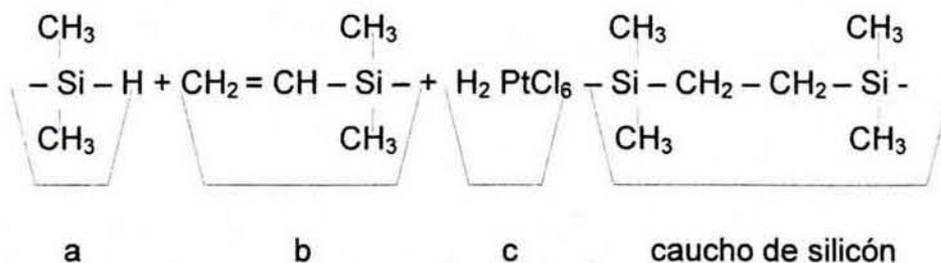


La reacción se lleva a cabo a temperatura ambiente, por lo que se dice que polimeriza a temperatura ambiente.

a = base (a) dimetil siloxano + (b) silicato orto-etil + (c) Octoato
 b + c = catalizador de estaño \longrightarrow caucho silicón + alcohol etílico



(a) siloxano terminal-silano + (b) siloxano terminal vinil + (c) ácido cloro platínico \longrightarrow Caucho de silicón



Si existe balance del silicón vinílico y del hidruro no hay productos colaterales de la reacción. Pero si no se mantiene un equilibrio adecuado, se produce gas hidrógeno, lo que provoca la formación de burbujas en la superficie de la impresión y, en consecuencia, en el modelo de yeso. Por lo regular los fabricantes agregan un metal noble, como el platino o el paladio, para que actúe como limpiador del hidrógeno que se libera. Éste también se forma por la presencia de humedad o grupos silano residuales que reaccionan con los hidruros del polímero base.²

De la misma manera que en las presentaciones del silicón por condensación, el peso molecular y la cantidad de sílice son la variante para formular las cuatro consistencias del material.

3.3.3.2 Manipulación

Las pastas se suministran en tubos colapsables; normalmente se extraen cantidades iguales sobre un block de papel o loseta. Para la mezcla inicial se utiliza un movimiento circular, mientras que para la mezcla final (para obtener una consistencia uniforme) se utilizan movimientos amplios de la espátula. Para completar la mezcla se requieren 45 segundos, aunque es más fácil trabajar con los materiales de baja consistencia que con los de mayor consistencia. Cuando el catalizador es un líquido, las instrucciones

especifican el número de gotas que se deben de mezclar con una longitud determinada de pasta; para la mezcla se emplea el mismo método que para los sistemas de dos pastas.

Para los sistemas de dos masillas se utilizan cucharas suministradas por el fabricante para extraer las pastas; para la mezcla se puede emplear una espátula resistente o se puede amasar con las manos hasta conseguir una mezcla uniforme. Los materiales con consistencia de masilla que tienen un catalizador líquido se mezclan primero con una espátula hasta conseguir una incorporación razonable del catalizador y, posteriormente se completa la mezcla a mano.

Se recomienda no usar guantes de látex, ya que estos interfieren en la reacción de polimerización de las siliconas por adición produciendo desde un retardo en el polimerizado hasta una completa inhibición de la reacción de polimerización.^{4, 5} Con los guantes de vinil no sucede esto. En las siliconas de condensación no existe ningún problema ya que ninguno de los dos tipos de guantes interfiere en su proceso de polimerización.⁶

Existen siliconas de adición de consistencia baja a muy alta y un número limitado de poliéteres de baja consistencia de mezcla automática. La base y el catalizador van en cilindros separados del cartucho. Se debe colocar dicho cartucho en una pistola de mezcla con dos émbolos que avanzan mediante un mecanismo de empuje, haciendo salir cantidades iguales de base y de catalizador a través de una boquilla de mezcla estática. Según van saliendo, las pastas de la base y el catalizador se mezclan entre sí muchas veces, formando una pasta uniforme en la salida de la boquilla. El material mezclado puede introducirse directamente en una jeringa de inyección o extenderse en un portaimpresión. Existen boquillas para la aplicación intraoral que se pueden enroscar en un extremo de la boquilla de mezcla estática para

inyectar el material directamente en la preparación cavitaria y sus alrededores. A continuación se puede retirar la punta y extender más el material mezclado sobre el portaimpresión. Se ha comprobado que los sistemas de automezcla producen mezclas con mucho menos burbujas que las mezclas manuales⁵. Aunque en cada mezcla se desecha el material que queda en la boquilla, la pérdida representa aproximadamente de 1-2 ml solamente, dependiendo de la boquilla utilizada; mientras que en una mezcla manual se pierden de tres a cuatro veces esa cantidad.⁷

Para obtener la impresión se puede emplear sólo el material de consistencia regular o combinar un material de consistencia elevada o de masilla con una de baja consistencia. Se puede utilizar un procedimiento de impresión combinando la inyección de un material de baja consistencia en las zonas críticas con una jeringa y aplicando el material de consistencia elevada con un portaimpresión. Al colocar el portaimpresión con el material más denso en la zona en la que previamente se ha inyectado el material de baja consistencia, ambos materiales se unen y polimerizan juntos. Una vez que han polimerizado, se retira la impresión. Para este tipo de impresiones se recomienda el uso de los polivinilsiloxanos.⁸

También se puede utilizar un procedimiento de impresión doble, en el cual se obtiene una impresión preliminar con un material de consistencia elevada o de masilla antes de proceder a la preparación cavitaria. Para dejar el espacio necesario para el material de baja consistencia se pueden utilizar diversas técnicas; después de la preparación cavitaria se inyecta con una jeringa un material de baja consistencia en la zona y se vuelve a colocar la impresión preliminar. Los materiales de consistencia baja y elevada se unen, y una vez que ha polimerizado el de baja consistencia, se extrae la impresión. Esta técnica recibe el nombre de técnica de rebase o putty-wash. El Dr. Craig recomienda que para este tipo de técnica se utilice una silicona por

condensación.^{9, 10} Además, de que en un estudio se reportó que esta técnica obtuvo mejores resultados que la técnica de un solo paso.¹¹

Existe otro procedimiento de dos fases, conocida como técnica sin espaciador: la masilla se mezcla, se coloca en un portaimpresión, se asienta sobre la preparación y se deja polimerizar. Posteriormente, la impresión se retira, se recortan las zonas retentivas y se añade silicona fluida recién mezclada a la impresión en masilla y a continuación se vuelve a colocar todo el conjunto. La silicona fluida se deja polimerizar. Esta técnica es adecuada para ser utilizada con siliconas por condensación, pero no debe usarse en materiales de adición.¹²

3.3.3.3 Variables en su comportamiento

El tiempo de trabajo de las siliconas, ya sea por condensación o adición, es relativamente corto; se recomienda la técnica de manejo de dos operadores para facilitar su manejo.

La temperatura y la humedad tienen influencia directa sobre el tiempo de polimerizado de la misma manera que para los hules de polisulfuro.

Las siliconas por condensación son los materiales que experimentan mayores cambios dimensionales: aproximadamente un -0.6%. La contracción se debe a la evaporación de subproductos volátiles y a la reorganización de los enlaces químicos como resultado de la polimerización.¹³ La velocidad de contracción de los materiales de impresión elásticos no es uniforme durante las 24 horas posteriores a su extracción de la boca. En general, la mitad de la contracción que se detecta a las 24 horas se produce durante la primera hora tras tomar la impresión, y para lograr la máxima exactitud se deben vaciar los modelos y troqueles inmediatamente, aunque los materiales elásticos son mucho más estables al estar expuestos al aire que los hidrocoloides.

Las siliconas por adición, al polimerizar y no producir subproductos, dan como resultado materiales de mayor estabilidad dimensional. El costo de este tipo de material es mayor al de los otros por la presencia de platino y paladio en su composición. El paladio se agrega para evitar la formación de burbujas, obteniéndose una superficie más tersa.

Tabla 1. Propiedades físicas de silicona por condensación y silicona por adición

| Material | Consistencia | Aumento de temperatura (°C) | Viscosidad 45 segundos tras la mezcla(cp) | Tiempo de trabajo (minutos) | Tiempo de polimerizado (minutos) | Cambio dimensional a las 24 horas (%) |
|--------------|--------------|-----------------------------|---|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Condensación | Baja | | | 2.5-4 | 6-8 | -0.60 |
| | Muy alta | 1,1 | 70,000 | 2-2.5 | 3-6 | -0.38 |
| Adición | Baja | | | 2-4 | 4-6.5 | -0.15 |
| | Media | | 150,000 | 2-4 | 4-6.5 | -0.17 |
| | Alta | | | 2.5-4 | 4-6.5 | -0.15 |
| | Muy alta | | | 1-4 | 3-5 | -0.14 |

3.3.4 POLIÉTER

Estos materiales fueron patentados en 1969 por Schmitt y se han venido utilizando a partir de 1970 en forma exitosa. Desde entonces, los investigadores han reportado los resultados de sus trabajos con estos materiales y con base en tales informes, se pueden mencionar los siguientes datos:

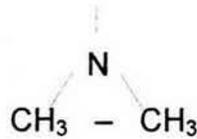
Los poliéteres son materiales de impresión que se presentan en forma de pasta, con estuches que contienen 2 tubos colapsables, uno con la base y otro con el catalizador. Puede incluirse además un tubo con adelgazador, cuya función es alargar el tiempo de polimerización del material mezclado, así como darle mayor flexibilidad. También se incluye un adhesivo, para unir el material de impresión con el portaimpresión.

Debido a sus propiedades físicas, el poliéter es adecuado para tomar impresiones de precisión con el fin de elaborar incrustaciones, coronas, prótesis fija de tramo corto (3 a 4 unidades) o para tomar registros de relación intermaxilar. Los productos más conocidos son IMPREGUM Y POLYJEL.

3.3.4.1 Composición

La pasta base contiene poliéter de bajo peso molecular (por lo tanto fluido) con grupos terminales etilenimino. Un grupo químico poliéter se caracteriza por tener 2 radicales unidos por un átomo de oxígeno y se representa en química orgánica como $R - O - R$, en donde R es un radical y O es el oxígeno que los une.

El grupo etilenimino tiene la siguiente estructura:



La pasta catalizadora consiste en un sulfonato alquil-benceno, o éster sulfónico, con fórmula:

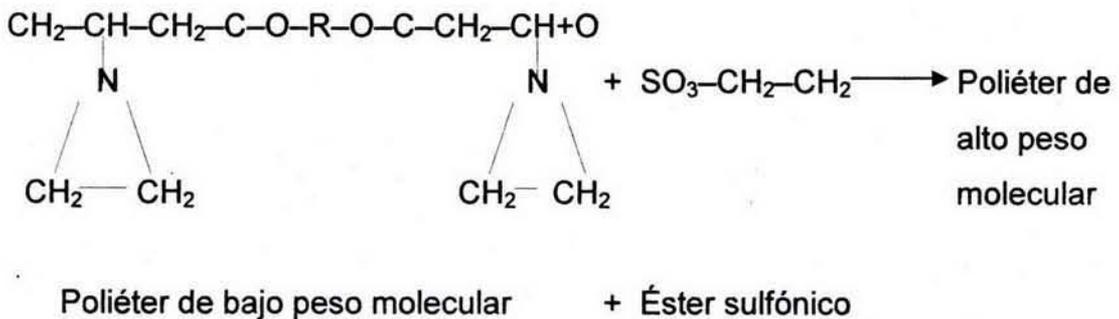


El adelgazador es un ftalato o un poliéter simple.²

3.3.4.2 Reacción de polimerización

Al mezclar las pastas, se inicia la reacción de polimerización por medio de la apertura de los anillos etilenimino, aumentando el peso molecular y al mismo tiempo la consistencia del material por la polimerización catiónica de cadenas cruzadas que se lleva a cabo. Los cationes se originan a partir del grupo alquílico (-CH₂-CH₃) del catalizador.

En resumen, la reacción se efectúa así:



3.3.4.3 Propiedades físicas

Una de las características del material es su tixotropismo, es decir, que una vez mezclado, aparece muy viscoso al colocarlo en el portaimpresión, pero ante la carga o presión, se torna fluido y capaz de penetrar y reproducir detalles finos de las cavidades o preparaciones dentarias.

Por otra parte, de todos los materiales de impresión elastoméricos, este es el más rígido, o dicho correctamente, el menos elástico.

El tiempo de trabajo es muy corto, apenas de 2 minutos, pero puede incrementarse hasta 4 minutos, haciendo uso del adelgazador, en cantidades proporcionales, al momento de iniciar la mezcla. El tiempo de polimerización a 37° C es de 3 minutos, o aproximadamente 5 si se emplea el adelgazador.

El cambio dimensional al polimerizar es casi igual al de los hules de polisulfuro, pero menor que el de las siliconas por condensación. El cambio dimensional de un poliéter es de aproximadamente -0.2%.² Es recomendable conservar la impresión libre de humedad hasta el momento de hacer el positivo (modelo), ya que absorben lentamente este líquido y alteran sus dimensiones. No obstante, se pueden preparar troqueles muy exactos de yeso o electrodepositado a partir de las impresiones de poliéter.

Tabla 2. Propiedades físicas del poliéter.

| Material | Consistencia | Aumento de temperatura (°C) | Viscosidad 45 segundos tras la mezcla (cp) | Tiempo de trabajo (minutos) | Tiempo de polimerizado (minutos) | Cambio dimensional a las 24 horas (%) |
|------------|--------------|-----------------------------|--|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Poliéteres | Baja | 4.2 | 130,000 | 2.5 | 4.5 | -0.23 |
| | Media | | | 2-3 | 3-4.5 | -0.24 |
| | Alta | | | 3-4 | 4-5.5 | -0.23 |
| | Muy alta | | | 2.5 | 4.5 | -0.19 |

La exactitud de reproducción lograda alcanza las 20 micras, suficiente para trabajos de precisión. El coeficiente de expansión térmica es relativamente alto, ($2.2 \times 10^{-4} / ^\circ \text{C}$), por lo que se aconseja evitar cambios de temperatura después de tomar la impresión, pues ello produce la pérdida de exactitud.

3.3.4.4 Manipulación

Previamente a la toma de impresión se debe colocar un portaimpresión individual que permita un mínimo de 4 mm de espesor para colocar el poliéter, ya que si la capa es muy delgada, se facilita el retiro de la impresión sin que se desgarre, así como su separación del yeso.

El portaimpresión se impregna con el adhesivo provisto por el fabricante, cuidando de hacerlo en un lugar ventilado para evitar la respiración de los vapores que desprende. La mezcla se hace durante 30 o 45 segundos con la proporción indicada por el fabricante, sobre un block de hojas desechables o loseta de vidrio, y con una espátula rígida para lograr una mezcla homogénea en color y sin vetas.

Debe evitarse el contacto del catalizador puro con la piel, debido a que puede provocar sensibilización. Si el contacto se efectúa, hay que lavarse con agua y jabón de inmediato. En caso de haber una reacción alérgica, debe

suspendirse el uso del material. Si se requiere mayor tiempo de trabajo, puede emplearse un adelgazador en la proporción que recomiende el fabricante.

Si se desea es posible inyectar un poco de material con una jeringa para elastómeros en las cavidades, antes de llevar el portaimpresión a la boca. Una vez polimerizado el poliéter, se rompe el sellado y se retira de un sólo movimiento, se enjuaga con agua fría y se seca con aire comprimido.

Es conveniente vaciar de inmediato el modelo, pero es aceptable hacerlo durante la primera hora. Deben evitarse la humedad y el sol.

3.3.4.5 Ventajas

- a) Fácil manipulación.
- b) Impresiones de gran precisión.
- c) Estabilidad dimensional.
- d) Posibilidad de efectuar electrodepositado para hacer modelos.
- e) Vida útil en almacenamiento de hasta 2 años, a temperatura fresca.

3.3.4.6 Desventajas

- a) Tiempo de trabajo corto. Esto hace que sólo pueda utilizarse para impresiones individuales o para prótesis de tramo corto.
- b) Su relativa rigidez a veces hace difícil poder separar los modelos de yeso sin que se fracturen, principalmente de zonas delgadas.

3.4 TÉCNICAS PARA LA TOMA DE IMPRESIONES

A lo largo de los años, se ha desarrollado y evolucionado una amplia variedad de técnicas para la toma de impresiones. La selección de una técnica específica depende de la experiencia y la evaluación individual del paciente. Al hacer la elección de la técnica de impresión, se debe considerar el tiempo, costo y la exactitud. Además, el paciente podría dictaminar algunas modificaciones en los procedimientos. Existe una variedad de técnicas como la técnica de rebase, de mezcla múltiple, para impresiones individuales, el método del arco doble de mordida cerrada y el de la banda de cobre, pero para este caso sólo se tratará la técnica de rebase o portaimpresión universal.⁸

3.4.1 Consideraciones técnicas

Es posible describir a los elastómeros como materiales para impresión de tipo universal. Son aptos para realizar cualquier clase de impresión dental; sin embargo, en un principio se idearon para obtener impresiones de tejidos duros, en los cuales la elasticidad es un prerrequisito.

3.4.2 Preparación del portaimpresión

Del ajuste de los vaciados maestros en los modelos de yesos construidos con impresiones de hule de diferente volumen, se deduce que a menor distancia entre el portaimpresión y el modelo maestro, más exacta será la impresión. La fidelidad de un material de impresión se determina fácilmente con el uso de vaciados maestros construidos en modelos críticos de acero. A menor ajuste del vaciado cuando se coloca en el modelo de yeso, más exacta debe ser la técnica y material de impresión.¹

3.4.3 Técnica de rebase o portaimpresión universal

Sinónimo: Portaimpresión estándar o putty-wash.

Método de mezclado: Mezcla doble y mezcla sencilla.

Ventajas:

- 1.- Elimina el tiempo y el costo de fabricar un portaimpresión individual.
- 2.- Los portaimpresiones universales de metal son rígidos y no son susceptibles a la distorsión.

Desventajas:

- 1.- Se requiere más material de impresión.
- 2.- Los portaimpresiones metálicos deben ser esterilizados.

El silicón de consistencia muy pesada se coloca en un portaimpresión prefabricado y se toma una impresión primaria. Con esto, se obtiene una cucharilla de silicón. El alivio necesario para la impresión final o "limpia" se proporciona al recortar el silicón o al utilizar una capa delgada de resina, hule o cera como espaciador entre el silicón y los dientes preparados. Después, esta área se llena con silicón de consistencia ligera y el portaimpresión se reinserta dentro de la boca.

Para reproducir con fidelidad los ángulos agudos en las cavidades preparadas, por lo regular es necesario inyectar el material con una jeringa. En algunos productos, el silicón que se utiliza para impresiones finales es el material ligero o para jeringa; si ésta se requiere o no, ello depende del diseño de la preparación.

Al principio, la mezcla de base y acelerador se incorporan en forma convencional sobre la loseta, completando la mezcla amasándola con los

dedos. En el caso del silicón por adición, se combinan las pastas base y catalizador viscosas, amasando todo.

Los elastómeros de consistencia pesada tienen varias ventajas, de las cuales la principal es su rápida polimerización. La impresión primaria debe mantenerse dentro de la boca 1 o 2 minutos. Así mismo, la rigidez relativamente alta de esta consistencia reduce la posibilidad de alterar una impresión, como resultado de la deformación elástica del material de portaimpresión al reinsertarlo. Sin importar el tipo de viscosidad que se utilice, debe mantenerse a presión sólo durante la colocación del portaimpresión y no mientras el material para rebase esté en proceso de polimerización.

En teoría, esta técnica es conveniente y el volumen de la impresión primaria, se forma con el material pesado que tiene una contracción térmica y de polimerización más o menos baja. En la práctica, el sistema de rebase deja con frecuencia una impresión muy inexacta si se mantiene bajo presión una parte crítica de la impresión primaria, mientras el material por rebase se polimeriza. Esto produce deformación elástica. La liberación inadecuada de tensiones es la causa principal de que se obtengan impresiones rebasadas con distorsión. Siempre que se vea el material en una zona de la impresión en contacto con un diente preparado, la precisión es dudosa.¹

Sin embargo, existen estudios en los que no se reporta una diferencia significativa entre las diversas técnicas de impresión (de mezcla múltiple y de rebase) por lo que se puede elegir cualquiera de estas técnicas.¹⁵

La preferencia por los portaimpresiones disponibles comunes en lugar de los prefabricados se asocia al uso frecuente de la técnica con silicón pesado.

Aquí la impresión primaria sirve como portaimpresión a la medida para el material de rebase.¹

Se recomienda dejar siempre un espacio de 2 mm entre el portaimpresión o la impresión primaria y la preparación, ya que se ha demostrado que con esta interfaz se obtendrá una impresión más exacta.¹⁶

En general, el uso de portaimpresiones individuales resulta ser más estable dimensionalmente que los sistemas de rebase (putty-wash),¹⁷ aunque hay algunos sistemas que tienen una estabilidad dimensional comparable al de los portaimpresiones individuales.^{18, 19} La distorsión que se llega a producir en las impresiones tomadas con polivinilsiloxanos, se puede reducir si se refuerzan los portaimpresiones con resina acrílica.²⁰

En los casos en los que se requieran modelos de precisión se deberá optar por una silicona por adición, ya que su grado de estabilidad dimensional, sus propiedades tensionales y su fuerza de unión con el portaimpresión la hacen una candidata perfecta para este tipo de trabajos.²¹

Un tipo de problema en este tipo de técnica es cuando si el segundo material, ligeramente fluido, se adapta bajo la primera impresión y no hay suficiente posibilidad de descarga, se produce un "efecto timbre", esto se refiere a que las dimensiones del muñón copiado son inferiores al original. No obstante, con el uso de espaciadores se puede reducir tal efecto timbre.²²

Entre las siliconas de adición por adición existe un tipo conocida como monofásica, que tiene las propiedades de una silicona de cuerpo pesado combinada con las de una de cuerpo ligero. Dentro de las ventajas de este material es que ahorra tiempo en la toma de la impresión y se pueden usar portaimpresiones rígidos sin que éstos afecten su estabilidad dimensional.^{5, 23}

Técnica:

- 1.- Colocar al paciente en posición supina.
- 2.- El operador debe colocarse en la posición de las 9 horas y el asistente en la posición de las 3 horas.

Elección del portaimpresión correcto:

- 3.- Seleccionar el tipo de portaimpresión basándose en la necesidad relativa de retención y en la preferencia personal.
- 4.- Seleccionar la forma y tamaño del portaimpresión, basándose en la forma y tamaño del arco del paciente.

Preparación del portaimpresión universal para la impresión final.

- 5.- Cubrir uniformemente con adhesivo el interior y el marco del portaimpresión.
- 6.- Mezclar el material de impresión de alta viscosidad de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- 7.- Insertar la masilla dentro del portaimpresión universal.
- 8.- Cubrir la masilla con el espaciador suministrado por el fabricante (una hoja de polietileno).
- 9.- Insertar y asentar el portaimpresión con un movimiento de tipo oscilatorio.
- 10.- Sostener y esperar hasta que se produzca el polimerizado inicial (aprox. 2 minutos).
- 11.- Retirar el portaimpresiones de la boca con un movimiento lateral mínimo.
- 12.- Esperar y evaluar el polimerizado final.
- 13.- Despegar el espaciador.
- 14.- Con un cuchillo filoso, retirar el exceso de material de impresión.
- 15.- Si se requiere eliminar más material, se tiene que retirar (por ejemplo, con un instrumento de mano agudo o con una fresa para acrílico).
- 16.- Colocar el portaimpresión a un lado.

Desplazamiento y manejo gingival:

17.- Aislar con rollos de algodón el área (o áreas) que van a ser impresionadas y secar la(s) preparación(es) con chorros cortos de aire comprimido. El surco debe estar seco, pero no se debe desecar la dentina.

18.- Para evitar el desenrollado durante la colocación, se debe elegir un hilo trenzado.

19.- Seleccionar el diámetro del hilo para poner a un lado el tejido y alargar físicamente el espacio surcular; para ello, mida la profundidad y anchura del surco con una sonda periodontal.

20.- Observar las áreas subgingivales de la línea de terminado que se requiere de desplazamiento tisular.

21.- Cortar aproximadamente de 1 a 1¼ de pulgada de hilo.

22.- Seleccionar un instrumento despuntado, con una punta que encaje de manera cómoda dentro del surco.

23.- Envolver el hilo alrededor del diente y desde bucal, con el pulgar y el índice, se deben agarrar las dos puntas.

24.- Deslizar el hilo hacia el surco.

25.- Para empaquetar suavemente 1 mm de hilo dentro del surco, se debe elegir el ángulo lineal mesiofacial o facial distal. Se debe sostener el hilo en su sitio para facilitar un mayor desplazamiento surcular.

26.- Se debe empaquetar en el surco proximal y proseguir hacia la superficie lingual, NO hacia la superficie facial.

27.- Continuar alrededor de lingual, hacia la superficie proximal opuesta.

28.- Controlar los extremos bucales mientras se sigue empujando, con un instrumento de mano, hacia el diente. Luego se debe girar dentro del surco, en tanto que se empuja hacia el hilo que ya está empaquetado. Esto evita que el hilo se desplace. Observar la encía que está siendo desplazada lateralmente desde el diente. No empujar el hilo hacia apical; ya que esto despega la encía insertada.

- 29.- Determinar la longitud final del hilo, permitiendo 1 mm de recubrimiento más 2 mm de exceso para una remoción sin complicaciones.
- 30.- Con unas tijeras filosas, cortar el hilo retractor para prevenir tracción o tirones del hilo.
- 31.- Completar el empaquetado hacia la superficie facial. Esto varía de acuerdo con la posición de la línea de terminado, supragingival o subgingival.
- 32.- Evaluar el desplazamiento tisular; si no se puede ver la línea de terminado en cierta(s) área(s), lo indicado es un hilo adicional de mayor diámetro.
- 33.- Para controlar la filtración de fluidos desde las paredes del surco lingual, se usa alumbre (sulfato de aluminio). Si el surco gingival está sano y no lacerado, este medicamento es suficiente.
- 34.- Para controlar hemorragias menores, se usa epinefrina (8%), pero no se debe usar en pacientes con tejido lacerado, con enfermedad cardiovascular, diabetes o hipertiroidismo.
- 35.- Si al hilo no se le ha aplicado medicamento alguno, se debe humedecer ligeramente el hilo con agua. Esto ayudará a evitar que en la remoción se pegue o adhiera al tejido surcular.
- 36.- Si hay inflamación presente y no se puede controlar la filtración, se retira el hilo y se repiten los pasos 17 al 35, o se usa electrosección (acusección).
- 37.- Si hay inflamación presente y no se puede controlar la filtración, entonces se verifica el ajuste de la restauración temporal y la textura de la superficie. Se cementa el provisional y se permite la cicatrización gingival antes de tomar otra impresión.
- 38.- Observar la línea de terminado. Si no se pueden ver todas las áreas de la línea de terminado, se regresa al paso 17. Si se ven por lo menos 0.5 mm por debajo de la línea de terminado, se continúa.
- 39.- Se deja el hilo durante 8 a 10 minutos aproximadamente. Mientras el hilo está desplazando la encía, también está comprimiendo los vasos

sanguíneos. La retención prolongada puede causar costras gingivales retrasadas y migración.

40.- Con cera roja, se trazan los socavados alrededor del diente en el arco. Cuando se aplica la cera, el tejido debe estar seco, pero no deshidratado. Esto facilita la remoción de la impresión, reduce la distorsión y evita el rompimiento.

Preparación de la jeringa:

41.- Lubricar ligeramente el anillo "O" de la jeringa.

42.- Recortar la punta. Abrir el orificio para incrementar el flujo, o cerrar el orificio para disminuir el flujo. El orificio debe ser liso y sin resquebraaduras.

43.- Medir la longitud del arco del portaimpresión para guiarse al dispensar la cantidad de elastómero.

Impresión final.

44.- Escoger una loseta o un block de papel de mezclado grande, de aproximadamente 6 x 8 pulgadas. Algunas marcas de material de impresión tienen aparatos mezcladores que no requieren de una loseta o block de papel para ser mezclados. Trabajan empleando un cartucho reemplazable y uniendo la punta a la pistola, accionando el disparador para comprimir el material dentro de un portaimpresión, o directamente dentro de la jeringa.

45.- Escoger una espátula que sea lo suficientemente grande para recoger el material de impresión mezclado, pero que al mismo tiempo sea lo suficientemente flexible como para mezclar el material sobre la loseta o block de papel.

46.- Colocar la loseta cerca del borde de una mesa que tenga una altura aproximada a la de la cintura.

47.- Mezclar el material de baja consistencia de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Primero se usa un movimiento circular para combinar las dos proporciones y luego un movimiento en forma de 8, para

aplanar la mezcla sobre la loseta. El aplanamiento de la mezcla y el limitar el número de veces en que se levanta la espátula de la loseta reduce el número de vacíos o burbujas en la mezcla.

48.- Mezclar de acuerdo con las instrucciones del fabricante para obtener una mezcla libre de vetas en menos de 1 minuto.

49.- Cargar la jeringa, manteniéndola inclinada mientras se raspa la loseta. Eliminar el exceso en la punta, usando una toalla de papel, atornillar la punta e insertar el émbolo. Se inyecta una pequeña cantidad antes de pasarla al operador.

50.- El operador inicia la remoción del hilo, mientras que el émbolo es insertado en la jeringa.

51.- Agarrar con pinzas los 2 mm de exceso de hilo y lentamente, con una presión continua y suave, se lleve el hilo hacia oclusal. Repetir con todos los hilos.

52.- Evaluar el sitio de retracción en cuanto a filtración, hemorragia o detritus.

53.- Rápidamente, se evita la filtración con chorros cortos de aire comprimidos, o secando con torundas de algodón.

54.- Si no se puede controlar la filtración, consultar los pasos 33 al 37.

55.- Inyectar en primer lugar las áreas inaccesibles, por ejemplo, la línea de terminado linguo-distal.

56.- Colocar la jeringa de tal manera que el elastómero esté delante de la punta del orificio.

Insertar el portaimpresión.

57.- Insertar el material de impresión de baja consistencia dentro del portaimpresión, sin llenarla en exceso. Llenar el interior ligeramente menos que la profundidad de los límites externos. Se debe observar que el exceso de material no fluya al fondo de la lengua o de la garganta, ya que esto causa incomodidad al paciente.

58.- Se extienden las marcas hacia los carrillos una por una, primero con el portaimpresión y luego con el dedo índice.

59.- Colocar el portaimpresión sobre el arco.

60.- Asentar de posterior a anterior, permitiendo que el exceso se extruya anteriormente.

61.- Aplicar fuerza en dirección vertical hasta ver que es imposible un mayor asentamiento.

62.- Evaluar la posición final y ajustar el portaimpresión, de ser necesario.

Evaluación de la impresión final:

63.- Estabilizar el portaimpresión y esperar el tiempo mínimo sugerido por el fabricante con el fin de lograr el polimerizado final. Por lo general, los investigadores defienden períodos mayores de tiempo.

Remoción del portaimpresión:

64.- Insertar dos dedos bajo cada lado del portaimpresión con el propósito de romper el sello.

65.- Retirar el portaimpresión paralelo a la dirección de la(s) preparación(es) y pasarlo al asistente. Esto es crucial en la impresiones de arco transversal.

66.- Enjuagar la impresión con agua y secarla con chorros cortos de aire comprimido. Algunos elastómeros son higroscópicos, de manera que se debe remover toda el agua.

67.- Cuidadosamente se retiran todos los hilos de retracción que queden en la impresión.

68.- Revisar el surco en busca de material de impresión residual, retirar cualquier detritus y limpiar la cavidad bucal.

Evaluación de la impresión:

69.- El material elastomérico debe estar presente a 0.5 mm más allá de la línea de terminado visible.

- 70.- Observar la presencia de marcas o señales de fresas, la unión de la superficie radicular lisa, y la línea de terminado continua.
- 71.- El portaimpresión no debe verse en ninguna de las áreas de impresión, excepto en los topes de los tejidos.
- 72.- No debe haber áreas lisas brillantes; de haberlas sugiere contaminación por humedad.
- 73.- No debe haber vacíos. Si los hay, sugiere problemas de mezclado o contaminación.
- 74.- Revisar en la impresión en busca de defectos o rasgaduras. Los polisulfuros pueden distorsionarse sin romperse, pero algunas veces revelan distorsión excesiva por medio de un color más claro.
- 75.- No debe haber áreas delgadas que dejen sin soporte a la línea de terminado. Estas áreas se distorsionan bajo el peso del yeso.

Fabricación del modelo de trabajo:

- 76.- Colocar los dowel pin dentro de la impresión. Insertar un perno dowel pin extra en cada lado de los troqueles de trabajo. Esto asegura la remoción del troquel a pesar de los errores al seccionarlo.
- 77.- Revisar en la impresión los dowel(s), en cuanto a su posición de paralelismo y retención y agregar clips para papel o alambre ortodóncico para retener un segundo vaciado con el primero. El sistema Pindex permite un vaciado inmediato de la impresión.
- 78.- Vaciar la primera capa de yeso.
- 79.- Esperar el fraguado inicial del yeso.
- 80.- Lubricar las áreas del troquel.
- 81.- Encajonar la impresión.
- 82.- Vaciar la segunda capa de yeso para la base.⁸

3.4.4 Retiro de la impresión

Bajo ninguna circunstancia debe retirarse la impresión hasta que la polimerización progrese lo suficiente como para proporcionar la elasticidad adecuada que impida la deformación. Un método por el cual se determina el tiempo de remoción, consiste en inyectar parte del material en un espacio interproximal que no se encuentre en el área de operación. Antes se hizo notar que este material se presiona de vez en cuando con un instrumento romo; cuando está firme y recupera por completo su contorno original es posible retirar la impresión. Si se utiliza la técnica de mezclado múltiple, es conveniente probar el material de la jeringa y del portaimpresión. Los tiempos de polimerizado de las dos consistencias pueden variar.¹

Desde el punto de vista práctico, la velocidad de polimerizado tiene que ser lenta y el tiempo de permanencia en la boca no tan prolongado. Se estima que con un material elastómero satisfactorio, la impresión está lista para retirarse en aproximadamente a los 10 minutos a partir del momento de la mezcla, y se deja la impresión en la boca de 6 a 8 minutos.

La impresión debe retirarse con un movimiento rápido.

Se debe vaciar el modelo poco después de retirar la impresión de la boca para no alterarla cuando se utiliza hule de polisulfuro o silicón de condensación.²⁴

Según Stackhouse, los modelos obtenidos de siliconas fueron más fieles que los producidos con polisulfuros, así como la técnica de rebase (putty-wash) también demostraron ser de las más fieles en la obtención de modelos.²⁵

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el campo odontológico existe una gran variedad de materiales de impresión con excelentes propiedades físicas y mecánicas, dentro de estos se encuentran los elastómeros. Así mismo, el uso de técnicas adecuadas para toma de impresión da como resultado la obtención de modelos de trabajo con excelentes características de precisión y reproducción de detalle.

La aplicación de una técnica inadecuada para toma de impresión como es la de dos fases con silicona por condensación (rebase) sin el uso de espaciadores puede provocar el efecto llamado timbre, dando como resultado un modelo con características volumétricas más pequeño que el original.

5. JUSTIFICACIÓN

Debido a la imprecisión en los modelos de trabajo obtenidos a partir de técnicas inadecuadas de impresión, las restauraciones obtenidas en dichos modelos presentan dificultad para su ajuste y sellado.

Es por ello, que es necesario realizar estudios comparativos de estabilidad dimensional con diferentes técnicas de impresión que brinden información acerca de cuál de éstas es la mejor opción para ser utilizada en la clínica.

6. HIPÓTESIS

6.1 Hipótesis de trabajo.

Las impresiones tomadas con el uso de espaciadores obtendrán valores de estabilidad dimensional superiores a los de un grupo control sin espaciadores.

6.2 Hipótesis nula

Las impresiones tomadas con el uso de espaciadores obtendrán valores inferiores a los de un grupo control sin espaciadores.

6.3 Hipótesis alterna

Las impresiones tomadas con el uso de espaciadores obtendrán valores similares a los de un grupo control sin espaciadores.

7. OBJETIVOS

7.1 Objetivo general

7.1.1 Comparar la estabilidad dimensional de 3 marcas comerciales de silicona por condensación utilizando la técnica tradicional para toma de impresiones con y sin espaciadores.

7.2 Objetivos particulares

7.2.1 Comparar cual de las 3 marcas comerciales de silicona por condensación es más exacta a los 15 minutos.

7.2.2 Comparar cual de las 3 marcas comerciales de silicona por condensación es más exacta a los 30 minutos.

7.2.3 Comparar cual de las 3 marcas comerciales de silicona por condensación es más exacta a los 60 minutos.

7.2.4 Comparar cual de las 3 marcas comerciales de silicona por condensación es más exacta a las 24 horas.

8. METODOLOGÍA

8.1 Material y Equipo

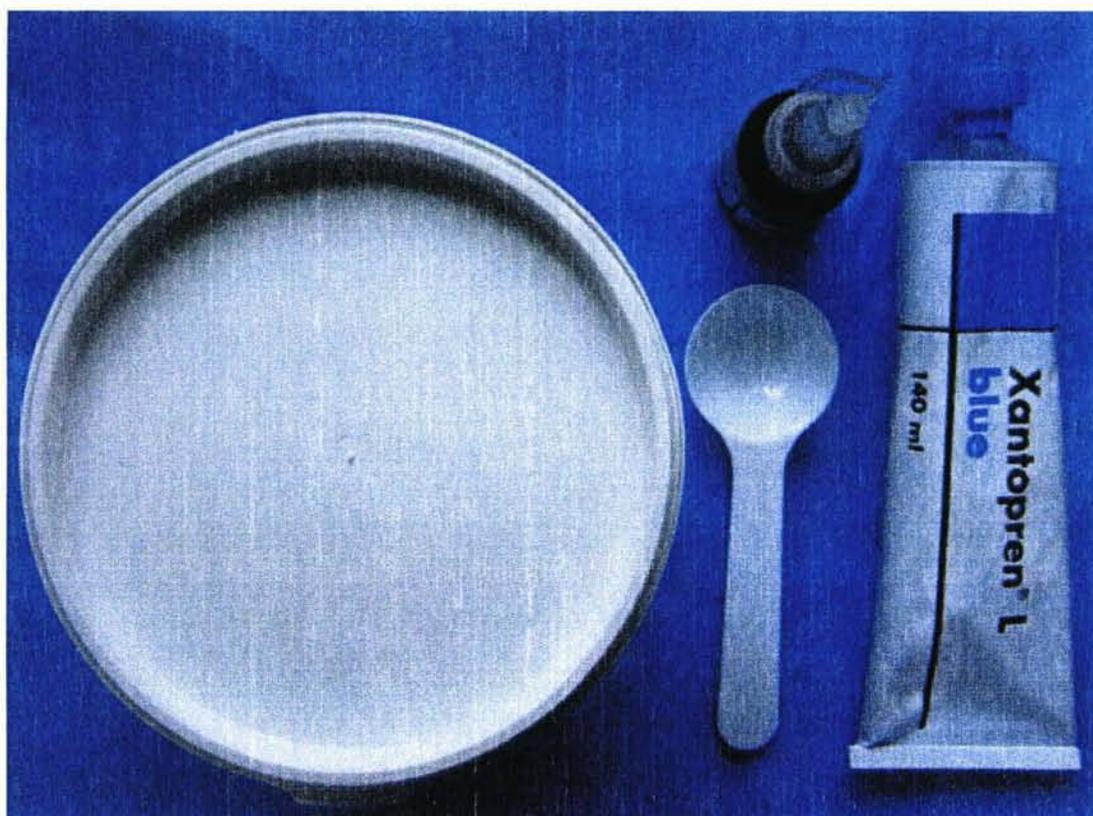
- Silicona por condensación Speedex (Coltène) putty; No. Lote LJ048; Caducidad 2007-X; 910 ml; Type 1, high consistency
- Silicona por condensación Speedex (Coltène) light body (surface activated); No. Lote LJ097; Caducidad 2005-X; 140 ml; Type 3, low consistency
- Speedex (Coltène) Universal Activator; No. lote LJ063; Caducidad 2005-X; 60 ml.



- Silicona por condensación Zetaplus (Zhermarck) putty; No. lote C2173; Caducidad 2005-VII; 900 ml; Type 1, very high viscosity
- Silicona por condensación Oranwash L (Zhermarck) light hydrocompatible; No. Lote C2162T; Caducidad 2005-VI; 140 ml. Low viscosity
- Indurent Gel (Zhermarck) Endurecedor. No. Lote 1135; Caducidad 2005-IX; 60 ml



- Silicona por condensación Optosil P Plus (Heraeus-Kulzer) putty; No. Lote 160072; Caducidad 2004-VII; 900 ml; Type 0, very high consistency
- Silicona por condensación Xantopren L blue (Heraeus-Kulzer); No. Lote 140540; Caducidad 2004, VIII; 140ml. Type 3, Low consistency
- Ultraposil-Exactopren (Super Gayz, Heraeus-Kulzer) Activator Liquid; No. Lote 85650102; Caducidad 2005-V

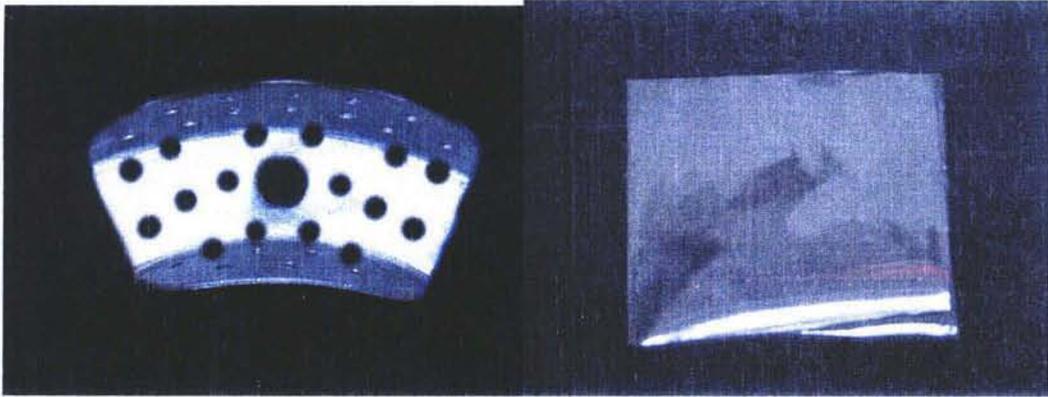


- Loseta de vidrio
- Espátula para cementos
- Jeringa para siliconas
- Molde de metal con dos preparaciones con líneas de desgaste



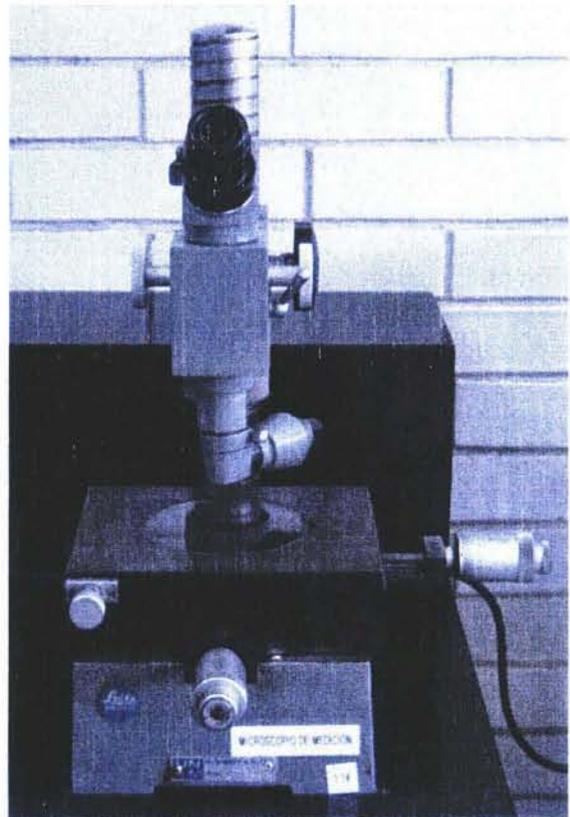
➤ Cucharilla de ¼ de arcada perforada sin mango

➤ Papel celofán (espaciador)



➤ Paralelómetro Leitz Wetzlar Germany

➤ Microscopio de medición Leitz Wetzlar Germany



8.2 Método

Se llevaron a cabo 60 impresiones utilizando un portaimpresión parcial perforado sin mango con tres marcas de silicona por condensación (Speedex de la marca Coltène, Zetaplus/Oranwash de la marca Zhermarck y Optosil/Xantopren de la marca Heraeus-Kulzer). Las muestras se dividirán de la siguiente forma:

- Grupo 1.- 10 impresiones sin espaciador utilizando Speedex
- Grupo 2.- 10 impresiones con espaciador utilizando Speedex
- Grupo 3.- 10 impresiones sin espaciador utilizando Zetaplus
- Grupo 4.- 10 impresiones con espaciador utilizando Zetaplus
- Grupo 5.- 10 impresiones sin espaciador utilizando Optosil
- Grupo 6.- 10 impresiones con espaciador utilizando Optosil

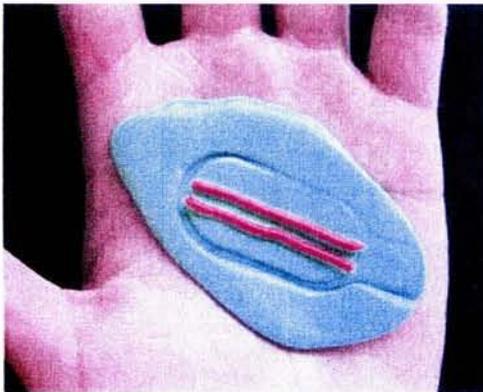
Las impresiones se tomaron a un molde de acero inoxidable que presenta dos preparaciones con dos líneas de desgaste, que sirvieron como referencia para la medición y comparación de la estabilidad dimensional. La medición de las líneas de referencia se llevó a cabo con el microscopio de medición antes de la toma de impresiones.

La manipulación, dosificación y tiempos de polimerización de cada uno de los materiales se realizó de acuerdo a las instrucciones de cada fabricante.

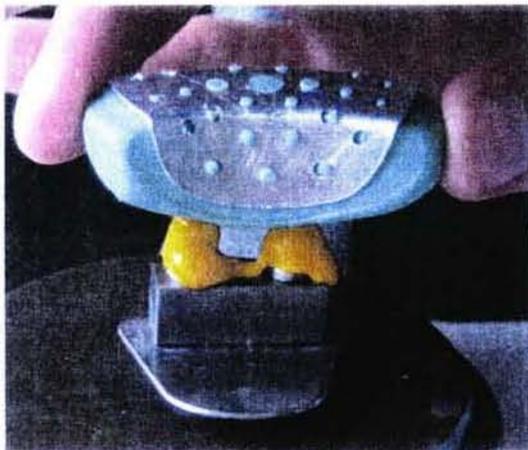
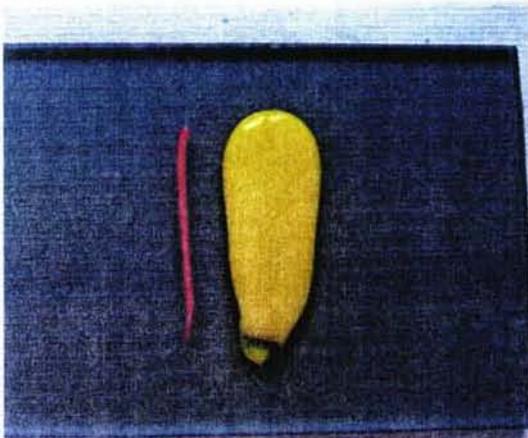
La toma de impresión para cada grupo sin espaciador se realizó de la siguiente forma:

1. El molde de acero inoxidable se colocó sobre el paralelómetro.

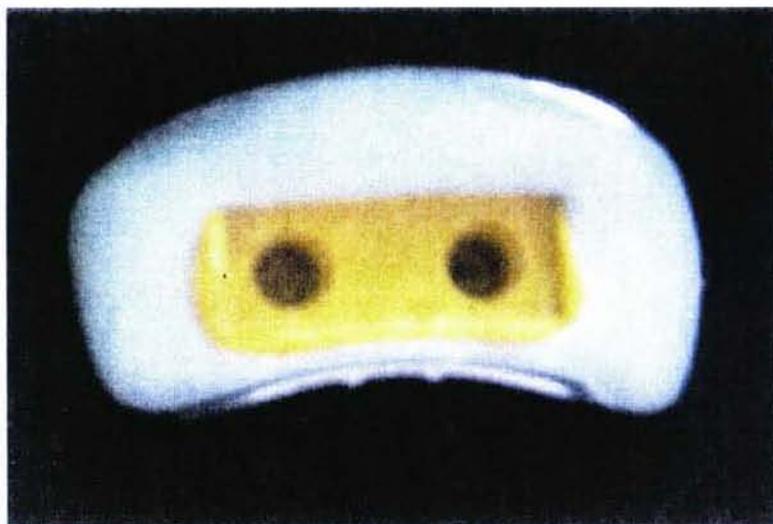
2. Una vez realizada la mezcla de la masilla, se colocó dentro del portaimpresión sin mango y se llevó al paralelómetro en una dirección ocluso-cervical, paralelo a las preparaciones hasta una profundidad adecuada y se mantuvo en esta posición con presión ligera hasta su polimerización final (esto con el fin de que tanto el molde de acero inoxidable como el portaimpresión estuvieran paralelos al momento de la toma de la impresión).



3. El portaimpresión se retiró con movimientos cortos anteroposteriores en dirección inversa a la de inserción.
4. Una vez mezclado el material ligero, una porción se colocó sobre el molde de acero inoxidable con la ayuda de una jeringa, mientras que el material restante se colocó sobre la impresión primaria de masilla.
5. El portaimpresión se colocó en la dirección antes mencionada, manteniendo una presión ligera hasta su polimerización final.

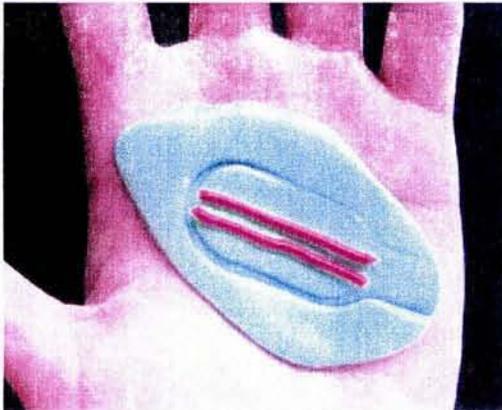


6. La impresión se retiró de la misma manera que la impresión primaria.

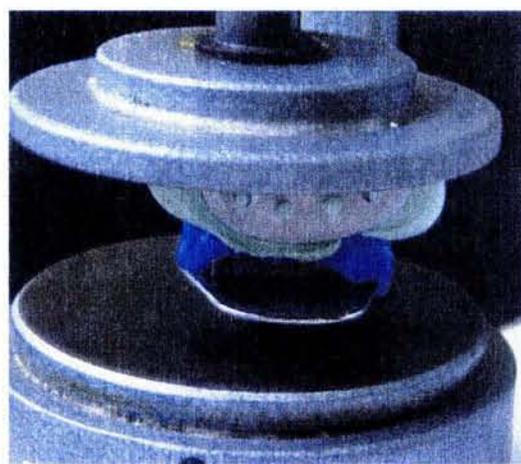
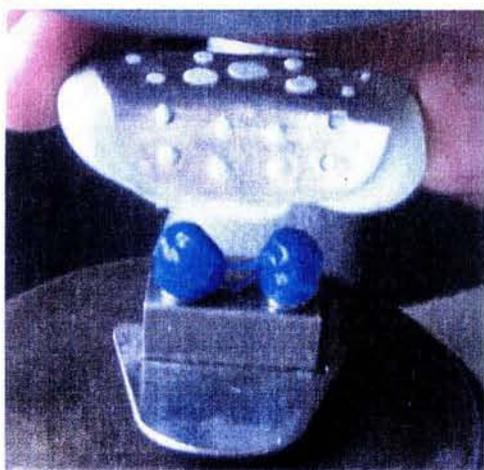
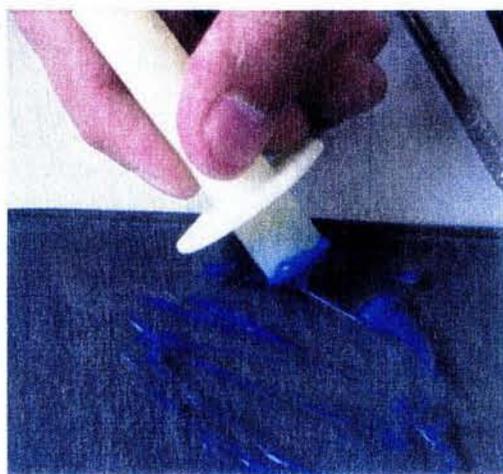


La toma de impresión para cada grupo con espaciador se realizó de la siguiente forma:

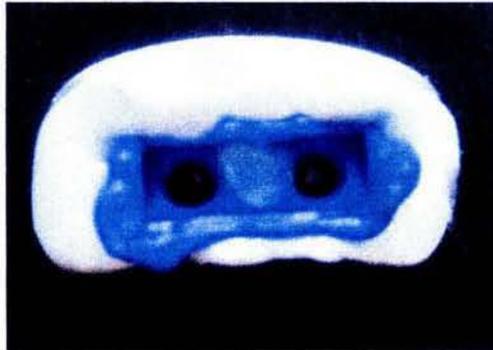
1. El molde de acero inoxidable se colocó sobre el paralelómetro.
2. Se colocó un espaciador de papel celofán con espesor de 2 mm sobre el molde, una vez realizada la mezcla de la masilla, se colocó dentro del portaimpresión sin mango y se llevó al paralelómetro en una dirección ocluso-cervical, paralelo a las preparaciones hasta una profundidad adecuada y se mantuvo en esta posición con presión ligera hasta su polimerización final (esto con el fin de que tanto el molde de acero inoxidable como el portaimpresión estuvieran paralelos al momento de la toma de la impresión).



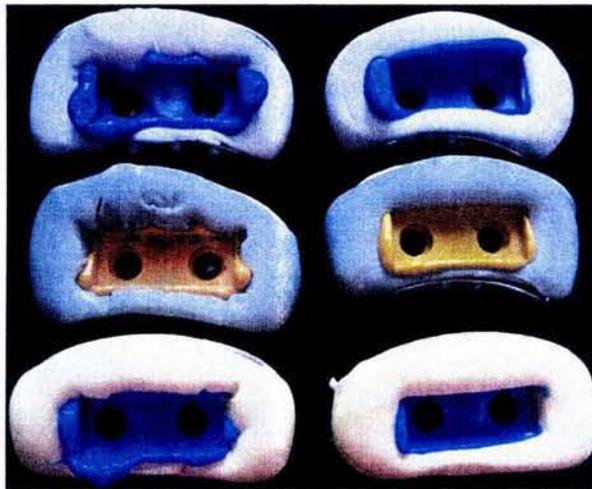
3. El portaimpresión se retiró con movimientos cortos anteroposteriores en dirección inversa a la de inserción y se retiró el espaciador.
4. Una vez mezclado el material ligero, una porción se colocó sobre el molde de acero inoxidable con la ayuda de una jeringa, mientras que el material restante se colocó sobre la impresión primaria de masilla.
5. El portaimpresión se colocó en la dirección antes mencionada, manteniendo una presión ligera hasta su polimerización final.



6. La impresión se retiró de la misma manera que la impresión primaria.



Una vez tomadas las impresiones, se realizaron las mediciones de las líneas de referencia en la impresión obtenida a los 15, 30, 60 minutos y 24 horas después de su polimerizado final.



Los resultados se analizaron utilizando un análisis estadístico ANOVA de un factor, así como también la prueba de Tukey.

8.3 Tipo de estudio

- Experimental
- Comparativo
- Transversal

8.4 Muestra

- 60 impresiones formando 6 grupos con 10 muestras cada uno, quedando de la siguiente manera:
 - GRUPO 1: Speedex (Coltène) sin espaciador
 - GRUPO 2: Speedex (Coltène) con espaciador
 - GRUPO 3: Zetaplus/Oranwash (Zhermarck) sin espaciador
 - GRUPO 4: Zetaplus/Oranwash (Zhermarck) con espaciador
 - GRUPO 5: Optosil/Xantopren (Heraeus-Kulzer) sin espaciador
 - GRUPO 6: Optosil/Xantopren (Heraeus-Kulzer) con espaciador

8.5 Población de estudio

- Silicona por condensación Speedex (Coltène).
- Silicona por condensación, Zetaplus/Oranwash (Zhermarck).
- Silicona por condensación Optosil/Xantopren (Heraeus-Kulzer).

8.6 Criterios de inclusión

- Silicona por condensación Speedex (Coltène).
- Silicona por condensación, Zetaplus/Oranwash (Zhermarck).
- Silicona por condensación Optosil/Xantopren (Heraeus-Kulzer).
- Cucharilla de ¼ de arcada perforada sin mango.

8.7 Criterios de exclusión

- Aquellos no mencionados en los criterios de inclusión.

8.8 Tipos de variables

8.8.1 Variables independientes

- Silicona por condensación Speedex (Coltène).
- Silicona por condensación, Zetaplus/Oranwash (Zhermarck).
- Silicona por condensación Optosil/Xantopren (Heraeus-Kulzer).
- Cucharilla de $\frac{1}{4}$ de arcada perforada sin mango

8.8.2 Variables dependientes

- Tiempos de manipulación
- Humedad
- Temperatura

9. INFRAESTRUCTURA

9.1 Recursos Humanos

- Tesista
- Tutor
- Asesor

9.2 Recursos Físicos

- Instalaciones del Laboratorio de Investigación en Materiales Dentales de la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Odontología

9.3 Recursos Financieros

- Tesista

10. RESULTADOS

Se realizó una prueba estadística ANOVA de un factor, así como también la prueba de Tukey.

Los valores obtenidos de las tres marcas de silicona por condensación se reportan en micras.

Para cada uno de los grupos se realizó el análisis estadístico antes mencionado comparando los valores del material con y sin espaciador a los 15 minutos, 30 minutos, 60 minutos y a las 24 horas.

SPEEDEX

En la tabla 3 se muestran los valores de la media y la desviación estándar del grupo Speedex ($P < 0.001$). Se observó que entre los grupos del mismo tiempo, pero de diferente técnica (con y sin espaciador) no hubo diferencia estadísticamente significativa.

ZHERMACK

En la tabla 3 se muestran los resultados de la media y la desviación estándar del grupo Zhermarck ($P < 0.001$). Se observó que entre los grupos del mismo tiempo, pero de diferente técnica (con y sin espaciador) no hubo diferencia estadísticamente significativa.

OPTOSIL

En la tabla 3 se muestran los resultados de la media y la desviación estándar del grupo Optosil ($P < 0.001$). Se observó que en todos los grupos del mismo tiempo, pero de diferente técnica (con y sin espaciador) sí hubo diferencia estadísticamente significativa, excepto a los 15 minutos en donde no se encontró una diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 3. Resultados obtenidos con las tres marcas de silicona por condensación con la técnica de impresión tradicional sin y con espaciador.

| Muestra | Media | Desviación estándar |
|-----------------------------------|-------|---------------------|
| Speedex sin espaciador 15 min. | 624.6 | 52.747 |
| Speedex sin espaciador 30 min. | 623.4 | 51.467 |
| Speedex sin espaciador 60 min. | 623.2 | 43.665 |
| Speedex sin espaciador 24 horas. | 620.7 | 48.546 |
| Speedex con espaciador 15 min. | 629.9 | 42.019 |
| Speedex con espaciador 30 min. | 630.6 | 48.086 |
| Speedex con espaciador 60 min. | 628.1 | 38.137 |
| Speedex con espaciador 24 horas. | 623.4 | 49.261 |
| Zhermarck sin espaciador 15 min. | 626.4 | 31.693 |
| Zhermarck sin espaciador 30 min. | 625.6 | 30.623 |
| Zhermarck sin espaciador 60 min. | 624.4 | 40.607 |
| Zhermarck sin espaciador 24 horas | 624.5 | 41.164 |
| Zhermarck con espaciador 15 min. | 631.6 | 45.509 |
| Zhermarck con espaciador 30 min. | 631.6 | 44.272 |
| Zhermarck con espaciador 60 min. | 631.6 | 40.879 |
| Zhermarck con espaciador 24 horas | 631.5 | 55.628 |
| Optosil sin espaciador 15 min. | 623 | 64.118 |
| Optosil sin espaciador 30 min. | 622.7 | 67.995 |
| Optosil sin espaciador 60 min. | 621.9 | 60.452 |
| Optosil sin espaciador 24 horas | 620.7 | 57.552 |
| Optosil con espaciador 15 min. | 630.4 | 51.897 |
| Optosil con espaciador 30 min. | 631.8 | 46.619 |
| Optosil con espaciador 60 min. | 632.5 | 47.434 |
| Optosil con espaciador 24 horas | 640.3 | 74.543 |

MISMO TIEMPO, MISMA TÉCNICA, DIFERENTE MARCA

En la tabla 4 se comparan todos los grupos entre si, pero con el mismo tiempo y misma técnica. Todo aquel grupo en donde hay un "No", quiere decir que no existe una diferencia estadísticamente significativa, y en los casos donde hay un "Si", quiere decir que si existió una diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 4. Misma técnica, mismo tiempo, diferente marca.

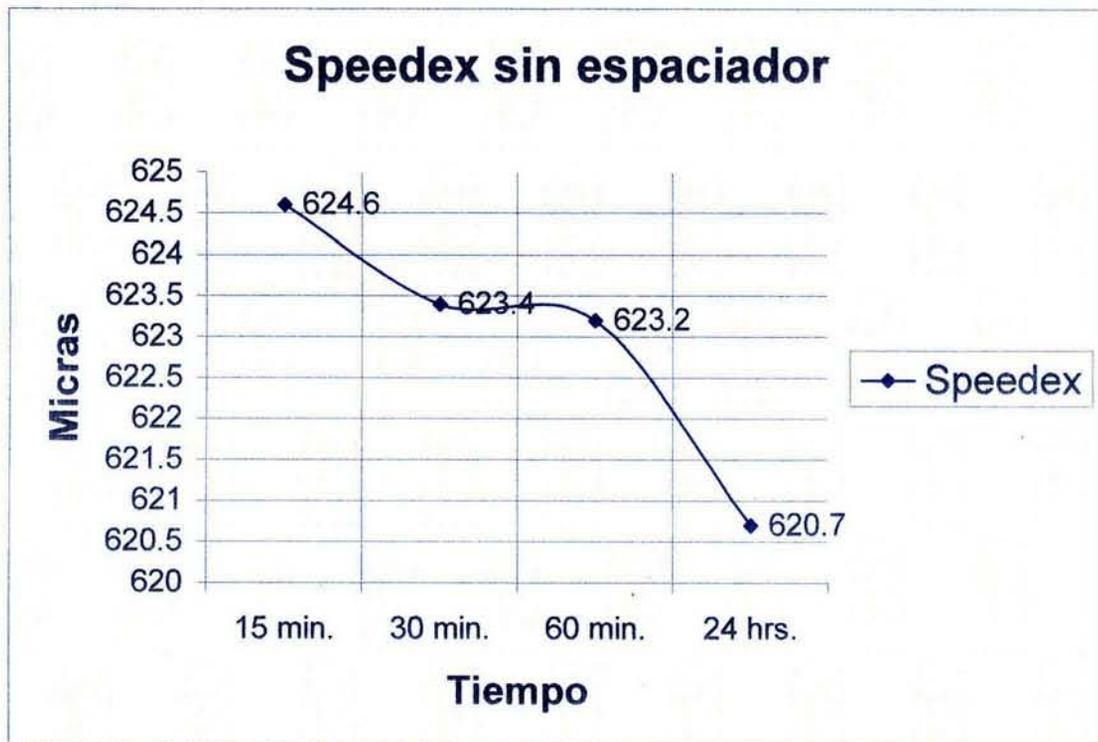
| Muestra | Speedex | Zhermarck | Optosil |
|------------------------------------|---------|-----------|---------|
| Speedex sin espaciador 15 min. | ----- | No | No |
| Speedex sin espaciador 30 min. | ----- | No | No |
| Speedex sin espaciador 60 min. | ----- | No | No |
| Speedex sin espaciador 24 horas. | ----- | No | No |
| Speedex con espaciador 15 min. | ----- | No | No |
| Speedex con espaciador 30 min. | ----- | No | No |
| Speedex con espaciador 60 min. | ----- | No | No |
| Speedex con espaciador 24 horas. | ----- | Si | Si |
| Zhermarck sin espaciador 15 min. | No | ----- | No |
| Zhermarck sin espaciador 30 min. | No | ----- | No |
| Zhermarck sin espaciador 60 min. | No | ----- | No |
| Zhermarck sin espaciador 24 horas. | No | ----- | No |
| Zhermarck con espaciador 15 min. | No | ----- | No |
| Zhermarck con espaciador 30 min. | No | ----- | No |
| Zhermarck con espaciador 60 min. | No | ----- | No |
| Zhermarck con espaciador 24 horas. | Si | ----- | Si |
| Optosil sin espaciador 15 min. | No | No | ----- |
| Optosil sin espaciador 30 min. | No | No | ----- |
| Optosil sin espaciador 60 min. | No | No | ----- |
| Optosil sin espaciador 24 horas. | No | No | ----- |

| | | | |
|----------------------------------|----|----|-------|
| Optosil con espaciador 15 min. | No | No | ----- |
| Optosil con espaciador 30 min. | No | No | ----- |
| Optosil con espaciador 60 min. | No | No | ----- |
| Optosil con espaciador 24 horas. | Si | Si | ----- |

ESTABILIDAD DIMENSIONAL

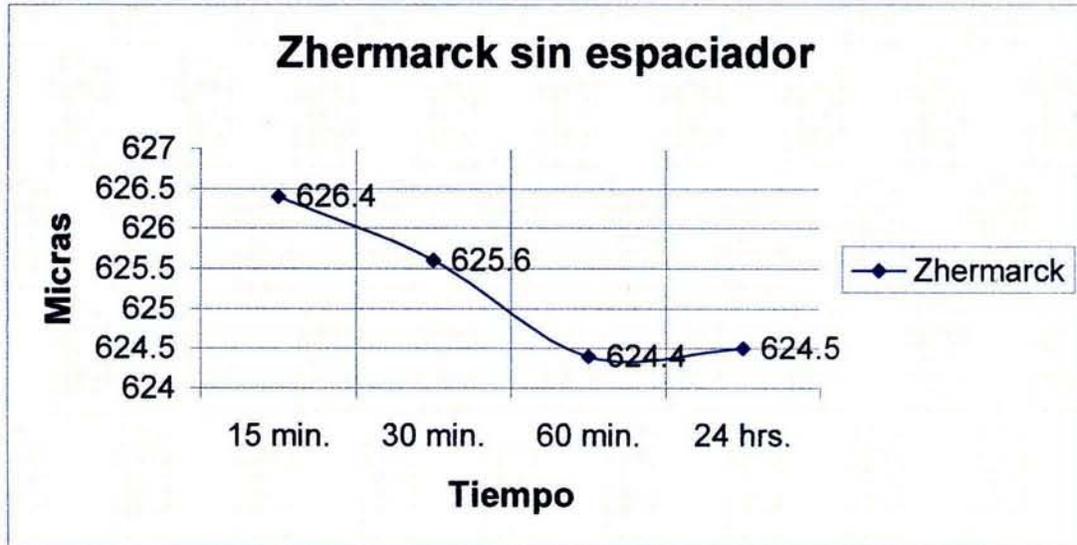
Los valores en los cambios dimensionales de la marca Speedex sin espaciador se pueden observar en la siguiente grafica.

Gráfica 1. Speedex sin espaciador.



Los valores en los cambios dimensionales de la marca Zhermarck sin espaciador se pueden observar en la siguiente grafica.

Gráfica 2. Zhermarck sin espaciador.



Los valores en los cambios dimensionales de la marca Optosil sin espaciador se pueden observar en la siguiente grafica.

Gráfica 3. Optosil sin espaciador.



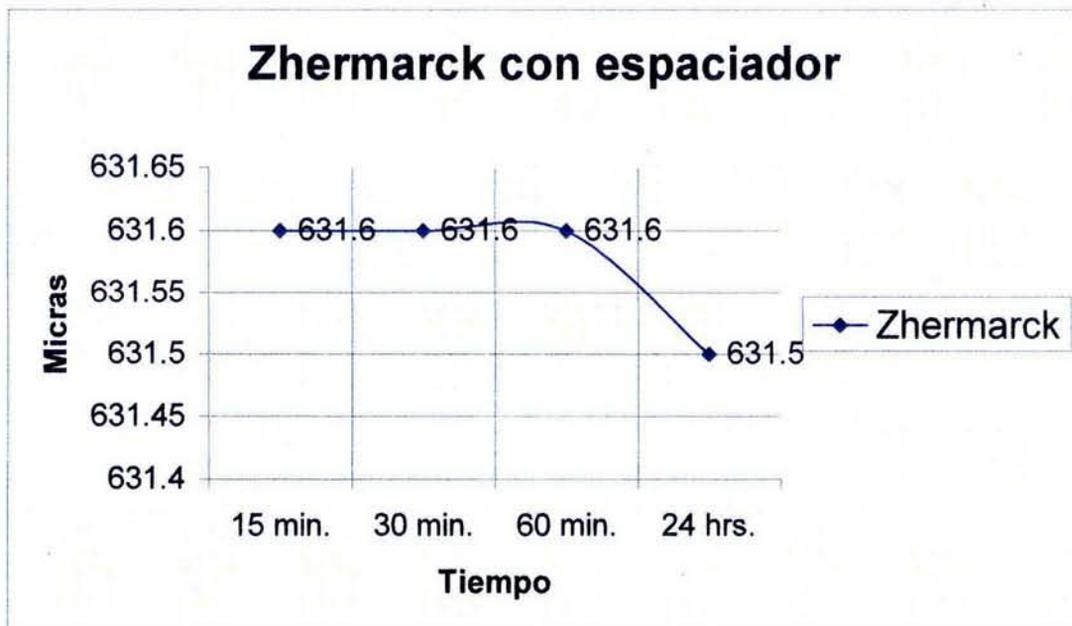
Los valores en los cambios dimensionales de la marca Speedex con espaciador se pueden observar en la siguiente grafica.

Gráfica 4. Speedex con espaciador.



Los valores en los cambios dimensionales de la marca Zhermarck con espaciador se pueden observar en la siguiente grafica.

Gráfica 5. Zhermarck con espaciador.



Los valores en los cambios dimensionales de la marca Optosil con espaciador se pueden observar en la siguiente grafica.

Gráfica 6. Optosil con espaciador.



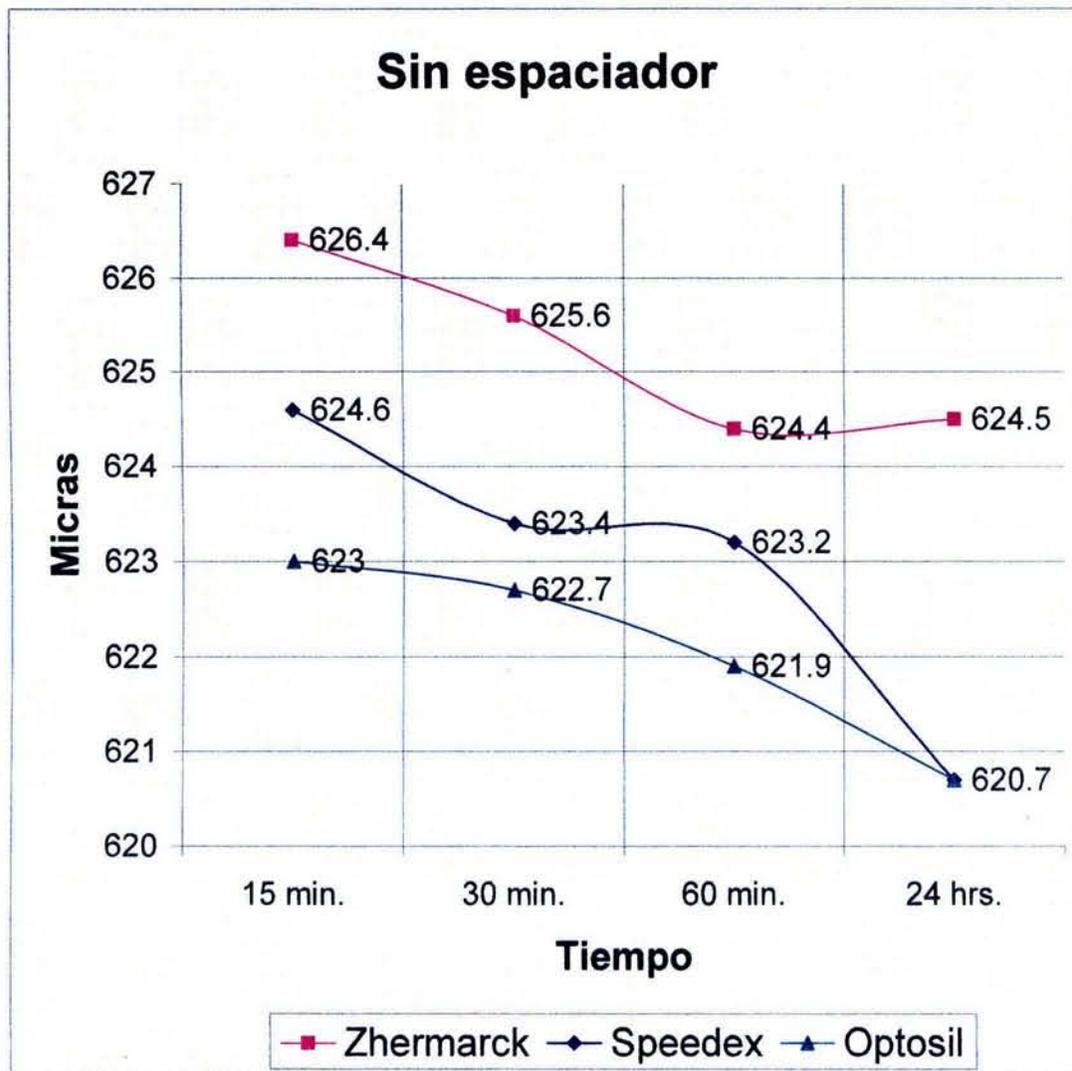
TÉCNICA DE IMPRESIÓN TRADICIONAL SIN ESPACIADOR

En la comparación de las tres marcas de silicona por condensación se obtuvieron los siguientes resultados:

- 1) Los valores obtenidos con la silicona por condensación de la marca Zhermarck mostraron mayor estabilidad dimensional (-1.9 micras) en la técnica de impresión tradicional sin espaciador.
- 2) Los valores obtenidos con la silicona por condensación de la marca Optosil obtuvieron un resultado inferior que los valores obtenidos con la marca Zhermarck, pero mayores que la marca Speedex en cuanto a su estabilidad dimensional (-2.3 micras).
- 3) Los valores obtenidos con la silicona por condensación de la marca Speedex fueron las de mayor variación en la estabilidad dimensional (-3.9 micras) en la técnica de impresión tradicional sin espaciador, además de que fue la única marca que a las 24 horas después de su polimerizado final tuvo una liberación de subproductos (gotas de alcohol etílico) observadas clínicamente.

En la siguiente gráfica se reportan los datos de las muestras que se tomaron sin espaciador.

Gráfica 7. Todas las marcas sin espaciador.



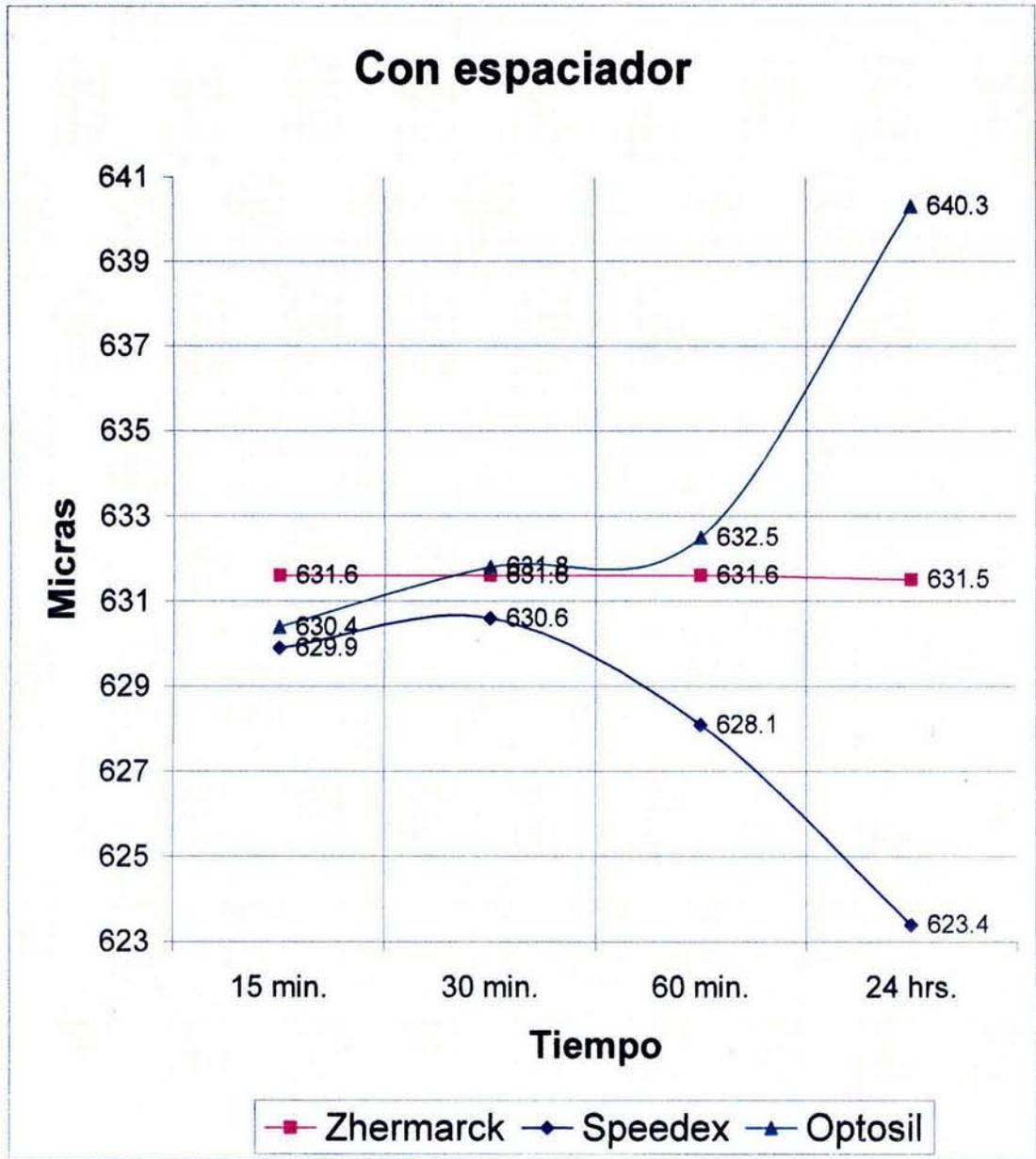
TÉCNICA DE IMPRESIÓN TRADICIONAL CON ESPACIADOR

En la comparación de las tres marcas de silicona por condensación se obtuvieron los siguientes resultados:

- 1) Los valores obtenidos al tomar la impresión con la marca Zhermarck fueron las de mayor estabilidad dimensional (-0.1 micra) comparado con ambas técnicas (técnica de impresión tradicional con y sin espaciador).
- 2) Los valores obtenidos al tomar la impresión con la marca Optosil fueron las que más se acercaron a la medida del hacedor de acero inoxidable (673 micras), esto debido a que desde el momento de su polimerizado final hasta la medición de las 24 horas sufrió una expansión (+10.1 micras).
- 3) Los valores obtenidos al tomar la impresión con la marca Speedex fueron las que sufrieron la mayor contracción (-6.5 micras) comparando todos los materiales de silicona por condensación en ambas técnicas (técnica de impresión tradicional con y sin espaciador), además de que fue la única marca que a las 24 horas después de su polimerizado final tuvo una liberación de subproductos (gotas de alcohol etílico) observadas clínicamente.

En la siguiente gráfica se reportan los datos que se tomaron con el uso de espaciador.

Gráfica 8. Todas las marcas con espaciador.



GRUPO CONTROL VS MARCAS

Se encontró que todas las muestras en el grupo Speedex sin espaciador a los 15, 30, 60 minutos y 24 horas comparados con el hacedor de acero (grupo control) presentaron una diferencia estadísticamente significativa. De todos los tiempos en que fueron medidas las muestras, la más exacta comparada con el hacedor de acero fue a los 30 minutos donde la diferencia fue de 496.11 micras. El fabricante recomienda que se deban vaciar las impresiones en un lapso comprendido entre los 30 minutos a las 72 horas después de haber terminado su polimerizado final.

En todas las muestras del grupo Speedex con espaciador a los 15, 30, 60 minutos y 24 horas comparados con el hacedor de acero (grupo control) presentaron una diferencia estadísticamente significativa. De todos los tiempos en que fueron medidas las muestras, la más exacta comparada con el hacedor de acero fue a los 30 minutos donde la diferencia fue de 423.11 micras. El fabricante recomienda correr las impresiones en un lapso comprendido entre los 30 minutos a las 72 horas después de haber terminado su polimerizado final.

En todas las muestras del grupo Zhermarck sin espaciador a los 15, 30, 60 minutos y 24 horas comparados con el hacedor de acero (grupo control) presentaron una diferencia estadísticamente significativa. De todos los tiempos en que fueron medidas las muestras, la más exacta comparada con el hacedor de acero fue a los 30 minutos donde la diferencia fue de 474.11 micras. El fabricante recomienda correr las impresiones en un lapso comprendido entre los 30 minutos a las 72 horas después de haber terminado su polimerizado final.

En todas las muestras del grupo Zhermarck con espaciador a los 15, 30, 60 minutos y 24 horas comparados con el hacedor de acero (grupo control)

presentaron una diferencia estadísticamente significativa. De todos los tiempos en que fueron medidas las muestras, la más exacta comparada con el hacedor de acero fue a los 30 minutos donde la diferencia fue de 414.11 micras. El fabricante recomienda correr las impresiones en un lapso comprendido entre los 30 minutos a las 72 horas después de haber terminado su polimerizado final.

En todas las muestras del grupo Optosil sin espaciador a los 15, 30, 60 minutos y 24 horas comparados con el hacedor de acero (grupo control) presentaron una diferencia estadísticamente significativa. De todos los tiempos en que fueron medidas las muestras, la más exacta comparada con el hacedor de acero fue a los 30 minutos donde la diferencia fue de 503.11 micras. El fabricante recomienda correr las impresiones en un lapso comprendido entre los 30 minutos a las 72 horas después de haber terminado su polimerizado final.

En todas las muestras del grupo Optosil con espaciador a los 15, 30, 60 minutos y 24 horas comparados con el hacedor de acero (grupo control) presentaron una diferencia estadísticamente significativa. De todos los tiempos en que fueron medidas las muestras, la más exacta comparada con el hacedor de acero fue a las 24 horas donde la diferencia fue de 327.11 micras. El fabricante recomienda correr las impresiones en un lapso comprendido entre los 30 minutos a las 72 horas después de haber terminado su polimerizado final.

Se encontró que en todas las marcas comerciales estudiadas presentaron una diferencia estadísticamente significativa con respecto al modelo de acero (hacedor), sin importar la técnica utilizada, ni el tiempo en que fue medida la muestra.

11. DISCUSION

El objetivo principal de este estudio fue el de comparar la estabilidad dimensional de 3 marcas comerciales de silicona por condensación, utilizando la técnica tradicional para toma de impresiones con y sin espaciador. Se compararon los valores resultantes entre si y con el modelo de acero (hacedor) como grupo control.

En el presente estudio se encontró que en los valores de la muestras de silicona por condensación de las 3 marcas comerciales que fueron medidas entre sí, sin importar la técnica que se halla utilizado ni el tiempo en que fue medida cada muestra, no existe ninguna diferencia estadísticamente significativa a excepción de los grupos Speedex con espaciador a las 24 horas, Zhermarck con espaciador a las 24 horas y Optosil con espaciador a las 24 horas en los cuales si existe una diferencia estadísticamente significativa.

Cabe destacar que en todos los grupos de silicona por condensación comparados con el grupo control si existe una diferencia estadísticamente significativa, también es importante mencionar que comparando ambas técnicas (sin y con espaciador) la que tuvo medidas más aproximadas al hacedor de acero fue la técnica con espaciador con el material Optosil medido a las 24 horas (327.11 micras) y el material más estable dimensionalmente fue Zhermarck con espaciador con una discrepancia de 1 micra en un lapso comprendido entre los 15 minutos a las 24 horas después de haber terminado su polimerizado final.

En un estudio realizado por Lacy et. al., se encontró que si se usa un portaimpresión rígido de metal utilizando Optosil/Xantopren con la técnica con espaciador, dicho material tendrá un incremento regular en su tamaño hasta el día 4 después de múltiples pruebas (0.5%). También se encontró

que en algunas marcas se contraen y en otras se expanden. En nuestro caso encontramos que la marca Optosil con espaciador también tuvo una expansión de 99 micras en un lapso comprendido entre los 15 minutos a las 24 horas. Todo esto se cree que fue debido a la falta del uso de un adhesivo entre la cucharilla y el material de impresión, para que el material de impresión se distorsione lo menos posible.²⁴

En un estudio realizado por Anthony et. al., se encontró que no existía una diferencia estadísticamente significativa entre los tipos de técnicas de impresión utilizadas usando Optosil/Xantopren cuando se impresionan preparaciones inlay y para coronas totales, pero en las preparaciones MOD se encontró que usando la técnica con espaciador (1.5 a 2 mm) fue la mejor de todas, pero en general las diferencias en las técnicas no tuvieron ninguna importancia clínica. En nuestro caso se encontró que al comparar las muestras entre si no hubo ninguna diferencia estadísticamente significativa, a excepción de los grupos anteriormente mencionados. Esta distorsión puede ser debida a dos razones principalmente: 1) Por la misma contracción que sufren los materiales de impresión, y 2) Por que un inconveniente de esta técnica es que no se puede controlar el espesor para la interfaz entre el material pesado y el material a impresionar, dando por consecuencia diferentes espesores en el material de impresión en varios lugares (diferencia volumétrica).¹⁵

En un estudio realizado por Eames et. al., se encontró que si se deja un espacio para la interfase entre el material pesado y el material a impresionar de 2 mm se obtendrán impresiones más exactas y por lo tanto más estables dimensionalmente. En la muestra tomada con Optosil/Xantopren se observo que tuvo una expansión en lugar de una contracción (0.2%). Una explicación es que el material debe ser adherido al adhesivo del portaimpresión causando una imagen negativa del dado maestro a aumentar. El fenómeno

inverso puede ocurrir cuando consideramos una preparación intracoronal. Un material de impresión no debe cambiar tanto en sus dimensiones bajo cualquier condición, que pueda ser considerada como ideal.¹⁶

En un estudio realizado por Valderhaug et. al., se encontró que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las cucharillas de acrílico y las metálicas. Las medidas hechas en el estudio solo fueron en el plano horizontal y no en las 3 dimensiones. El autor no encontró tanta diferencia comparado con otros artículos respecto a la estabilidad dimensional entre los poliéteres y las siliconas. También encontró que a pesar de un aumento en la masa del material de impresión (2-9 mm) en cucharillas metálicas, la estabilidad dimensional lineal no fue inferior en cuanto a la estabilidad en cucharillas de acrílico tomadas. En nuestro caso se encontró que no hubo ninguna diferencia estadísticamente significativa en las muestras comparadas entre sí, a excepción de los casos mencionados anteriormente, esto se cree que es debido a que la estabilidad dimensional de los materiales es el resultado no solo de la estabilidad dimensional de los materiales por si mismos, si no también al uso de adhesivos en las cucharillas no perforadas. Además de que se cree que la estabilidad dimensional de pende de la masa del material elástico, esto es la distancia desde la superficie de la cucharilla a la superficie del material de impresión.¹⁹

En un estudio realizado por Eames et. al., se encontró que todas las técnicas con espaciador (incluida Optosil) excepto Reprosil, se encontraron inferiores con respecto a las cucharillas de acrílico que han dejado polimerizar durante 24 horas. En nuestro caso no se utilizaron cucharillas de acrílico, pero se encontró que si hubo diferencia estadísticamente significativa entre las muestras y el grupo control. Lo cual puede ser debido a que no se uso adhesivo entre la cucharilla y el material de impresión, además de que la cucharilla de metal más el material pesado no nos puede proporcionar un

espesor uniforme entre la interfaz que debe existir entre el material de impresión y el material a impresionar, como el que nos proporciona una cucharilla de acrílico confeccionada, siempre y cuando se haya dejado polimerizar durante 24 horas para asegurar su estabilidad.¹⁸

En un estudio realizado por Sandrik et al., se encontró que los polivinilsiloxanos tienen mayor fuerza de adhesión y estabilidad dimensional que en comparación con los demás elastómeros estudiados.²¹

En un estudio realizado por Herfort et. al., se encontró que los materiales de impresión más fáciles de retirar son las siliconas de cuerpo ligero, luego los polisulfuros de cuerpo ligero, luego las siliconas de cuerpo pesado, luego los polisulfuros de cuerpo pesado y por último, el poliéter. La mayor fuerza al desgarre de los materiales estudiados es a los 10-15 minutos.²⁶

En un estudio realizado por Sneed et. al., se encontró que el Xantopren resultó ser tan fuerte al desgarre que Zylox (polivinilsiloxano), pero menos resistentes que los demás materiales estudiados. El autor recomienda que si se necesita un material de impresión fuerte para un procedimiento clínico específico, en donde el material pueda ser delgado y/o en un área de presión deberán considerar ya sea un polisulfuro de mezcla simple o un polivinilsiloxano.²⁷

12. CONCLUSIONES

- ❖ El material que presentó la mejor estabilidad dimensional de todos los materiales fue la marca Zhermarck con la técnica con espaciador.
- ❖ El material que se acercó más a la medida del hacedor de acero, fue la marca Optosil con la técnica con espaciador, pero tomando en cuenta que este fue el único material que se expandió.
- ❖ Ambas técnicas de impresión (con y sin espaciador) tuvieron una diferencia estadísticamente significativa comparada con el grupo control, pero la técnica de impresión tradicional con espaciador fue la que registró los valores más cercanos al grupo control, sin importar la marca utilizada.

13. BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Skinner P. "La ciencia de los materiales dentales" Ed. McGraw-Hill. Novena edición. Philadelphia, 1998, pags. 137-155, 163-175
- 2.- Craig R. "Materiales de odontología restauradora" Ed. Harcourt Brace, Décima edición, Madrid, 1998, pags. 127, 281-283, 296-314
- 3.- O'Brien W. "Materiales dentales y su selección" Ed. Médica Panamericana, Buenos Aires, 1980, pag. 101
- 4.- Neissen LC, Wood G. Effect of latex gloves of setting time or polyvinylsiloxane putty impression material. J Prosthet Dent 1986; 55: 128-9
- 5.- Winston WL, Donovan TE. Polivynilsiloxane impression materials: A review of properties and techniques. J Prosthet Dent 1992; 68: 728-32
- 6.- Reitz CD, Clark NP. The setting of vinyl polisiloxane and condensation silicone putties when mixed with gloved hands. J Am Dent Assoc 1988; 116: 371-5
- 7.- Craig RG. Evaluation of an automatic mixing system for an addition silicone impression material. JADA 1985; 110: 213-5
- 8.- Tylman's "Teoría y práctica en prostodoncia fija" Ed. Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica C. A., Colombia, 1991, pags. 240, 245
- 9.- Jonson GH, Craig RG. Accuracy of addition silicones as a function of technique. J Prosthet Dent 1986; 55:197-203

- 10.- Craig RG, Sun Z. Trends in elastomeric impression materials. Oper Dent 1994; 19: 138-45
- 11.- Hung SH, Purk JH, Tira DE, Eick JD. Accuracy of one step versus two step putty wash addition silicone impression technique. J Prosthet Dent 1992; 67: 583-9
- 12.- Smith B. "Utilización clínica de los materiales dentales" Ed. Masson S.A., Barcelona, 1996, pags. 204-205
- 13.- Craig RG, Urquiola NJ, Liu CC. Comparison of commercial elastomeric impression materials. Oper Dent 1990; 15: 94-104
- 14.- Council on Dental Materials and Devices "Revised American Dental Association Specification No. 19 for non-aqueous, elastomeric dental impression materials" J Am Dent Assoc 1977; 94: 733-41
- 15.- Tjan AHL, Whang SB, Tjan AH. Clinically oriented assessment of the accuracy of three putty-wash silicone impression techniques. J Am Dent Assoc 1984; 108: 973-5
- 16.- Eames WB, Sieweke JC, Wallace SW, Rogers LB. Elastomeric impression materials: Effect of bulk on accuracy. J Prosthet Dent 1979; 41: 304-7
- 17.- Gordon GE, Johnson GH, Drennon DG. The effect of tray selection on the accuracy of elastomeric impression materials. J Prosthet Dent 1990; 63: 12-5

18.- Eames WB, Sieweke JC. Seven acrylic resins for custom trays and five putty-wash system compared. Oper Dent 1980; 5: 162-7

19.- Valderhaug J, Fløystrand F. Dimensional stability of elastomeric impression materials in custom- made and stock trays. J Prosthet Dent 1984; 52: 514-7

20.- Wassell RW, Ibbetson RJ. The accuracy of polivynilsiloxane impressions made with standard and reinforced stock trays. J Prosthet Dent 1991; 65: 748-57

21- Sandrik JL, Vacco JL. Tensile and bond strength of putty-wash elastomeric impression materials. J Prosthet Dent 1983; 50: 358-61

22.- Schunke S. "Fundamentos clínicos y prácticos sobre el colado con metales nobles" Ed. Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica C.A., Colombia, 2000, pag. 18

23.- Tjan HL, Nemetz H, Nguyen LTP, Contino Raymond. Effect of tray space on the accuracy of monophasic polivynilsiloxane impressions. J Prosthet Dent 1992; 68: 19-28

24.- Lacy AM, Bellman T, Fukui H, Jendresen MD. Time-depend accuracy of elastomeric impression materials. Part I: Condensation silicones. J Prosthet Dent 1981; 45: 209-15

25.- Stackhouse JA Jr. The accuracy of stone dies made from rubber impression materials. J Prosthet Dent 1970; 24: 377-86

26.- Herfort TW, Gerberich WW, Macosko CW, Goodkind RJ. Tear strength of elastomeric impression materials. J Prosthet Dent 1978; 39: 59-62

27.- Sneed WD, Miller R, Olson Julia. Tear strength of ten elastomeric impression materials. J Prosthet Dent 1983; 49: 511-3