

Universidad de Costa Rica  
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio Brenes  
Facultad de Odontología

Programa Macro de Investigación

Seminario de Graduación

**Grado de polimerización y adaptación marginal de cavidades obturadas con  
resinas Bulk Fill.**

Director de Seminario:

Dr. Jose David Lafuente Marín

Sustentantes:

Rebeca López Castillo

A93442

María Fernanda Madrigal Mora

B13805

San José, Costa Rica

2016.



HOJA DE APROBACIÓN  
MEMORIA  
SEMINARIO DE GRADUACIÓN

Nombre del Proyecto:

Grado de polimerización y adaptación marginal de cavidades obturadas con resinas Bulk Fill.

Sustentantes:

Fecha: 06/12/2016

Rebeca López Castillo

A93442

María Fernanda Madrigal Mora

B13805

Miembros del Tribunal

Nombre:

David Lafuente M  
Guillermo Konradson  
David Lafuente M  
Carolina Vargas  
Carlos E Filby

Firma:

[Signature]  
[Signature]  
[Signature]  
[Signature]

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Vicerrectoría de Investigación

Sistema de Bibliotecas, Documentación e Información (SIBDI) ***Autorización para la digitalización, inclusión y publicación de trabajos finales de graduación (TFG) en el acervo digital del Sistema de Bibliotecas, Documentación e Información de la Universidad de Costa Rica (SIBDI-UCR).***

Los abajo firmantes, en su condición de autores del TFG:

---

AUTORIZAMOS de forma gratuita al SIBDI-UCR, a digitalizar e incluir dicho TFG en el acervo digital del SIBDI-UCR y a publicarlo a través de la página web u otro medio electrónico, para ser accesado según lo que el SIBDI defina para su consulta o divulgación. Dicho texto se publicará en formato PDF, o en el formato que en su momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre y gratuito, permitiendo su consulta e impresión, pero no su modificación. Los autores del TFG, garantizan al SIBDI-UCR que la tesis es el trabajo original que sirvió para la obtención de su Título, que no infringe ni violenta ningún derecho de terceros.

Lic., Licda. \_\_\_\_\_ # cédula \_\_\_\_\_

Domicilio \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Lic., Licda. \_\_\_\_\_ # cédula \_\_\_\_\_

Domicilio \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Lic., Licda. \_\_\_\_\_ # cédula \_\_\_\_\_

Domicilio \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Lic., Licda. \_\_\_\_\_ # cédula \_\_\_\_\_

Domicilio \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Lic., Licda. \_\_\_\_\_ # cédula \_\_\_\_\_

Domicilio \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

*Para uso interno. Número de tesis:* \_\_\_\_\_

## **DEDICATORIA**

### **Rebeca López Castillo**

A Dios y mis padres, por ser pilares fundamentales en mi vida y brindarme su apoyo y amor incondicional. A mis profesores, que con gran dedicación y empeño me han transmitido valiosos conocimientos e impulsan a ser una mejor profesional.

### **María Fernanda Madrigal Mora**

A Dios. A mis padres, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo. Por haber estado ahí en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mis hermanos, por sus ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante. A mi pequeña Zarah por sus sonrisas y su energía que iluminan mi vida. A David por siempre hacerme ver las prioridades, por apoyarme incondicionalmente a pesar de las adversidades y por enseñarme que siempre todo lo propuesto, es posible.

A mis amigos. Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hacen más liviana y más divertida la experiencia universitaria,

Finalmente a los maestros, aquellos que fueron pilares y tuvieron la verdadera vocación de enseñarnos lo maravillosa y sorprendente que es la Odontología.

## RECONOCIMIENTOS

Primeramente, al Dr. David Lafuente por todo el apoyo y la colaboración, por su ayuda, sus conocimientos, su paciencia, por ser un soporte y un excelente director de esta investigación.

También al Centro de Investigación en Estructuras Microscopias (CIEMIC) de la Universidad de Costa Rica, por su enorme colaboración en la enseñanza de la Microscopía Electrónica, el cual fue un pilar para el entendimiento y avance del proyecto.

Además, al Laboratorio de Investigación en Materiales Dentales de la Facultad de Odontología de la Universidad de Costa Rica, por permitirnos un área de trabajo de calidad, con excelente equipo para poder llevar a cabo nuestros objetivos durante este proyecto final de graduación.

Finalmente, a la Facultad de Odontología, que nos ha visto recorrer sus pasillos durante todos estos años y nos ha acogido ampliamente, brindándonos conocimiento, y las armas para ser excelentes en el futuro ejercicio de nuestra profesión

Cartago, 23 de noviembre del 2016.

Señores:

Universidad de Costa Rica  
Facultad de Odontología

Estimados señores:

Yo, María Fernanda Sanabria Coto, cédula de identidad 1-1429-0780, Bachiller en Filología Española y perteneciente a la Asociación Costarricense de Filólogos carné 225, hago constar que he revisado el Proyecto de Graduación denominado:

*Grado de polimerización y adaptación marginal de cavidades obturadas con resinas Bulk Fill*

Dicho documento fue elaborado por las estudiantes:

Rebecca López Castillo, A93442

María Fernanda Madrigal Mora, B13805.

Esto como Proyecto Macro de Graduación de la carrera de Odontología de la Universidad de Costa Rica. He revisado y corregido aspectos tales como construcción de párrafos, vicios del lenguaje trasladados a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico. Por lo tanto considero que está listo para ser presentado.

Atentamente,

  
\_\_\_\_\_  
María Fernanda Sanabria Coto  
Asociación Costarricense de Filólogos. Carné No: 225  
Cédula de identidad: 1-1429-0780



# INDICE GENERAL

<b>I CAPÍTULO. Introducción.</b>	1
1.1 Introducción	1
1.2 Justificación	3
1.3 Planteamiento	4
1.4 Antecedentes	5
1.5. Adhesión	8
1.6 Polimerización de las resinas	9
1.7 Grado de conversión:	10
1.8 Factor C.	12
1.9 Técnica incremental	13
1.10 Resinas Bulk Fill	15
1.11. Resinas Bulk Fill usadas en el experimento:	18
1.11.1 Resina Filtek3M ESPE	18
1.11.2 Resina Tetric-N Ceram	19
1.12 Objetivo General	21
1.12.1 Objetivos Específicos	21
<b>II CAPÍTULO. Métodos de trabajo</b>	22
2.1 Tipo de estudio:	22
2.2 Diseño de la investigación:	22
2.3 Muestra:	22
2.4 Procedimiento:	22
<b>III. CAPÍTULO. Desarrollo</b>	33
3.1 Resultados	33
3.1.1 Análisis de microscopía:	33
3.1.2 Análisis mediante Espectroscopia Raman	46
3.2 Conclusiones	56
3.3 Discusión	56
<b>IV. CAPÍTULO. Final</b>	64
4.1 Cronograma de actividades:	64
4.2 Factores facilitadores:	65
4.3 Obstáculos y dificultades:	65
4.4 Bitácora	66
4.5 Referencias bibliográficas:	67
4.6 Referencias Vancouver	72

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Corte transversal .....	23
Imagen 2. Dimensiones de la cavidad de trabajo .....	23
Imagen 3. Broca 1558.....	24
Imagen 4. Resinas utilizadas en el proyecto, preparación y fotopolimerización .....	26
Imagen 5. Incubadora .....	27
Imagen 6. Corte longitudinal .....	27
Imagen 7. Protocolo de lavado .....	28
Imagen 8. Preparación para MEB .....	30
Imagen 9 Zonas a evaluar por el MEB .....	31
Imagen 10. Equipo utilizado: MEB .....	31
Imagen 11. Cilíndros de resina. Espectroscopia de Raman .....	32
Imagen 12. Fotografía de microscopio electrónico de resina Filtek Bulk Fill, BCSC. Magnificación 100x .....	33
Imagen 13. Fotografía de microscopio electrónico de resina Filtek Bulk Fill, BCSC. Magnificación 100x .....	34
Imagen 14. Fotografía de microscopio electrónico de resina Tetric N Ceram Bulkfill, BCSC. Magnificación 100x .....	35
Imagen 15. Fotografía de microscopio electrónico de resina Tetric N Ceram Bulkfill, BCSC. Magnificación 100x .....	35
Imagen 16 Fotografía de microscopio electrónico de resina Filtek Z350 TX. BCSC. Magnificación 100x .....	36
Imagen 17. Fotografía de microscopio electrónico de resina Filtek Z350 TX. BCSC. Magnificación 100x .....	37
Imagen 18. Fotografía de microscopio electrónico de resina Filtek Z350 TX. BCSC. Magnificación 100x .....	37
Imagen 19. Fotografía de microscopio electrónico de resina Filtek Z350 TX. BCSC. Magnificación 100x .....	38
Imagen 20. Fotografías en microscopio electrónico de las resinas en estudio en BCSC con adhesivo.....	39
Imagen 21 Fotografías en microscopio electrónico de las resinas en estudio en BCSC con adhesivo.....	41
Imagen 22. Fotografías en microscopio electrónico de las resinas en estudio en BCSC sin adhesivo .....	43
Imagen 23. Fotografías en microscopio electrónico de las resinas en estudio en BCSC sin adhesivo.....	45
Imagen 24. Espectroscopia de Raman de la resina Filtek Bulk Fill 3M .....	47
Imagen 25. Espectroscopia de Raman de la resina Filtek Bulk Fill 3M .....	48
Imagen 26. Espectroscopia de Raman de la resina Tetric N-Ceram .....	49
Imagen 27. Espectroscopia de Raman de la resina Tetric N-Ceram .....	50
Imagen 28. Espectroscopia de Raman de la resina Filtek Z350 3M.....	52
Imagen 29. Espectroscopia de Raman de la resina Filtek Z350 3M.....	53
Imagen 30. Espectroscopia de Raman de la resina Filtek Z350 3M.....	54
Imagen 31. Espectroscopia de Raman de la resina Filtek Z350 3M.....	55



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Simbología utilizada para diferenciar cada muestra .....	27
--	----

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ADA: Asociación Dental Americana  
BCSC: Borde cavo superficial cervical  
BCSCL: Borde cavo superficial de caras libres  
BIS-GMA: Bisfenol glicidil metacrilato  
D: Dentina  
I: Interfase dentina-resina  
LED: Diodo emisor de luz  
MEB: Microscopía electrónica de barrido  
MPa: Mega pascales  
nm: nanómetro  
RBF: Resina Bulk Fill  
RC: Resina compuesta  
TEGDMA: Trietilenglicol dimetracrilato  
UDMA: Uretano de metacrilato

## RESUMEN

La necesidad de simplificar procedimientos clínicos que permitan brindar una atención de alta calidad en corto tiempo, demanda la búsqueda de materiales que permitan desarrollar este objetivo, tal es el caso de las resinas Bulk Fill, algunas de las cuales, según la casa fabricante, pueden colocarse en monobloques de 4-5mm, desplazando de esta manera la clásica técnica incremental.

Debido a que su descubrimiento es reciente, se carece de estudios que respalden el comportamiento clínico de este tipo de materiales, por lo que con la presente investigación se pretende evaluar dos tipos de resina Filtek Bulk Fill 3M® y Tetric EvoCeram Ivoclar Vivadent ® y compararlas con la resina Filtek Z350 3M® (utilizada en técnica incremental y monobloque) en características como grado de conversión y adaptación marginal, las cuales son dos características muy importantes para determinar la predictibilidad de las restauraciones y su desempeño clínico.

Los resultados en este proyecto evidencian cómo a mayor profundidad las resinas Bulk Fill y la convencional, generan un menor grado de conversión mediante la técnica monobloque, no siendo así cuando se usa la técnica incremental, donde el grado de conversión fue constante conforme mayor era la profundidad. Con respecto a la adaptación marginal, todas las resinas estudiadas presentaron un desajuste, siendo menor para aquellas en las que se utilizó adhesivo.

## I CAPÍTULO. Introducción.

### 1.1 Introducción

Cada día son más las personas que acuden a los centros odontológicos en busca de estética y funcionalidad (1). Desde el punto de vista clínico, las resinas son imprescindibles como material de obturación (2).

Para que una técnica de restauración sea exitosa, la técnica utilizada o material debe alcanzar un contacto íntimo con la estructura dental. Si esto es posible, el diente restaurado trabajará y tendrá un comportamiento mecánico similar al de uno sano (2).

Las resinas compuestas en este campo han tomado un gran auge y se han convertido en los materiales más utilizados, mostrando una gran capacidad de preservar la estructura del diente, sin ser invasivo. Son bastante aceptables y tienen una enorme capacidad de adaptación al diente mediante procesos que involucran un esfuerzo y tiempo considerable (3).

Sin embargo, existen factores que limitan su curado a ciertas profundidades; pues a pesar de las grandes invenciones que se han descubierto junto a los avances en adhesión, no se ha podido lograr una restauración ideal donde el peligro de la filtración no ocasione un fracaso restaurativo (1).

La polimerización de las resinas compuestas genera lo que se conoce como contracción por polimerización, lo que se explica en una disminución del volumen del material usado al ser endurecido. Esta contracción es considerada uno de los problemas más grandes de las resinas compuestas, lo que podría ocasionar fallas en las restauraciones, por una menor adhesión a la estructura dental (4).

Lo ideal sería encontrar un material que no sufriera la contracción que se da durante la polimerización, sin embargo, las resinas inevitablemente van a hacerlo durante este proceso (2).

Y es así como a partir del endurecimiento y la contracción, se presenta otro problema: la filtración marginal, la cual es un fenómeno producido por una brecha entre el diente y la restauración, que genera el paso clínicamente indetectable de bacterias, fluidos, moléculas o iones entre ambas estructuras (5).

Este defecto marginal originaría problemas tales como el aumento de la sensibilidad, cambios de coloración, penetración de microorganismos, que podría conllevar a caries secundarias y esto, es considerado uno de los mayores fracasos en la operatoria dental (2).

No solo existen factores inherentes al material, sino también a los dientes, tejidos dentarios, e incluso el propio paciente. En ocasiones no es posible detectar a simple vista o con instrumental, la existencia de defectos en el sellado y en apariencia; la restauración se observa bien clínicamente, pero a largo plazo pueden aparecer las complicaciones en cadena, una tras otra (2).

A pesar de todos estos avances, la contracción de las restauraciones es aún uno de los retos clínicos actuales (6). Se han ideado desde modificaciones químicas, desarrollo de técnicas, materiales adhesivos y evolución de las lámparas de fotocurado (5).

Aunque la técnica incremental brinda grandes beneficios, aún adiciona algunas complicaciones clínicas, añadiendo más pasos de operatoria e incrementando el

tiempo clínico que requiere el proceso, Por otra parte, se pueden cometer errores entre incrementos como la formación de burbujas por una mala compactación (1).

En la actualidad, se ha creado una gran variedad de sistemas de resinas compuestas que se utilizan en un solo incremento, estas resinas compuestas nanohíbridas permiten realizar restauraciones posteriores con un procedimiento sencillo, de un solo paso operatorio, para así optimizar el tiempo de trabajo sin alterar sus resultados clínicos (7).

Sin embargo, al ser fotoactivadas en grandes incrementos (hasta 5mm de profundidad) no se sabe con certeza si se logrará obtener un resultado con adecuadas propiedades físicas y se plantean muchas interrogantes sobre el comportamiento que adquieren al ser utilizadas. (6)

## **1.2 Justificación**

Con el paso del tiempo, la manera de hacer odontología ha cambiado radicalmente en lo que se refiere a técnicas, materiales y tipos de tratamientos. Y es que estos últimos siempre están enfocados en obtener los mejores resultados, por medio de técnicas que permitan al clínico trabajar de una manera rápida, predecible y eficiente (1).

Durante la consulta odontológica el factor tiempo cobra vital importancia, tanto desde el punto de vista económico; sin que necesariamente sea este el más importante; como desde el punto de vista clínico y de comodidad, tanto del paciente como del profesional (3).

Es por esta razón que las casas fabricantes de materiales dentales han buscado simplificar al máximo la utilización de sus productos, a través de técnicas que permitan

conseguir resultados clínicamente aceptables y predecibles en el menor tiempo posible. Uno de los materiales que mejor pueden ejemplificar la situación explicada anteriormente, es la resina compuesta de tipo Bulk Fill, la cual surgió en el mercado en la década en que se realizó esta investigación, y su uso ha ido aumentando cada vez más con el paso del tiempo (6).

El surgimiento reciente de las resinas Bulk Fill, y el grado de aceptación que ha obtenido a nivel del mercado, convierte a este material en un objeto de estudio prioritario, ya que es importante evaluar sus propiedades físicas y mecánicas, así como la aplicación clínica de estas propiedades, de manera que se pueda evaluar la calidad de estas restauraciones, así como sus ventajas y desventajas respecto a las realizadas mediante la práctica restaurativa convencional (técnica incremental) (8).

Cabe destacar, que por tratarse de un material de surgimiento reciente, no cuenta con numerosos estudios clínicos que respalden su uso, de ahí la importancia de esta investigación, como un aporte a este tema desde un punto de vista teórico-clínico (8).

### **1.3 Planteamiento**

¿Poseen las resinas BulkFill las propiedades de profundidad de polimerización y selle marginal necesarias para garantizar restauraciones predecibles a través del tiempo en comparación con las resinas convencionales?

#### **1.4 Antecedentes**

Uehara et al (9) en el 2013 determinan la adaptación marginal de la resina Bulk Fill, utilizando la Tetric Evo Ceram Bulk fill (Ivoclar Vivadent) y una resina Sonic Fill (Kerr), también la resina convencional (Filtek Z350, (ESPE 3M)). Los tres grupos estudiados presentaron desadaptación marginal, sin embargo, la resina Tetric Evo Ceram Bulk Fill presentó mayor adaptación marginal en comparación con los otros dos grupos. Por su parte, Pacheco et al (5) en el 2015 utilizando técnica incremental oblicua (Filtek™ Z350 XT) y monoincremental (Bulk-Fill SonicFill™), con activación sónica. No se encontró diferencia estadísticamente significativa en la adaptación interna cavitaria.

Rosas et al (10) evaluaron la estabilidad marginal de la resina compuesta (Filtek™ P60 (3M® ESPE-USA)) y una resina monoincremental (SonicFill™ (Kerr-USA) con activación sónica, ambas técnicas presentaron valores similares de estabilidad marginal en el borde cavo superficial oclusal, sin embargo las resinas Filtek™ P60 presentan una mayor estabilidad marginal en el borde cavo superficial gingival.

Jang (11) en el 2015 estudió la profundidad de curado de tres sistemas de resinas de técnica monoincremental, dentro de los cuales se encontraba Tetric N-Ceram Bulk Fill, en comparación con una resina compuesta fluida convencional. El estudio evidenció un curado bueno frente a incrementos de 4mm para los dos sistemas de resinas monoincrementales fluidas, sin embargo, para el sistema Tetric N-Ceram Bulk Fill, no se obtuvo un grado de polimerización aceptable. El grado de contracción



de polimerización del sistema Tetric N-Ceram Bulk Fill fue similar al de los sistemas de resinas convencionales.

También queda demostrado que las resinas Bulk pueden ser colocadas y polimerizadas hasta en capas de 4 mm de forma adecuada, según Kim, Jun, Son et al (12) en el 2015. En este mismo año, Heintze, Monreal y Peschke (13) aseguran que en restauraciones clase II las resinas se comportan y adaptan de forma muy similar a una que utilice la técnica incremental.

En Dinamarca, se realizó una investigación experimental para comparar la profundidad de curado, la contracción de polimerización y la formación de brechas en compuestos de resina Bulk Fill con las de un compuesto de resina convencional. Se investigaron cinco compuestos de resina Bulk Fill que en comparación con la resina convencional compuesta, los materiales Bulk Fill de alta viscosidad presentaron sólo un pequeño aumento (estadísticamente significativo para Tetric EvoCeram Bulk Fill) en la profundidad de curado y la contracción de polimerización, mientras que los materiales Bulk Fill de baja viscosidad producen una profundidad de polimerización y contracción de polimerización significativamente mayores (14).

Una investigación reciente del 2015, evaluó ciertas propiedades entre ellas el grado de conversión, la adaptación marginal y el estrés de contracción por polimerización de una resina convencional y cuatro tipos Bulk Fill. De las cuales Surefil y Filtek demostraron un grado de conversión muy similar a todas las profundidades, la Tetric demostró el menor desajuste, sin embargo el más alto estrés por contracción también fue para esta resina (15).

En Arabia Saudita, se realizó un estudio cuyo objetivo fue evaluar la profundidad de polimerización post tratamiento en resinas compuestas Bulk Fill. Concluyeron que los compuestos de resina Bulk Fill se pueden polimerizar a una profundidad aceptable, de acuerdo con las demandas de los fabricantes (16).

En el 2015 Ryan Jin-Young Kim (17) midió la contracción de polimerización, módulo y la tensión de contracción de volumen de relleno y materiales compuestos convencionales durante la polimerización; donde los materiales compuestos de relleno de baja viscosidad comparados con los de alta viscosidad, demostraron mejores resultados en términos de tensión, contracción por polimerización y la interfase diente-material en comparación con el compuesto convencional de baja viscosidad (Z350F).

En Pakistán, L-Mansour (18) realizó un estudio in vitro para evaluar la profundidad de curado de Tetric EvoCeram® Bulk Fill Compuesto y Tetric N-Ceram Bulk Fill. Este estudio mostró que el curado adecuado de las muestras fue posible hasta una profundidad de 4 mm con diferencias significativas entre ambos tipos de materiales

Abdulrazzaq (19) concluyó que las resinas Bulk Fill podrían ser una alternativa para la restauración posterior en capas incrementales y además, que la resina Sonic Fill mostró un alto grado de conversión. También se realizó un estudio cuyo objetivo era evaluar el perfil de curado de las RBF usando micro espectroscopia de Raman. Concluyendo que muchas de los RBF pueden ser fotopolimerizadas a menos de 4 mm de profundidad, siempre y validando así las recomendaciones del fabricante (20).

A continuación, se presentan distintos conceptos involucrados en el tema, de vital importancia, que ayudarán a comprender el objetivo principal de este trabajo.

### **1.5. Adhesión**

La adhesión corresponde a toda fuerza que permite mantener dos superficies en contacto, o la fuerza que se opone a la separación de dos cuerpos manteniéndolos unidos cuando están en íntimo contacto (21).

Los sistemas adhesivos se pueden clasificar en dos grandes grupos según el tipo de adhesión (21).

1. *Adhesión química o específica*: los adherentes se mantienen unidos por enlaces químicos, que pueden ser uniones químicas primarias entre átomos, conformando enlaces de tipo iónicos o covalentes, de alta energía, y uniones químicas secundarias establecidas por enlaces intermoleculares relativamente débiles, como las fuerzas de Van der Waals (21).
2. *Adhesión física o mecánica*: consiste en la unión de dos superficies a través de una trabazón entre ambas partes, y no por atracción molecular. Existen dos categorías (21).
  - a. Adhesión macromecánica: en este tipo de adhesión, los sustratos quedan retenidos en función de la morfología macroscópica de sus partes. Por ejemplo la retención de restauraciones por medio de la configuración cavitaria.
  - b.- Adhesión micromecánica: las partes quedan trabadas en función de la morfología microscópica de ellas. (21).

## 1.6 Polimerización de las resinas

El proceso de endurecimiento o polimerización de las resinas se lleva a cabo mediante reacciones químicas de adición de los monómeros que componen la matriz, hasta formar una molécula de mayor peso molecular llamada polímero (21).

Previo a que ocurra la polimerización, en el estado inicial de los composites los monómeros están libres, manteniendo una distancia entre sí, determinada por fuerzas de Van der Waals. Para que la reacción se produzca, los monómeros deben ser activados a través de un agente iniciador, el cual una vez activado, utiliza su energía para romper un doble enlace de carbono presente en el monómero, así pasa de ser un monómero pasivo y estable, a ser una molécula altamente reactiva con electrones libres capaces de reaccionar con otros monómeros hasta completar la polimerización (21).

Una vez que sucede la polimerización, las unidades de monómero ahora presentes en el polímero, se unen entre sí por medio de enlaces covalentes reduciendo las distancias entre ellos, lo que provoca una reorganización espacial que se traduce en la disminución volumétrica de la matriz, fenómeno conocido como *Contracción de Polimerización* (22).

Las resinas compuestas se contraen cuando están en condiciones libres, sin superficies a las cuales adherirse; pero cuando el material está adherido a más de una superficie dentaria, la contracción de polimerización se verá afectada producto de ésta unión; por lo tanto, no podrá contraerse libremente hacia su centro generando una tensión o estrés de contracción hacia las paredes que la mantienen adherida. El

material aprovecha las superficies libres de adhesión para fluir y contraerse libremente disminuyendo las tensiones, de esta forma se evita el colapso del sistema adhesivo (23).

Este estrés de contracción es de los agentes más destructores dentro del procedimiento de adhesión diente–resina compuesta, porque de no ser controlado, y si excede la fuerza adhesiva de los materiales involucrados, producirá desadaptación del material a los tejidos dentarios lo que causaría inconvenientes tales como la formación de brechas marginales entre el material restaurador y el diente (produciendo microfiltración y paso de sustancias, líquido y bacterias a través ella), pigmentación, sensibilidad post operatoria, fragilidad de la estructura dental, microfracturas o recidiva de caries (23).

La contracción por polimerización es un fenómeno intrínseco al uso de resinas compuestas, el cual no puede ser evitado, pero sí disminuido y contrarrestado (1).

### **1.7 Grado de conversión:**

Se define como el número de enlaces de carbono dobles ( $C = C$ ) presentes en el monómero, que se convierten en un solo enlace ( $C - C$ ) para dar cadenas de polímero en el proceso de polimerización. El grado de conversión de las resinas dentales actuales oscila entre el 35 y el 80% (24).

Un mayor grado de conversión confiere a las resinas mejores propiedades mecánicas, pero con el inconveniente de una mayor contracción de polimerización. Se ha determinado que el grado de conversión óptimo para que el comportamiento de una resina dental sea adecuado es del 55% (25), por lo que una polimerización adecuada

es un factor crucial para obtener propiedades físicas óptimas y un buen comportamiento clínico de las resinas compuestas como material restaurador.

La mayoría de las resinas compuestas fotoactivadas actuales tienen la canforquinona como fotoactivador, ésta es excitada por la luz visible de color azul con una longitud de onda de alrededor de 470 nanómetros (nm).

La energía de la luz emitida por una unidad de fotopolimerización disminuye drásticamente cuando se transmite a través de resinas compuestas; mientras se incrementa la distancia desde la superficie de fotoactivación hasta la resina compuesta, se produce una disminución gradual en el grado de conversión de la resina, además aumenta la cantidad de monómero sin polimerizar, esto conduce a una disminución en la profundidad de polimerización; por tanto, puede dar lugar a un fallo prematuro de la restauración o puede afectar al tejido pulpar (26).

La profundidad de polimerización determina el grosor del cuerpo de resina fotopolimerizable, manteniendo al mismo tiempo un nivel de conversión de monómero aceptable (26).

En el estudio realizado por Horning, Gómez et al (27) se analiza el grado de polimerización de dos resinas compuestas a través de tres distintos fotoactivadores led. El análisis se llevó a cabo por medio de espectroscopia Raman, evaluando antes y después de la fotopolimerización, en la parte superior (irradiada) y la base (no irradiada) de los cilindros de resina diseñados para este fin.

En este estudio los espectros fueron obtenidos con una salida de láser con potencia máxima de 200 mW y escáner de 100 mW y analizados en el espectro 1590 hasta 1660  $\text{cm}^{-1}$ . Los picos fueron seleccionados para análisis de su altura con

MicrocalOrigin (Microcal Software Inc, Northampton, MA, EUA), para reconocer la razón entre los picos alifáticos C=C (1640 cm<sup>-1</sup>) y aromáticos C=C (1610 cm<sup>-1</sup>). Todas las curvas de los espectros fueron ajustadas y los modos de vibración modelados utilizando forma gaussiana y el área relativa de los picos 1640 y 1610 cm<sup>-1</sup>, obteniéndolo a través de la razón A2/A1, (A2, A1 corresponde al área de los picos 1640 y 1610 cm<sup>-1</sup>, respectivamente), continuando con la ecuación: GC (%) = 100 \* [1- (A2/ A1 polimerizada / A2/A1 No -polimerizada)] (27). Se obtuvo como conclusión que las lámparas de tercera generación permiten una polimerización más eficiente del material, por tanto, un mayor grado de conversión (27).

## 1.8 Factor C

Feilzer et al (1) desarrollaron el concepto de *Factor C Cavitario*, que corresponde a una simple relación matemática, la cual consiste en dividir las paredes donde el material restaurador se encuentra adherido entre la cantidad de material libre de adhesión.

La interpretación del coeficiente indica que cuanto mayor sea el valor del Factor C para una cavidad, esta cuenta con más superficies adheridas, y por tanto la capacidad que posee la resina de fluir será menor, y será menor la capacidad de contraerse libremente, aumentando la tensión residual producto de la contracción de polimerización. Por lo tanto, a mayor factor de configuración, mayor es el estrés generado. Dicho concepto es importante porque de esta forma se puede predecir la magnitud del estrés o tensión generado al interior del material en una preparación durante su polimerización (28).

Es por esto, que la técnica operatoria para colocar el material dentro de la cavidad preparada, debe buscar un Factor C favorable que corresponde a 0.5. Al tener dos paredes adheridas y cuatro no adheridas, en donde haya la menor cantidad de paredes adheridas posibles y a su vez, la mayor cantidad de paredes libres. Para poder lograr esto, se estableció la técnica incremental de aplicación del material (21).

### **1.9 Técnica incremental**

Esta se caracteriza por una construcción progresiva de la restauración, agregando pequeñas cantidades de composite menores a 2 mm de grosor en capas sucesivas, las cuales van a ser polimerizadas consecutivamente, con el fin de disminuir la magnitud de la contracción de polimerización, atenuando así la tensión residual entre la resina compuesta y la cavidad, reduciendo la posibilidad de microfiltración marginal y mejorando el sellado entre el diente y la restauración (22).

Hay diversas formas de realizar la técnica incremental, entre ellas (28):

- Técnica de reconstrucción horizontal: los incrementos se incorporan en sentido vestíbulo-palatino/lingual a lo largo de la cavidad. Su desventaja es que aumenta el Factor C por la cantidad de paredes adheridas en relación con las paredes libres y por consiguiente, aumenta la contracción de polimerización.
- Técnica de reconstrucción oblicua: consiste en la incorporación de incrementos triangulares u oblicuos en las paredes de la cavidad, los que son polimerizados de forma indirecta a través de las paredes cavitarias y luego desde la superficie oclusal de forma directa, para direccionar el vector de polimerización hacia la



superficie adhesiva. Esta técnica ayuda a prevenir la distorsión de las paredes de la cavidad y reduce el Factor C, permitiendo un flujo mayor de la resina y por ende una reducción de la contracción de polimerización

- Técnica de reconstrucción cuspídea: consiste en aplicar incrementos que permitan ir reconstruyendo cada cúspide de forma separada hasta completar la cavidad, disminuyendo considerablemente el factor C.

Pese a que se ha demostrado que la técnica incremental contribuye a la reducción de la contracción de polimerización y a su vez, mejora la adaptación marginal, no ha sido capaz de eliminar completamente la microfiltración marginal y las complicaciones que esta conlleva. Por otra parte, esta técnica presenta una serie de desventajas, tales como un mayor tiempo de trabajo operatorio, técnica sensible en donde se pueden incorporar vacíos o burbujas, como también la falta de unión o contaminación entre los incrementos, y la dificultad de acceso tanto en preparaciones conservadoras como en sectores posteriores de la cavidad bucal (1).

Ante esto surge el concepto de obturar en *un solo paso* para reducir el tiempo invertido en adaptar múltiples capas de composites, ha sido un tema atractivo desde hace algún tiempo (21) y es en éste punto donde se procederá a evaluar las resinas tipo Bulk Fill.

## 1.10 Resinas Bulk Fill

Se han denominado resinas Bulk Fill (RBF) aquellas resinas compuestas que, según sus fabricantes, pueden colocarse en un solo incremento de 4-5mm mediante una técnica de monobloque (29).

Según Corral, Vildósola et al (8) estas resinas pueden clasificarse según su viscosidad, indicación y técnica de aplicación de la siguiente manera:

- Resinas Bulk Fill de viscosidad fluida utilizadas como base para cavidades
- Resinas Bulk Fill de viscosidad fluida y sónicamente activadas para la restauración directa de cavidades
- Resinas Bulk Fill de viscosidad normal para restauraciones directas.

En lo que se refiere a la composición de las RBF, sus componentes son muy similares a los de las resinas convencionales, la matriz se compone básicamente de monómeros de BIS-GMA, UDMA, TEGDMA, EBPDMA. Dependiendo de la casa fabricante, se han adicionado monómeros distintos o se ha modificado el clásico monómero de Bowen (BIS-GMA) por otros de menos viscosidad, los cuales brindan mayor fluidez al material y por tanto menor contracción por polimerización. (8).

En lo que se refiere al relleno, se ha observado una disminución en la proporción de éste; si se compara con las resinas compuestas convencionales; además de un aumento en el tamaño de las partículas en algunas de estas resinas. Lo anterior permitiría una mayor profundidad de curado debido a la disminución de la diferencia entre el índice de refracción de matriz y relleno.

Existen cinco aspectos relevantes clínicamente y por los cuales las RBF han sido objeto de varios estudios in-vitro, ya que son aspectos que permiten evaluar su capacidad como material restaurador: (8).

- **Profundidad de curado:** este es un aspecto básico, ya que a través del tiempo, uno de los principales inconvenientes de las resinas compuestas convencionales es la falta de polimerización en las capas más internas de la cavidad, lo cual genera degradación del material y por consiguiente disminución en sus propiedades mecánicas. Según la norma *ISO 4049-2009* la profundidad de curado no debe ser menor que 0.5mm del valor establecido por la casa fabricante.
- **Contracción y estrés por polimerización:** esta característica se encuentra relacionada con la rigidez del material, la tasa de curado y la manera en que el material permite la liberación del estrés. Dicha cualidad tiene una implicación clínica importante, ya que, puede producir una disminución en las propiedades físico-mecánicas del material, fractura dentaria, microfiltración, entre otros (26).

Aunque la técnica incremental se desarrolló como respuesta a este aspecto, con la aparición de las RBF, los estudios relacionados aún son escasos; se ha observado menor flexión cuspídea en premolares con restauraciones clase II mediante técnica de monobloque, comparada con las restauradas mediante técnica incremental. Estos mismos estudios muestran también un menor estrés por polimerización en RBF frente a

las convencionales en pasta y fluida, obteniéndose en este último caso variantes dependiendo del producto (8).

- **Integridad marginal:** este aspecto se relaciona íntimamente con el punto anterior, no se han encontrado diferencias significativas entre la integridad marginal al comparar RBF frente a resina convencional, se carece de estudios in-vitro que comprueben este aspecto (8).
- **Propiedades de manipulación:** por su menor contenido de relleno, las RBF presentan menor grado de viscosidad, lo que dificulta al clínico poderlas esculpir fácilmente (8).
- **Propiedades mecánicas:** su estudio es de mucha importancia debido a que un material debe soportar las fuerzas masticatorias, principalmente la RBF de viscosidad normal, que soporta carga oclusal directa (8).

En lo que se refiere a resistencia de flexión, según un estudio realizado por la ADA, se obtuvieron valores superiores a 80 MPa, mismos que fueron comparables a los obtenidos por las RC convencionales, pero mayores a los de la RC fluida (8).

En cuanto a dureza superficial, las RBF de viscosidad normal cumplen las especificaciones de la ADA, según una evaluación realizada por este mismo ente; esta característica es de mucha importancia, pues demuestra que es un material capaz de resistir las fuerzas oclusales (8).

Otras variables evaluadas fueron: el módulo de indentación, dureza, módulo flexural y resistencia a la deformación, las cuales tienen una estrecha relación con la

cantidad de relleno presente en la resina, y que como se ha mencionado anteriormente, en algunas RBF está reducido. Es por esta razón que aquellas RBF de viscosidad fluida (menor relleno) requieren de la colocación de una capa superficial de RC convencional para poder resistir la aplicación de fuerzas en zonas de alta carga oclusal (8).

## **1.11. Resinas Bulk Fill usadas en el experimento:**

### **1.11.1 Resina Filtek3M ESPE**

El material restaurador posterior de relleno en bloque es una resina restauradora activada por luz visible y optimizada para crear restauraciones posteriores más simples y rápidas (30).

El material de relleno en bloque ofrece excelente resistencia y bajo nivel de desgaste para una mayor durabilidad. Los tonos son semitraslúcidos y polimerizados de bajo estrés, lo que permite profundidad de polimerización de hasta 5 m. Posee una excelente retención del pulido, también es útil para restauraciones en la parte anterior. Todos los tonos son radiopacos (30).

Todos estos rellenos son una combinación de un relleno de:

- Sílice de 20 nanómetros no aglomerado, no agregado.
- Relleno de circonio de 4 a 11 nm no aglomerado, no agregado.
- Relleno agrupado de sílice/circonio agregado (compuesto de partículas de sílice de 20 nm y de circonio de 4 a 11nm).
- Relleno de trifluoruro de iterbio compuesto de partículas de aglomerado de 100nm.

La carga de relleno inorgánica es aproximadamente del 76, 5% por peso, 58,4% por volumen. El restaurador posterior de relleno en bloque contiene ERGP-DMA, diuretano-DMA y 1,12-dodecano-DMA (30).

En cuanto a la polimerización, este producto está diseñado para polimerizarse con la exposición a una luz halógena o diodo emisor de luz led con una intensidad mínima de 550 mW/cm<sup>2</sup> en el rango de 400-500 nm, se recomienda polimerizar cada incremento exponiendo toda la superficie a una fuente de luz visible de alta intensidad y mantener la guía de luz tan cerca de la restauración como sea posible durante el proceso. (30).

En el caso de resinas Clase I, se recomienda una profundidad de incremento de 4mm, si se está utilizando una lámpara halógena con salida entre los 550-1000 mW/cm<sup>2</sup> son 40 segundos, y si es de luz led entre los 1000-2000, son 20 segundos (30).

### **1.11.2 Resina Tetric-N Ceram**

Esta resina contiene los dimetacrilatos: Bis-GMA, Bis-EMA y UDMA. Como con todos los materiales compuestos, éstos se convierten en un polímero reticulado durante el proceso de polimerización. La matriz orgánica representa aproximadamente el 21% de la masa. Bis-GMA, bis-EMA y UDMA exhiben baja polimerización y contracción en volumen (31).

Incorpora varios tipos diferentes de relleno (vidrio de silicato de aluminio y bario con dos tamaños medios de partículas diferentes, una *isorrelleno*, fluoruro de iterbio y óxido mixto esférico) con el fin de lograr el compuesto deseado. Tiene un contenido de carga estándar global de aproximadamente 61% (vol.) Y el 17% *Isorrellenos*

compuestos fotopolimerizables *establecidos* por medio de polimerización por radicales libres (31).

Contiene un componentes único y patentado como el fotoiniciador Ivocerin®, el filtro de sensibilidad a la luz y el mitigador de estrés de contracción hacen de Tetric N-Ceram Bulk Fill un composite muy especial (31).

El Ivocerin (un compuesto de germanio de dibenzoilo) es un potenciador que proporciona más reactividad a las luces de polimerización que la canforquinona o la lucerina. Además, la translucidez y el color no se ven comprometidas, como suele ocurrir con otras resinas compuestas para la técnica Bulk Fill, que contienen solo los iniciadores convencionales. El altamente reactivo EvoCeram permite que la translucidez del material se establezca a un nivel del 15%, valor similar al esmalte natural (31).

La translucidez, el color y la profundidad de polimerización no están comprometidos, como es el caso de los composites que contienen sólo iniciadores convencionales. La alta reactividad del Ivocerin permite que la translucidez del material se establezca a un nivel que asegure una máxima estética, al tiempo que permite tiempos cortos de exposición de tan sólo 10 segundos ( $\geq 1,000 \text{ mW/cm}^2$ ) (31).

Para evitar filtraciones marginales, sólo deben usarse composites con la técnica Bulk Fill que tengan una contracción reducida, así como un bajo estrés de contracción. Un liberador especial de estrés de contracción se ha integrado a la composición de rellenos de Tetric N-Ceram Bulk Fill.

Gracias a su bajo módulo de elasticidad, actúan como muelles microscópicos durante el proceso de polimerización, lo que reduce el estrés de contracción. El

resultado es una óptima integridad marginal. Y las fuerzas de contracción son comprobables con las que se producen en composites probados de 2 mm (31).

## **1.12 Objetivo General**

Evaluar dos resinas de tipo Bulk Fill para conocer su grado de polimerización y la contracción por polimerización al ser colocadas en cavidades dentales.

### **1.12.1 Objetivos Específicos**

1. Determinar el grado de polimerización que poseen las resinas Filtek Bulk Fill de la casa comercial 3M y Tetric EvoCeram Bulk Fill de Ivoclar Vivadent, ambas analizadas a distintas profundidades de curado establecidas.
2. Analizar mediante microscopía electrónica de barrido la adaptación marginal que poseen las resinas Filtek Bulk Fill, Tetric EvoCeram Bulk Fill y Filtek Z350 al obturar cavidades con y sin el uso del sistema adhesivo correspondiente.



## II CAPÍTULO. Métodos de trabajo

### 2.1 Tipo de estudio:

Comparativo, ya que se estudian las muestras experimentales para obtener resultados significativos entre ellas.

### 2.2 Diseño de la investigación:

Método experimental: se utilizaron las resinas Bulk Fill.

Método transversal: ya que se realizó en un tiempo determinado.

Método analítico: en el estudio se establecen relaciones entre las variables a evaluar.

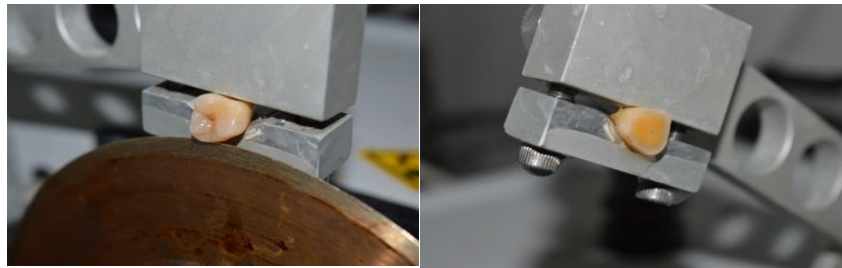
### 2.3 Muestra:

Para realizar el estudio fueron tomados un total de 16 dientes, entre ellos premolares o molares, sin lesiones cariosas, conservados en agua, a temperatura ambiente. Se realizó la limpieza de los mismos con agua y raspadores manuales para eliminar restos biológicos.

### 2.4 Procedimiento:

Estos dientes fueron cortados en el eje transversal para obtener una superficie lisa en toda el área de trabajo. Esto se realizó con una recortadora de baja velocidad.

**Imagen 1.** Corte transversal



**a**

**b**

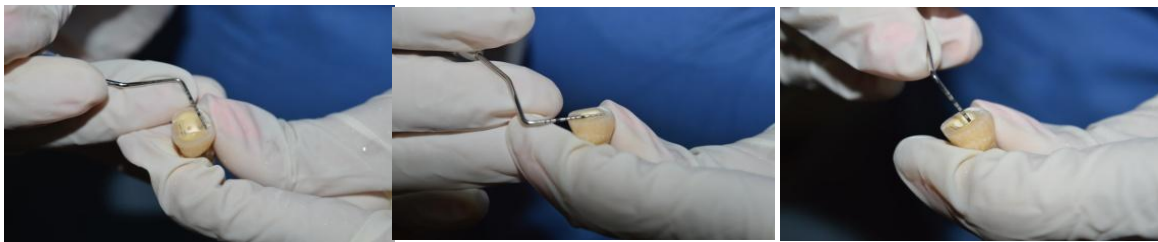
**a.** El disco se coloca a nivel donde se desea realizar el corte del diente. **b.** Corte finalizado con la superficie lisa del diente

Fuente: elaboración propia, 2016.

Una vez cortados, se procedió a pulir las superficies con una lija de grano 600 para procurar el relieve liso del área de trabajo.

Al ser cortadas, se establecieron los parámetros para hacer la cavidad, la cual se determinó a partir de la pieza de menor tamaño transversalmente. Las dimensiones acordadas fueron 5 mm de ancho disto mesial, 4 mm de ancho vestíbulo palatino o lingual y 4 mm de profundidad. La profundidad se fundamenta de acuerdo con las RBF que se van a estudiar, donde según los fabricantes pueden fotopolimerizar entre 4-5 mm (8). Las cavidades fueron medidas con una sonda para garantizar las correctas dimensiones de las mismas.

**Imagen 2.** Dimensiones de la cavidad de trabajo.



**a**

**b**

**c**

**a.** ancho mesio distal. **b.** ancho vestíbulo lingual o palatino. **c.** profundidad

Fuente: elaboración propia, 2016.

Se utilizó una broca número 1558 grano carbide, cilíndrica, dentada, de extremo redondeado, con 4 mm de altura.

**Imagen 3.** Broca 1558



Fuente: elaboración propia, 2016.

Al llevar a cabo las obturaciones con las resinas en estudio se realizaron varios grupos:

1. **Control:** en este grupo se utilizó la resina compuesta *Filtek Z350 XT 3M*, éste grupo a su vez contenía distintos subgrupos
  - 1.1 Resina en monobloque con adhesivo.
  - 1.2 Resina en monobloque sin adhesivo.
  - 1.3 Resina en incrementos con adhesivo.
  - 1.4 Resina en incrementos sin adhesivo.
  
2. **Resina Bulk Fill Tetric-N Ceram Ivoclar Vivadent**
  - 2.1 Resina en monobloque con adhesivo.
  - 2.2 Resina en monobloque sin adhesivo.
  
- 3 **Resina Bulk Fill Filtek 3M ESPE**

3.1 Resina en monobloque con adhesivo.

3.2 Resina en monobloque sin adhesivo.

Cada subgrupo contenía tres muestras, a excepción de las de control, las cuales solo tenían una por cada subgrupo.

Se procedió a aplicar el agente adhesivo en las preparaciones de Tetric-N Ceram Ivoclar Vivadent a Tetric N- Bond Universal, fue aplicado y frotado en cada una de ellas durante 15 segundos, secando con aire a distancia en leve presión durante 10 segundos. Luego se aplicó una segunda capa del mismo adhesivo, que fue finalmente fotopolimerizado durante 20 segundos con lámpara tipo led, marca Bonart ART-L5, cuya longitud de onda se encuentra 460-480nm. Se siguió el mismo protocolo para la resina Filtek 3M ESPE, utilizando el adhesivo 3MSingle Bond y para la resina control, el mismo adhesivo 3MSingle Bond.

Para las preparaciones que no contenían adhesivo simplemente se colocó la resina bajo la técnica determinada según corresponde.

La obturación se realizó mediante dos técnicas:

1. Incremental: se fueron colocando segmentos de 2 mm de forma oblicua procurando obturar dos paredes, aumentando las paredes libres para reducir el Factor C. En total fueron tres incrementos por cavidad, cada uno compactado con un IPP y fotopolimerizado durante 40 segundos.
2. Monoincremental: sencillamente se compactaba con un IPP lo mejor posible la resina, evitando las burbujas y se fotopolimerizaba todo el espesor una única vez durante 40 segundos.

**Imagen 4.** Resinas utilizadas en el proyecto, preparación y fotopolimerización



**a**



**b**



**c**



**d**



**e**



**f**

**a.** Resina Bulk Fill Filtek 3M ESPE y su adhesivo adhesivos. **b.** Resina Bulk Fill Tetri-N Ceram Ivoclar, **c.** Resina control Filtek Z350. **d.** Preparación cavitaria, **e.** Uso de adhesivo y **f.** fotopolimerización de las mismas.

Fuente: elaboración propia, 2016.

Las muestras fueron conservadas en envases rotulados y agua en la incubadora a una temperatura aproximada de 42 grados C.

**Imagen 5.** Incubadora



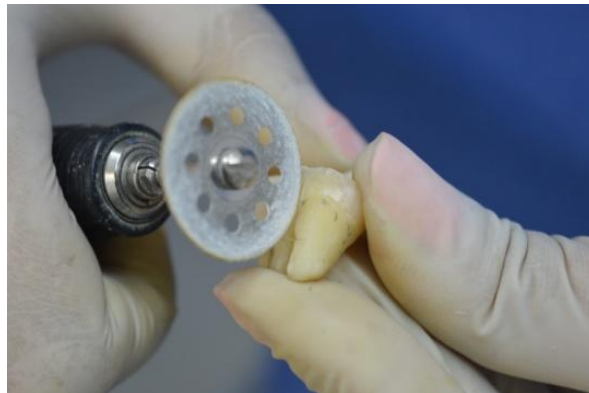
**a**

**b**

**a.** Incubadora donde se muestra la temperatura en el termómetro. **b.** Muestras resguardadas en la incubadora  
Fuente: elaboración propia, 2016.

Seguidamente, las muestras fueron cortadas en su eje longitudinal, esto para poder analizarlas, se señalaron por cada grupo, utilizando la siguiente simbología:

**Imagen 6.** Corte longitudinal



Fuente: elaboración propia, 2016.

**Cuadro 1.** Simbología utilizada para diferenciar cada muestra

Tipo de resina	Simbología
Z350 sin adhesivo en bloque	.

Z350 sin adhesivo en incrementos	..
Z350 más adhesivo en bloque	...
Z350 más adhesivo en incrementos	....
Bulk Fill 3M ESPE sin adhesivo	I
Bulk Fill 3M ESPE con adhesivo	II
Bulk Fill Tetric-N Ivoclar sin adhesivo	III
Bulk Fill Tetric-N Ivoclar con adhesivo	IIII

Fuente: elaboración propia, 2016.

Las muestras fueron pulidas una a una con lijas de distintos grosores: 600-800-1000. A continuación fueron sumergidas durante 5 minutos en hipoclorito de sodio, fueron lavadas con abundante agua y colocadas durante 30 min en el alcohol de 70%, seguido del de 80%, luego el de 90%, todas en un tiempo de 30 min y finalmente en el de 99%, conservadas en éste.

**Imagen 7. Protocolo de lavado**



a

b



c

d

a. Lijas utilizadas para el pulido b. Muestras en hipoclorito de sodio c. Muestras lavadas con abundante agua d. Muestras en la última fase del alcohol a 99%

Fuente: elaboración propia, 2016.

Para ser analizadas en el microscopio de energía electrónica, deben ser sometidas a distintos procedimientos (31):

- *Fijación*: pretende conservar las muestras con las mismas características que tiene al comienzo del procesamiento
- *Secado*: las muestras fueron colocadas en una cápsula de petri sobre papel filtro, en una estufa de secado a 37°C durante dos días. La muestra debe estar completamente seca para lograr un correcto vacío en el microscopio, que permite el paso de los electrones dentro de éste sin interferencias.
- *Montaje de la muestra*: consiste en pegar y orientar la muestra sobre un portamuestras para que al introducirla en el microscopio quede fija a la platina y pueda seguir los movimientos de esta hacia el haz explorador de electrones.
- *Metalizado*: dada su composición, las muestras biológicas son malas conductoras de electricidad, por lo que requieren un tratamiento que cambie esa condición; consiste en el recubrimiento de las muestras con una delgada lámina de oro paladio, para protegerlas y hacerlas conductoras, lo que evita que el haz



de electrones que incide sobre su superficie se desvíe, alterando la formación de la imagen.

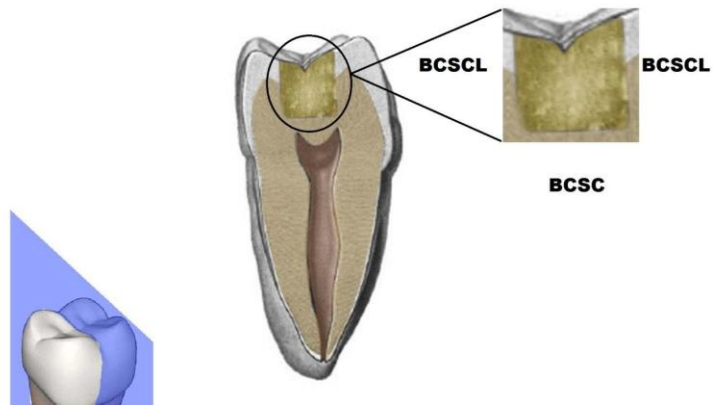
**Imagen 8.** Preparación para MEB



**a.** Fijación de las muestras. **b.** Termómetro a 39.9°C **c.** Estufa de secado donde se encuentran las muestras **d.** Montaje y metalizado con oro de las muestras.  
Fuente: elaboración propia, 2016.

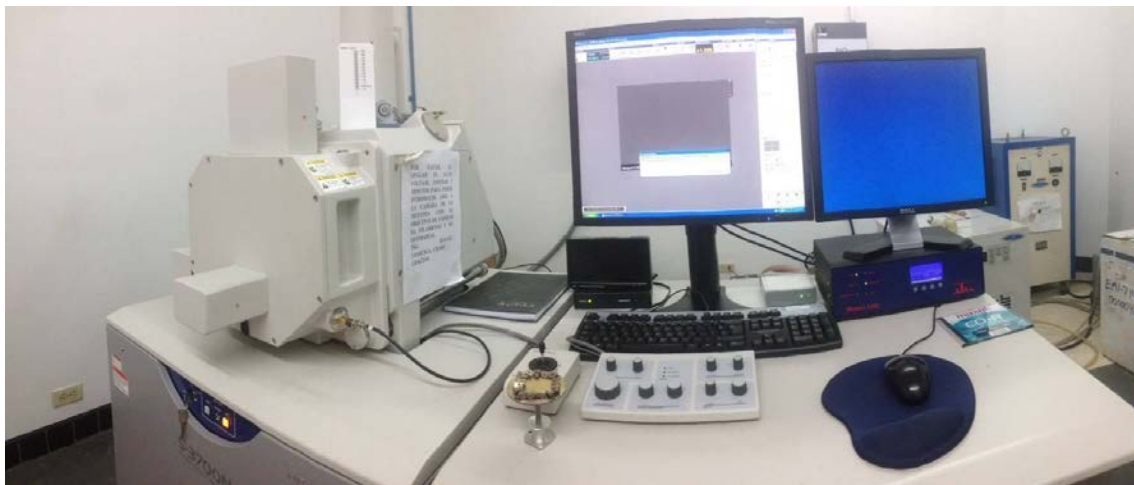
Las imágenes en microscopía fueron dadas en aumentos de 500 y 100 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), esto para poder analizar la interface diente-restauración a lo largo de toda la extensión del borde cavo superficial cervical (BCSC), y de caras libres (BCSCL); tal y como se muestra en la siguiente imagen:

**Imagen 9** Zonas a evaluar por el MEB



Fuente: Álvarez, R. Descripción de la adaptación a tejidos dentarios del sistema de resina compuesta sonicfill (Kerr) y un material de restauración de resina compuesta convencional. Trabajo de Investigación. Universidad de Chile; 2012.

**Imagen 10.** Equipo utilizado: MEB

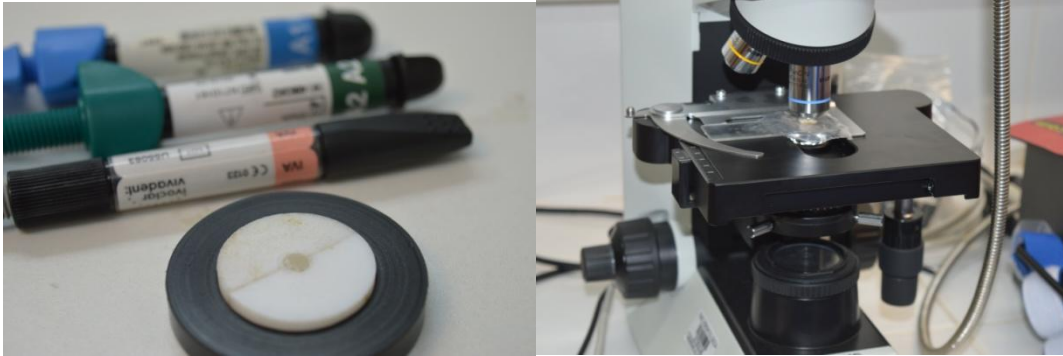


Fuente: elaboración propia, 2016.

Para poder detectar el grado de polimerización, también se establecieron unas muestras diseñadas con un molde de hule de cada resina a estudiar, incluyendo la resina control. Se utilizó el método Raman, y se estudió a distintas profundidades:

0mm, 2mm y 4mm. Las medidas dadas por el programa Raman, son arbitrarias en las intensidades y en cuanto al eje X de los gráficos es dado en  $\text{cm}^{-1}$ .

**Imagen 11.** Cilindros de resina. Espectroscopia de Raman



Fuente: elaboración propia, 2016.

## **Factores facilitadores y obstáculos relacionados con la metodología**

Aspectos positivos.

- Tecnología de punta con la que cuenta el Laboratorio de Investigación de Materiales Dentales de la Facultad de Odontología de la Universidad de Costa Rica.
- Disposición del coordinador del seminario para realizar demostraciones relacionadas con los procedimientos a llevar a cabo.
- Trabajo interdisciplinario que permite tener acceso a la tecnología con la que cuentan los laboratorios no solo de la Facultad, si no de la Universidad en general.

Obstáculos

- La dificultad para conseguir resinas tipo Bulk Fill en el país, ya que pocos depósitos dentales las distribuyen, por lo cual pudo realizarse el estudio con resinas de dos casas comerciales solamente.
- La recolección de piezas dentales sanas extraídas.
- Poca capacitación en temas como microscopía y espectroscopia Raman.

### III. CAPÍTULO. Desarrollo

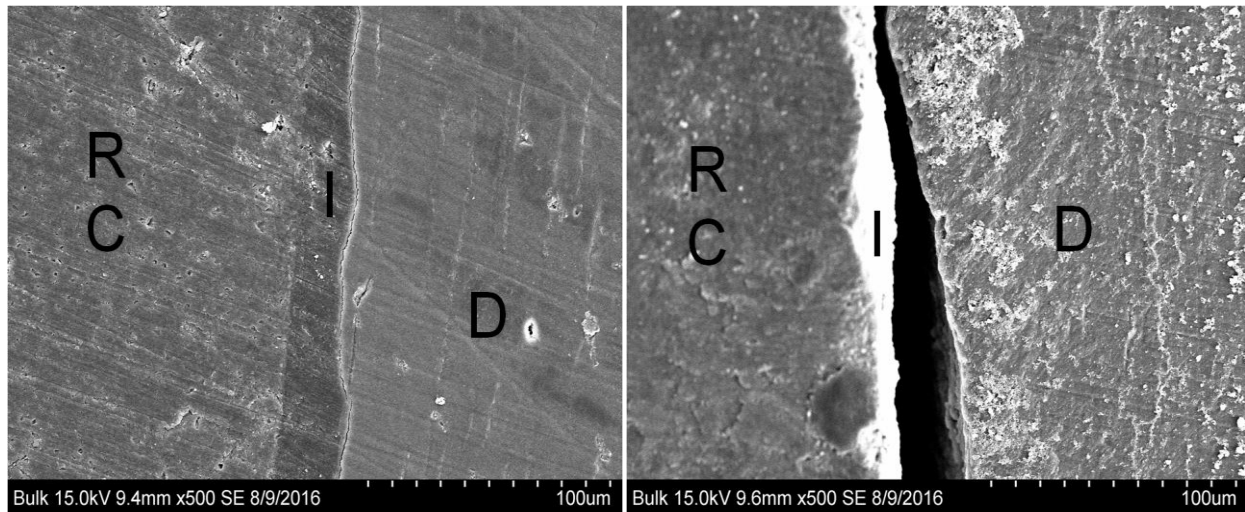
#### 3.1 Resultados

##### 3.1.1 Análisis de microscopía:

A continuación se muestran las imágenes obtenidas en el microscopio electrónico de barrido a distintos aumentos, describiendo comparativamente las muestras obtenidas de las piezas dentarias restauradas con las distintas resinas compuestas. Para todos los casos se usó la siguiente simbología: (RC) Resina compuesta, (D) Dentina, (I) Interfase dentina-resina. (BCSCL): borde cavo superficial de caras libres, (BCSC): borde cavo superficial cervical.

#### Bulk Fill Filtek 3M ESPE

**Imagen 12.** Fotografía de microscopio electrónico de resina Filtek Bulk Fill, BCSC. Magnificación 100x



a

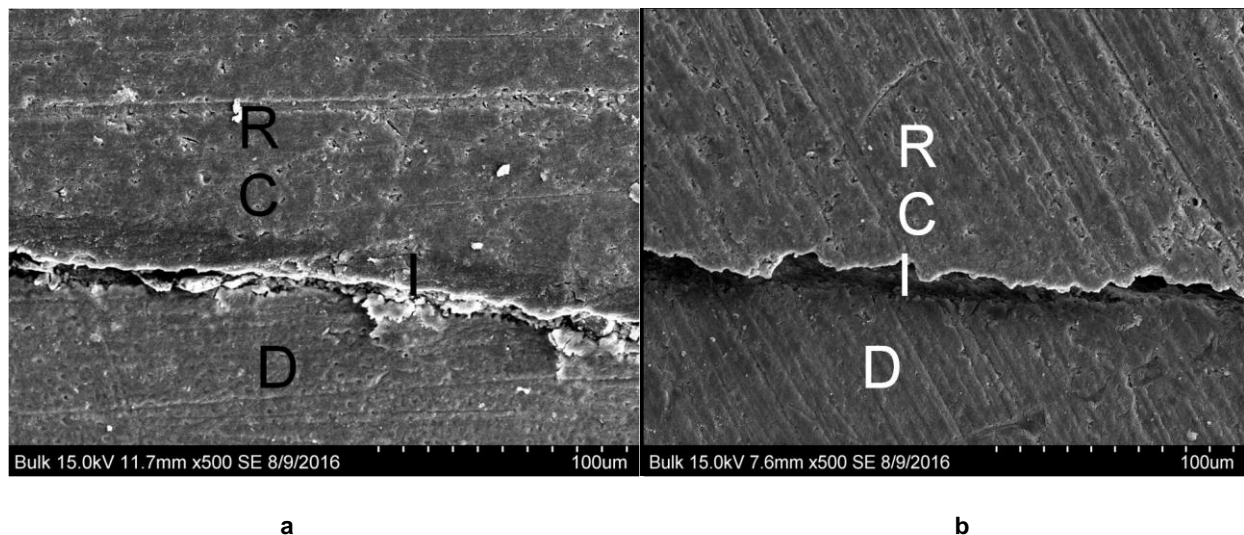
b

a. Con adhesivo. b. Sin adhesivo

Fuente: elaboración propia, 2016.

En la imagen **12a** se observa una gruesa capa de adhesivo, algunas burbujas formadas en el composite, además una pequeña brecha entre la dentina y la restauración ( $1\mu\text{m}$ ), que, comparada con la imagen **12b** es mínimamente significativa, donde existe una completa desadaptación de la restauración con respecto a la dentina de aproximadamente ( $30\mu\text{m}$ ).

**Imagen 13.** Fotografía de microscopio electrónico de resina Filtek Bulk Fill, BCSC. Magnificación 100x



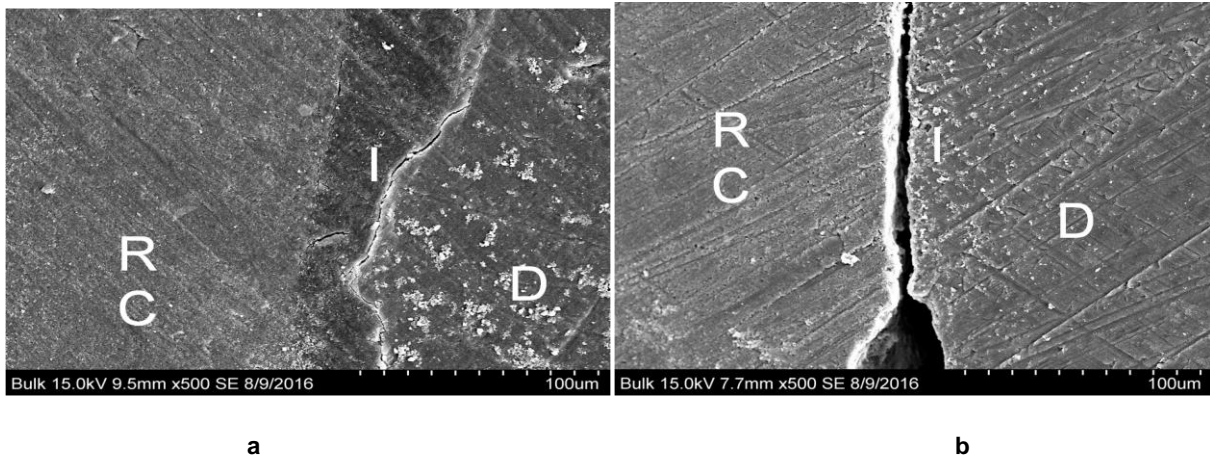
**a.** Con adhesivo. **b.** Sin adhesivo.

Fuente: elaboración propia, 2016.

En la imagen **13a** se aprecia la capa de adhesivo y una magnificación de la brecha marginal entre el material restaurador monoincremental y la estructura dentaria ( $5\mu\text{m}$ ). Una adaptación poco homogénea, con algunas grietas y burbujas. Sin embargo, en la imagen **13b** existe una brecha mayor en la interfase dentina-resina ( $12\mu\text{m}$ ).

## Tetric N Ceram Bulkfill:

**Imagen 14.** Fotografía de microscopio electrónico de resina Tetric N Ceram Bulkfill, BCSC. Magnificación 100x

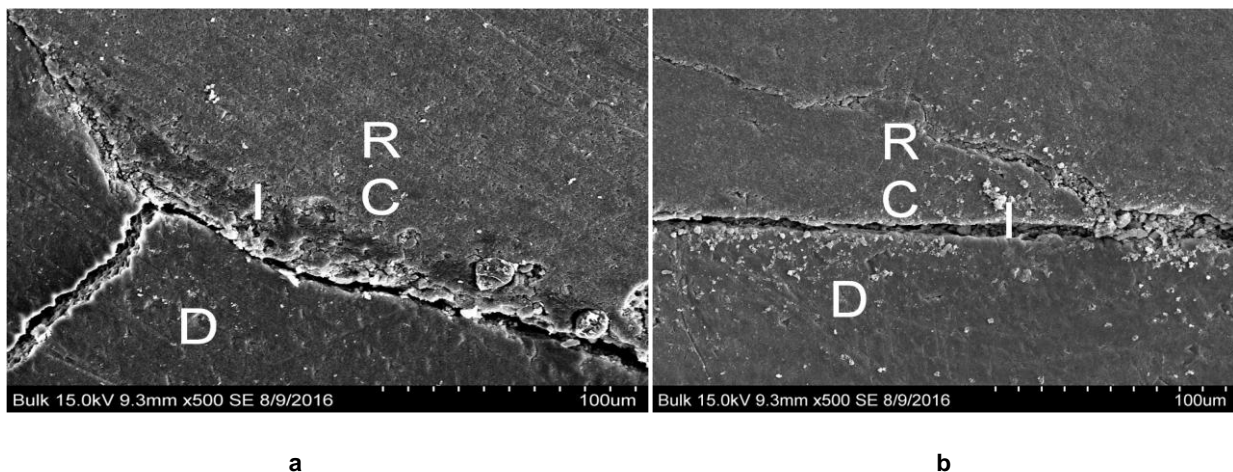


a. Con adhesivo. b. Sin adhesivo.

Fuente: elaboración propia, 2016.

En la imagen **14a** se observa una gruesa capa de adhesivo, la cual en su parte más ancha son aproximadamente ( $40\mu\text{m}$ ), además se observa una delgada línea blanca que es la capa híbrida y una brecha entre la restauración y la dentina de  $1\mu\text{m}$ , comparada con la imagen **14b** es mínimamente significativa, donde existe una completa desadaptación de la restauración con respecto a la dentina de aproximadamente ( $5\mu\text{m}$ ).

**Imagen 15.** Fotografía de microscopio electrónico de resina Tetric N Ceram Bulkfill, BCSC. Magnificación 100x



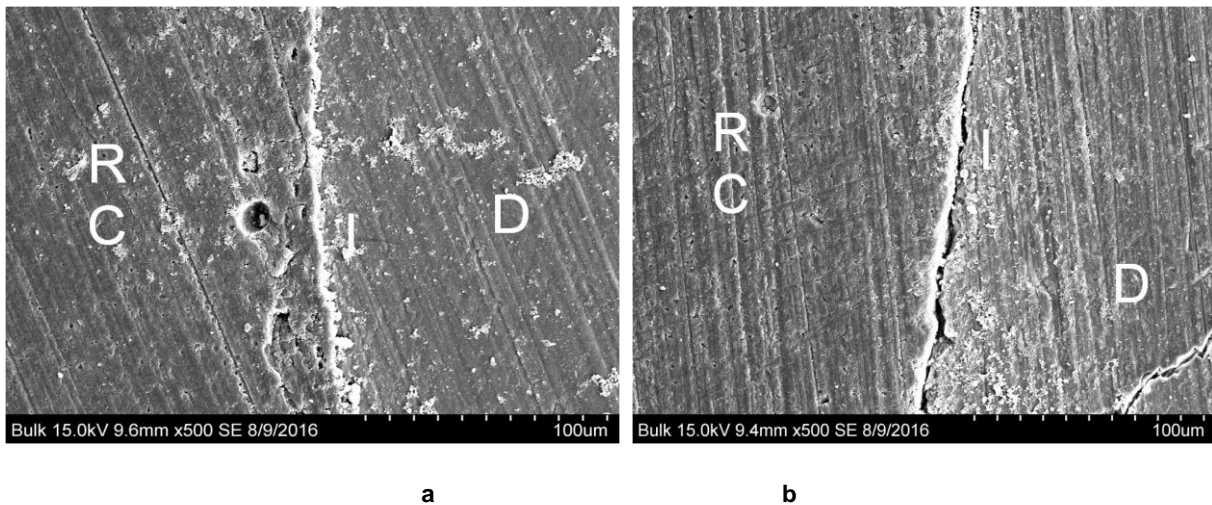
a. Con adhesivo. b. Sin adhesivo.

Fuente: elaboración propia, 2016.

En ambas imágenes se observa una brecha marginal. El material restaurador monoincremental no se logra adherir en algunas zonas, el adhesivo en la figura **15a** contrarresta un poco ese aspecto, sin embargo se nota poco homogéneo y poroso. La imagen **15b** tiene una brecha significativamente mayor de  $8\mu\text{m}$  con respecto a la 15a de  $3\mu\text{m}$ .

### Resina control: Filtek Z350 TX

**Imagen 16** Fotografía de microscopio electrónico de resina Filtek Z350 TX. BCSCCL. Magnificación 100x

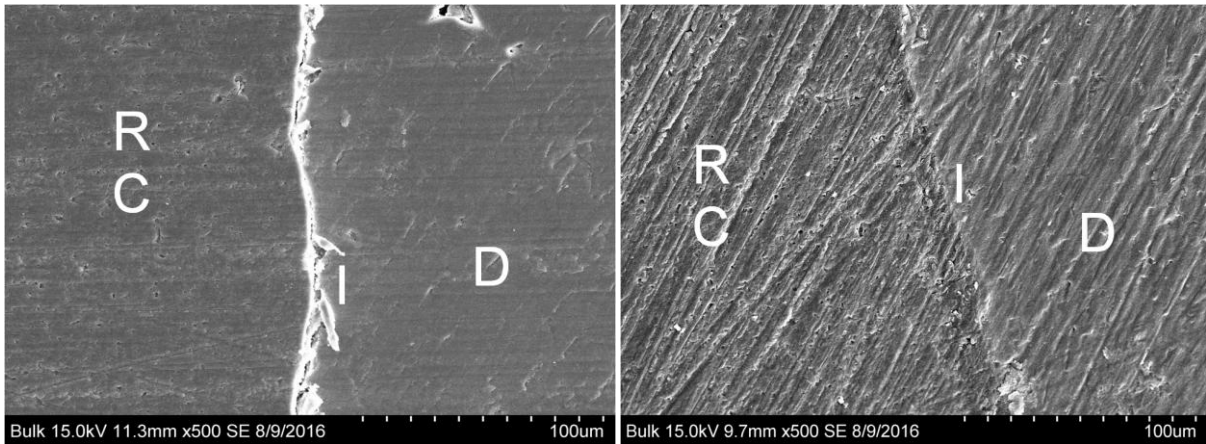


a. Con adhesivo en bloque. b. Sin adhesivo en bloque.

Fuente: elaboración propia, 2016.

En la imagen **16a** se observa la resina con algunas burbujas, una línea blanca prominente que es la unión de la resina con el composite y no se observa ninguna brecha marginal. En la imagen **16b**, cambia la situación y se tiene un desajuste de la resina de aproximadamente  $2\mu\text{m}$ , se observa la capa híbrida en ambas imágenes extendiéndose por toda la interfase.

**Imagen 17.** Fotografía de microscopio electrónico de resina Filtek Z350 TX. BCSC. Magnificación 100x



**a**

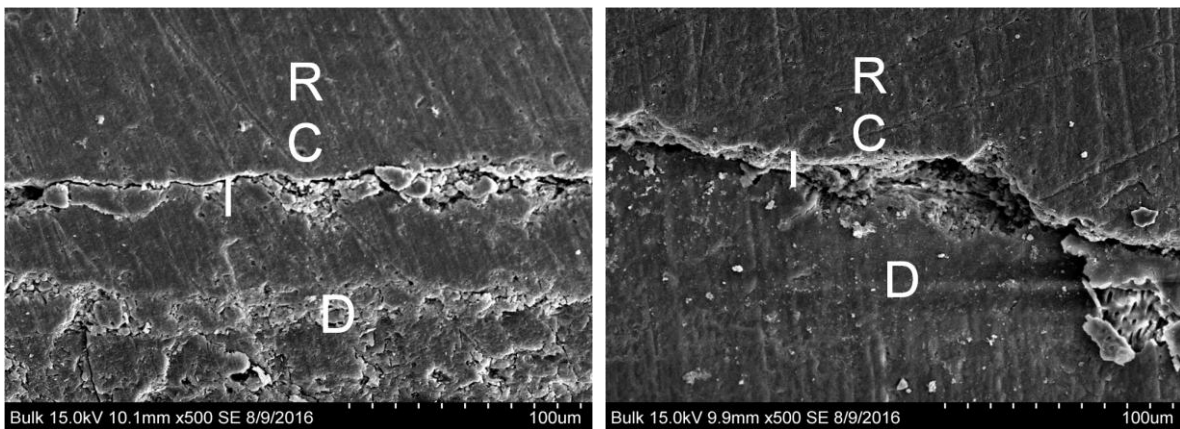
**b**

**a.** Con adhesivo. Técnica incremental. **b.** Sin adhesivo. Técnica incremental.

Fuente: elaboración propia, 2016.

En la imagen **17a** existe un leve desajuste de 1 µm, la resina está menos porosa y se observa más homogénea, prevalece la línea blanca. Sin embargo, usando la técnica incremental sin adhesivo, no se observa algún desajuste a lo largo de la imagen.

**Imagen 18.** Fotografía de microscopio electrónico de resina Filtek Z350 TX. BCSC. Magnificación 100x



**a**

**b**

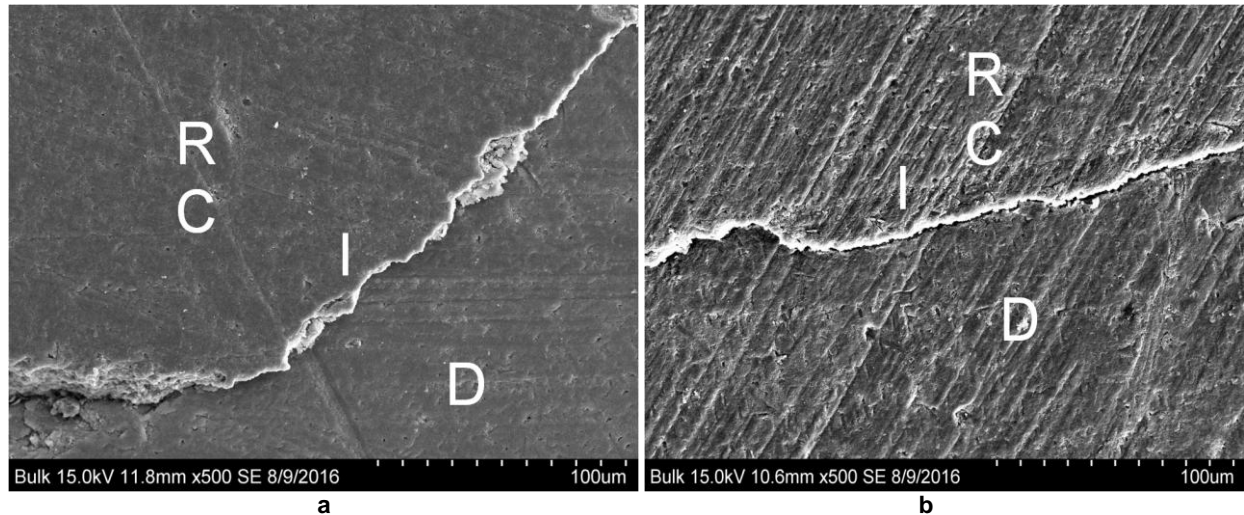
**a.** Con adhesivo usando la técnica monobloque. **b.** sin adhesivo usando la técnica monobloque

Fuente: elaboración propia, 2016.



En la imagen **18a** se observa cómo el adhesivo logra un mejor selle de una preparación que no es completamente lisa, en la otra imagen, existe un mayor potencial de desajuste entre la resina y la dentina, la unión no parece ser la adecuada y exhibe una brecha de aproximadamente 15-20  $\mu\text{m}$ .

**Imagen 19.** Fotografía de microscopio electrónico de resina Filtek Z350 TX. BCSC. Magnificación 100x

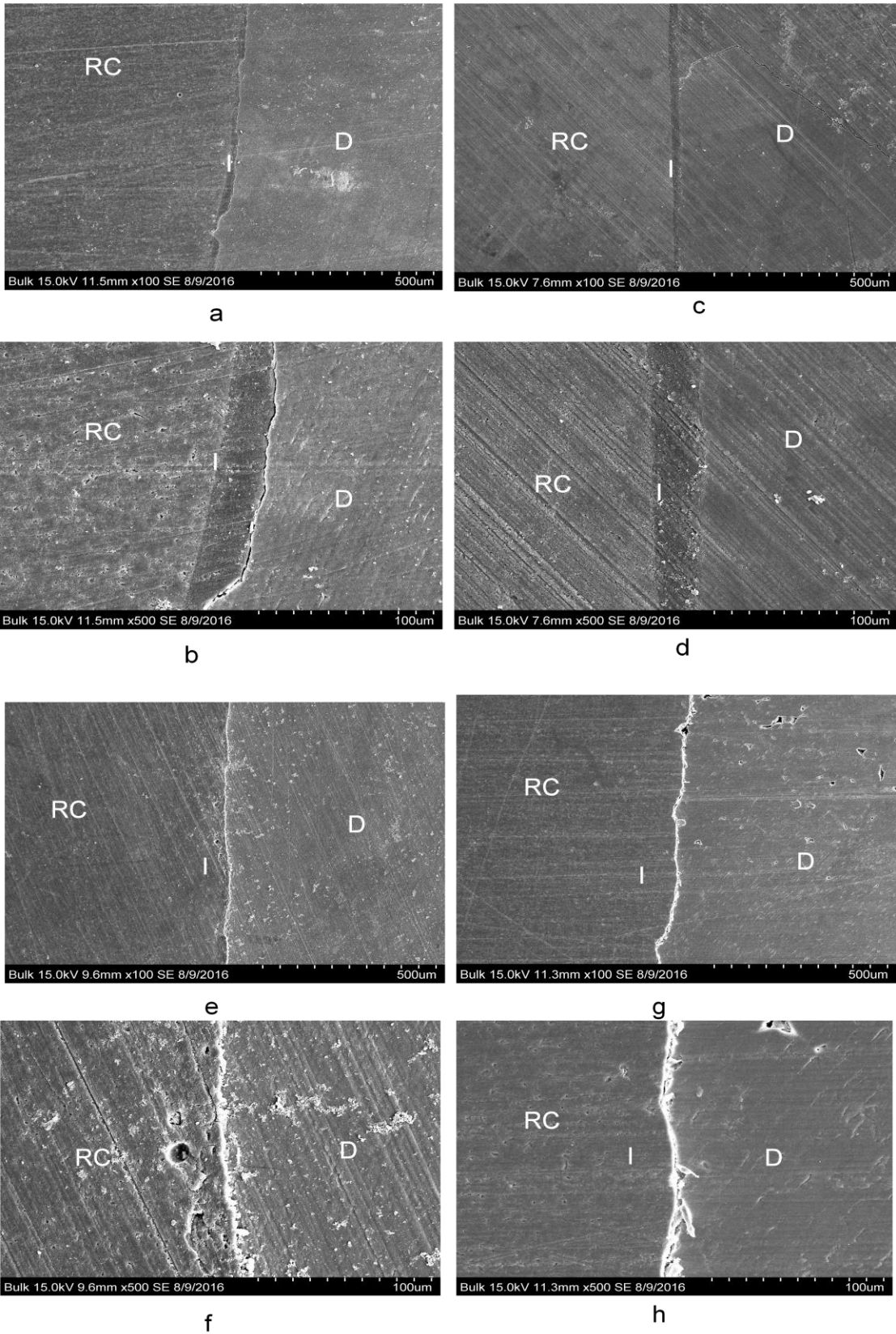


**a.** Con adhesivo usando la técnica incremental. **b.** Sin adhesivo usando la técnica incremental.

Fuente: elaboración propia, 2016.

En la imagen **19a** se observa la unión entre diente y restauración adecuada. Con una brecha marginal mucho menor que la imagen **19b**, la cual muestra una línea blanca correspondiente a la capa híbrida y una brecha de aproximadamente 2  $\mu\text{m}$ .

**Imagen 20.** Fotografías en microscopio electrónico de las resinas en estudio en BCSCl con adhesivo.

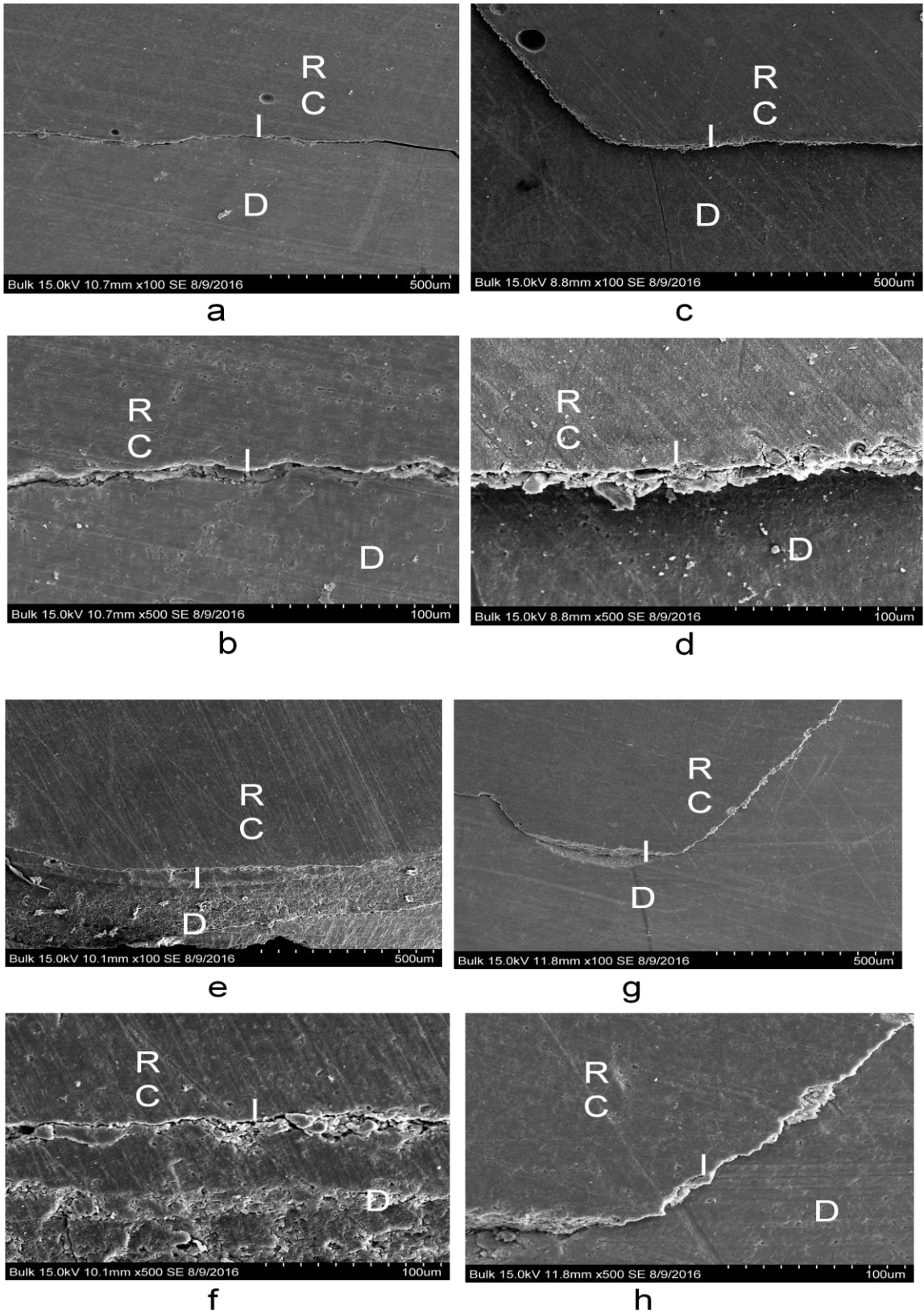


**a, b.** Resina compuesta Bulk Fill Filtek3M ESPE a 500  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ , respectivamente. **c, d.** Resina compuesta Tetric N Ceram Bulkfill® a 500  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ , respectivamente. **e, f** Resina control compactada mediante la técnica monobloque a 500  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ , respectivamente; **g, h** . Resina control compactada mediante la técnica incremental a 500  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ , respectivamente.

Fuente: elaboración propia, 2016.

En la figura **20a** no se detecta alguna desunión del material restaurador con la dentina, sin embargo al detallar la imagen **20b** se visualiza una franja pequeña de aproximadamente 1  $\mu\text{m}$ , con una gran capa de adhesivo. En la figura **20c** se observa una unión íntima entre la resina de Ivoclar y la dentina, siendo así la que mejor se observa en su consistencia, sin una brecha marginal y una capa de adhesivo homogéneo. Siguiendo con las imágenes **20e** y **f**, se observa la capa híbrida como una línea blanca en toda la extensión de la imagen en ambos aumentos. Además, se aprecian las burbujas de la resina Z350 al realizar la técnica monoincremental. Para concluir, en la técnica incremental observada en las imágenes **20g** y **h**, de igual forma se observa la línea blanca, pero un empaquetado de la resina mucho más homogéneo, sin burbujas, donde la unión del material con el adhesivo parece ser muy adecuada. La brecha marginal es observable únicamente en la imagen **20a** y **b**, correspondientes a la Filtek 3M ESPE.

**Imagen 21** Fotografías en microscopio electrónico de las resinas en estudio en BCSC con adhesivo.

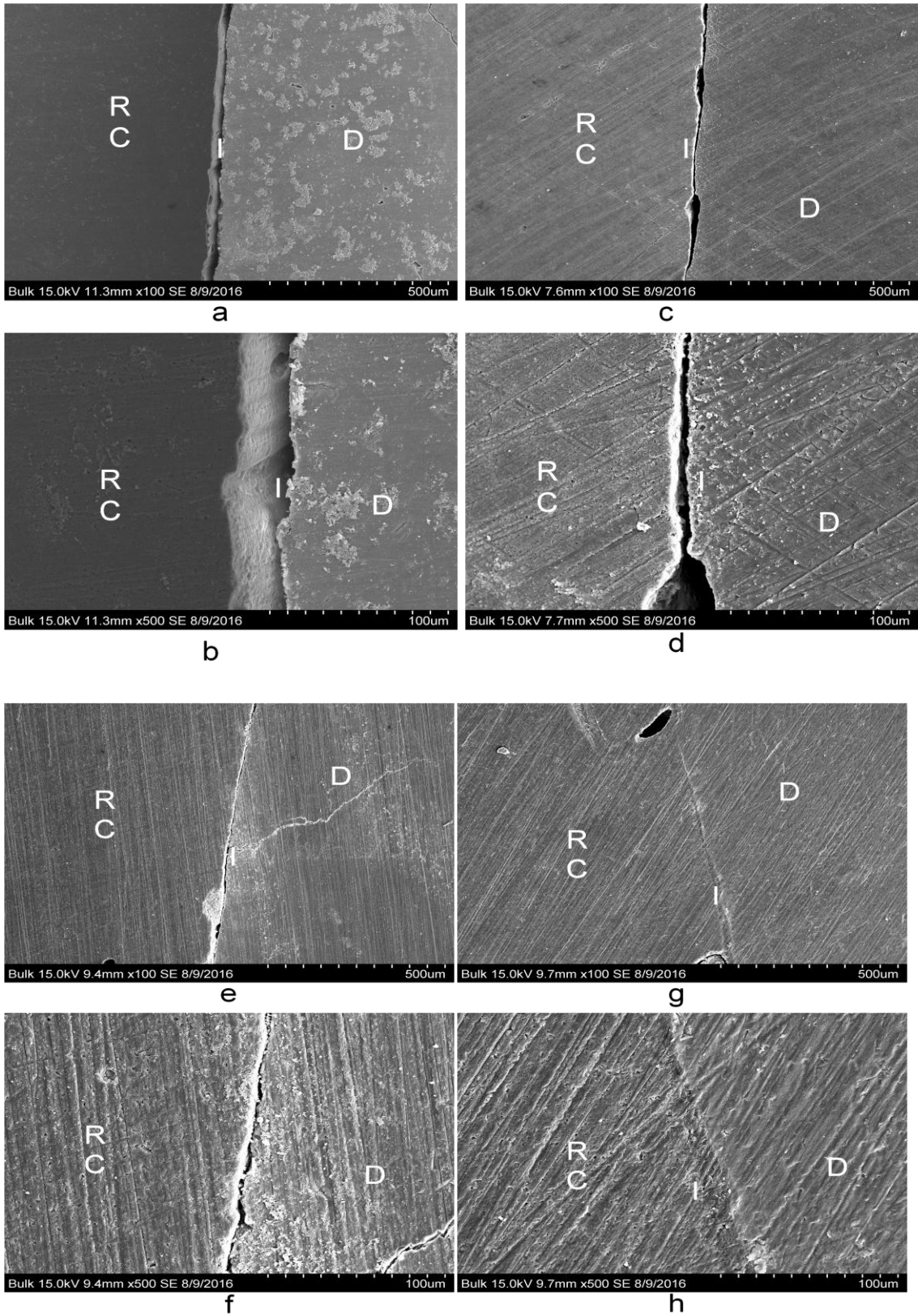


**a, b.** Resina Bulk Fill Filtek3M ESPE a 500  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ , respectivamente. **c, d.** Resina compuesta Tetric N Ceram Bulkfill® a 500  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ . **e, f** Resina control compactada mediante la técnica monobloque a 500  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ , respectivamente y **g, h** resina control compactada mediante la técnica incremental a 500  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ .

Fuente: elaboración propia, 2016.

Haciendo un análisis comparativo, se puede apreciar cómo en el piso de las cavidades generalmente se observa un desajuste mayor que en las paredes, determinado por muchos factores. En el caso de la imagen **21a** se puede observar algunas burbujas de la resina y acercándose más **21b**, una brecha marginal bastante significativa (10  $\mu\text{m}$ ,). Siguiendo las imágenes **21c** correspondiente a la resina Ivoclar hay una gran capa de adhesivo y una brecha marginal un poco más pequeña que la resina anterior (5  $\mu\text{m}$ ). Concretamente el empaquetado de la resina control en bloque se ve más poroso y una distribución no tan homogénea del adhesivo. En la técnica incremental figurada en las imágenes **21a y b**, se observa un ajuste más adecuado y un empaquetado más homogéneo. Es así, como en ésta no se observa una brecha marginal entre el diente y la resina.

**Imagen 22.** Fotografías en microscopio electrónico de las resinas en estudio en BCSCS sin adhesivo



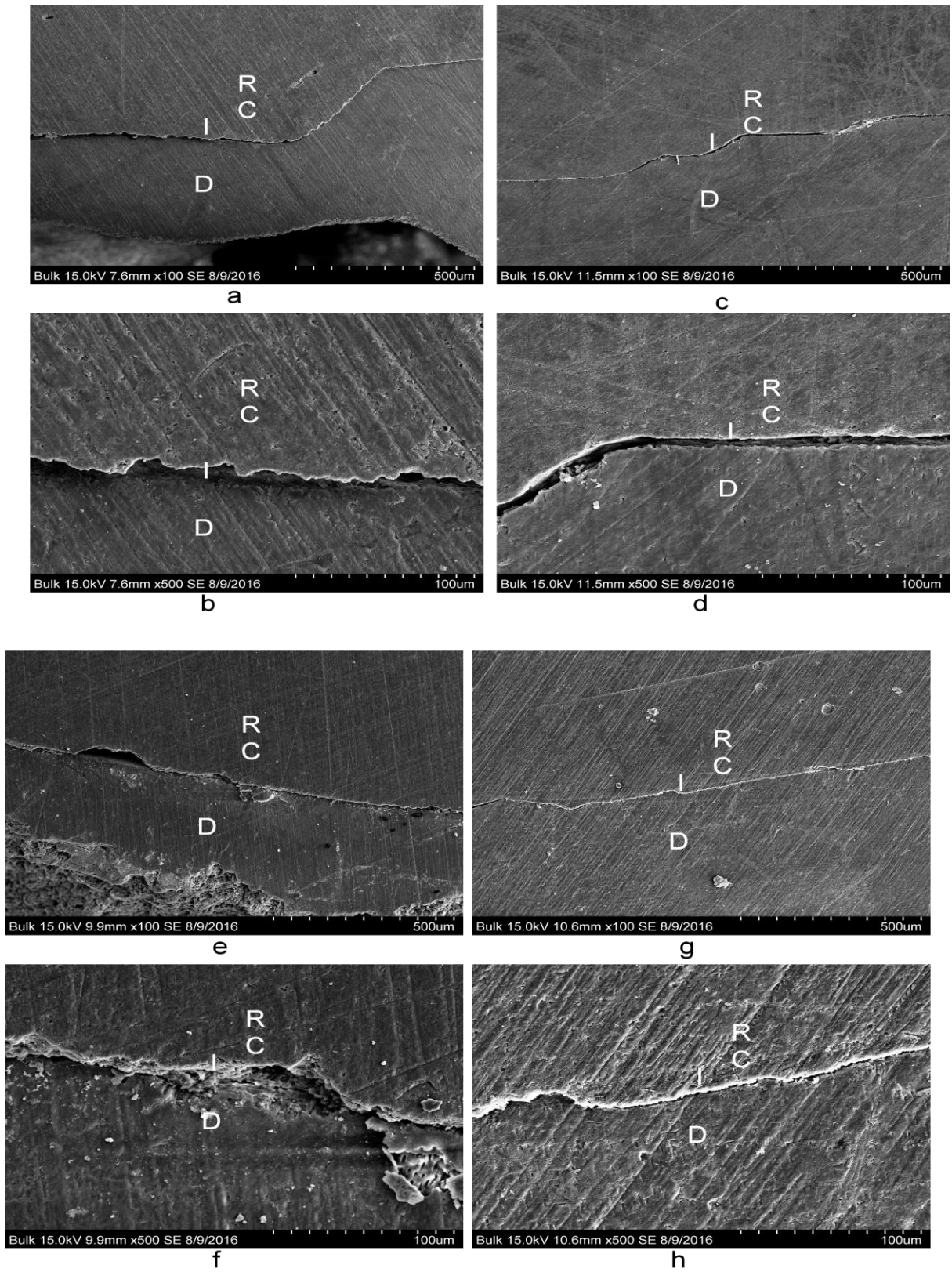
**a,b.** Resina compuesta Bulk Fill Filtek3M ESPE a 500  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ , respectivamente. **c,d.** Resina compuesta Tetric N Ceram Bulkfill® a 500  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ , respectivamente. **e, f** Resina compactada mediante la técnica monobloque a 500  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ , respectivamente y **g, h** Resina compactada mediante la técnica incremental a 500  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ , respectivamente.

Fuente: elaboración propia, 2016.

Una vez analizadas las imágenes con adhesivo, se puede notar cómo en general en las imágenes que lo tienen, desde la proyección de menor aumento; es posible evidenciar una brecha en todas las resinas utilizadas, excepto en la incremental con la resina Filtek Z350.

Analizando más concretamente la resina Filtek 3M ESPE se evidencia un desajuste enorme en las imágenes 22a, b. Lo mismo ocurre para la otra resina Bulk utilizada en el estudio donde la brecha es menor pero muy significativa. La resina control utilizada en bloque sin el adhesivo, muestra una brecha aun de menor tamaño comparada con las dos anteriores. Y esta misma, usando el método incremental, tal como se dijo en un principio, muestra una unión íntima de la resina con la dentina.

**Imagen 23.** Fotografías en microscopio electrónico de las resinas en estudio en BCSC sin adhesivo





**a, b.** Resina compuesta Bulk Fill Filtek3M ESPE a 500  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ , respectivamente. **c, d.** Resina compuesta Tetric N Ceram Bulkfill® a 500  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ , respectivamente. **e, f** Resina control compactada mediante la técnica monobloque a 500  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ , respectivamente y **g,h** Resina control compactada mediante la técnica incremental a 500  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ , respectivamente. Todas sin adhesivo, observadas en el borde cavo superficial cervical (BCSC).  
Fuente: elaboración propia, 2016.

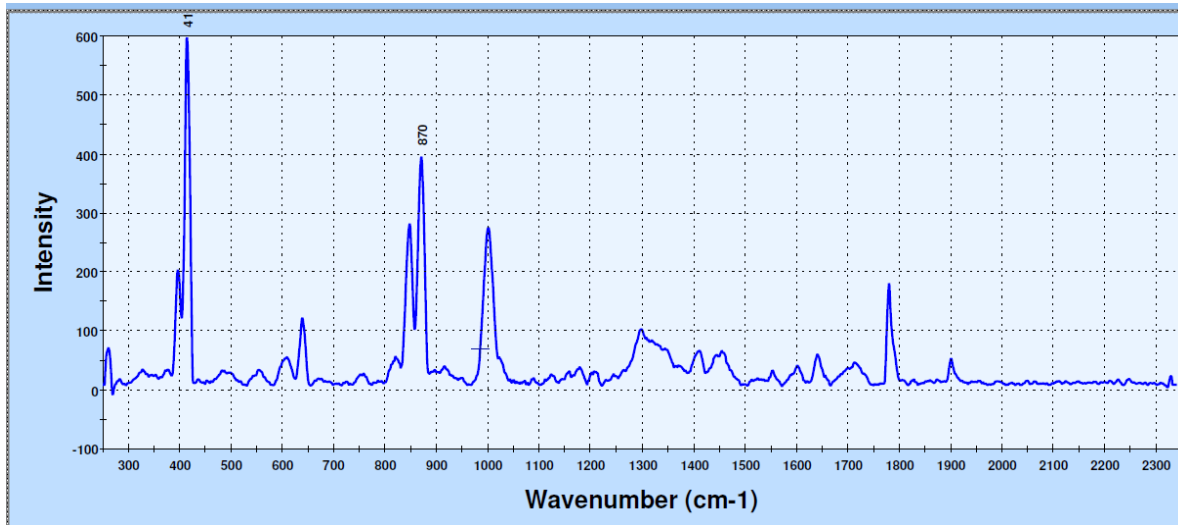
Finalmente y no menos importante, se observa nuevamente el piso de las muestras, donde se aprecia un desajuste; en la imagen **23b**, se visualiza una brecha marginal de aproximadamente 12  $\mu\text{m}$ , el cual corresponde a la resina filtek 3M ESPE. Analizando desde las 500  $\mu\text{m}$  se puede ver cómo la resina Ivoclar también genera un desajuste de unas 5  $\mu\text{m}$ . Sin embargo, partiendo de las imágenes **23f**, dejando de lado forma de la cavidad, una brecha muy similar a la resina 3M, con un empaquetamiento heterogéneo y poroso. Para concluir en la figura **23h**, existe apenas 1  $\mu\text{m}$  de brecha marginal con la resina control de forma incremental sin adhesivo, siendo la unión más íntima de todas.

### 3.1.2 Análisis mediante Espectroscopia Raman

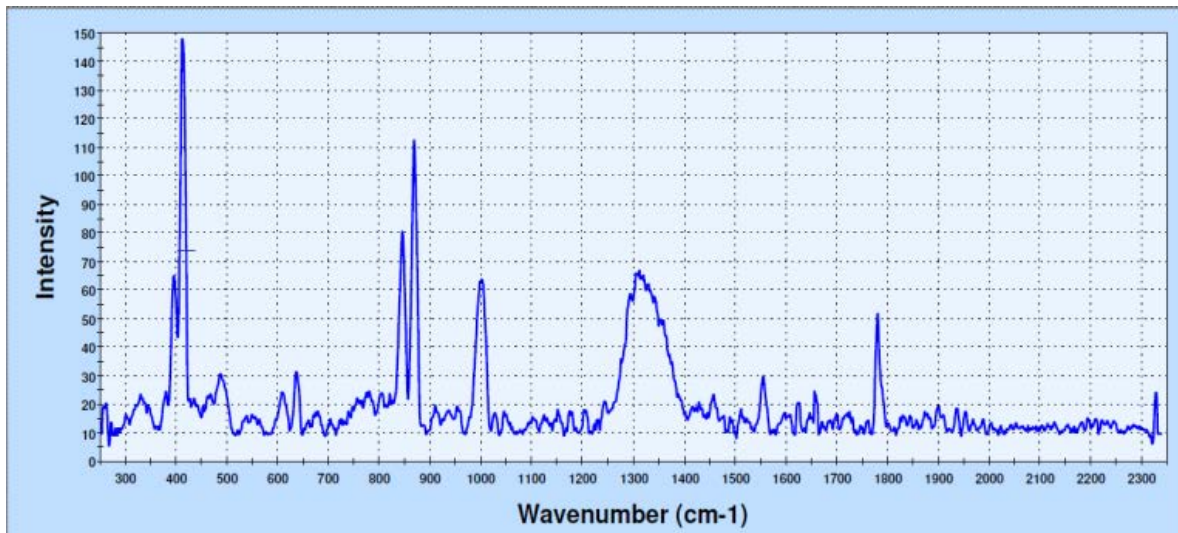
Los bloques fueron evaluados antes de ser polimerizados y después de la fotopolimerización a profundidades de 0, 2 y 4 mm.

En cuanto a la resina Filtek Bulk Fill 3M® tal y cómo se aprecia en la gráfica inicial, que corresponde a la resina antes de ser fotopolimerizada (ver Imagen 24) hay presencia de gran cantidad de enlaces dobles, debido a que el material aún se encuentra en su fase monomérica, lo cual se interpreta por la presencia de picos prominentes en la gráfica en los rangos de 390-410  $\text{cm}^{-1}$  y 840-890  $\text{cm}^{-1}$  con una intensidad aproximada a los 600.

Imagen 24. Espectroscopia de Raman de la resina Filtek Bulk Fill 3M



a



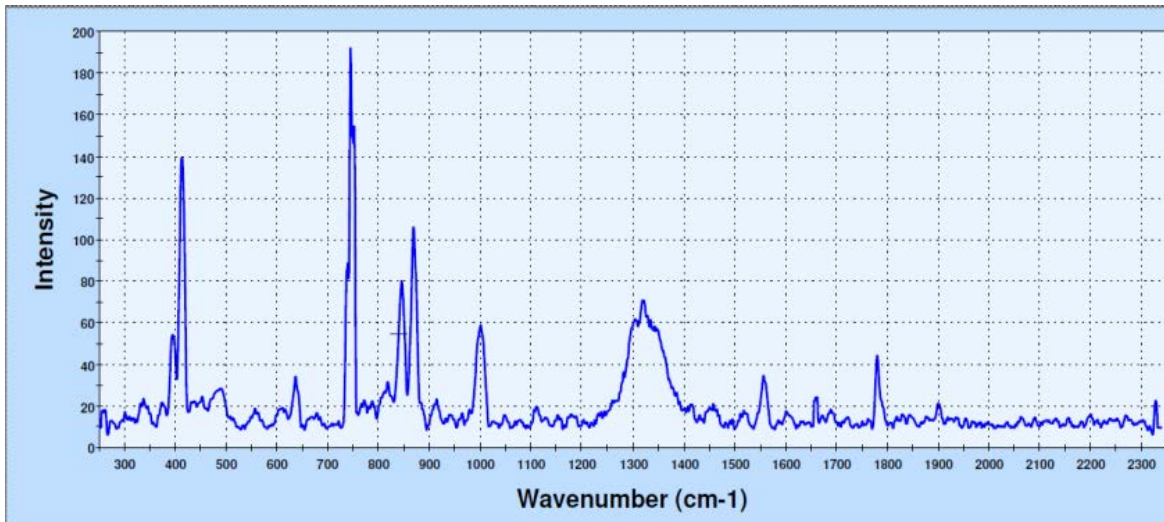
b

a. sin polimerizar b. 0 mm de profundidad

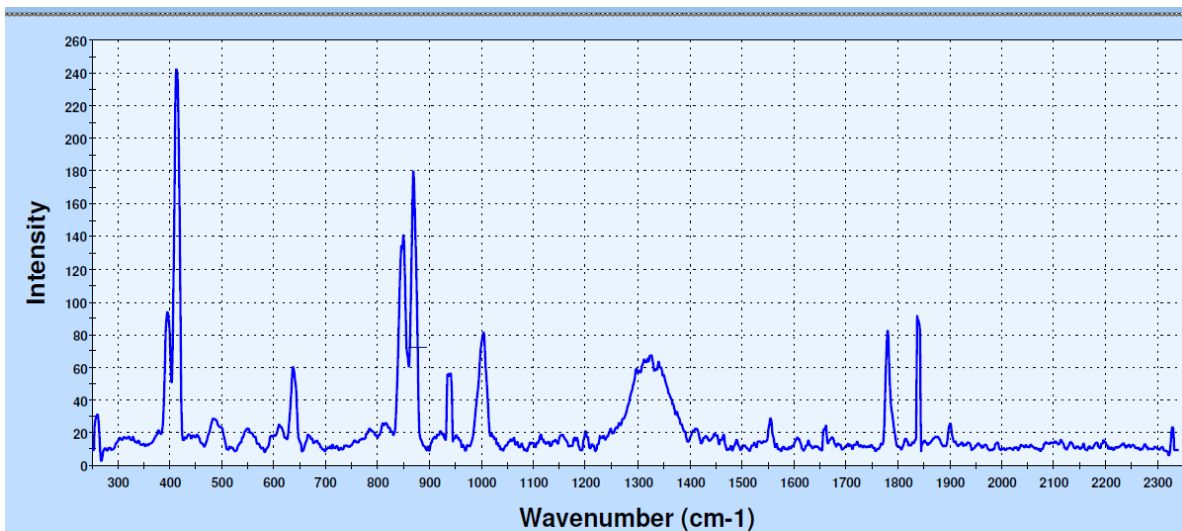
Fuente: elaboración propia, 2016.

Sin embargo, al analizar las gráficas obtenidas a 0 y 2mm de profundidad se evidencia una disminución en la intensidad de las ondas estudiadas, lo cual se explica por la conversión de monómeros a polímeros que sufre el material al ser sometido al agente activador, resultando en intensidades que se encuentran entre los 140 y 150.

Imagen 25. Espectroscopia de Raman de la resina Filtek Bulk Fill 3M



a



b

a. 2mm de profundidad. b. 4mm de profundidad.

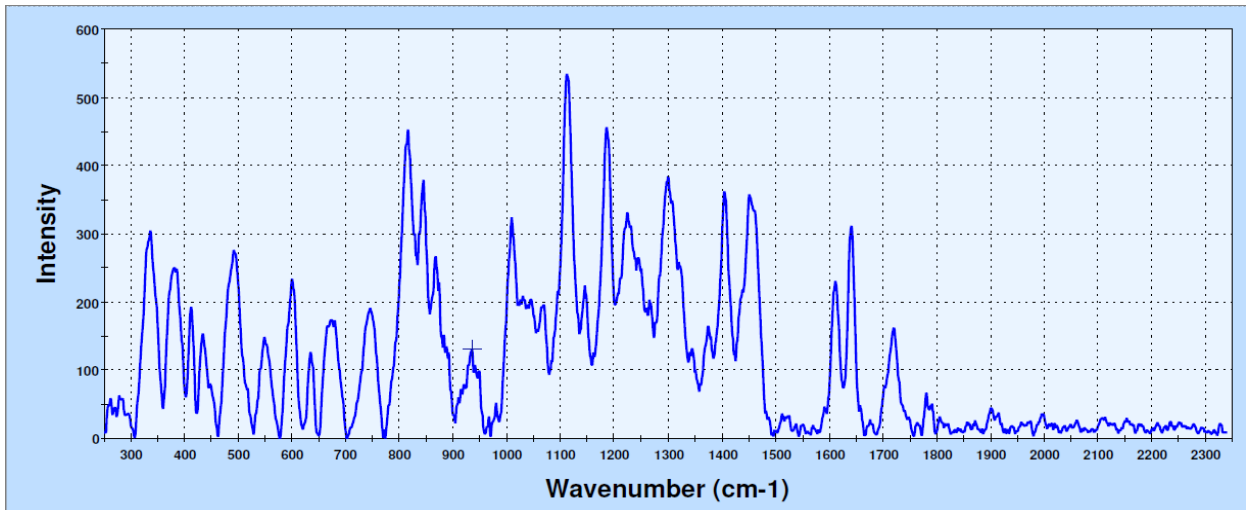
Fuente: elaboración propia, 2016.

Si se analizan las imágenes, se observa que conforme aumenta la profundidad de curado, la gráfica se asemeja en mayor medida a la obtenida cuando la resina aún no había sido sometida al agente activador, ya que las ondas retoman intensidades aproximadas a los 240-260, lo cual evidencia que a mayor profundidad, hay más

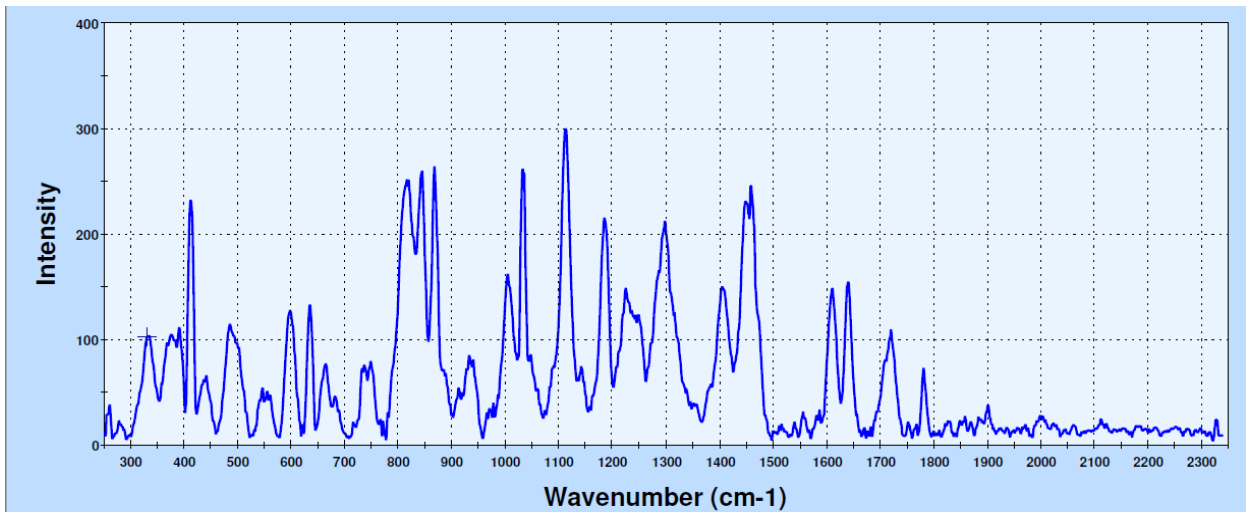
presencia de productos monoméricos, mostrando disminución en la conversión del material.

Un fenómeno similar se presentó al analizar la resina Tetra EvoCeram de la casa Ivoclar Vivadent®, en la cual, del espécimen previo a la fotopolimerización, se obtuvo una gráfica similar a la obtenida de la resina 3M.

**Imagen 26.** Espectroscopia de Raman de la resina Tetric N-Ceram



a



b

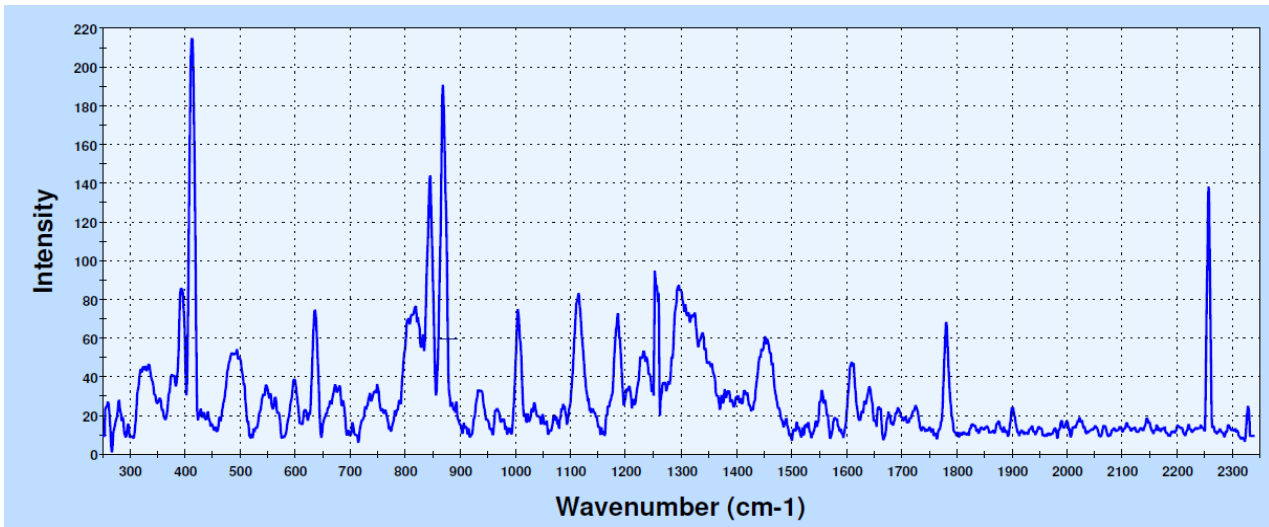
**a.** Sin polimerizar. **b.** 0mm de profundidad.

Fuente: elaboración propia, 2016.

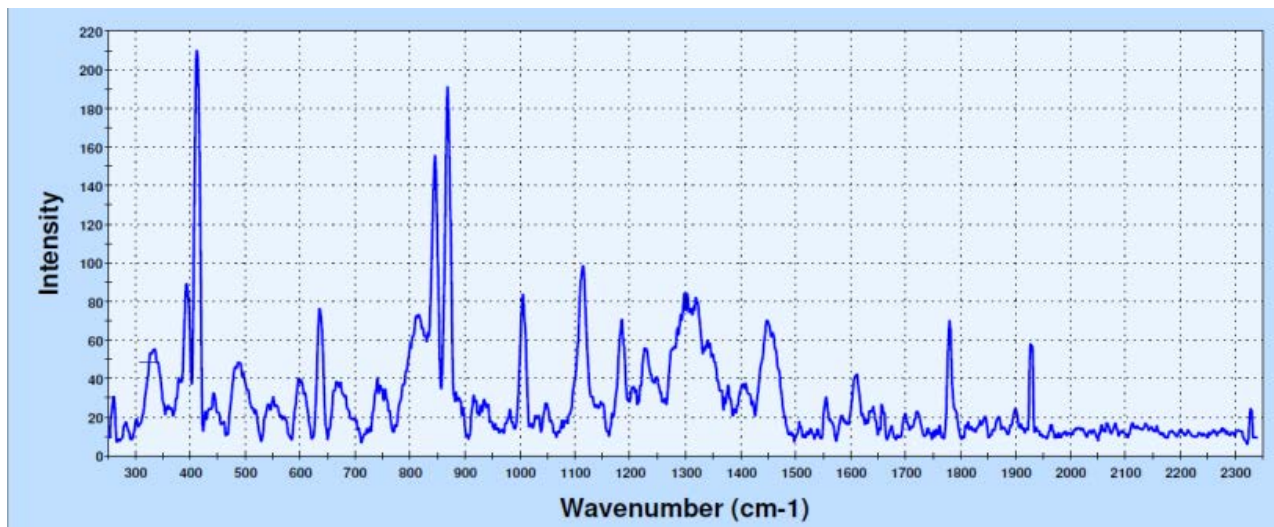
Es notorio que dichas gráficas, al compararse con las obtenidas de la resina Filtek Bulk Fill 3M, difieren en gran medida por la variabilidad en las intensidades obtenidas, lo cual podría explicarse por las diferencias en los componentes de los materiales de ambas casas comerciales.

En el rango comprendido entre los 800-900  $\text{cm}^{-1}$ , se detallan ondas de alta intensidad correspondientes a los enlaces dobles presentes en el material en su forma monómero, dichas ondas disminuyen su intensidad al presentarse la polimerización del material, y al igual que en el caso de la Filtek Bulk Fill 3M, a mayor profundidad se presenta una gráfica similar a la del material antes de ser polimerizado.

**Imagen 27.** Espectroscopia de Raman de la resina Tetric N-Ceram



a



b

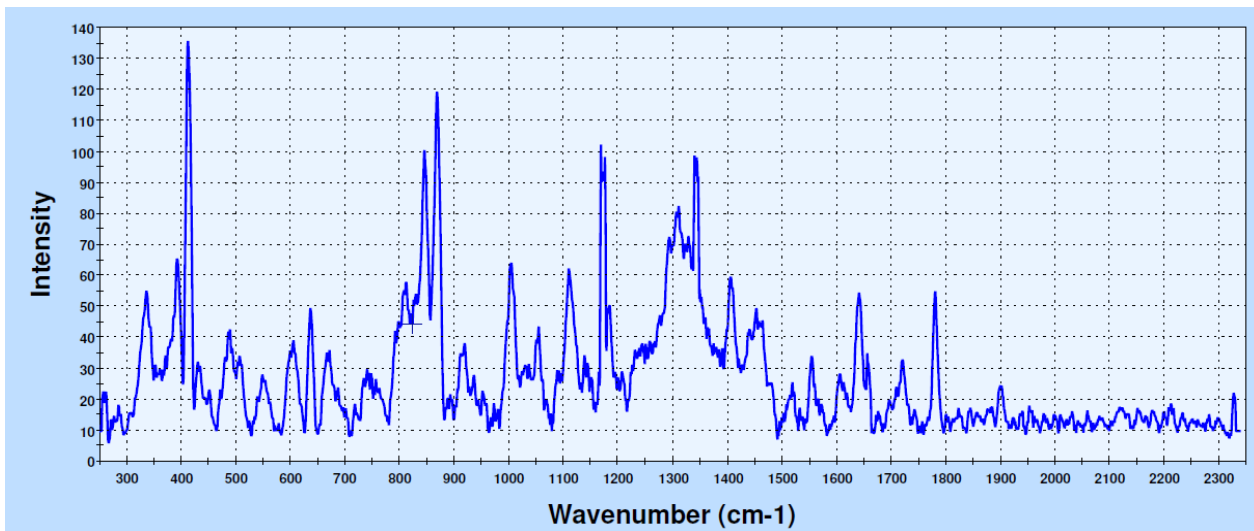
a. 2mm de profundidad. b. 4mm de profundidad.

Fuente: elaboración propia, 2016.

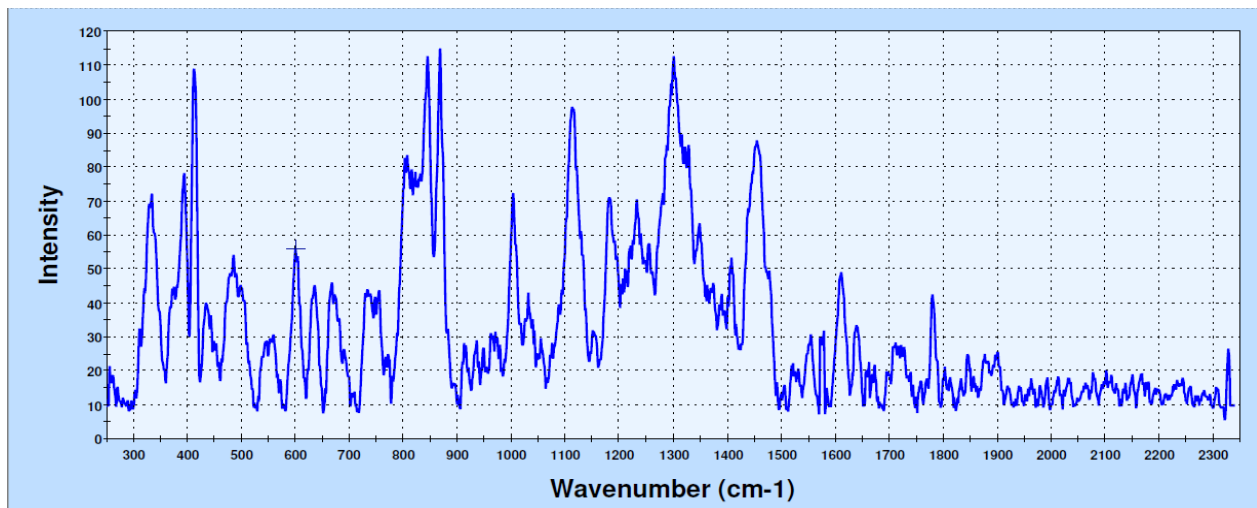
Por otra parte, se analizaron las gráficas obtenidas de la resina control, para lo cual se utilizó la Filtek Z350 de la casa comercial 3M mediante dos técnicas distintas de obturación: monobloque e incremental.

Respecto a la técnica de monobloque, la gráfica repite el patrón de las obtenidas de esta casa comercial, presentando entre los  $390\text{-}410\text{ cm}^{-1}$  y  $840\text{-}890\text{ cm}^{-1}$  una onda de amplitud aproximada a los 140 antes de ser fotopolimerizada, y posterior a esto, al ser analizada superficialmente (0 mm) como era esperable, se alcanza una amplitud de onda mucho menor, lo que ha sido anteriormente descrito para las otras muestras, explicado por el proceso de polimerización del material.

Imagen 28. Espectroscopia de Raman de la resina Filtek Z350 3M



a



b

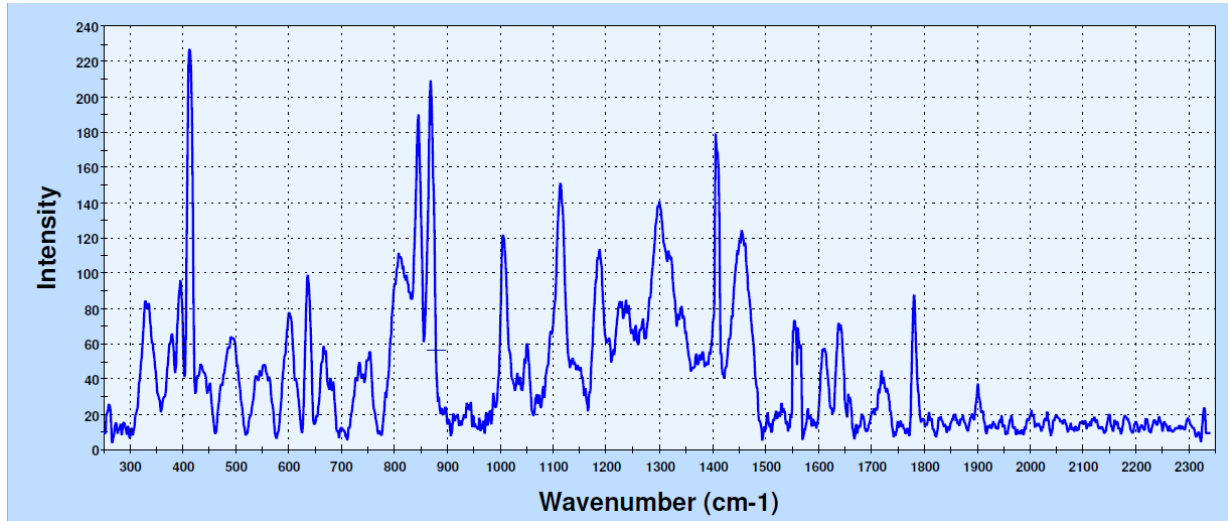
a. Técnica de obturación de monobloque sin polimerizar b. Técnica de obturación de monobloque a 0mm de profundidad

Fuente: elaboración propia, 2016.

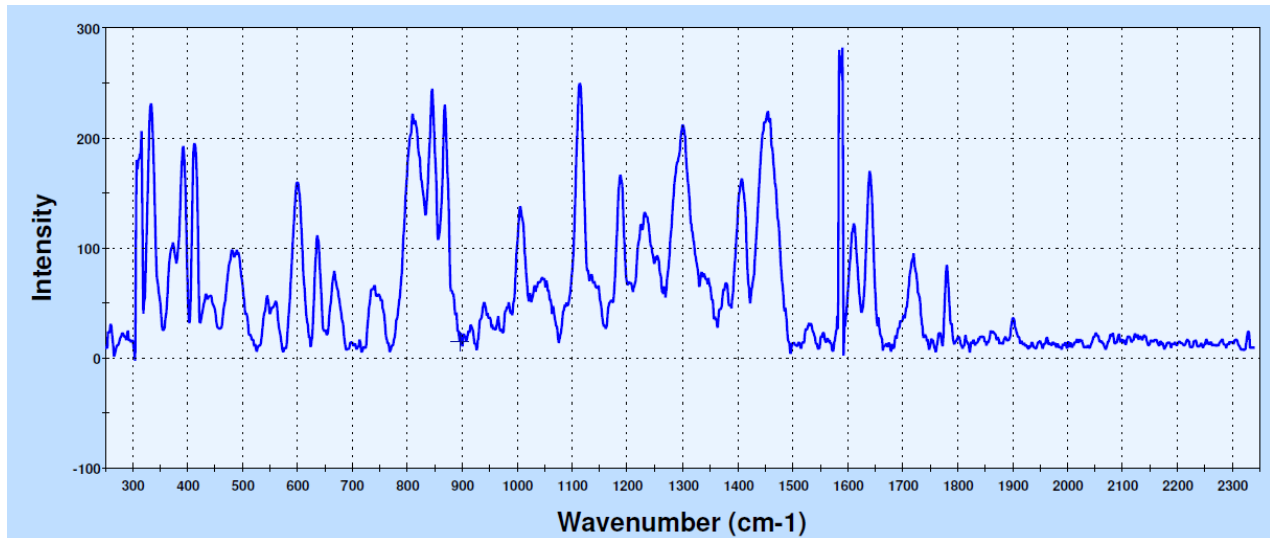
Sin embargo, al analizar las gráficas a 2 y 4 mm de profundidad respectivamente (Imagen 29), se denota un aumento en la amplitud de la gráfica en los rangos estudiados, lo cual implica gran cantidad de enlaces dobles presentes a dichas

profundidades de curado, por lo cual se infiere una relación inversamente proporcional entre la profundidad y el grado de polimerización.

**Imagen 29.** Espectroscopia de Raman de la resina Filtek Z350 3M



a



b

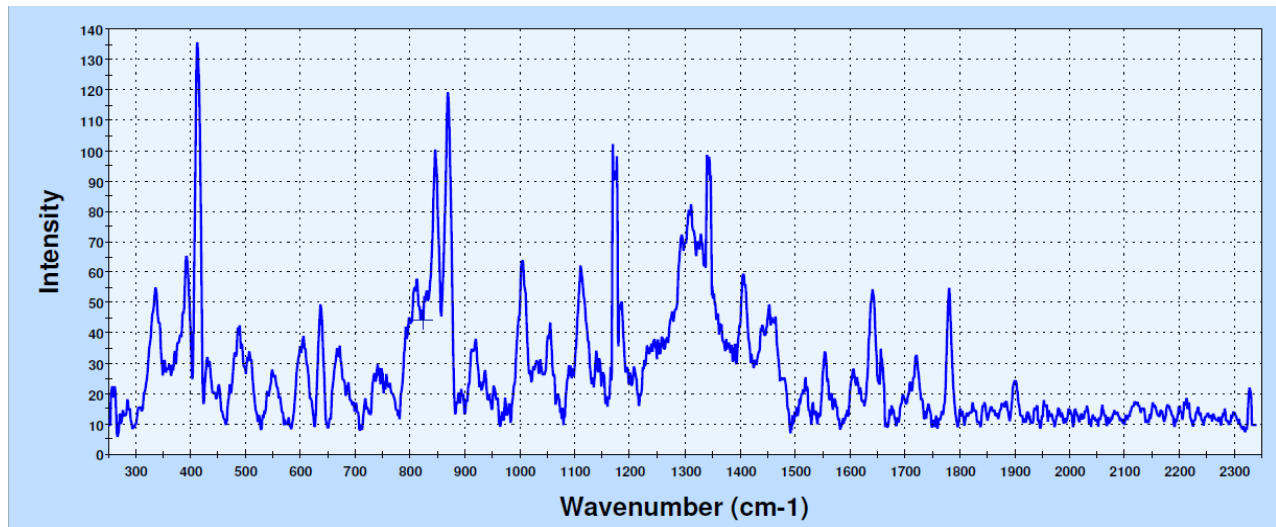
**a.** Técnica de obturación de monobloque a 2 mm de profundidad **b.** Técnica de obturación de monobloque a 4mm de profundidad

Fuente: elaboración propia, 2016.

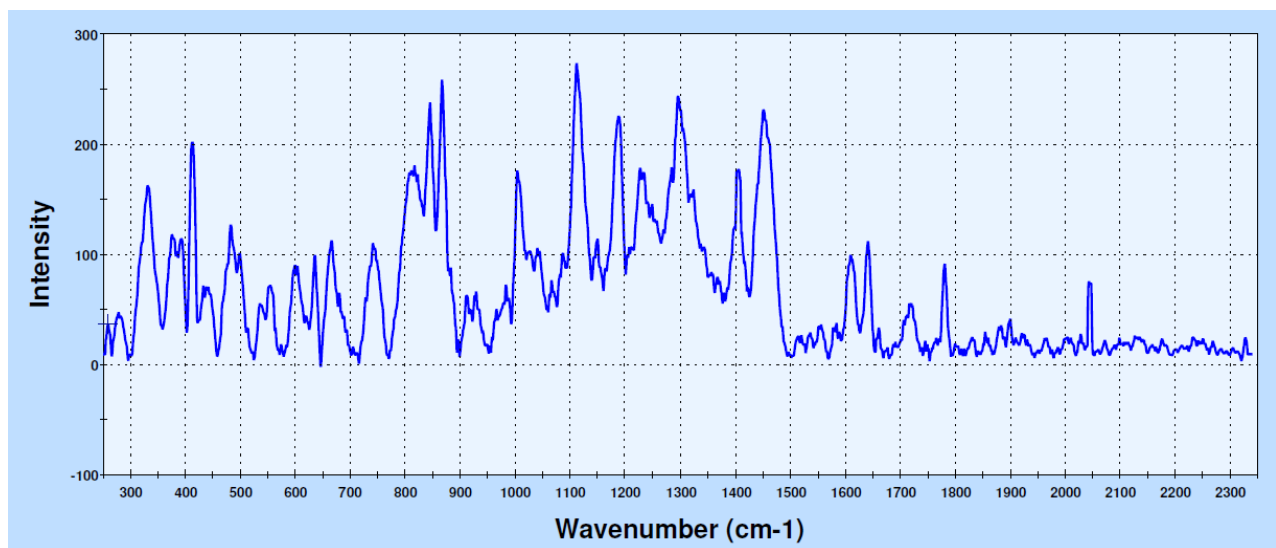
En cuanto a esta misma resina, pero utilizada mediante una técnica incremental, se obtuvieron las siguientes gráficas.



**Imagen 30.** Espectroscopia de Raman de la resina Filtek Z350 3M



a

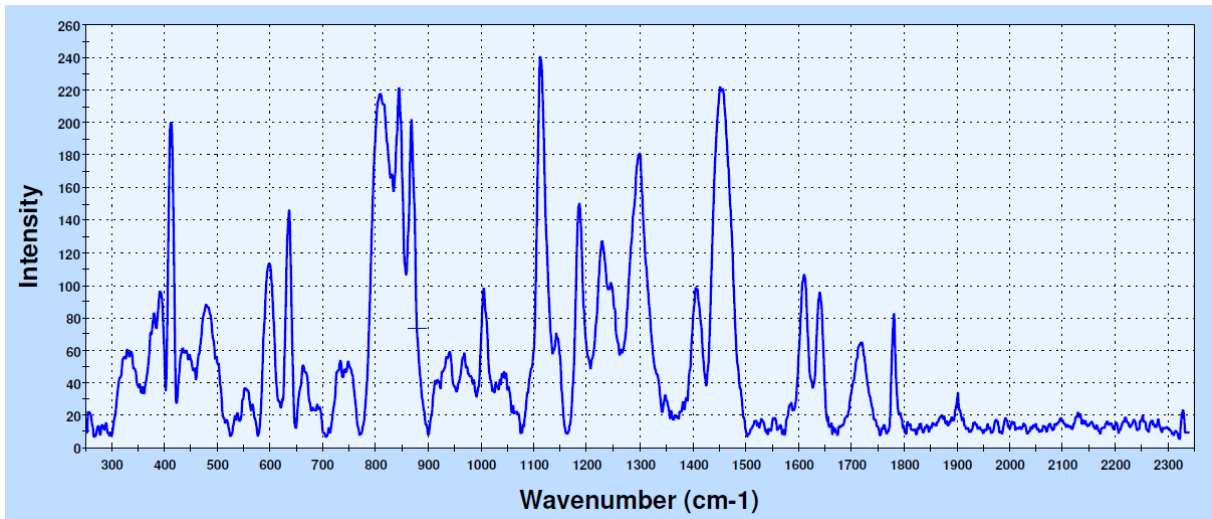


b

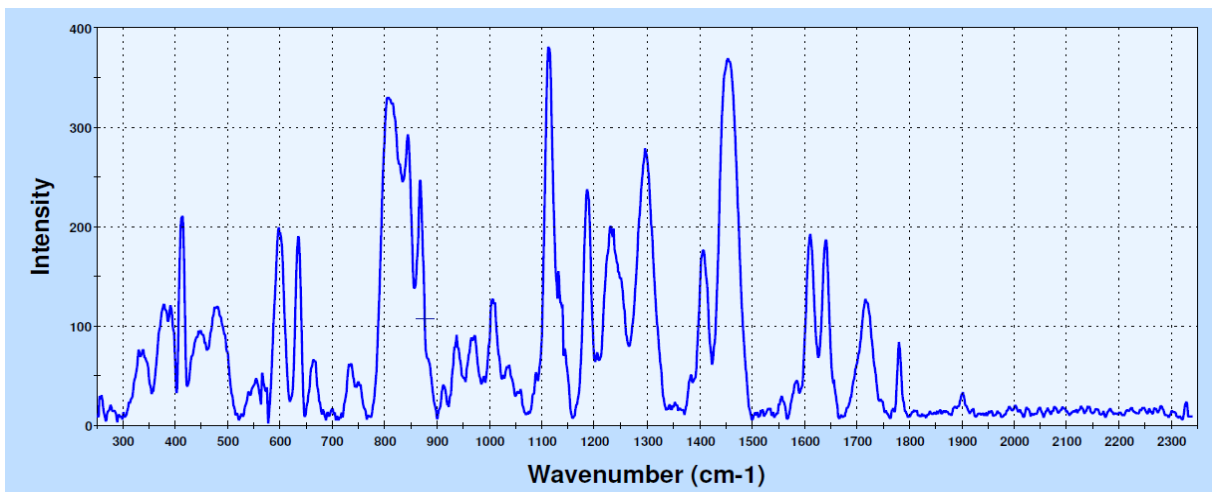
**a.** Técnica de obturación en incrementos sin polymerizar    **b.** Técnica de obturación incremental a 0mm de profundidad

Fuente: elaboración propia, 2016.

**Imagen 31.** Espectroscopia de Raman de la resina Filtek Z350 3M



a



b

a. Técnica de obturación incremental a 2 mm de profundidad    b. Técnica de obturación incremental a 4mm de profundidad

Fuente: elaboración propia, 2016.

Como se evidencia en las gráficas anteriores, y a diferencia del resto de las muestras, en este caso se observa cómo en los rangos comprendidos entre los 390-410  $\text{cm}^{-1}$  y los 840-890 $\text{cm}^{-1}$  la intensidad de las ondas se mantiene constante en los distintos niveles de profundidad estudiados, en una intensidad que oscila entre los 200-220.

### 3.2 Conclusiones

1. Ninguna de las resinas Bulk Fill estudiadas obtuvo un grado de polimerización similar a la de la resina de polimerización por capas.
2. Las resinas Bulk Fill se contraen al polimerizar y crean una grieta en la cavidad que disminuye con el uso del sistema adhesivo.

### 3.3 Discusión

#### Microscopio Electrónico de Barrido (MEB):

La filtración marginal de los sistemas de resina compuesta ha sido ampliamente estudiada por años, evaluando técnicas, y en una constante generación de diversos materiales para aplacar este proceso indeseado, sin embargo, hasta el momento no existe un método o material capaz de eliminarla (29).

La técnica de obturación para las resinas compuestas es altamente sensible por la gran cantidad de pasos operatorios que conlleva, además de los distintos coadyuvantes como la elección del ácido y el protocolo de fotopolimerización que son cambiantes según la preferencia del operador (29).

En un estudio realizado por Uehara (9), evidenció cómo tres grupos de resinas compuestas estudiadas generaron desadaptación marginal, siendo la Tetric Evo Ceram la que obtuvo menor desadaptación. En el 2015, Pacheco et al (5) no encontraron una diferencia estadística entre la adaptación usando la técnica incremental y monoincremental.

Todos los estudios revisados anteriormente, evidencian la presencia de un gap o brecha marginal, independientemente de la técnica restauradora utilizada o la consistencia, componentes de la resina, técnica de adhesión o polimerización.

Los resultados encontrados en ésta investigación también comprueban que tanto con la resina convencional como las Bulk Fill, en general, presentan un desajuste, que podría generar filtración, sensibilidad y caries secundaria.

Alb C et al (32) en el 2010, chequearon la microfiltración marginal bajo microscopía electrónica de barrido para un estudio que comparó tres resinas compuestas, con sus sistemas adhesivos, obteniendo también presencia de microfiltración.

Campos et al (33) compararon la adaptación marginal de cuatro resinas convencionales y sus versiones Bulk Fill, pero no encontraron diferencias significativas entre los grupos. Al igual que los resultados obtenidos en esta investigación, se comprobó que todas presentan una brecha marginal.

La técnica incremental se ha tomado como la más aceptada para reducir la tensión generada en las resinas compuestas; Yamazaki (34) sugiere que la reconstrucción incremental reduce la microfiltración comparada con la monoincremental; ampliamente estudiada y recomendada en restauraciones directas,

disminuye el Factor C que también conlleva complicaciones como el empaquetado óptico sin la generación de burbujas, mayor tiempo clínico.

Heintze, Monreal y Perschke (35) en el 2015 aseguraron que las resinas se adaptan de una forma muy similar utilizando una técnica incremental. El producto de la resina control (Filtek Z350 3M) obtuvo mejores resultados con o sin adhesivo utilizando la técnica incremental, con una capa híbrida y una unión más íntima entre sus partes (35).

Por otra parte, al realizar el análisis descriptivo y comparativo se puede extraer que en general se obtuvo mejores resultados para aquellas muestras en las que se utilizó adhesivo, ya que en muchas ocasiones, aquellas que no utilizaron, se desprendían a los días de haber hecho el experimento.

Los sistemas adhesivos buscan, a través de las micro porosidades creadas a nivel de la estructura de esmalte o dentina mediante el grabado ácido, el acceso de los materiales adhesivos dentro de su estructura para crear la unión entre ambos sustratos, lo que en dentina se conoce como capa híbrida, que según Nakabayashi et al (36) mostraron por primera vez en 1991, se describe como la unión producida cuando un monómero como el 4-META, formado por grupos hidrofílicos e hidrofóbicos, logra penetrar en los túbulos dentinarios, polimerizándose y formando una sola unión que no puede ya ser descrita como material resinoso o diente.

Esto comprueba la importancia del uso del adhesivo para disminuir la contracción generada por la polimerización, siempre tal y como lo recomiendan los fabricantes.

En general, se puede destacar que la resina Tetric N- Ceram obtuvo mejores resultados tanto en piso como en pared de las cavidades, comparada con la 3M ESPE. No obstante, fueron observadas brechas marginales mayores comparadas con la resina control, esto podría deberse a que la lámpara no alcanza los incrementos de 4 mm, el fotoiniciador Ivocerina; no es sensible y queda material sin polimerizar, en contradicción con las afirmaciones del fabricante que indica que la molécula nueva Ivocerina ayudaría, debido a su translucidez a que polimerice completamente (31).

Jang (11) en el 2015 evidenció que el grado de conversión de la resina Tetric N Ceram Bulk Fill es similar a los sistemas convencionales y presenta un adecuado curado en incrementos de 4 mm. Lo cual según esta investigación muestra datos muy similares.

Al comparar los resultados donde hubo mayor desajuste, este estudio concluye que fue en el borde cavo superficial cervical, es decir piso de la cavidad, donde en todas las muestras se generó un desajuste, el cual se da por la menor visualización de la cavidad y también por la profundidad de la propia cavidad.

Por su parte, Pacheco (5) evidenció que a mayor profundidad existe menor adaptación marginal. Y en este experimento se comprueba cómo en el borde cavo superficial, es decir piso de la cavidad, existe un desajuste mayor comparado con la pared.

Rosas, A et al (10) evaluaron la estabilidad marginal de una resina compuesta con una monoincremental, los resultados son relativamente similares en el borde cavo oclusal, sin embargo, en el borde gingival la resina convencional obtuvo mejores resultados.

Los resultados del presente estudio contradicen aquellos obtenidos por Hoshmand et al (37) en el 2012, quienes al hacer una comparación in vitro del sellado marginal de una resina monoincremental versus resinas de técnica convencional; las primeras obtuvieron mejores resultados aunque comparables con las de nanorelleno, microhíbridas e híbridas convencionales. Estos resultados pueden ser explicados por la técnica de obturación utilizada en el estudio, en el cual todos los materiales se utilizaron con técnica monoincremental, aunque no estuvieran indicadas para ello (37).

El análisis de los resultados obtenidos en esta investigación permite demostrar que existe una gran variedad de resinas nanohíbrida en el mercado, que pueden facilitar el tiempo de trabajo como lo son las Bulk Fill, pero se debe conocer que estas resinas tienen sus ventajas y desventajas. Además, es necesario realizar más estudios que evalúen factores como su contracción de polimerización, el tamaño óptimo de cada incremento, profundidad de curado, el tamaño de la brecha marginal que se genera, entre otros, en relación con su desempeño clínico a través de estudios clínicos prospectivos.

#### Espectroscopia de Raman:

La espectroscopia de Raman es una técnica fotónica de alta resolución que brinda en pocos segundos información química y estructural de cualquier material o compuesto, ya sea de origen orgánico o inorgánico, lo cual permite su identificación. El análisis mediante espectroscopia Raman se basa en el examen de luz dispersada por un material al incidir sobre él un haz de luz monocromático, es de esta manera que se logra identificar la presencia de compuestos (38). En este caso permitió identificar la polimerización de las resinas, o sea, su grado de conversión.

Según Horning y Gómez (27) uno de los factores más importantes que permite vislumbrar el éxito o predictibilidad de una restauración, es el grado de conversión de la resina utilizada. El proceso de polimerización implica la reacción de radicales libres en la cual un material se transforma de un estado fluido o viscoso a un estado rígido. Durante este proceso, los enlaces alifáticos ( $C = C$ ) se rompen y se convierten en enlaces covalentes simples (C-C) entre monómeros de metacrilato.

Dentro de la estructura de las resinas compuestas se encuentran monómeros bifuncionales como Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA los cuales producen al ser activados, polímeros vítreos (31). Idealmente, la mayor cantidad de monómeros deben convertirse en polímeros durante el proceso de polimerización. Dicho grado de conversión depende de varios factores relacionados de forma inherente con la resina, tales como composición y tamaño de las partículas de relleno, y además, de factores extrínsecos relacionados con el agente fotoactivador (8).

De manera general, tal y como se observa en los resultados, el proceso de polimerización se ve disminuido a mayores profundidades de curado (en las resinas Bulk Fill y control mediante técnica de monobloque), ya que se disminuye la exposición del agente fotoactivador (canforquinona), lo que conlleva una fotoactivación menor y menos eficiente que se traduce en conversión insuficiente de monómeros en el fondo de la cavidad y polimerización insuficiente. Lo anterior no se observó al utilizar la resina control mediante técnica incremental, en la cual se muestra un grado de polimerización similar en las tres profundidades examinadas.

Sin embargo, al utilizar la resina control mediante técnica de monobloque, se observa cómo su polimerización es menor respecto a la de las resinas Bulk Fill, lo cual



se explicaría por el hecho de que al ser una resina convencional posee propiedades que no la hacen apta para ser utilizada mediante esta técnica, a diferencia de las resinas Bulk, tales como el porcentaje de relleno y tamaño de las partículas, aunque en gran medida la composición general de ambos tipos de resina es bastante similar.

Según Corral y Vilsósola (8), hay varias características que diferencian las resinas Bulk Fill de las convencionales, y que podrían explicar el porqué estas tienen mayor capacidad de curado si se comparan con una resina convencional, dentro de los cuales mencionan: sistemas de iniciación más eficientes en algunas resinas, mayor translucidez, lo que permitiría una penetración más profunda de la luz al disminuir la absorción de esta por parte de los pigmentos y la disminución de la superficie de interface matriz relleno que desciende la refracción de la luz.

En el caso de ambas resinas Bulk Fill, por pertenecer a diferentes casas comerciales, estas poseen algunas diferencias entre ellas, por ejemplo, el porcentaje de relleno es mayor en el caso de TetricEvoCeram (60-80%), mientras que el de Filtek Bulk Fill oscila entre un 42-64%. Además, ambas poseen compuestos diferentes en el relleno, por ejemplo, en el caso de esta última se compone de una combinación de trifloruro de Iterbio y partículas de Zirconia/Silice, mientras que en el caso de TetricEvoCeram se compone de Vidrio de Bario, Trifluoruro de Iterbio, prepolímero y óxidos (8).

Lo anterior explica la diferencia que se observa en los gráficos obtenidos por espectroscopia Raman de los productos de las dos casas comerciales.

Por otra parte, según manifiestan Corral y Visósola (8), la variabilidad en los componentes de las resinas de diferentes casas comerciales puede provocar distintos

grados de conversión polimérica, por lo que esta característica no debería ser tomada como un indicador fiable de sus propiedades mecánicas, debido a que al presentar distintos monómeros o compuestos patentados por cada casa comercial, podrían generarse comportamientos distintos (evaluados en la espectroscopia) sin que esto permita afirmar que un mayor grado de conversión significa necesariamente mejores propiedades mecánicas.

#### IV. CAPÍTULO. Final

##### 4.1 Cronograma de actividades:

Fecha	Actividades	Recursos	Responsables	Evaluación del director	Evaluación de grupo
Abril	Reunión inicial	Definición del tema y conceptos básicos.	Dr. David Lafuente		
Mayo	Revisión de literatura acerca del tema en estudio. Recolección de piezas dentales	Dientes Internet Libros Revistas Artículos	Rebeca López, María Fernanda Madrigal.		
Junio	Revisión de literatura. Recolección de piezas dentales. Primer avance teórico	Dientes Internet Libros Revistas Artículos	Rebeca López, María Fernanda Madrigal.		
Julio	Procedimientos relacionados con el laboratorio. Preparación calibrada de dientes extraídos, obturación, corte y demás procedimientos asociados	Pieza de alta Broca 1558 Unidades de la Facultad de Odontología, UCR Resinas Bulk Fill y convencional IPP Lámpara de fotocurado Adhesivo.	Rebeca López, María Fernanda Madrigal.		
Agosto	Análisis mediante técnica de microscopía. Ciudad de la Investigación, UCR.	Microscopio electrónico de Barrido	Dr. David Lafuente, María Fernanda Madrigal.		
Setiembre	Análisis mediante espectroscopia Raman, Facultad de	Espectroscopio de Raman	Dr. David Lafuente, Rebeca López.		

	Odontología, UCR. Segundo avance teórico				
Octubre	Análisis de resultados y avance del trabajo teórico.	Computador	Rebeca López, María Fernanda Madrigal.		
Noviembre	Correcciones del trabajo final. Revisión filológica. Realización del póster	Filólogo Computadora Programa Power Point	Rebeca López, María Fernanda Madrigal.		

#### 4.2 Factores facilitadores:

- La alta capacidad académica del director a cargo del proyecto para llevar a cabo los procedimientos.
- La disposición y oportunidad de realizar los procedimientos de laboratorio en la Facultad.
- Los materiales y máquinas utilizadas, todas proporcionadas por la Universidad para poder llevar a cabo los experimentos.
- La buena comunicación y colaboración entre las sustentantes del proyecto.
- La prestación de las equipos dentales en las clínicas.

#### 4.3 Obstáculos y dificultades:

- La principal limitación que se presenta es no poder reproducir las condiciones del medio bucal con total exactitud.
- Al inicio, la limitación fue poder encontrar piezas dentales sanas y conservarlas debidamente en agua.
- Difícil obtención de más resinas Bulk Fill en el mercado.

- Escasos antecedentes de estudios realizados con este tipo de resinas, por su reciente incorporación al mercado.
- La organización para poder realizar reuniones con el instructor debido a los distintos horarios.

#### 4.4 Bitácora

Fecha	Actividad
	Reunión con el Dr. David Lafuente para introducir el tema y definir lineamientos de la investigación.
10/04/2016	Revisión de literatura.
31/04/2016	Revisión de literatura.
05/06/2016	Envío vía <i>email</i> del primer avance teórico de la investigación al Dr. Lafuente.
15/06/2016	Limpieza de las muestras.
21/06/2016	Devolución del documento con las correcciones pertinentes.
28/06/2016	Selección de piezas dentales recolectadas. Definición de los procedimientos a seguir en el laboratorio.
06/07/2016	Corte coronal de las piezas dentales seleccionadas.
07/07/16	Preparación de cavidades en las piezas dentales seleccionadas. Obturación con resina Bulk Fill y convencional. División de las muestras. Colocación en la incubadora
15/07/2016	Corte longitudinal de las muestras. Colocación en la incubadora.

29/09/2016	Preparación de las muestras para ser analizadas bajo microscopio electrónico de barrido.
09/08/2016	Análisis de las muestras en microscopía.
17/08/2016	Entrega de avance del trabajo escrito.
16/09/2016	Análisis de muestras mediante espectroscopia Raman. (Error en el análisis).
30/09/2016	Análisis de muestras mediante espectroscopia Raman. Repetición.
05/11/2016	Entrega de borrador del trabajo final al Dr Lafuente y la Dra Ballestero.
11/11/2016	Retiro del borrador con las correcciones pertinentes.
21/11/16	Realización de correcciones del trabajo final y envío para la revisión por parte del filólogo. Elaboración del póster de exhibición.

#### 4.5 Referencias bibliográficas:

1. Domínguez R. Análisis comparativo in vitro del grado de sellado marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas con un material monoincremental (Tetric n-ceram bulk fill), y uno convencional (Tetric N-ceram). Trabajo de investigación. Universidad de Chile; 2014.
2. Trigueros L. Análisis comparativo de la filtración marginal entre los composites de aplicación directa condensables e híbridos. (Tesis Doctoral); 2003.
3. Domínguez R, Corral D, Bader M. Análisis comparativo in vitro del grado de sellado marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas con un

- material monoincremental (Tetric n-ceram bulk fill), y uno convencional (Tetric N-ceram). Trabajo de investigación. Revista Dental de Chile; 2015; 106 (1): 15-19.
4. Botto I. Estudio Comparativo in vitro de la resistencia compresiva y la dureza superficial de un sistema de resina compuesta monoincremental (SonicFill™) y uno convencional (Herculite® Precis). Trabajo de Investigación. Universidad de Chile; 2013
  5. Pacheco C, Gehrke A, Ruiz P, Gainza P. Evaluación de la adaptación interna de resinas compuestas: Técnica incremental versus bulk-fill con activación sónica. Avances En Estomatología 2015; 31(5): 313-321.
  6. Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill Resin-based Composites: An In Vitro Assessment of Their Mechanical Performance. Operative Dentistry; 2013; 38 (6): 618-625.
  7. Ivoclar Vivadent. Tetric N-Ceram Bulk Fill. Catálogo; 2013.
  8. Corral C, Vildosola P, Miranda C, Alves E, Fernández E. Revisión del estado actual de resinas compuestas bulk fill. Revista Facultad De Odontología. Universidad De Antioquia. 2015; 27(1): 177-196.
  9. Uehara N, Ruiz AJ, Velasco J, Ceja I, Espinosa R. Adaptación marginal de las resinas bulk fill. *RODYB*, 2015; 2(3): 1-10.
  10. Rosas A, Soto V, Ruiz P, Gainza P, Barria M. Estabilidad marginal de una resina condensable versus resina monoincremental activada sónicamente en restauraciones clase II: Estudio in vitro. Avances En Estomatología. 2016; 32 (1) 45-53.
  11. Jang JH, Park S H, Hwang I N. Polymerization Shrinkage and Depth of Cure of Bulk-Fill Resin Composites and Highly Filled Flowable Resin. Operative Dentistry; 2015; 40 (2):172-180.
  12. Kim E, Jung K, Son S, Hur B, Kwon Y, Park J. Effect of resin thickness on the microhardness and optical properties of bulk fill resin composites. Restorative Dentistry & Endodontics; 2015; 40 (2), 128-135
  13. Heintze S, Monreal D, Perschke A. Marginal Quality of Class II Composite Restoarations Placed in Bulk Compared to an Incremental Technique; Evaluation

- with SEM and Stereomicroscope. *Journal of Adhesive Dent.* 2015; 17 (2), 147-154
14. Benetti A, Havndrup C, Honoré D, Pedersen MK, Pallesen U. Bulk-Fill Resin Composites: Polymerization Contraction, Depth of Cure, and Gap Formation. *Operative Dentistry.* 2015; 40(2):190-200.
  15. Marín B, Allen F, Ruggiero R, Mogilevych B, Silva L, Abrahao A, Ambrosano G, Giannini M. Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *Dental materials.* 2015; 31: 1542-1551.
  16. Alrahlah A, Silikans N, Watts DC. Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin composites. *Dent Materials.* 2014; 30(2):149-54.
  17. Young R, Jin Y, San N, Bog I. Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites. *Journal of dentist.* 2015; 43(4): 430-439
  18. Mansour K, Sada A, Sinan H. Curing depth of bulk fill composites- an in vitro study. *Pakistan Oral & Dental Journal.* 2015; (35) 2:270-274
  19. Abdulrazzaq B. Evaluate polymer degree of conversion of bulk-fill composite restoration. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences.* 2015; (14) 9: 75-79.
  20. Xin Li, Pong Pongprueksa, Bart Van Meerbeek, Jan De Munck. Curing profile of bulk-fill resin-based composites. *Journal of dentistry.* 2015; (43) 664-672
  21. Inostroza M. Estudio comparativo del grado de sellado marginal de restauraciones realizadas con sonicfill™ (Kerr), y una resina compuesta convencional herculite precis (Kerr), (estudio in vitro). Trabajo de Investigación. Universidad de Chile; 2012.
  22. Botto I. Estudio Comparativo in vitro de la resistencia compresiva y la dureza superficial de un sistema de resina compuesta monoincremental (SonicFill™) y uno convencional (Herculite® Precis). Trabajo de Investigación. Universidad de Chile; 2013.
  23. Álvarez R. Descripción de la adaptación a tejidos dentarios del sistema de resina compuesta sonicfill (Kerr) y un material de restauración de resina compuesta convencional. Trabajo de Investigación. Universidad de Chile; 2012.



24. Boza Y. Estudio de la profundidad de polimerización de resinas bulk fill a diferentes distancias de fotoactivación. (Tesis). Universidad Nacional mayor de San Marcos. Perú; 2015.
25. Ferracane JL, Stansbury J, Burke FJT. Self-adhesive resin cements – chemistry, properties and clinical considerations. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2011; 38(4):295-314.
26. Masioli M. *Odontología Restauradora de la A a la Z*. Santa Catarina, Brasil: Editora Ponto Ltda; 2013.
27. Horning D, Gomes J, Chu L, Dominguez J. Evaluation of the degree of conversion composite resin after activation with lampd led units. *Colombia Journal of Dental Research*. 2012; (3) 9
28. Campos M, Aizencop D. Análisis comparativo in vitro del sellado marginal de restauraciones Clase II de resina compuesta realizadas con técnica incremental oblicua versus técnica incremental horizontal. *Biomater. Sociedad científica Grupo Chileno de Materiales Dentales* 2015; 2(1); 33-49
29. Furness A, Yousef M, Looney SW, Rueggeberg FA. Effect of bulk/incremental fill on internal gap formation of bulk-fill composites. *J Dent* 2014; 42 (4):439-49.
30. Technical Product Profile. Filtek Bulk Fill posterior restorative; 2015
31. Scientific Documentation Tetric N-Ceram® Bulk Fill. Page 27 of 42
32. Alb C, Alb S, Dudea D, Nicola C, Moldovan M, Culic B, Buduru S, Mesaros A. In vitro testing of an experimental dental composite resin and adhesive system. *Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi*, 2010; 114 (1): 227-232.
33. Campos EA, Ardu S, Lefever D, Jassé FF, Bortolotto T, Krejci I. Marginal adaptation of class II cavities restored with bulk-fill composites. *J Dent* 2014; 42 (5):575-81.
34. Yamazaki P.C.V, Bedran-Russo A. K. B., Pereira P. N. R., Swift Jr. Microleakage Evaluation of a New Low-shrinkage Composite Restorative Material. *Operative Dentistry*. 2006, 31 (6): 670-676
35. Heintze SD, Monreal D, Peschke A. Marginal Quality of Class II Composite Restorations Placed in Bulk Compared to an Incremental Technique: Evaluation with SEM and Stereomicroscope. *J Adhes Dent* 2015; 17(2):147-54.

36. Nakabayashi N, Nakamura M, Yasuda N. Hybrid layer as a dentin bonding mechanism. J Esthet Dent 1991; 3(4): 133-138
37. Hoshand T et al. Marginal leakage and microhardness evaluation of low-shrinkage resinbased restorative material. Gen Dent. 2013; 61(1):46-50.
38. Espectroscopia Raman. Instituto Nacional del Carbón, España. [Internet] 2007. [citado el 13de noviembre de 2016]. Disponible desde: <http://www.incar.csic.es/espectroscopia-raman>

## 4.6 References Vancouver

Odvotos International Journal of Dental Sciences uses the Vancouver reference style starting from 2015 Issues, which can be found in most citation management software products.

- In the Vancouver Style, citations within the text of the article are identified by Arabic numbers in round brackets. This applies to references in text, tables and figures.
- Do not use superscript for references.
- The End Note referencing style software uses the Arabic number in brackets.
- If you want to cite several pieces of work in the same sentence, you will need to include the citation number for each piece of work. A hyphen should be used to link numbers that are inclusive, and a comma used where numbers are not consecutive. Ex: Several studies (6–9, 13, 15) have examined the effect of...

Odvotos International Journal of Dental Sciences utiliza el formato de referencia Vancouver Style a partir de las Ediciones del 2015, este formato se puede encontrar en la mayoría de los productos de software de gestión de citas.

- En el estilo de Vancouver, las citas dentro del texto del artículo se identifican mediante números arábigos entre paréntesis, por ejemplo (1). Esto se aplica a las referencias en el texto, tablas y figuras.
- No utilice el número en superíndice
- El software de estilo referencias EndNote utiliza el número arábigo entre paréntesis.
- Si quieres citar varios trabajos en la misma frase, tendrá que incluir el número de citas para cada uno. Un guión debe ser utilizado para vincular los números que sean incluyentes y una coma utiliza cuando los números no son consecutivos. Ej: Varios estudios (6-9, 13, 15) han examinado el efecto de ..

## Journal Articles

Author(s) - Family Name and initials. Title of article. Title of Journal – abbreviated  
 Publication year; Volume (issue): pages.

Reference type	In text examples	Reference list example
One autor	As stated by Snowdon (1).....	18. Snowdon J. Severe depression in old age. <i>Medicine Today</i> . 2002 Dec;3(12):40-47.
Two authors	McInnes & Bollen have developed a perspective which identifies social pathologies (19).	19. McInnes D, Bollen J. Learning on the job. <i>Venereology</i> 2000; 13(1):27-36.
Three to six authors	By using meta-analysis, Skalsky et al (20)...	20. Skalsky K, Yahav D, Bishara J, Pitlik S, Leibovici L, Paul M. Treatment of human brucellosis: systematic review and meta- analysis of randomised controlled trials. <i>BMJ</i> .2008 Mar 29;336(7646):701-4.
More than six authors	Hanna et al. (21) report in this article that ...	21. Hanna JN, McBride WJ, Brookes DL, Shield J, Taylor CT, Smith IL, Craig SB, Smith GA. Hendra virus infection in a veterinarian. <i>Med J Aust</i> . 2006;185(10):562-64.

## Thesis

Printed Thesis: Author. Thesis title [type of thesis]. Place of publication: Publisher; Year. Online Thesis: Author. Thesis title [type of thesis on the internet]. Place of publication: Publisher; Year [cited date – year month day]. Available from: Name of database/web address

Reference type	In text examples	Reference list example
Thesis	The research is support by Kay (39)...	39. Kay JG. Intracellular cytokine trafficking and phagocytosis in macrophages [PhD thesis]. St Lucia, Qld: University of Queensland; 2007.
Thesis – retrieved from database/internet	Pahl stated (40) ...	40. Pahl KM. Preventing anxiety and promoting social and emotional strength in early childhood: an investigation of aetiological risk factors [PhD thesis]. St Lucia, Qld: University of Queensland; 2009 [cited 2010 Mar 24]. Available from: University of Queensland Library E-Reserve

## Libros

Author(s) – Family name and initials, Multiple authors separated by a comma. Title of book. Edition of book if later than 1st ed. Place of Publication: Publisher Name; Year of Publication.

Reference type	In text examples	Reference list example
One autor	Butler proposed (1).....	1. Butler SW. Secrets from the Black Bag. London: The Royal College of General Practitioners; 2005.
Two to six authors	This work reflects (2)...	2. Cheers B, Darracott R, Lonne B. Social care practice in rural communities. Sydney: The Federation Press; 2007.
Six or more authors	Professionals in collaboration (3)...	3. Hofmeyr GJ, Neilson JP, Alfirevic Z, Crowther CA, Gulmezoglu AM, Hodnett ED et al. A Cochrane pocketbook: Pregnancy and childbirth. Chichester, West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd; 2008.