



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES  
UNIDAD LEÓN**

**TÍTULO:  
EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONVERSIÓN,  
MICROFILTRACIÓN Y DUREZA DE DOS SISTEMAS  
DE RESTAURACIÓN INDIRECTA**

**FORMA DE TITULACIÓN:  
TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADO EN ODONTOLOGÍA**

**P R E S E N T A:**

**SOFIA ELOISA GONZÁLEZ FLORES**

**TUTOR: MTRO. ROGELIO DANOVAN VENEGAS LACÓN**

**ASESORES: MTRO. SALVADOR LÓPEZ MORALES  
DR. CARLOS ANDRÉS ÁLVAREZ GAYOSSO**

**LEÓN, GUANAJUATO. FEBRERO 2016**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## DEDICATORIA

*“Doy gracias a mi Padre por permitirme seguir este proyecto, a la vida, a mis padres José y Georgina por brindarme la oportunidad de obtener un logro personal y profesional, a mí tío Alberto de Jesús Flores Longoria por el apoyo en toda mi carrera, a mis hermanas Cici y Euni, a mi familia por siempre estar presentes apoyándome para aprender más junto a ellos, y a mis profesores porque ellos colaboraron a mi enseñanza”.*

## AGRADECIMIENTOS

La ENES UNAM unidad León por brindarme la facilidad y el uso de las instalaciones para realizar este proyecto de tesis.

Al sistema de becas PRONABES por ser el apoyo durante toda la carrera y a la Beca de Titulación por el apoyo brindado durante el proceso de la elaboración de esta tesis.

Mtro. Rogelio Danovan Venegas Lancón, por el apoyo y solidaridad en todo el proyecto, gracias.

Laboratorio de materiales dentales de la DPel de la Facultad de Odontología UNAM CU, en especial al Mtro. Jorge Guerrero y el Dr. Carlos Andrés Álvarez Gayosso por su amabilidad y colaboración para realizar la prueba de dureza.

Del Instituto de Materiales UNAM, CU en especial al Mtro. Salvador López Morales, al Quím. Miguel Ángel Canseco Martínez y a la estudiante Ana Karla Vizcaíno Sixto por la colaboración y enseñanza en la prueba de grado de conversión.

De la ENES UNAM unidad León al Mtro. Fernando Tenorio Rocha, C.D. Nancy Pérez Cornejo, al Dr. Luis Armando Díaz Torres y colaboradores por el apoyo con el microscopio en la prueba de microfiltración.

A la Dra. Laura Susana Acosta Torres, Dra. Ma. Concepción Arenas, Esp. Trilce Melannie Virgilio Virgilio, por las revisiones.

A Christian Miguel Zavala Ramírez, Carlos Antonio Rodríguez Curiel y Genaro Eduardo Aguilar Correa, Julieta Pérez Hernández por el apoyo que brindaron en cada una de las pruebas.

A Alberto de Jesús Flores Longoria y a Daniel González Abundez por el apoyo en cada etapa de este proceso, gracias.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
CAPÍTULO 1.....	2
1.1 . Introducción.....	3
1.2 Marco teórico.....	4
1.2.7.1. Resumen Histórico de las Resinas Compuestas: .....	5
1.2.1.1.1. Primera generación .....	5
1.2.1.1.2. Segunda generación.....	5
1.2.1.1.3 Tercera generación .....	5
1.2.1.1.4. Cuarta generación.....	5
1.2.1.1.5. Quinta generación.....	5
1.2.1.1.6. Sexta generación.....	5
1.2.1.1.7. Séptima generación.....	6
1.2.2. Polimerización .....	6
1.2.2.1. Mecanismos de polimerización .....	6
1.2.2.1.1. Polimerización por condensación.....	7
1.2.2.1.2. Polimerización por adición.....	7
1.2.2.2. Periodos de polimerización .....	7
1.2.2.2.1. Inducción .....	7
1.2.2.2.2. Propagación .....	8
1.2.2.2.3 Terminación.....	8
1.2.3. Moléculas Monoméricas Aplicadas en Resinas Dentales .....	8
1.2.4. Grado de conversión.....	8
1.2.4.1. Métodos para la obtención del grado de conversión .....	9
1.2.5. Dureza.....	9
1.2.6. Microfiltración.....	10
1.3. Antecedentes.....	11
1.3.1. Estudio de la molécula de BIS-GMA.....	11
1.3.2. Variaciones en la composición de las resinas.....	13
1.3.3. Estudios realizados en los materiales de restauración indirecta .....	13
CAPÍTULO 2.....	15
2.1. Planteamiento del problema .....	16
2.2. Justificación.....	17

2.3. Hipótesis .....	17
2.4. Objetivo general .....	17
2.5. Objetivos específicos .....	17
2.6. Tamaño de la muestra.....	18
2.7. Tipo de estudio .....	18
2.8. Criterios de inclusión.....	18
2.9. Criterios de exclusión .....	19
2.10. Criterios de eliminación.....	19
2.11. Variables.....	20
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>22</b>
3.1. Materiales y métodos.....	23
3.1.1 Determinación de la Microfiltración .....	23
3.1.1.1. Materiales .....	23
3.1.1.2. Obtención y Almacenamiento de Dientes. ....	24
3.1.1.3. Restauraciones .....	25
3.1.1.4. Procedimiento.....	26
3.1.2 Determinación de la Dureza Vickers.....	27
3.1.2.1 Material y Equipos.....	27
3.1.2.2. Muestra .....	27
3.1.2.3 Procedimiento.....	28
3.1.2.4 Obtención de la Dureza Vickers.....	28
3.1.2.5 Fórmula para la Obtención de la Dureza Vickers.....	28
3.1.3 Determinación del Porcentaje del Grado de Conversión.....	29
3.1.3.1 Material y Equipos.....	29
3.1.3.2 Muestra .....	29
3.1.3.3 Identificación Previa de Bandas de los Monómeros. ....	29
3.1.3.4 Procedimiento.....	30
3.1.3.5 Fórmula para la obtención del porcentaje del grado de conversión .....	31
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>32</b>
4.1. Resultados.....	33
4.2. Discusión .....	36
4.3. Conclusiones.....	40
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>41</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>46</b>

Anexo 1.....	46
Placa dentobacteriana.....	46
Evolución Histórica.....	46
Colonización Inicial de la Superficie del Diente.....	47
Bacterias bucales.....	47
Bacteria.....	48
Flora microbiana oral.....	48
Anexo 2.....	49
Anexo 3.....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables en la investigación.....	20
Tabla 2. Variables dependientes en la microfiltración.....	21
Tabla 3. Descripción de ciclos de polimerización.....	27
Tabla 4. Valores obtenidos en la prueba de grado de conversión.....	35
Tabla 5. Valores obtenidos en las diferentes pruebas.....	35
Tabla 6. Flora microbiana oral.....	48

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Molécula de BIS-GMA.....	12
Figura 2. Molécula de TEGDMA.....	12
Figura No. 3. a. <i>Aplicación del barniz en la muestra</i> b. <i>Muestra de la preparación realizada</i> c. <i>Impresión de la muestra</i> .....	24
Figura No. 4. a. <i>Modelo de la muestra de yeso IV</i> b. <i>Colocación de los incrementos</i> .....	25
Figura No. 5. a. <i>Colocación de las muestras en azul de metileno al 2%</i> b. <i>Corte de la muestra observado a 10X con fluorescencia</i> .....	26
Figura No. 6. a. y b. <i>Muestras fotopolimerizando</i> c. <i>Muestra pigmentada con plumón indeleble</i> .....	27
Figura No. 7. a. <i>Carga establecida</i> b. <i>Realización de la indentación</i> .....	28
Figura No. 8. a. <i>Peso de la muestra</i> .....	29
Figura No. 9. a. <i>Muestra sin polimerizar en el espectrofotómetro</i> .....	30
Figura No. 10. <i>Imagen de microfiltración a 10X tamaño de la partícula del agente cementante</i> .....	34
Figura No. 11. <i>Microfotografía a 10 X donde se muestra la restauración y la pigmentación</i> .....	49
Figura No. 12. <i>Microfotografía a 10 X de un corte sagital en</i> .....	50
Figura No. 13. <i>Microfotografía a 10X de microfiltración en SR Adoro</i> .....	50

Figura No. 14. <i>Microfotografía a 10X de microfiltración en Premise Indirect.</i> .....	51
Figura No. 15. <i>Espectro en absorbancia de Premise Indirect</i> .....	51
Figura No. 16. <i>Espectro en absorbancia de SR Adoro</i> .....	52

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. <i>Valores de microfiltración de cada tres mediciones Premise Indirect.</i> .....	33
Gráfica 2. <i>Valores de microfiltración de cada tres mediciones de SR Adoro.</i> .....	33
Gráfica 3. <i>Valores promedio de dureza de cada 5 indentaciones de SR Adoro.</i> .....	34
Gráfica 4. <i>Valores promedio de dureza de cada 5 indentaciones de Premise Indirect.</i> .....	35

## RESUMEN

**Introducción:** Desde la innovación de los materiales libres de metal, la odontología tiene una gran demanda por buscar los materiales que cumplan con los estándares de la estética, que cuenten con las mejores propiedades físicas y además estos sean biocompatibles. En la mayoría de los materiales dentales para restauraciones indirectas se ha buscado obtener un buen sellado, adaptación marginal, estabilidad de color, función así como, menor microfiltración y sorción. Con el paso del tiempo se han innovado los sistemas y propiedades de cada material. Sin embargo, para la selección adecuada del material dental, se necesita la información concreta de cada característica del sistema/material que se pueda elegir, de esto depende el éxito a largo plazo que la restauración pueda tener.

**Objetivo:** Analizar la posible relación del grado de conversión dureza y microfiltración en dos materiales para restauraciones indirectas (cerómeros): Premise Indirect® (Kavo Kerr) y SR Adoro® (Ivoclar Vivadent).

**Método:** Se midieron y analizaron las propiedades físicas de dos materiales de restauración SR Adoro® (Ivoclar Vivadent) y Premise Indirect® (Kavo Kerr). Para evaluar el grado de conversión (GC) se realizaron 15 muestras de cada material, de una forma esférica con un tamaño de 0.0204 gr el GC se evaluó con el método de Espectrometría Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR). Para evaluar la microfiltración se realizaron 15 discos de cada material, las restauraciones fueron de un espesor de 1.5 mm, la microfiltración se evaluó con el método de penetración de colorantes. Para evaluar la dureza se realizaron 15 muestras de cada material con un espesor de 2 mm espesor y 10 mm de diámetro, se evaluó con el método Vickers.

**Resultados:** El valor más alto obtenido en la prueba grado de conversión fue de 67.6 % obtenido por el grupo de SR Adoro® (Ivoclar Vivadent) y el valor más bajo fue de 44.8 % obtenido por el grupo de Premise Indirect® (Kavo Kerr). El valor más alto obtenido en la prueba de dureza fue de 57.62 HV obtenido por SR Adoro® (Ivoclar Vivadent) y el valor más bajo fue de 37.92 HV obtenido por Premise Indirect® (Kavo Kerr). El valor más alto obtenido en la prueba de microfiltración fue de 464.32  $\mu\text{m}$  obtenido por SR Adoro® (Ivoclar Vivadent) y el valor más bajo fue de 288.44  $\mu\text{m}$  Premise Indirect® (Kavo Kerr).

**Conclusiones:** Con base en las pruebas realizadas y a los resultados obtenidos podemos concluir que el material de restauración indirecta SR Adoro® (Ivoclar Vivadent) es de ambas la mejor opción para la elaboración de restauraciones debido que esta es la mejor en las siguientes propiedades, dureza, microfiltración y grado de conversión.

# **CAPÍTULO**

**1**

## 1.1. Introducción

Desde la innovación de las restauraciones libres de metales, la odontología tiene una gran demanda por buscar los materiales que cumplan con los estándares de la estética, que cuenten con las mejores propiedades físicas y mecánicas y además éstos sean biocompatibles. Hoy en día los requerimientos de los pacientes son más elevados, por la relación e influencia de la sociedad, la funcionalidad y la búsqueda de una sonrisa perfecta y duradera. A consecuencia de esto, los materiales usados en la odontología deben cumplir con ciertos parámetros para poder sustituir de manera satisfactoria, la ausencia de los dientes naturales perdidos, parámetros mecánicos como coeficiente de expansión similar al diente, mayor resistencia a la abrasión y compresión, parámetros estéticos como translucidez, opacidad, fluorescencia, así como ser biocompatibles. Los parámetros anteriores son compartidos por los sistemas de resinas compuestas que son utilizadas ampliamente en la odontología como una tecnología restauradora y altamente estética.<sup>1</sup>

En la mayoría de los materiales dentales para restauraciones indirectas se ha buscado obtener un buen sellado, adaptación marginal, estabilidad de color, función así como, menor microfiltración y sorción. Con el paso del tiempo han evolucionado los sistemas y propiedades de cada material, se han ido innovando. Sin embargo, para la selección adecuada del material dental, se necesita la información concreta de cada característica del sistema/material que se pueda elegir, de esto depende el éxito a largo plazo que la restauración pueda tener.<sup>1</sup>

Debido al medio en que se trabaja durante el momento de la cementación resulta una tarea difícil el obtener una buena adhesión entre los sustratos (diente-restauración), esto trae como consecuencia un resultado deficiente, el cual permite el paso de diversas sustancias generando lo que nosotros denominamos, microfiltración. En la actualidad no se ha encontrado un material (cemento) que cumpla con los parámetros necesarios para evitar este efecto.

Otro de los grandes problemas es debido al diverso modo operacional que maneja cada sistema/material, esto genera una diferencia en cuanto: grosor determinado de cada restauración, fotocurado y termocurado (tiempos diferentes a exposición de luz y un cambio en la contracción debido a la reacción de polimerización).<sup>1</sup>

## 1.2 Marco teórico

### 1.2.1. Evolución de la Composición Química de las Resinas Dentales

A comienzos del año 1905 y hasta los años 60 se usaron los cementos de silicato como material de obturación. A partir de los años 50 comienzan a utilizarse los plásticos basándose en metacrilato y dimetacrilato, con el objeto de buscar un material más resistente y evitar la irritación pulpar generalmente producida por los cementos de silicato.<sup>2</sup>

Dentro de las resinas acrílicas no rellenas basadas en metacrilato se usaron dos sistemas: un sistema peróxido-amina que empleaba una amina terciaria, la N-dimetil p-toluidina como activador, la cual tenía la desventaja de cambio de color a pesar del agregado de protectores de luz ultravioleta y que la reacción era inhibida por compuestos fenólicos. Dentro de los productos comerciales disponibles estaban: Bonfil y Servitron, a los cuales se les agregaba fluoruro de sodio.<sup>2</sup>

La historia de las resinas compuestas es bastante larga, ya que ésta comienza con los llamados materiales de obturación de resinas acrílicas reforzadas con vidrio, sílice, alúmina, diamante y hasta aleaciones de plata.<sup>2</sup>

Los nuevos compuestos comienzan con Ralph Bowen en 1962 quien mezcló polvo de silicato con resina epóxica (Epon 828), mezcla que usó como material restaurador. Más tarde en la Oficina Nacional de Normas (U.S. National Bureau of Standard) a comienzo de los años 1970 combinó polvo vítreo de sílice con un monómero viscoso popularmente conocido como Bis-GMA. La carga fue aproximadamente 70% y usó el sistema catalizador Amina-Peróxido de las resinas no rellenas.<sup>1</sup> Y es así como a partir de la primera fórmula de resina compuesta sintetizada y patentada por el doctor Bowen se han experimentado cambios fundamentales en la química de los polímeros gracias a la incorporación de diferentes tipos de vidrios (fase inorgánica) que han impartido alta resistencia, además de factores estéticos favorables.<sup>3</sup>

La evolución llega a la denominada sexta generación de resinas compuestas de fotocurado. Se han podido obtener de estas nuevas fórmulas valores de resistencia a la abrasión muy similares al desgaste natural producido en la estructura dentaria por efecto de la función masticatoria.<sup>3</sup>

Y es así como han ido evolucionando las resinas compuestas desde la primera generación hasta la de hoy en día (séptima).<sup>3</sup>

## **1.2.7.1. Resumen Histórico de las Resinas Compuestas:**

### **1.2.1.1.1. Primera generación**

Las primeras resinas compuestas aparecidas en el comercio se caracterizaron por una fase orgánica compuesta por Bis-GMA y un refuerzo en forma de esferas y prismas de vidrio en un porcentaje del 70%. Este refuerzo de tamaño de partícula grande: de 10 a 8 micrómetros.<sup>3</sup>

### **1.2.1.1.2. Segunda generación**

Fase orgánica o de polímeros se aumenta al 50% y al 60%, el porcentaje de refuerzo de vidrio en forma proporcional. Es la generación de resinas de macropartícula. El tamaño de partícula del material de refuerzo es de 0.04 micrómetros. Este factor permite un excelente pulimento, imitando el esmalte dentario.<sup>3</sup>

### **1.2.1.1.3 Tercera generación**

Corresponde a la de los híbridos, en donde se involucran en la fase inorgánica diferentes tamaños de partícula micro y partícula pequeña.<sup>3</sup>

### **1.2.1.1.4. Cuarta generación**

Corresponde al grupo de resinas compuestas, las cuales vienen en alto porcentaje de refuerzo inorgánico con base en vidrios cerámicos y vidrios metálicos.<sup>3</sup>

### **1.2.1.1.5. Quinta generación**

Resinas compuestas para posteriores. Técnica indirecta procesada con calor y presión, o combinaciones con luz, calor, presión, etc. Cronológicamente, esta generación desaparece, para ser reemplazada por las formulaciones de resinas compuestas para técnica indirecta.<sup>33</sup>

### **1.2.1.1.6. Sexta generación**

La evolución de los diferentes sistemas de resinas compuestas, han desembocado en una nueva generación con formulación de polímeros reforzados con características mejoradas en términos de propiedades físicas y excelente estética.<sup>3</sup>

En forma genérica se les denomina Resinas Compuestas Híbridas, por estar conformadas por grupos poliméricos (fase orgánica) reforzados por una fase inorgánica de vidrios de diferente composición y tamaño, cuyo porcentaje puede llegar a constituir el 60% o más del contenido total, con tamaños de partícula que oscilan entre 0.6 y 1 micrómetro, incorporando sílice coloidal con tamaño de 0.04 micrómetros.<sup>3</sup>

#### **1.2.1.1.7. Séptima generación**

Una nueva generación de polímeros reforzados para técnica indirecta aparece recientemente: los denominados genéricamente como una 7ª Generación de polímeros o, como lo menciona Toauti, una 2ª Generación de resinas compuestas para laboratorio.<sup>3</sup>

### **1.2.2. Polimerización**

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.<sup>4</sup>

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 de polímero llega a 50 millones. Cualquier compuesto químico cuyo peso molecular exceda de 5000, se considera macromolécula. Por tanto, la polimerización es una reacción intermolecular repetida capaz de continuar de manera indefinida.<sup>4</sup>

#### **1.2.2.1. Mecanismos de polimerización**

La polimerización puede efectuarse por una serie de reacciones de condensación 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.<sup>4</sup>

### **1.2.2.1.1. 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 menor número de átomos que el monómero original.<sup>4</sup>

### **1.2.2.1.2. 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 cambio 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.<sup>4</sup>

En contraposición con la polimerización por condensación, aquí es posible formar con facilidad moléculas gigantes, casi de tamaño ilimitado. Comienza 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 no fácil de controlar.<sup>4</sup>

### **1.2.2.2. Periodos de polimerización**

El proceso de polimerización se lleva a cabo en cuatro periodos: Inducción, propagación, terminación, transferencia de cadena.<sup>4</sup>

#### **1.2.2.2.1. 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. A mayor temperatura menor periodo de inducción.<sup>4</sup>

Existen tres sistemas de inducción:

a) *Calor*. La mayor parte de las resinas para bases de dentaduras se activan por calor.

b) *Químicamente*. Activación Química a la temperatura de la boca. Consta de 2 reactivos que cuando se mezclan sufren una reacción química que genera los iniciadores.<sup>4</sup>

c) *Luz*. La luz funciona como activador de un tercer tipo 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.<sup>4</sup>

#### **1.2.2.2. Propagación**

Una vez que comienza el crecimiento, el proceso continúa a una 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.<sup>4</sup>

#### **1.2.2.3 Terminación**

Las reacciones en cadena terminan por acoplamiento directo (a otra molécula), es decir, las moléculas se desactivan por intercambio de energía o por intercambio de átomos de hidrógeno (H) de una cadena en crecimiento a otra.<sup>4</sup>

Transferencia de cadena: Aunque la terminación de cadena puede derivarse de la transferencia de cadena, el proceso difiere de las reacciones de terminación en las que el estado activo se transfiere de un radical activo a otra molécula inactiva y se crea un núcleo de nuevo de crecimiento.<sup>4</sup>

### **1.2.3. Moléculas Monoméricas Aplicadas en Resinas Dentales**

En el año de 1955 el Dr. Michael Buonocore reportó investigaciones relacionadas con el uso de ácido fosfórico para grabado de esmalte y así lograr incrementar la adhesión del material al diente; observó que cuando el esmalte a tratado con ácido y posteriormente se lavaba y secaba, se formaban microporosidades en la superficie del esmalte (25-30  $\mu\text{m}$ ).<sup>4</sup>

#### **1.2.4. Grado de conversión**

El grado de conversión o grado de polimerización de las resinas compuestas hace referencia a cuánto porcentaje de monómero se ha convertido en polímero en un tiempo determinado.<sup>5</sup> Es uno de los factores importantes que afectan el desempeño clínico de los materiales compuestos.<sup>6</sup> El grado de conversión (GC), factor en el comportamiento físico y mecánico de este material, es determinado por la energía de polimerización, producto del tiempo de exposición y la potencia

lumínica.<sup>3</sup> El GC es un factor importante, que está relacionado con las características físicas y mecánicas de la restauración final, que a su vez depende de la calidad y cantidad de energía entregada al sistema a la hora de polimerizar; por esta razón ha sido ampliamente estudiado.<sup>7</sup>

Teóricamente durante la reacción de polimerización, todas las moléculas exhiben un residuo importante de dobles enlaces (C=C) en el producto final.<sup>5</sup> Los dobles enlaces sin reaccionar están presentes en forma de monómeros libres en la red polimérica. El monómero que no ha reaccionado puede difundirse desde el material polimerizado e irritar los tejidos suaves,<sup>8</sup> así como promover el crecimiento bacteriano alrededor del compuesto.<sup>9</sup> En general, a mayor conversión de dobles enlaces, mayor será la resistencia mecánica del polímero o del material polimérico. El grado de conversión de una resina depende de varios factores: de la estructura química del monómero, del material de relleno, el tiempo de curado, la intensidad de luz, la concentración del fotoiniciador.<sup>8,10,11</sup>

#### 1.2.4.1. Métodos para la obtención del grado de conversión

El grado de conversión de los polímeros dentales a base de metacrilatos ha sido examinado por varios métodos incluyendo espectroscopía de resonancia magnética nuclear (RMN), calorimetría diferencial de barrido (CDB), análisis térmico diferencial de barrido (ADT), espectroscopia Raman, espectroscopía infrarroja (FTIR).<sup>12-14</sup>

Son varios los estudios con los cuales se puede obtener este porcentaje. De estos métodos, la espectroscopía por infrarrojo por (FTIR) ha sido usado extensamente, demostrando ser una técnica ampliamente confiable, ya que detecta las vibraciones de estiramiento de C=C directamente antes y después de la reacción química de los materiales.<sup>14-17</sup>

#### 1.2.5. Dureza

Definición de dureza: La presión ejercida sobre el área de contacto del penetrador con la superficie de la muestra cuando la carga está aplicada y el penetrador en reposo.<sup>5</sup>

La dureza es una de las propiedades mecánicas más demostrativas del comportamiento y durabilidad de las resinas compuestas. La medida de dureza es un método indirecto de evaluación del grado de conversión determinado directamente a partir de espectroscopía infrarroja (FTIR). La prueba de dureza Vickers es un método común usado para caracterizar materiales, es preferida por la mayoría de los investigadores porque necesita una pequeña cantidad de material, y la muestra no siempre se destruye durante la prueba.<sup>5,18,19</sup>

Históricamente, se han preferido las pruebas de dureza Vickers y Knoop por la mayoría de los investigadores para el ensayo de la dureza de dientes para dentadura o resina compuesta. También se han usado las pruebas de dureza de Barcol, Brinell, Wallace y Rockwell.<sup>20</sup>

Una de las limitaciones específicas de algunos test de medición de la dureza (Vickers y Knoop), son las medidas microscópicas de las hendiduras al quitar el penetrador de la muestra. Estas medidas son afectadas principalmente por la resolución del sistema óptico, la percepción del operador y por la recuperación elástica del material.<sup>20</sup>

### 1.2.6. Microfiltración

Definición de microfiltración: Paso de bacterias, fluidos, moléculas o iones entre la pared cavitaria y el material de restauración.<sup>21</sup>

Desde tiempos anteriores se ha tratado de explicar lo que es la microfiltración en la odontología. La microfiltración se ha reconocido como un fenómeno biológico multifactorial. Brännström et al. (1967), Trowbridge (1982), Närhi (1983) y otros han reportado el comportamiento sensorial de la microfiltración como consecuencia del movimiento hidrodinámico de los fluidos dentro del complejo túbulo dentinal. Este movimiento del fluido dentinal involucra la estimulación de los nervios en especial las fibras del grupo A, a través del desplazamiento de los receptores nociceptivos.<sup>21</sup>

Los diferentes métodos de estudio de la microfiltración los podemos agrupar de la siguiente manera: aire a presión, estudios bacteriológicos, estudios con radioisótopos, análisis de la activación de neutrones, estudios electroquímicos, microscopio electrónico de barrido, termociclado y ciclado mecánico, marcadores químicos, estudios de penetración colorantes.<sup>22</sup>

De ellos, algunos están en desuso, como los métodos con aire, presión, los estudios electroquímicos, otros por su sofisticación, o no están al alcance operativo, como ocurre con los estudios con radioisótopos o los análisis de la activación de neutrones, y los hay también muy poco específicos, como los estudios bacteriológicos. Los estudios de penetración de colorantes son los más utilizados por ser los más disponibles y sencillos.<sup>22</sup>

Los estudios de penetración de colorantes son los más utilizados por ser los más disponibles y sencillos. Éste consiste en la introducción del diente extraído y restaurado en una solución del colorante por un tiempo predeterminado. Las muestras pueden sufrir o no termociclado o ciclado mecánico antes o durante la inmersión en el colorante.<sup>22</sup>

### 1.3. Antecedentes

A través del tiempo se ha tratado de encontrar un material que reúna las características ideales como sellado marginal, biotolerancia, estabilidad dimensional, baja citotoxicidad, antibacteriano, estimulador de la reparación de tejidos blandos y duros, económico, fácil manipulación, tiempo de trabajo óptimo y baja susceptibilidad a la humedad y a la contaminación con sangre.<sup>23</sup>

Con el paso del tiempo se ha determinado normas a cada uno de los materiales para tratar de regular características y parámetros de cada uno de ellos, pero con la globalización y la demanda en el mercado, se dejan de lado los estándares. De este modo los materiales se ven afectados en algunas de sus propiedades y composiciones, como lo son: el grado de conversión y la dureza, se ha identificado que la influencia de la activación química repercute en estas propiedades en algunos materiales de restauración, la activación influye en el modo operacional de cada material. Como ejemplo hay un estudio realizado por Fonseca et. al en cementos que dio como resultado una variación entre los que fueron activados químicamente y el grupo de los cementos duales, siendo de mayor dureza los del grupo dual que los del grupo de activación química. Se ha observado que la energía de polimerización es un factor determinante en el GC, dado que existe una relación directa entre ambos parámetros, es decir, a mayor energía de polimerización el GC aumenta.<sup>24-26</sup>

#### 1.3.1. Estudio de la molécula de BIS-GMA

En el año de 1956 Bowen inició estudios sobre la molécula Bis-GMA (Bisfenol Glicidil Dimetacrilato) (Fig. 1), y en el año de 1962 patentó la creación de esta nueva matriz polimérica de naturaleza híbrida acrílica epóxica, donde los grupos reactivos epóxicos de la molécula son reemplazados por grupos metacrílicos. El Bis-GMA se obtiene a partir de tres moléculas básicamente: Bisfenol A, alcohol glicídico y ácido metacrílico.<sup>27</sup>

La molécula se prepara en dos tiempos:

1.-Policondensación:

*Alcohol glicídico + Acido metacrílico = Metacrilato glicídico*

2.- Poliadicción:

*Metacrilato glicídico + Bisfenol A = Bis GMA*

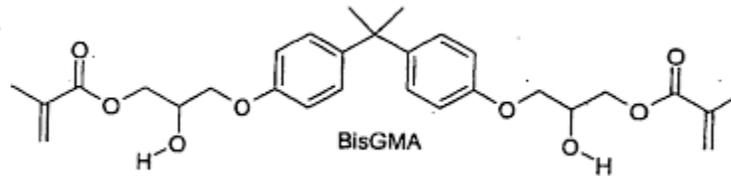


Figura 1. Molécula de BIS-GMA<sup>27</sup>

Esta molécula tiene en el extremo de la cadena enlaces dobles que permiten la polimerización de las moléculas Bis-GMA entre ellas.<sup>28</sup>

La baja viscosidad del Bis-GMA hace que sea necesaria la mezcla con monómeros de dimetacrilato de bajo peso molecular para conseguir la viscosidad adecuada y poder incorporar el relleno. Los monómeros más utilizados como diluyentes para el Bis-GMA son el etilenglicol dimetacrilato (EGDMA) y el trietilenglicol dimetacrilato (TEGDMA)(Fig. 2).<sup>29</sup>

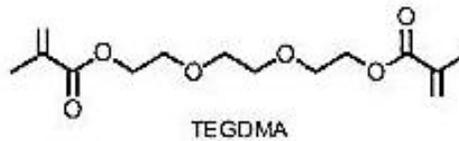


Figura 2. Molécula de TEGDMA<sup>27</sup>

Al adicionarle al Bis-GMA materiales de relleno se logra mejor coeficiente de expansión lineal térmico y aumentan sus propiedades mecánicas.<sup>30</sup>

Al comienzo de los años 70 fue introducido el proceso de polimerización con luz (fotopolimerización con longitud de onda correspondiente al rango de luz ultravioleta, actualmente se utiliza el rango de luz visible de longitud de onda entre 450 y 470 nm. A finales de estos años aparecen las resinas de microrelleno al igual que las híbridas.<sup>31</sup>

### 1.3.2. Variaciones en la composición de las resinas

La composición de las resinas ha variado desde aquel entonces. Con el uso de copolímeros, refuerzos inorgánicos, agentes adhesivos y las técnicas de grabado ácido en tejidos dentarios han sido mejoradas las propiedades procurando un mejor sellado terminal.<sup>30</sup>

También se le ha adicionado a las resinas, material de relleno inorgánico que le da más resistencia como es el caso de los cerómeros. Los cerómeros son un tipo de material único, considerablemente diferentes de la resina convencional de los cerámicos. Combina las características favorables de ambos, resinas y cerámicos; tienen buenas propiedades estéticas. Tienen buenas propiedades estéticas, alta resistencia y se desgastan como el esmalte.<sup>1</sup>

### 1.3.3. Estudios realizados en los materiales de restauración indirecta

También se ha estudiado el buen sellado marginal y la microfiltración que ocurre en las restauraciones, ya que ambas variables están aunadas a mejorar para evitar un fracaso final en la restauración. Existen diversos métodos para la evaluación de ambas propiedades. La microfiltración es considerada una causa de fracaso de los tratamientos, se han realizado diversos estudios que han demostrado la incapacidad de un material de restauración para prevenir ésta. (Microfiltración coronaria).<sup>7</sup> La cual está asociada también a la microfiltración bacteriana<sup>32</sup> y esta a su vez a la placa dentobacteriana por la zona de localización de acuerdo al tipo de restauración. (Revisar Anexo 1).

#### *Resistencia a la flexión*

Se realizaron estudios comparativos de resistencia a la flexión por Monterrubio y Moreno<sup>33</sup> el cual se incluyó al sistema SR Adoro® (Ivoclar Vivadent) y Belle Glass N.G. (Kerr Sibrón), obteniendo como resultado que el material para restauraciones indirectas SR Adoro® (Ivoclar Vivadent) posee una mayor resistencia a la flexión con el aumento de fibras de relleno (Vectris) en comparación a las que no poseen fibras de relleno, debido a que la fibra aumenta el espesor del espécimen analizado y esto crea una mayor resistencia. En esta misma se demostró que de ambos materiales usados sin las fibras de relleno el que obtuvo una mayor resistencia a la flexión fue Belle Glass N. G. (Kerr Sibrón).

En un estudio realizado por Hernández y Moreno<sup>34</sup> se llevó a cabo la comparación de la propiedad de resistencia a la flexión entre Belleglass y SR Adoro, la diferencia entre ambos fue mínima, pero Por otro lado Belleglass presentó el valor más elevado de Módulo de Flexión, lo cual indica una

mayor resistencia a la deformación, es decir soporta más carga una vez deformado antes de fracturarse.

### *Microfiltración*

En un estudio realizado por Escárcega y Celis<sup>32</sup>, se evaluó el grado de microfiltración, de la marca SR Adoro en la cual se usaron dos técnicas de retiro de excedentes en la cementación, se llevó a cabo la técnica de remoción de excedentes a los 5 segundos, en la cual la restauración obtuvo una mayor microfiltración, debido a que al momento de eliminar los excedentes de forma prematura, es decir, el material no endurecido por completo, se eliminó parte del material que crea el sellado marginal, por tal motivo al no tener un sellado marginal se tiene una mayor microfiltración.

### *Solubilidad y absorción*

Un estudio realizado por Ramírez, Trejo y García<sup>35</sup>, en el cual el factor tiempo y fuente de polimerización fueron modificados se demostró que presentaron una mejor propiedad de solubilidad del grupo de resinas Premise Indirect que fueron polimerizados con lámpara de luz halógena, cumplieron con los requerimientos que establece la Norma No. 27 de la ADA.<sup>36</sup>

### *Dureza*

De acuerdo a un estudio realizado por Ramírez, Trejo y García<sup>35</sup> en el cual se analizó la dureza de diferentes marcas comerciales de resinas entre ellas Premise Indirect, en el cual se usaron diferentes fuentes de polimerización, se obtuvo como resultado que los materiales polimerizadas con luz halógena tienen un mejor comportamiento que al ser polimerizadas con luz LED.

# **CAPÍTULO 2**

## 2.1. Planteamiento del problema

En la actualidad existen diferentes sistemas para la elaboración de restauraciones indirectas, dentro de los cuales destacan los que utilizan materiales poliméricos con alto contenido cerámico (cerómeros o polividrios). Este tipo de materiales, tienen la característica de ofrecer una estética excelente y un desempeño mecánico adecuado. Sin embargo, existe la controversia en relación a qué características de polimerización son las adecuadas para incrementar las propiedades finales del material una vez polimerizado.

Aunado a esto, en la literatura solamente existen reportes que han hecho hincapié al estudio de la resistencia a la flexión y el módulo elástico que poseen este tipo de materiales; dejando a un lado el estudio de propiedades de vital importancia como los son: el grado de conversión, la dureza y la microfiltración.

Por tal motivo, en la presente investigación se evaluará el grado de conversión, la microfiltración y la dureza de dos sistemas ceroméricos con la finalidad de obtener información que ayude a comprender la relación entre las características de polimerización con el grado de conversión, la microfiltración y la dureza.

Con los resultados de la presente investigación se podrá responder la siguiente pregunta de investigación: ¿Existe alguna relación entre el grado de conversión, dureza y microfiltración de una resina indirecta?

## 2.2. Justificación

En la actualidad existen limitadas investigaciones acerca de la relación entre las características de polimerización con el grado de conversión, la dureza y la microfiltración en los sistemas cerómicos para restauraciones indirectas. Es por eso que realizaremos esta investigación para poder evaluar, analizar y determinar esta posible relación. Ya que estos materiales son de gran importancia en la actualidad debido a sus características físicas y su gran estética lo que los hace materiales favorables para restauraciones altamente estéticas.

## 2.3. Hipótesis

**H<sub>1</sub>** Las propiedades físicas de dureza, microfiltración y grado de conversión están relacionados entre sí, en el sistema SR Adoro® (Ivoclar Vivadent).

**H<sub>2</sub>** Las propiedades físicas de dureza, microfiltración y grado de conversión están relacionados entre sí, en el sistema Premise Indirect® (Kavo Kerr).

## 2.4. Objetivo general

Determinar la posible relación entre las propiedades de: grado de conversión, dureza y microfiltración en dos materiales para restauraciones indirectas (cerómeros): Premise Indirect® (Kavo-Kerr) y SR Adoro® (Ivoclar Vivadent).

## 2.5. Objetivos específicos

1. Determinar la relación entre el grado de conversión, dureza y microfiltración del sistema SR Adoro® (Ivoclar Vivadent).
2. Determinar la relación entre el grado de conversión, dureza y microfiltración del sistema Premise Indirect® (Kavo-Kerr).

## 2.6. Tamaño de la muestra

La población en estudio fue: sistemas Premise Indirect® (Kavo-Kerr) y SR Adoro® (Ivoclar Vivadent) con 15 muestras para cada grupo. Se realizó el muestreo en dientes naturales incluyendo terceros molares, se llevará a cabo una preparación para restauración indirecta INLAY.

## 2.7. Tipo de estudio

*Experimental* debido a que se examinó el comportamiento de dos materiales para la elaboración de restauraciones indirectas. En la que se llevaron a cabo mediciones con base a la norma ISO 4049 de propiedades físico mecánicas como son: resistencia a la flexión, sorción.

*Longitudinal*: Se observó al mismo grupo de muestras de manera repetida por un periodo de tiempo específico, durante la investigación de carácter científico.

## 2.8. Criterios de inclusión

### *Microfiltración*

Se llevó a cabo la selección de los dientes para la prueba de microfiltración con las siguientes características: que fueran únicamente terceros molares, sin caries, sin cálculo y con un mes de haber sido extraídos.

Las restauraciones que se incluyeron dentro del estudio fueron aquellas que contaron con las siguientes características: con un máximo de 1.5 mm de espesor, terminadas y pulidas.

### *Dureza*

Se llevó a cabo la selección de las muestras de dureza que contaron las siguientes características: que estaban paralelas, pulidas y con un diámetro de 10 mm y un espesor de 2mm.

### *Grado de conversión*

Se llevó a cabo la selección de las muestras para la prueba de grado de conversión, incluyendo a todas aquellas que: tuvieron un peso de 0.204 g., sin polimerizar y que fueron conservadas en un ambiente oscuro sin el paso de luz.

## 2.9. Criterios de exclusión

### *Microfiltración*

En la prueba de microfiltración se excluyeron todos aquellos molares que: presentaron anatomía totalmente diferente. Y todas aquellas restauraciones que se fracturaron.

### *Dureza*

En la prueba de dureza se excluyeron todas aquellas muestras que no contaron con un pulido adecuado, el diámetro y el grosor requerido y una paralelización.

### *Grado de conversión*

En la prueba de grado de conversión se excluyeron todas aquellas pruebas que: se contaminaron.

## 2.10. Criterios de eliminación

### *Microfiltración*

Se eliminaron todos aquellos molares que: no tuvieron los ápices cerrados y los que no tuvieron una cara del esmalte.

### *Dureza*

Para la prueba de dureza las muestras que se eliminaron fueron todas aquellas que: se fracturaron.

### *Grado de conversión*

Para la prueba de grado de conversión las muestras que se eliminaron fueron, todas aquellas que: no contaron con el peso adecuado.

## 2.11. Variables

Tabla 1. Variables en la investigación.

<b>VARIABLES</b>
Microfiltración
Grado de Conversión
Dureza

Tabla 2. Variables dependientes en la microfiltración.

<b>VARIABLES DEPENDIENTES</b>				
<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>	<b>TIPO DE VARIABLE</b>
<b>Microfiltración</b>	Paso de bacterias, fluidos, moléculas o iones entre la pared cavitaria y el material de restauración.	Consistió en la introducción del diente extraído y restaurado en una solución del colorante por un tiempo predeterminado. Las muestras sufrieron o no termociclado o ciclado mecánico antes o durante la inmersión al colorante. Después de un lavado exterior, se seccionó la muestra y se observó con determinada magnificación.	µm	Cuantitativa discreta
<b>Grado de Conversión</b>	Indica el porcentaje de dobles enlaces que se han convertido en enlaces simples.	Se colocó una pequeña muestra del monómero en la ventana del espectrofotómetro, y se detectó la absorbancia del material en un rango de resolución de 400 cm <sup>-1</sup> a 4000 cm <sup>-1</sup> y 32 barridos.	%	Cuantitativa discreta
<b>Dureza</b>	La presión ejercida sobre el área de contacto del penetrador con la superficie de la muestra cuando la carga está aplicada y el penetrador en reposo.	El penetrador incide perpendicularmente sobre la superficie de la muestra bajo la acción de una carga a velocidad controlada.	HV	Cuantitativa discreta

# **CAPÍTULO 3**

## 3.1. Materiales y métodos

### 3.1.1 Determinación de la Microfiltración

#### 3.1.1.1. Materiales

- 30 terceros molares
- Agua desionizada (Ipsa)
- Recipiente de vidrio
- Esmalte transparente (revlon)
- Yeso tipo IV Velmix (Kavo Kerr)
- Fresa tronco-cónica y de cono invertido
- Material de impresión (silicona por condensación) Zhermack Elite HD
- Pistola para la silicona (3M ESPE)
- Tubo de PVC
- Mezcladora de Yeso Whip Mix
- Micromotor (Marathon)
- Disco de diamante de doble luz (NTI)
- Portaobjetos
- Microscopio Olympus
- Ceromero adoro (Ivoclar Vivadent) y premissa (Kavo Kerr)
- Espátulas (Kavo Kerr) (Ivoclar Vivadent)
- Lámpara Lumamat® 100° (Ivoclar Vivadent)
- Separador (Kavo Kerr) (Ivoclar Vivadent)
- Horno Kerr Curing Unit (Kavo Kerr) y Lumamat® 100° (Ivoclar Vivadent)
- Pulidores (Kavo Kerr) (Ivoclar Vivadent)
- Máquina de vapor Toushteam(Kavo Kerr).
- Cemento Maxcem Elite (Kavo Kerr)
- Ácido ortofosfórico al 37.5% Gel Echant (Kavo Kerr).
- Adhesivo Optibond (Kavo Kerr).
- Silano Silane(Kavo Kerr).
- Microbrush ultrafinos (Kavo Kerr).
- Kit básico (Hu Friedy).

### 3.1.1.2. Obtención y Almacenamiento de Dientes.

Se trabajó con treinta terceros molares con su tiempo máximo de extracción de seis meses limpios y sin caries se mantuvieron en agua de temperatura de 5°C días antes de su uso.

Posteriormente se realizó la preparación de la cavidad con una fresa de cono invertido y una tronco-cónica de diamante, la preparación se realizó en sentido mesio-distal, respetando las cúspides, con las medidas de 1 mm de profundidad y 1.5 en la cara mesial y distal donde se encontraban los retenciones (escalones).

Las muestras de molares se mantuvieron en el horno a 37°C en agua des-ionizada.

Transcurridas 24 horas los especímenes se sacaron del horno, se escurrieron y se secaron para después ser barnizados con dos capas de esmalte de uñas, se cubrió toda la zona radicular y parte de la corona dejando sin cubrir 2 mm, después se colocaran dentro de un recipiente, con yeso tipo IV hasta la corona.

Posteriormente las pruebas se dejaron secar durante una hora y con ayuda de aire comprimido, se tomaron impresiones de las muestras para realizar un modelo de trabajo. Se tomó impresión con silicona por condensación, como porta-impresión se utilizó un tubo de PVC de 1.5 cm alto x 2 cm de ancho. Se obtuvieron los modelos con yeso tipo IV al vacío, antes de la obturación se dejaron secar.



Figura No. 3. a. *Aplicación del barniz en la muestra* b. *Muestra de la preparación realizada* c. *Impresión de la muestra*

### 3.1.1.3. Restauraciones

Una vez obtenidos los modelos se realizaron las restauraciones de cerómero, dividiendo las muestras en dos grupos para trabajar con los dos materiales. Se colocó el separador dos capas, cada una con 30 segundos de separación. Se colocó el liner y se fotopolimerizó durante 20 segundos, se colocaron incrementos de aproximadamente 2 mm y se fotopolimerizó cada uno durante 40 segundos. Al término la obturación se pulió y se recuperó. Se preparó cada diente para ser cementado, se colocó silano en la restauración, se colocó en el diente ácido ortofosfórico durante 15 segundos, se limpió y se secó, se colocaron dos capas de adhesivo, se colocó el cemento y se llevó la restauración hacia el diente, se retiró el excedente y se fotopolimerizó durante 20 segundos cada cara del diente.

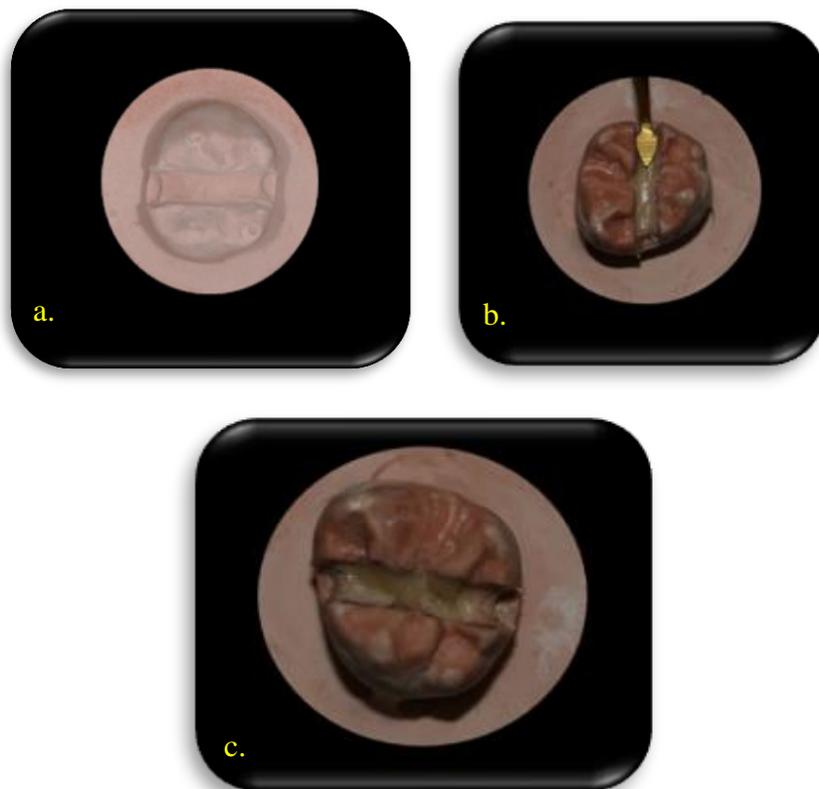


Figura No. 4. a. Modelo de la muestra de yeso IV b. Colocación de los incrementos  
c. muestra terminada

### 3.1.1.4. Procedimiento

En un recipiente de plástico dividido con celdas, se llenaron con una solución de pigmento de azul de metileno al 2%, las caras oclusales de los molares se colocaron en contacto con la solución por 24 horas a una temperatura de 37 °C.

Cubierto el tiempo de los especímenes se enjugaron con agua normal y se mantuvieron a una temperatura de 37 °C durante 12 horas.

Todos los especímenes fueron seccionados sagitalmente con el uso de un disco de diamante de doble luz. Teniendo todos los cortes de los especímenes se agruparon en grupos para su observación al microscopio a 10X.

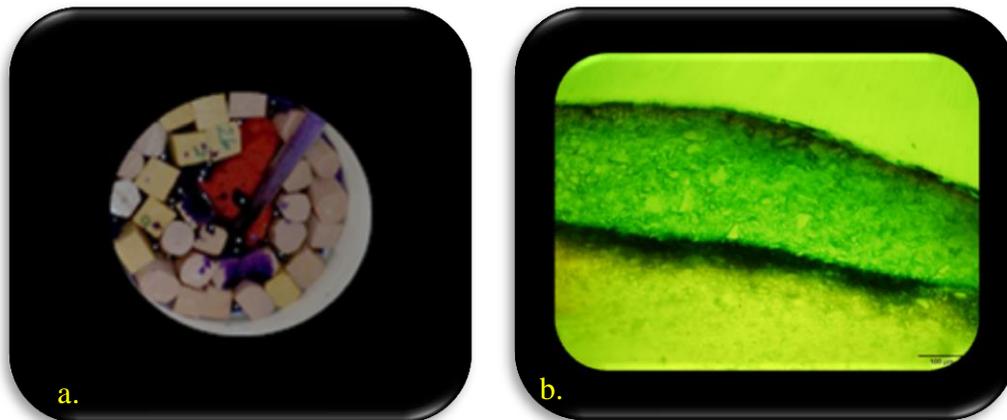


Figura No. 5. a. Colocación de las muestras en azul de metileno al 2% b. Corte de la muestra observado a 10X con fluorescencia

### 3.1.2 Determinación de la Dureza Vickers

#### 3.1.2.1 Material y Equipos

- Cerómero SR Adoro® (Ivoclar Vivadent) y Premise Indirect® (Kavo Kerr).
- Molde de acero inoxidable para la confección de muestras cilíndricas de 10 mm de diámetro y 2 mm de espesor.
- Cinta de polipropileno
- Loseta de vidrio de 5 mm de espesor.
- Aceite de silicón.
- Lámpara de fotoactivado Lumamat® 100° (Ivoclar Vivadent).
- Durómetro Matsuzawa MHT2 (High Quality Micro Hardness Tester, Japón). Con punta de diamante piramidal y base cuadrada.

#### 3.1.2.2. Muestra

Se realizaron las muestras para la prueba con un molde de 2mm de espesor x 10 mm de diámetro, elaborado con un molde de acero inoxidable. Se realizaron en dos incrementos cada uno de 1 mm de espesor, cada uno fue fotopolimerizado durante 40 segundos con la lámpara de fotocurado. Posteriormente se introdujeron en el horno respectivamente.

Tabla 3. Descripción de ciclos de polimerización.

GRUPO	TIEMPO (MINUTOS)	°C
Premise Indirect®	20	138
SR Adoro®	25	104

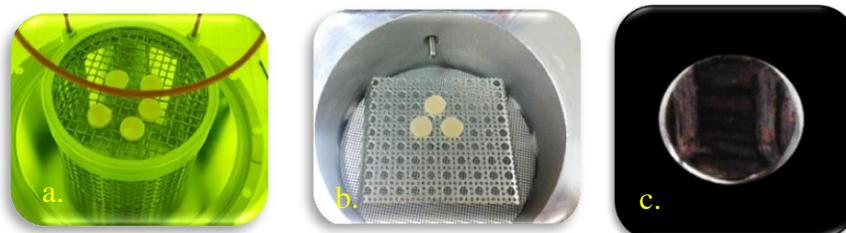


Figura No. 6. a. y b. Muestras fotopolimerizando c. Muestra pigmentada con plumón indeleble

### 3.1.2.3 Procedimiento

Se estableció previamente la carga y el tiempo necesarios para la identificación de la huella en la muestra.

La medición de las diagonales se realizó inmediatamente después de haber hecho la carga. A cada muestra se le realizaron cinco indentaciones distribuidas en toda la superficie. Por cada grupo se realizaron 15 muestras, es decir, el número total de indentaciones fue ciento cincuenta (n=150).

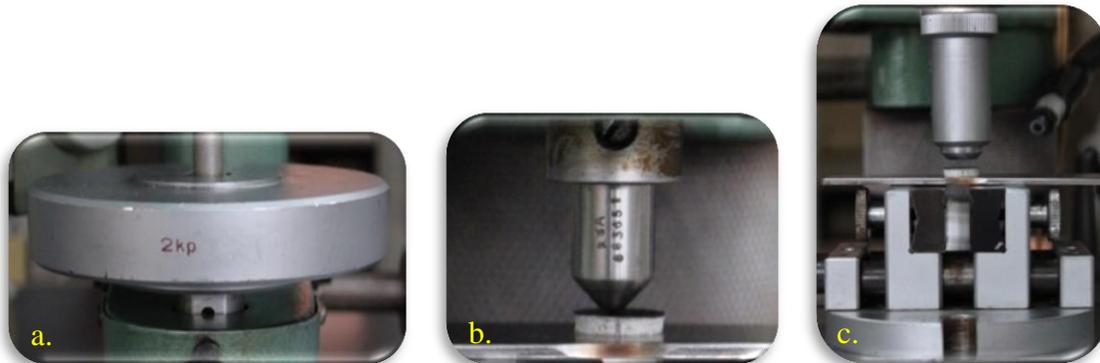


Figura No. 7. a. Carga establecida b. Realización de la indentación  
c. Muestra observada

### 3.1.2.4 Obtención de la Dureza Vickers

Se registraron las dos diagonales de la huella, diagonal vertical (dv) y diagonal horizontal (dh) hecho por el indentador en la muestra de cerámico experimental. Se obtuvo un promedio denominándola diagonal (d) la cual fue empleado en la siguiente fórmula.

### 3.1.2.5 Fórmula para la Obtención de la Dureza Vickers

Se registraron las dos diagonales de la huella, diagonal vertical (dv) y diagonal horizontal (dn) hecha por el indentador en la muestra del cerámico. Se obtuvo un promedio denominándola diagonal (d). Se usó la siguiente fórmula:

$$HV = \frac{(1854)(gf)}{d^2}$$

Dónde:

**HV** es la dureza Vickers.

**GF** es la carga empleada en gramos fuerza.

**d<sup>2</sup>** es el promedio de las diagonales en micrómetros al cuadrado (μm<sup>2</sup>).

**1854** es una constante.

### 3.1.3 Determinación del Porcentaje del Grado de Conversión

#### 3.1.3.1 Material y Equipos

- Cerómeros SR Adoro® (Ivoclar Vivadent) y Premise Indirect® (Kavo Kerr).
- Espátulas para resinas (Kavo Kerr) (Ivoclar Vivadent)
- Lámpara de fotoactivado Demi TM Plus (Kavo Kerr) Lumamat® 100° (Ivoclar Vivadent)
- Balanza analítica
- Recipientes
- Papel aluminio
- Espectrofotómetro de Infrarrojo por Transformada de Fourier Nicolet 6700 (Thermo Cientific) equipado y accesorio ATR (Reflectancia Total Atenuada) punta de diamante modelo Smart Orbit (Thermo Cientific).

#### 3.1.3.2 Muestra

Se realizó la muestra obteniendo una capa de resina para formar una esfera, cada muestra peso 0.0204 g., se colocó en un recipiente de plástico oscuro y se envolvió en papel aluminio para evitar que la luz penetrara.



Figura No. 8. a. *Peso de la muestra en la balanza analítica.*

#### 3.1.3.3 Identificación Previa de Bandas de los Monómeros.

Previamente a la obtención de grado de conversión de los cerómeros, se obtuvieron los espectros de los monómeros y la identificación de sus bandas. Para ello, se colocó una pequeña muestra del monómero en la ventana del espectrofotómetro, y se detectó la absorbancia del material en un rango de resolución de  $400\text{ cm}^{-1}$  a  $4000\text{ cm}^{-1}$  y 32 barridos.

### 3.1.3.4 Procedimiento

Posterior a la identificación de las bandas se procedió a la obtención de los espectros correspondientes a los cerómeros para calcular el porcentaje de grado de conversión. Sobre la ventana del espectrofotómetro se colocó una gota de la mezcla de cerómero, cubriendo por completo la ventana; enseguida se cubrió la gota con una tapa para evitar que reciba la luz ambiental y dar paso al escaneo y obtención del espectro del cerómero sin polimerizar.

Una vez que se obtuvo el espectro del material sin polimerizar, se descubrió la gota y se procedió a la fotopolimerización con una lámpara durante 40 segundos, tratando de colocar la punta en la lámpara lo más cerca del material.

Una vez fotoactivado el material se procedió a la obtención del espectro del cerómero. Se retiró el material con ayuda de una espátula, y se limpió la ventana detectora de los restos del material con acetona y una toallita absorbente. Se esperó un tiempo suficiente para la evaporación de la acetona para continuar con la obtención del siguiente espectro. La obtención de espectros del material antes y después del fotopolimerizado fue por triplicado.

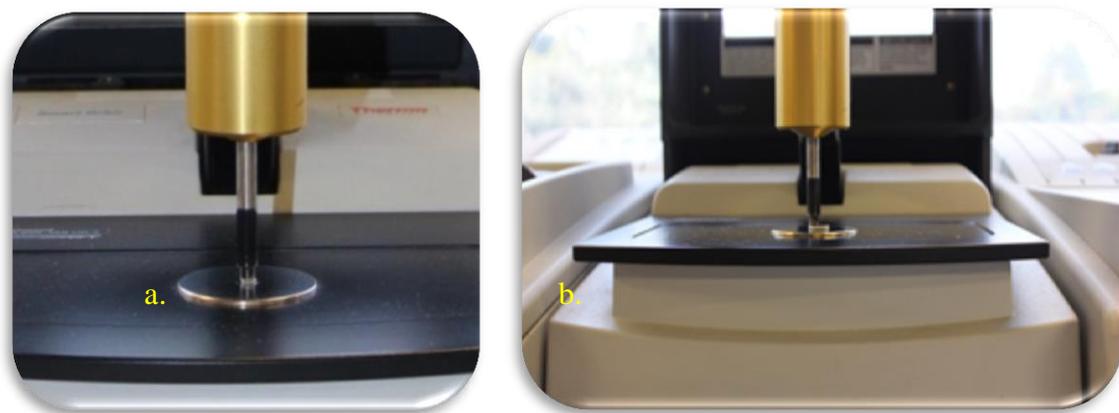


Figura No. 9. a. *Muestra sin polimerizar en el espectrofotómetro*  
b. *muestra polimerizada en el espectrofotómetro*

### 3.1.3.5 Fórmula para la obtención del porcentaje del grado de conversión

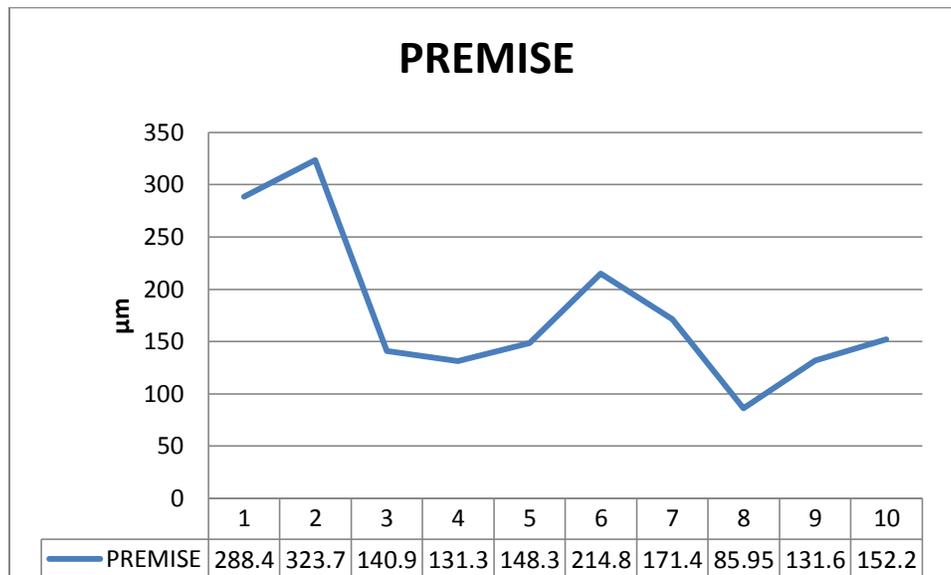
Con ayuda del software contenido en la computadora del espectrómetro se prepararon los espectros obtenidos para la obtención del porcentaje de grado de conversión. El porcentaje de grado de conversión de los cerómero fue calculado a partir de la determinación de las bandas en absorción al espectro obtenido de cada una de las muestras antes y después de la polimerización del material, siguiendo el monitoreo de la máxima absorción de las bandas características del enlace C=C y del enlace C=O a  $1637\text{ cm}^{-1}$  y  $1715\text{ cm}^{-1}$  respectivamente. Se usó la siguiente ecuación.

$$GC_{C=C/C=O} = 1 - \left[ \frac{(A_{C=C/C=O})_{\text{polímero}}}{(A_{C=C/C=O})_{\text{monómero}}} \right] \times 100$$

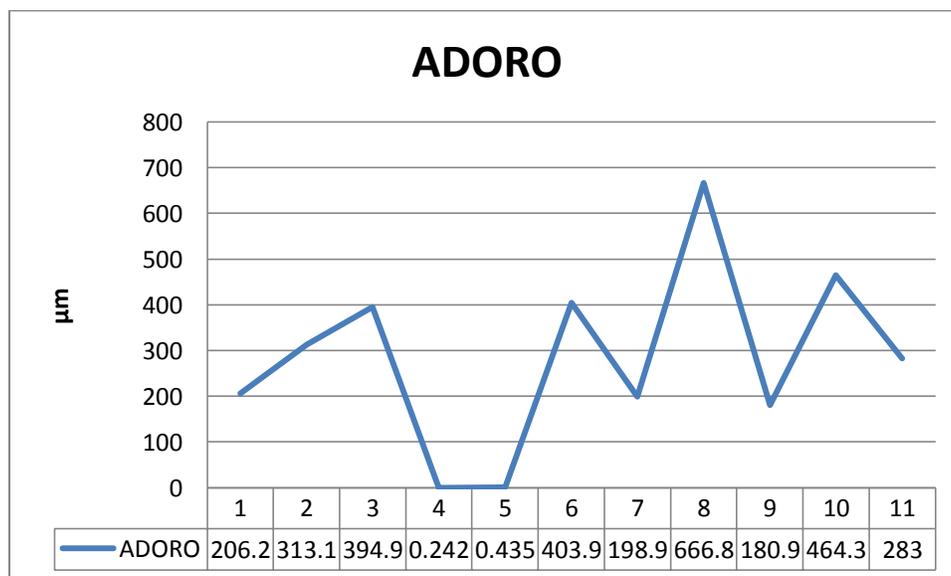
# **CAPÍTULO 4**

## 4.1. Resultados

Los resultados de microfiltración fueron: el valor más alto obtenido por SR Adoro® (Ivoclar Vivadent) que fue de 464.32  $\mu\text{m}$  y el valor más bajo obtenido por Premise Indirect® (Kavo Kerr) 288.44  $\mu\text{m}$ , el promedio de cada material fue SR Adoro® (Ivoclar Vivadent) 282.96  $\mu\text{m} \pm 165.5$  y Premise Indirect® (Kavo Kerr) 178.8  $\mu\text{m} \pm 74.9$ .



Gráfica 1. Valores de microfiltración de cada tres mediciones Premise Indirect.

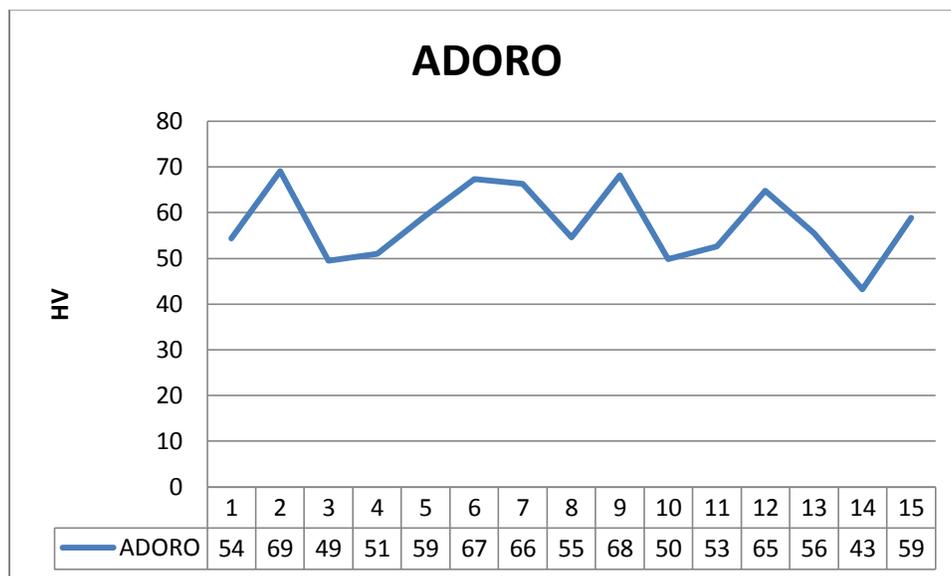


Gráfica 2. Valores de microfiltración de cada tres mediciones de SR Adoro.

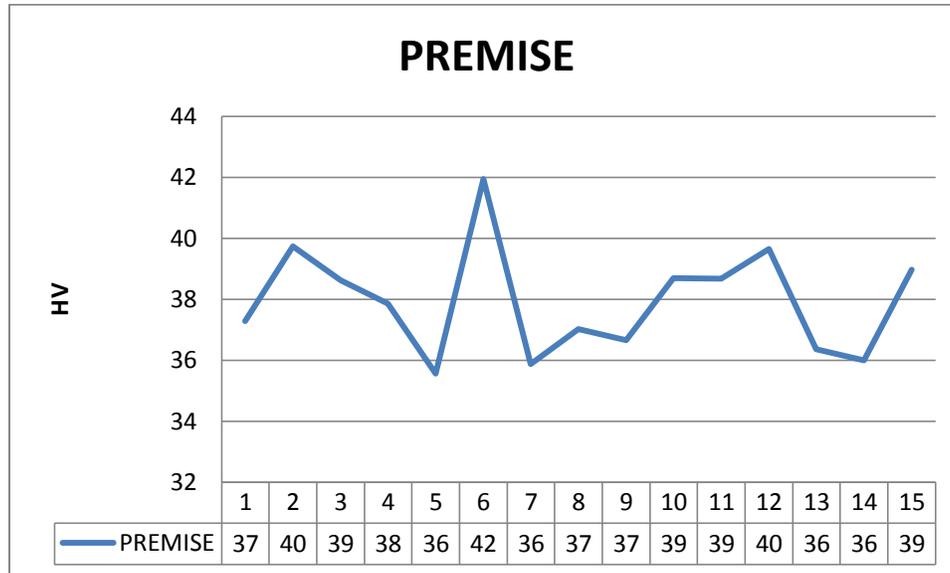


Figura No. 10. Imagen de microfiltración a 10X tamaño de la partícula del agente cementante

Los resultados de la prueba de dureza fueron: el valor más alto fue obtenido por SR Adoro® (Ivoclar Vivadent) fue de 69.089 HV y el valor más bajo obtenido por Premise Indirect® (Kavo Kerr) fue de 41.946 HV, el promedio general de todas las muestras SR Adoro® (Ivoclar Vivadent) fue de 57.628 HV  $\pm$  8.00 y el promedio obtenido por Premise Indirect® (Kavo Kerr) fue de 37.929 HV  $\pm$  1.77.



Gráfica 3. Valores promedio de dureza de cada 5 indentaciones de SR Adoro.



Gráfica 4. Valores promedio de dureza de cada 5 indentaciones de Premise Indirect.

Tabla 4. Valores obtenidos en la prueba de grado de conversión.

Grupo	Grado de conversión (%)
SR ADORO	67.6
PREMISE INDIRECT	44.8

Con los resultados obtenidos de los sistemas para restauraciones indirectas, SR Adoro y Premise Indirect (Tabla 5.), se demostró que existe una relación entre el grado de conversión, dureza y microfiltración. A mayor grado de conversión mayor dureza y mayor microfiltración.

Tabla 5. Valores obtenidos en las diferentes pruebas.

Grupo	Microfiltración (µm)	Dureza (HV)	Grado de conversión (%)
<b>SR Adoro</b>	<b>282.96 ± 165.5</b>	<b>57.63 ± 8</b>	<b>67.6</b>
<b>Premise Indirect</b>	<b>178.87 ± 74.9</b>	<b>37.93 ± 1.8</b>	<b>44.8</b>

## 4.2. Discusión

Dos materiales para la elaboración de restauraciones indirectas fueron evaluados con base en sus propiedades físico. Aunque en el laboratorio se mantuvieron condiciones similares a las intraorales, no son idénticas a las reales, estos valores nos fueron útiles para comparar los materiales bajo un ambiente controlado.

En cuanto a los resultados obtenidos en la prueba de grado de conversión entre los dos materiales de restauración se obtuvieron valores de 67.9% obtenido por SR Adoro y 44.8% obtenido por Premise Indirect. Esto se puede explicar debido a la diferencia del modo de activación de los ciclos de polimerización, el ciclo del primero tuvo una duración de 25 minutos a una temperatura de 104°C y el segundo de una duración de 20 minutos a una temperatura de 138°C con una atmósfera de nitrógeno al vacío; se pudo haber esperado que el material que recibió un ciclo de polimerización con atmósfera libre de oxígeno obtuviera mejores propiedades debido a la posible menor inhibición de polimerización; tal y como lo menciona Takahasi<sup>37</sup>, sin embargo, podemos decir que el aplicar una termo-foto-polimerización como en el primer material propició la obtención de un mayor grado de conversión.

Por otra parte se debe considerar la posibilidad de que el material con mejor grado de conversión en su composición química contiene dos tipos de iniciadores químicos, siendo estos un fotoiniciador y un termoiniciador debido a las características de activación del ciclo de polimerización.<sup>37,38</sup>

Nos parece importante investigar y evaluar el grado de conversión, modificando el factor tiempo en los ciclos de polimerización, ya que es el único factor que las cámaras de polimerizado de estos sistemas nos permite modificar, pudiendo así observar si al disminuir o aumentar dicho factor, se modifica el grado de conversión.<sup>37,38</sup>

Se comprobó que hay una relación entre el grado de conversión, la dureza y la activación química del material, se encontró una correlación significativa entre la densidad energética aplicada también se determinó que la cantidad de energía aplicada al material en el momento de la polimerización es directamente proporcional al grado de conversión obtenido en la restauración final.<sup>39</sup>

En cuanto a los resultados obtenidos en la prueba de dureza entre los dos materiales de restauración se obtuvieron los valores de 57.63±8 obtenido por SR Adoro y 37.93±1.8 obtenido por Premise Indirect. El primer factor que debemos considerar para explicar este comportamiento es la

composición química de cada material, en específico la molécula monomérica base, los agentes de entrecruzamiento, los iniciadores y plastificantes los cuales en conjunto al final de la polimerización repercuten directamente en el comportamiento mecánico de la restauración.

Basándonos en esta investigación podemos aseverar que como segundo factor y no por eso menos importante, el ciclo de polimerización también repercutió de manera importante en la dureza de cada material, de esta manera podemos decir que hay una relación entre la dureza, el grado de conversión y la forma de activación química tal y como lo ha demostrado Santana, Gondim, da Costa y Braz.<sup>40,41</sup>

Aunado a esto la resistencia a la flexión es una propiedad que un material de restauración debe cumplir (aunque en este trabajo no se evaluó esta propiedad), y que de igual manera puede variar entre diferentes materiales ya que también depende del ciclo de polimerización aplicados.<sup>38</sup> En un estudio realizado por Monterrubio y Guerrero<sup>33</sup> en el cual analizaron la resistencia a la flexión en los mismos materiales de restauración indirecta (SR Adoro y Premise Indirect), obtuvieron para el primero un valor de 77.8 MPa y 121.6 MPa para el segundo; podemos relacionar con los resultados obtenidos en nuestra prueba que son inversamente proporcionales, a mayor resistencia a la flexión menor dureza, a menor resistencia a la flexión mayor dureza. Por tal motivo y con base en nuestros resultados podemos aseverar que las propiedades de, grado de conversión, dureza y resistencia a la flexión están relacionadas por el factor de la activación química, pero también debemos considerar las propiedades físico-químicas de la molécula monomérica base de cada material.

De igual manera, se propone modificar el factor tiempo para estudiar el efecto que éste causaría en la dureza y la resistencia a la flexión, en estos materiales de restauración indirecta.

En cuanto a los resultados obtenidos en la prueba de microfiltración entre los dos materiales se obtuvo 666.767  $\mu\text{m}$  en Premise Indirect y 288.44  $\mu\text{m}$  en SR Adoro. La microfiltración se debe a varios factores, el sellado marginal de la restauración, la contracción por polimerización del material restaurador, el agente cementante (sorción, solubilidad y contracción por polimerización) y el tamaño de las partículas del pigmentante.<sup>32</sup>

Se observó que el sellado marginal está relacionado directamente con la microfiltración (aunque en esta investigación no lo evaluamos). Este factor está en relación con la microfiltración, debido a la manipulación de cada uno de los materiales, se siguieron las instrucciones de elaboración, dentro de las cuales se lleva a cabo el pulido de la restauración antes de la cementación, esto puede generar en algunas zonas mayor desgaste y por lo tanto un desajuste marginal el cual no se puede observar a simple vista. Se demostró en un estudio realizado por Escárcega, Celis y Guerrero<sup>32</sup> que la microfiltración entre la interfase diente-restauración se debe al modo de

manipulación y a la remoción de los excedentes antes de la polimerización, ya que al quitar los excedentes, se elimina una parte esencial que sirve para el sellado marginal.

Debemos considerar como otro factor relacionado a la microfiltración la contracción por polimerización del material de restauración, como lo menciona Wedt y cols<sup>42</sup> ya que ésta ocurre en todos los polímeros y está ligada con el ciclo de polimerizado de cada uno de los materiales de restauración, igualmente con la molécula monomérica de cada material. En volumen, la cifra de contracción oscila entre un 1,35 y un 7,1%(1'- 5) para los materiales de restauración.<sup>42</sup> Considerando estos parámetros dentro del mismo factor se puede aseverar que ante la contracción del material de restauración y la manipulación al pulido y terminado de la restauración, se puede generar un espacio el cual nos da como resultado un mal sellado marginal y por lo tanto microfiltración.<sup>42</sup>

Otro factor a considerar es el agente cementante, según la norma ISO 4049<sup>43</sup> el valor máximo para el grosor del agente cementante es de 50  $\mu\text{m}$ , debemos tener en cuenta que este agente sufre una contracción por polimerización ya que es un polímero, y a su vez esto genera un mayor espacio entre el agente cementante, la restauración y el diente, por lo tanto podemos aseverar que a mayor espacio mayor microfiltración. El porcentaje de contracción para los cementos esta entre un 2,5 y un 4%.<sup>44</sup>

También se debe considerar que el grosor de la película está relacionado con la porosidad, sorción y solubilidad (aunque estas propiedades no fueron evaluadas en esta investigación) de cada uno de los materiales de restauración. Todos los materiales, una vez expuestos al medio oral, sufren un proceso de sorción y solubilidad a mayor o menor grado, que conlleva la degradación del material.<sup>43,46</sup> Los procesos de sorción y solubilidad pueden provocar cambios dimensionales en los materiales y provocar cambios.<sup>45-47</sup>

Como ultimo factor pero no por eso menos importante tenemos el agente pigmentante que utilizamos en esta investigación, el cual fue el azul de toluidina, este pigmentante tiene un tamaño aproximado de 1 $\mu\text{m}$  (Fig. No. 10). En comparación con el tamaño de las partículas del agente cementante que fueron de un aproximado de entre 20-40  $\mu\text{m}$ , por lo tanto se puede aseverar que el agente pigmentante siendo de un menor tamaño pudo microfiltrarse entre las partículas del agente cementante que son de mayor tamaño. Esto indica que toda aquella partícula de mayor o igual tamaño puede microfiltrarse a través de la unión diente-cemento-restauración.

Por esta razón se han generado estudios más profundos de esta propiedad; Love, Gondim y Braz.<sup>40,41</sup> teniendo como avance más considerativo, que se ha logrado demostrar que la principal causa de fracaso de los tratamientos se debe a la contaminación bacteriana, la problemática se

genera debido a que la microfiltración permite el traspaso de bacterias que por lo general están involucradas con la placa dentobacteriana, éstas solamente involucran al grupo de *Sterptococcus*.

Por último, con base a la información generada en esta investigación sugerimos que es importante investigar y evaluar la microfiltración relacionándola con las propiedades de porosidad, sorción, solubilidad y la contracción del material, aunado a una modificación del agente cementante.

### **4.3. Conclusiones**

En este trabajo se demostró que hay una relación entre las propiedades de dureza, grado de conversión y microfiltración, se demostró que la activación química de cada material crea una diferencia y por lo tanto una relación en el módulo flexural, la dureza, la contracción del material y la microfiltración. (Aunque en este trabajo de investigación no se midieron la contracción del material ni el módulo flexural).

Se observó en la prueba de microfiltración, que ésta ocurrió a través de la unión entre la restauración, el cemento y el diente, debido al tamaño de las partículas del agente cementante ya que éstas son más grandes que el pigmentante usado en la prueba, llegando a la conclusión que el material de restauración no fue el causante de la microfiltración, si no el agente cementante y que este permite el paso no sólo de pigmentantes sino también a la mayoría de la flora bucal o el biofilm, permitiendo así un paso de bacterias y nutrientes para estas mismas, propiciando así un tejido de cultivo, en el cual después de un periodo de tiempo estará contaminado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sherriff SM, The Effects Maturity and Dehydration Shrinkage on Resin-modified Glass-ionomer Restorations. *Journal Dental Research*. 1997. 76:8, 1495-1501.
2. Cova J. *Biomateriales Dentales*. Buenos Aires Ed. Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica. C.A. 2004.
3. Guzmán BHJ, *Biomateriales odontológicos de Uso Clínico*. 3ª edición. Edit. Eco Ediciones. Bogotá Colombia. 2003.
4. Phillips RW. *La ciencia de los materiales dentales de skinner*. 9a. Edición. México D.F.: Interamericana-McGraw-Hill; 1993.
5. Ferrance JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater*, 1985; 1, 11-14.
6. Li YC, Huang FM, Protective effects of antioxidants on micronuclei induced by camphorquinone/N,N-dimethyl-p-toluidine employing in vitro mammalian test system. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*. 2006; 83:1, 23-8.
7. Gómez S, Miguel A, De la Macorra JC. Estudio de la microfiltración: modificación a un método. *Av.Odontoestomatol* 1997; 13: 265-271.
8. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversión in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*, 2002; 23, 1819-1829.
9. Halvorson RH, Erickson RL. Energy depended polymerization of resin-based composite. *Dental Materials*, 2002; 18, 463-469.
10. Halvorson RH, Erickson RL. The effect of filler and silane content on conversion of resin based composite. *Dental materials*, 2003; 19, 327-333.
11. Leung RL, Fan PL. Post irradiation Polymerization of Visible-light Activated Composite Resins, *J Dent Res*, 1983; 62, 363-365.

12. Morgan DR, Kalachandra S, Analysis of dimethacrylate copolymer (Bis-GMA and TEGDMA) network by DSC and C solution and solid –state NMR spectroscopy. *Biomaterials*, 2000; 21,1897-1903.
13. Pereira SG, Nunes TG. Analysis of a dimethadrylate comonomer compositions (Bis-GMA and CH<sub>3</sub>Bis-GMA) for novel dental composites; analysis of the network by stray-field MRI, solid-state NMR and DSC&FTIR. *Biomaterials*. 2000; 23,3799-3806.
14. Imazato S, McCabe JF. Degree of conversion of composites by DTA and FTIR. *Dental Materials*. 2001; 17, 178-183.
15. Ferracane JL, Greener EH. Fourier Transform Infrared Analysis of degree of polymerization in unfilled resins-Methods comparison. *J Dent Res*. 1984; 63, 1093-1095.
16. Rueggeberg FA, Craig RG. Correlation of parameters used to estimate monomer conversion in a light-cured composite. *J Dent Res*. 1998; 67, 932-937.
17. Rueggeberg FA, Hashinger DT. Calibartion of FTIR conversion analysis of contemporary dental resin composites. *Dent Mater*. 1990; 6 (4), 241-9.
18. Shahdad SA, MaCabe JF. Hardness measured with traditional Vickers and Materns hardness methods. *Dent Mater*. 2007; 23, 1079-1085.
19. Schneider JM, Bigerelle M. Statistical analysis of the Vickers hardness. *Material Science and Engineering*. 1999; A262, 256-263.
20. Barszczewska IM. Quantitative determination of degree of conversión in photocured poly (urethane-dimethacrylates)by Fourier Trannsform Infrared Spectroscopy. *Journal of Applied Polymer Science*, 2012; 123, 1604-1611.
21. Jaramillo, Morales I, Betancur C, Cruz A, Gañán J, Piedad. Estudio del curado de resinas epóxicas empleando espectroscopía infrarroja 2004, 71.
22. Kenneth S, Kornman. *Treating Plaque-Associated Gingivitis*. 8a. edición. Estados Unidos, Quintessence Publishing; 1996.
23. Prakki A, Carvalho RM. Cimentos resinosos dual: características e considerações clínicas. *Pós Grad. Rev. Fac. Odontol. São José dos Campos* 2001; 4(1): 21-6.

24. Lu H, Mehmood A, Chow A, Powers JM. Influence of polymerization mode on flexural properties of esthetic resin luting agents. *J. Prosthet. Dent.* 2005; 94: 549-54.
25. Fonseca RG, dos Santos JG, Adabo GL. Influence of activation modes on diametral tensile strength of dual-curing resin cements. *Braz. Oral Res.* 2005; 19(4):267-71.
26. Hofmann N, Papsthart G, Hugo B, Klaiber B. Comparison of photo-activation versus chemical or dual-curing of resin-based luting cements regarding flexural strength, modulus and surface hardness. *J. Oral Rehabil.* 2001; 28(11): 1022-8.
27. Jordán ER. *Composites en Odontología Estética*. 2a. Edición. Ed. Salvat, Barcelona España. 1989.
28. O'Brien WJ. *Dental Materials and their selection*, Quintessence Publ. 1989, 93-127.
29. Asmussen E, Peutzleldt A. Influence UEDMA Bis-GMA and TEGDMA on selected mechanical properties experimental resin composites. *Journal Dental Materials.* 1998. 14: 51-56.
30. Phillips RW, *La ciencia de los materiales dentales*. Traducción de Hernández Cázares Lourdes María. 8a. Edición. México, D.F. Interamericana, 1994.
31. Rodríguez EB, Celis RL, Guerrero IJ. Grado de microfiltración en restauraciones libres de metal cementadas con resina utilizado dos técnicas diferentes para la eliminación de excedentes. México D.F. UNAM. 2008.
32. Monterrubio OH, Moreno V, Guerrero J. Resistencia a la flexión que tienen dos composites de uso dental para la fabricación de restauraciones indirectas con y sin fibra de refuerzo. México, D.F. UNAM. 2008.
33. Hernández SA, Moreno V, Barceló FH, Palma JM. Estudio comparativo de propiedades físicas y mecánicas entre tres sistemas de restauración protésica indirecta a base de resina. México, D.F. UNAM; 2006.
34. Torres Y, Ramírez J, Trejo R, García M. Profundidad de curado, microdureza, sorción acuosa y solubilidad en resinas de nanorelleno comparando dos fuentes de polimerización. México, D.F. UNAM; 2008.

35. Takahashi JM, Machado FM, Nuñez JM, Consani RL, Mesquita MF. Relining of prosthesis with auto-polymerizing hard denture reline resins: effect of post-polymerization treatment on flexural strength. *Gerodontology* 2009;26(3):232-6 p.p.
36. Cruz E, Salazar V, Sarcos J. Efecto de dos enjuagues orales en la dureza de dos polímeros para coronas provisionales. *Rehabilitación oral*. 2012.
37. Lohbauer U, Rahiotis C, Kramer N, Petschelt A, Eliades G. The effect of different light-curing units on fatigue behavior and degree of conversion of a resin composite. *Dent Mater*. 2005; 21(7):608-15
38. Love RM. *Enterococcus faecalis* role in endodontic failure. *Int Endod J*. 2001; 36; 399-405.
39. Luna G, Gondim R, Braz R. Cemento resinoso ¿Todo cemento dual debe ser fotoactivado? *Acta Odontologica Venezolana*. 2011; 47, 4, 3-5.
40. Wendt J, McInnes P, Dickinson G. The effect of thermocycling in microleakage analysis. *Dental Materials*. 1992; 8:181-184.
41. International standard ISO 4049. *Dentistry-Polymer-based filling, restorative and luting materials*. 3a. ed. Suiza: ISO; 2000.
42. Macorra Gacía JC. Polymerization contraction of composite resin restorative materials. *Odontología Conservadora*. 2: no.1.
43. Ortengren U, Andersson F, Elgh U, Terselius B, Karlsson S. Influence of pH and storage time on the sorption and solubility behaviour of three composite resin materials. *J Dent*. 2001; 29: 35-41.
44. Naasan MA, Watson TF. Conventional glass ionomers as posterior restorations. *Am J Dent*. 1998; 11(1): 36-45.
45. Oysaed H, Ruyter IE. Composites for use in posterior teeth: mechanical properties tested under dry and wet conditions. *J Biomed Mater*. 1986; 20: 261-71.
46. Vaca MJ, Ceballos L, Fuentes MV, Osorio R, Toledano M, García Godoy F. Sorción y solubilidad de materiales formulados con resina. *Avances en odontoestomatología*. 2003; 19:6.

47. Carranza, Szajder A. Compendio de Periodoncia. 5a. edición. Buenos Aires, Argentina, AMOLCA; 1996.
48. Carranza, Fermin. Newman, Michael. Clinical Periodontology, 8a edición. Filadelfia: Saunders; 1996.
49. Willson, Thomas G, Kornman S. Fundamentals of Periodontics. 8a. edición. Estados Unidos, Quintessence Publishing; 1996.
50. Gay P. La placa dentobacteriana como factor etiológico de la enfermedad periodontal. ADM, 1993. 14:3. 25-30.

## ANEXOS

### Anexo 1

#### Placa dentobacteriana

La placa dental es una película transparente e incolora, adherente al diente, compuesta por bacterias diversas y células descamadas, leucocitos y macrófagos, dentro de una matriz de proteínas y polisacáridos.<sup>48</sup>

La placa dentobacteriana se clasifica como: supragingival o subgingival, esto es basándose en su posición sobre la superficie del diente. La placa supragingival se encuentra en o sobre el margen gingival, está en contacto directo con el margen gingival. La placa subgingival se encuentra debajo del margen gingival, en el diente y el tejido del surco. La placa dental puede ser visualizada en el diente después de uno o dos días sin medidas de higiene bucal, puede ser blanca de color grisáceo o amarillo y tiene apariencia globular.<sup>49</sup>

#### Evolución Histórica

La cavidad bucal tiene múltiples nichos ecológicos que representan muy diferentes ecosistemas bacteriales. Existen cinco ecosistemas mayores bacterianos: 1. Lengua, 2. Mucosa bucal, 3. Bacterias que se adhieren al diente coronal al margen gingival (placa supragingival), 4. Bacterias que residen apicalmente al margen gingival (placa subgingival), 5. Saliva. La mayor parte de las bacterias que se encuentran en la saliva, son organismos de la lengua y de la mucosa bucal.<sup>50</sup>

En 1683, Antony Van Leeuwenhoek, en una carta a la Real Sociedad de Londres, describe por primera vez las bacterias de la cavidad bucal a las cuales llamó 'animáculos'.<sup>50</sup>

Casi 200 años después, Robert Koch, en 1876, es el primero en relacionar las bacterias con enfermedades.<sup>51</sup>

Miller en 1873, trató de aislar, sin éxito, el microorganismo responsable de la periodontitis.<sup>51</sup>

En 1976 Walter Loesche delineó la hipótesis que sostiene que la flora de la placa bucal da como resultado una enfermedad.<sup>51</sup>

La teoría de la placa específica establece que sólo cierta placa dentobacteriana es patogénica y su patogénesis depende de la presencia o incremento de microorganismos específicos. Estos organismos producen sustancias que median la destrucción de tejidos del huésped.<sup>52</sup>

Según, Socransky y Cols, la formación de placa dentobacteriana se divide en: etapa de adherencia y etapa de crecimiento y maduración. La primera etapa involucra la adherencia de la bacteria a la superficie dentaria, y la segunda involucra la multiplicación y/o crecimiento de las bacterias adherentes y posteriormente la sucesión bacteriana. Se estiman alrededor de 200 a 300 especies bacterianas presentes en la placa dentobacteriana, por lo que no es posible identificarlas o cultivarlas en su totalidad.<sup>49</sup>

La placa dental está compuesta principalmente por microorganismos, un gramo de placa contiene, aproximadamente  $2 \times 10^{10}$  bacterias. Ha sido estimado que más de 325 bacterias diferentes pueden ser encontradas en la placa dentobacteriana.<sup>49</sup>

Por el movimiento de la comida y de tejidos sobre la superficie del diente, durante la masticación, la placa aparece en el tercio gingival de las superficies del diente. Los depósitos de placa también se forman preferencialmente en grietas, hoyos y fisuras en la estructura del diente, bajo restauraciones y alrededor de dientes mal alineados.<sup>22</sup>

### **Colonización Inicial de la Superficie del Diente.**

Dentro de pocas horas las bacterias pueden ser encontradas en la película dental. Las bacterias colonizadoras son principalmente microorganismos facultativos grampositivos, como los *actinomyces viscosus*, y los *streptococos sanguis*. Estos colonizadores iniciales, se adhieren a la película a través de moléculas específicas llamadas adhesinas, en la superficie de la bacteria e interactúan con receptores en la película dental.<sup>49</sup>

Los colonizadores secundarios son los microorganismos que no colonizaron inicialmente las superficies limpias del diente, incluye la *prevotella intermedia*, *prevotella lescheii*, especies de *capnocytophaga*, *fusobacterias nucleatum* y *porfiromonas gingivales*.<sup>49</sup>

### **Bacterias bucales**

Todos los organismos vivos pertenecen a uno de los tres grandes grupos (dominios) que representan las tres ramas de la evolución a partir de un progenitor común. En base a

consideraciones bioquímicas y genéticas se pueden distinguir dos grandes grupos: bacteria y archaea.<sup>49</sup>

## Bacteria

Definición: Del griego βακτηρία, bastón microorganismo unicelular procarionte, cuyas diversas especies causan las fermentaciones, enfermedades o putrefacción en los seres vivos o en las materias orgánicas.<sup>49</sup>

Bacterias bucales: Las bacterias bucales son microorganismos que se encuentran en la cavidad bucal (microflora bucal), las cuales pueden provocar infecciones cuando atacan en demasía o estar dentro de la boca en forma natural.

El ambiente favorece a los microorganismos que tienen las mismas o parecidas propiedades químicas, físicas y biológicas. Entre los factores ambientales, la nutrición parece tener un papel importante de regulación sobre el tipo y número de población bacteriana en una comunidad, así los nutrientes definen el tipo de comunidad que se desarrolla.<sup>49</sup>

## Flora microbiana oral

La microflora oral es un complejo ecosistema que contiene una amplia variedad de especies microbianas. (Tabla 6.) La boca es colonizada por varios microorganismos antes de la erupción de los dientes.<sup>49</sup>

Tabla 6. Flora microbiana oral.

Grupo Bacteriano	Sitio			
	Placa	Lengua	Saliva	Surco
Gingival				
Cocos G+ Facultativos	28.2	44.8	46.2	28.8
Estreptococos	27.9	38.3	41.0	27.1
<i>S. mutans</i>	(0-50)	(0-1)	(0-1)	(0-30)
<i>S. sanguis</i>	(40-60)	(10-20)	(10-30)	(10-20)
<i>S. mitior</i>	(20-40)	(10-30)	(30-50)	(10-30)
<i>S. salivarius</i>	(0-1)	(40-60)	(40-60)	(0-1)
<i>S. milleri</i>	(3-25)	(0-1)	(0-1)	(14-56)
Estafilococos	0.3	6.5	4.0	1.7
Cocos G+ anaerobicos	12.6	4.2	13.0	7.4
Cocos G- anaerobicos	6.4	16.0	15.9	10.7
Cocos G- facultativos	0.4	3.4	1.2	0.4
Bacilos G+ facultativos	23.8	13.0	11.8	15.3
Bacilos G+ anaerobicos	18.4	8.2	4.8	20.2
Bacilos G- facultativos	NDb	3.2	2.3	1.2
Bacilos G- anaerobios	10.4	8.2	4.8	16.1
Espiroquetas	ND	ND	ND	1.0

La cavidad oral es un ecosistema donde cohabitan principalmente comensales (aproximadamente  $10^{10}$  bacterias, siendo el 60% cultivables) pertenecientes entre 500 y 700 especies, que colonizan las mucosas y dientes donde forman la placa bacteriana o biofilm, entre las cuales están los miembros del género *Streptococcus*.<sup>53</sup>

Como se muestra en la tabla 1 las especies microbianas predominantes son significativamente diferentes en los sitios de localización. Independientemente de las variaciones de muestra a muestra, estreptococos, bacilos gram positivos y veillonelas comprenden la mayoría del total de recuentos viables. Observaciones clínicas en humanos y animales indican que la formación de placa es un requisito esencial tanto para la caries como para la enfermedad periodontal. Los estreptococos conforman el mayor número del total de la población bacteriana en la placa dental. Muchos de los estreptococos pueden ser identificados como una de las siguientes especies: *S. mutans*, *S. sanguis*, *S. mitior*, *S. salivarius*, y *S. milleri*. Parece que ciertas especies estreptocócicas orales tienen predilección por colonizar sitios particulares de la boca. *S. sanguis* y *S. mutans* preferiblemente colonizan las superficies de dientes y aparatos prostéticos. Las especies más importantes en el humano son *Streptococcus mutans* y *Streptococcus sobrinus*. Estos se han caracterizado como colonizadores secundarios del biofilm que rodea a los dientes y su patogenicidad se ha demostrado en relación a la producción de caries del esmalte, debido a la capacidad que poseen de producir ácidos a partir de la sacarosa.<sup>50</sup>

## Anexo 2

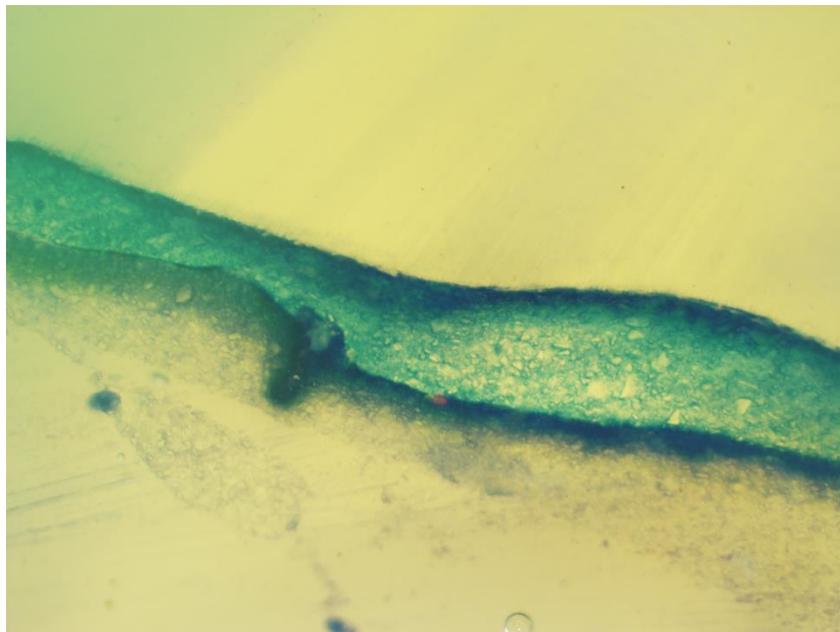


Figura No. 11. Microfotografía a 10 X donde se muestra la restauración y la pigmentación.

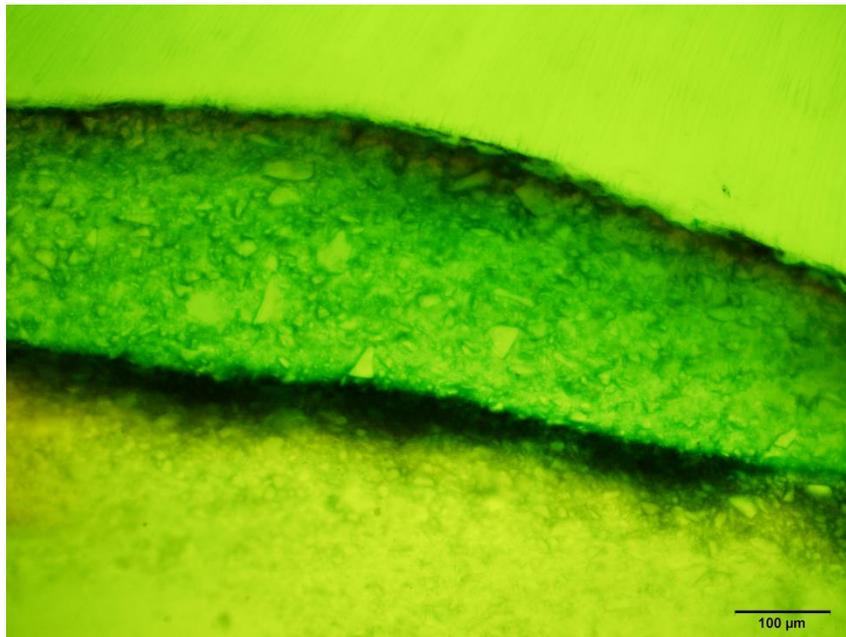


Figura No. 12. Microfotografía a 10 X de un corte sagital en una restauración indirecta con fluorescencia.



Figura No. 13. Microfotografía a 10X de microfiltración en SR Adoro.

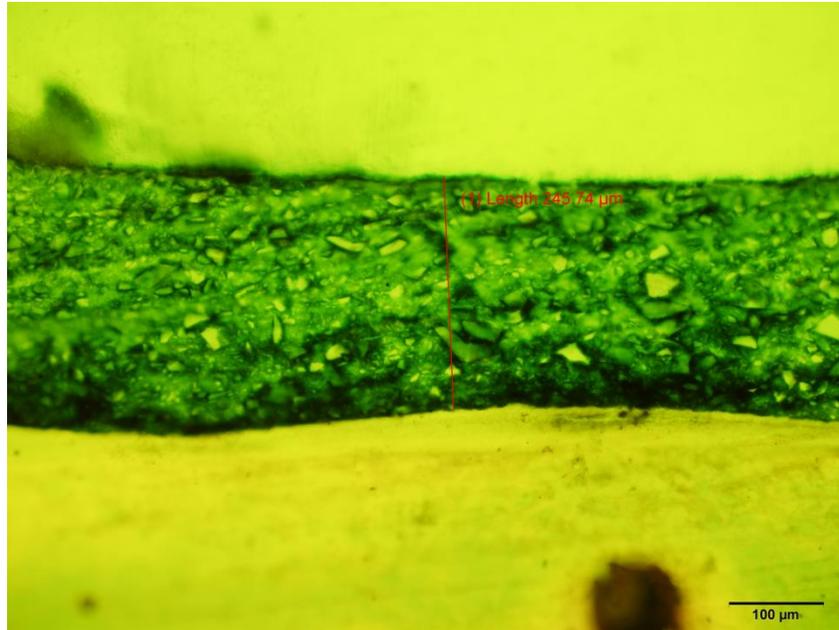


Figura No. 14. Microfotografía a 10X de microfiltración en Premise Indirect.

### Anexo 3

#### Espectro Premise Indirect

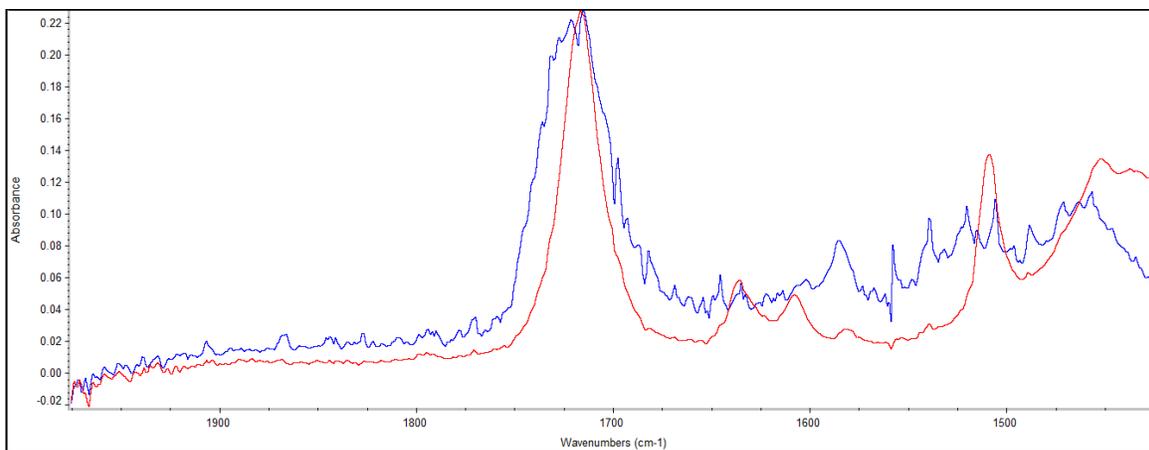


Figura No. 15. Espectro en absorbancia de Premise Indirect® detección de las bandas de  $C=C$   $1715\text{ cm}^{-1}$  y  $C=O$   $1637\text{ cm}^{-1}$  el espectro azul es el obtenido de la muestra sin polimerizar y el rojo es el obtenido de la muestra ya polimerizada.

## Espectro SR Adoro

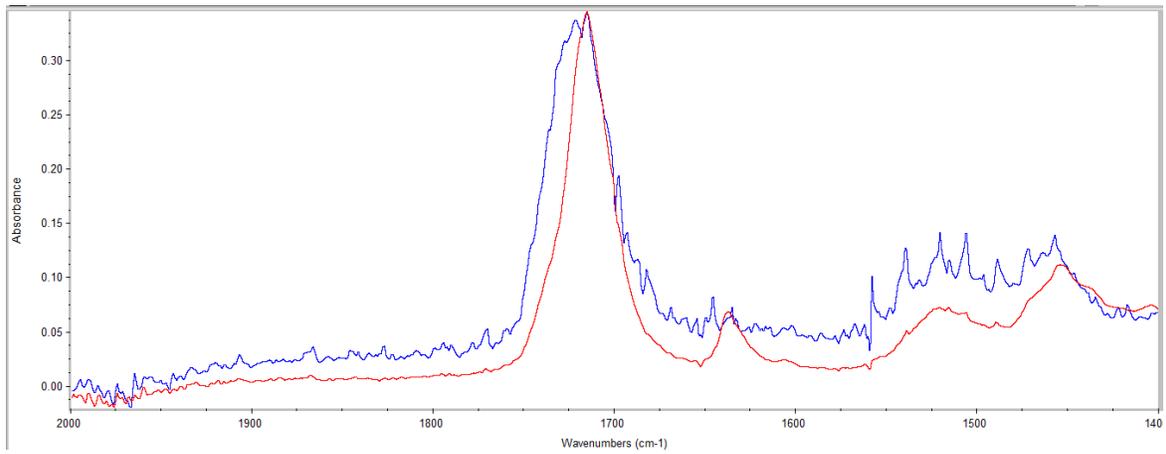


Figura No. 16. Espectro en absorbancia de SR Adoro® detección de las bandas de C=C 1715 cm<sup>-1</sup> y C=O 1637 cm<sup>-1</sup> el espectro azul es el obtenido de la muestra sin polimerizar y el rojo es el obtenido de la muestra ya polimerizada.