

**Evaluación de la adaptación marginal de incrustaciones en resina compuesta
cementadas con cemento resinoso dual y resina precalentada**

**Ángela María Pineda Méndez, Karen Dayana Gómez Jiménez, María Consuelo
Fernández Carvajal**

Trabajo de grado para optar el título de especialistas en Rehabilitación Oral

Director

Ingrid Yadira Villamizar Amaya

Especialista en Prostodoncia

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ciencias de la Salud

Especialización en Rehabilitación Oral

2024

Contenido

1. Introducción.....	10
1.1 Planteamiento del problema.....	11
1.2 Justificación	13
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo general.....	15
1.3.2 Objetivos específicos.....	15
2. Marco referencial	15
2.1 Marco teórico	15
2.1.1 Desadaptación marginal	15
2.1.2 Restauraciones indirectas	16
2.1.3 Indicaciones	17
2.1.4 Preparaciones.....	18
2.1.5 Cementos	21
2.1.6 Cementación	25
2.1.7 Resinas compuestas	27
2.1.8 Resina precalentada.....	32
2.1.9 Microscopio electrónico de barrido (SEM).....	33
2.1.10 Termociclado	39
3. Hipótesis nula.....	40
4. Materiales y métodos	40
4.1 Tipo de estudio	40
4.2 Población.....	40

4.3 Muestra y tipo de muestreo	40
4.4 Criterios de inclusión	40
4.5 Criterios de exclusión.....	41
4.6. Variables	41
4.7 Instrumento de recolección de datos	41
4.8. Pruebas estadísticas	42
4.8.1 Plan de análisis estadístico	42
4.9 Procedimiento de la investigación.....	43
4.10 Prueba piloto	48
4.11 Consideraciones éticas	48
5. Resultados	49
5.1. Aspectos relacionados con la muestra.....	49
5.2 Aspectos relacionados con la frecuencia de desadaptación de las incrustaciones en tiempo cero	50
5.3. Aspectos relacionados con la desadaptación marginal en micras	51
5.4. Análisis bivariado.....	51
5.4.1. Frecuencia de desadaptación de acuerdo con el material cementante en el tiempo cero y a un año.....	51
6. Aspectos relacionados con el comportamiento de los cementantes en el tiempo medido en micras	53
7. Discusión.....	53
7.1 Conclusiones	55
7.2 Recomendaciones.....	55

Referencias.....	57
------------------	----

Apéndices.....	63
----------------	----

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Frecuencia desadaptación incrustaciones tiempo cero.....</i>	50
Tabla 2. <i>Frecuencia de desadaptación tiempo envejecimiento un año</i>	50
Tabla 3. <i>Micras desadaptación al tiempo cero y envejecimiento un año</i>	51
Tabla 4. <i>Frecuencia de desadaptación de acuerdo con el material cementante tiempo cero</i>	52
Tabla 5. <i>Frecuencia de desadaptación de acuerdo con el material cementante envejecimiento un año.....</i>	52
Tabla 6. <i>Comportamiento de los cementantes en el tiempo medido en micras</i>	53

Lista de figuras

Figura 1. <i>Imagen de un nanocompuesto con nanocluster y rellenos nanométricos</i>	32
Figura 2. <i>Dispositivo SEM Quanta</i>	34
Figura 3. <i>Cañón de electrones.</i>	35
Figura 4. <i>Lentes electromagnéticos</i>	35
Figura 5. <i>Detector de electrones para electrones retrodispersados y secundarios.....</i>	36
Figura 6. <i>Todos los componentes SEM.....</i>	36
Figura 7. <i>Esquema del Microscopio Electrónico de Barrido</i>	38

Lista de apéndices

Apéndice A. <i>Tabla de operacionalización de variables</i>	63
Apéndice B. <i>Instrumento.....</i>	64
Apéndice C. <i>Plan de análisis estadístico.....</i>	65
Apéndice D. <i>Acta de donación de dientes.....</i>	66
Apéndice E. <i>Evidencia fotográfica procedimiento.</i>	67

Resumen

La principal causa de fracaso de las incrustaciones es la microfiltración asociada a la desadaptación marginal que puede asociarse al tipo de cemento utilizado. En el mercado existen múltiples materiales de cementación, sin embargo, su elección ha sido controversial durante los últimos años. **Objetivo:** evaluar la adaptación marginal de incrustaciones en resina compuesta cementadas con resina precalentada y cemento resinoso dual. **Materiales y métodos:** se realizó un estudio experimental in vitro utilizando 30 premolares con coronas sanas. Se dividieron en dos grupos iguales (n=15) para la posterior cementación de incrustaciones en resina. Para el grupo 1 se cementaron con resina precalentada (ENA Micerium) y el grupo 2 con cemento resinoso (Duolink, Bisco). Inmediatamente se llevó a cabo una medición del espacio entre la restauración y el diente mediante microscopio electrónico de barrido y se sometieron a termociclaje (10.000 ciclos) simulando envejecimiento de un año. Posteriormente, se repitió el proceso de medición permitiendo la comparación entre estos valores. **Resultados:** el cemento resinoso presentó una mediana de desadaptación inicial de 86,3 μm y 105,7 μm después de ser sometido al proceso de envejecimiento dando como resultado un mayor deterioro del material en el tiempo a diferencia de la resina precalentada la cual se mantiene más estable, donde la mediana de desadaptación inicial es de 83,2 μm y de 88,3 μm a un año. **Conclusiones:** la resina precalentada presentó mejores valores de adaptación marginal con respecto al cemento resinoso en el tiempo cero y a un año.

Palabras clave: resina compuesta, cementos de resina, incrustación dental, adaptación marginal, tomografía por microscopio electrónico

Abstract

The main cause of failure of inlays is microleakage associated with marginal seal, which can be related to the type of cement used. There are multiple types of cements available on the market; however, their choice has been controversial in recent years. **Aim:** to evaluate the marginal fit of composite resin inlays cemented with preheated resin and dual-cure resin cement. **Materials and Methods:** an in vitro experimental study was conducted using 30 premolars with healthy crowns. They were divided into two equal groups (n=15) for the subsequent cementation of resin inlays. Group 1 was cemented with preheated resin (ENA Micerium) and Group 2 with resin cement (Duolink, Bisco). A measurement of the gap between the restoration and the tooth was immediately carried out using a scanning electron microscope, and they were subjected to thermocycling (10,000 cycles) simulating one year of aging. Subsequently, the measurement process was repeated, allowing for a comparison between these values. **Results:** the resin cement showed a median initial misfit of 86.3 μm and 105.7 μm after being subjected to the aging process, resulting in greater deterioration of the material over time compared to the preheated resin, which remained more stable, with a median initial misfit of 83.2 μm and 88.3 μm after one year. **Conclusions:** The preheated resin showed better marginal fit values compared to the resin cement at time zero and after one year.

Keywords: composite resin, resin cements, dental inlay, dental marginal adaptation, electron microscope tomography

1. Introducción

La pérdida del tejido dental puede ser causada por diferentes factores como caries, fracturas, traumas, entre otros. Para esto, actualmente existen diferentes técnicas de la odontología restaurativa que permiten devolver al diente su solidez estructural y proporcionar una restauración utilizando materiales que imitan el comportamiento del tejido dental y mejoran el pronóstico del diente restaurado.

Las restauraciones indirectas tipo incrustación se han convertido en una excelente opción cuando hay una destrucción coronal extensa ya que se elimina el problema de la contracción de polimerización, se aumenta el factor de conversión del material y, por ende, mejora la longevidad, brillo y adaptación final de la restauración. Sin embargo, la técnica es más sensible, ya que depende de la habilidad del operador y del agente cementante utilizado.

En la actualidad, existen materiales cementantes con diferentes características y en los últimos años, la resina precalentada ha sido mayormente utilizada, pues su manipulación es más fácil, tienen un mayor tiempo de trabajo y propiedades físico mecánicas favorables. No obstante, preocupa el hecho de que se dificulta lograr la fluidez necesaria para crear una capa delgada que no altere el asentamiento de la restauración indirecta y genere desadaptación marginal que con el tiempo puede causar microfiltración, caries secundaria y deterioro de la incrustación.

El objetivo de la presente investigación es evaluar y comparar dos tipos de agentes cementantes y cual produce un mejor sellado marginal a través del tiempo.

1.1 Planteamiento del problema

Una de las principales preocupaciones de la odontología restauradora está relacionada con el deterioro del sellado marginal de las restauraciones realizadas por técnica directa dando como resultado caries secundaria, sensibilidad postoperatoria y enfermedad pulpar, resultando en el fracaso de la restauración (Vivas, 2019; Risco, 2019). Además, esta técnica conlleva dificultades tales como la contracción de polimerización, poca longevidad, inestabilidad del color y dificultad para generar el punto de contacto y contorno proximal (D' Argangelo, 2015).

Por otro lado, las restauraciones indirectas tipo incrustación realizadas sobre un modelo de trabajo constituyen una de las técnicas más utilizadas en la actualidad para restaurar dientes posteriores con cavidades compuestas y complejas logrando mejorar los problemas mencionados anteriormente. En un estudio realizado por Fabianelli, et ál., (2017) se demostró que las restauraciones en este tipo de cavidades tienden a presentar mayor desadaptación marginal entre el material de restauración y el sustrato dental, lo que con el tiempo puede resultar en microfiltración.

Alvarado, et ál., (2020), en diferentes artículos citados mencionan que el rango aceptable de adaptación marginal de las restauraciones indirectas se encuentra entre 48 y 219 μm , sin embargo, recomiendan que debe ser inferior a las 100 μm . Además, aclaran que con el tiempo las capas del agente cementante pueden variar, deteriorándose y perdiendo la capacidad de sellado permitiendo la microfiltración.

Es importante mencionar que en la técnica indirecta se requiere de materiales cementantes que proporcionen una adhesión entre la restauración y el sustrato dentario. Para llevar a cabo este proceso existen diferentes materiales dentro de los cuales se encuentran los cementos resinosos de grabado, autograbado y autoadhesivos que a su vez pueden ser de fotocurado o duales. Aquellos

de grabado, se unen a la superficie dentaria mediante el acondicionamiento con ácido fosfórico al 35-37% y aplicación de adhesivo (Ugarte, 2017). Por otra parte, los cementos de autograbado omiten este paso; no obstante, su fuerza de adhesión es menor. Por último, los cementos autoadhesivos, eliminan la necesidad de un tratamiento previo del sustrato dental y la superficie de la restauración (Ugarte, 2017).

A partir de los años 90, se introdujo el uso de resinas compuestas precalentadas (RP) como agente cementante ya que se encontró que al aumentar su temperatura entre 55° y 60°, se reduce su viscosidad y aumenta la fluidez, resultando en una adaptación marginal superior, reducción de la microfiltración y, por ende, aumento de la longevidad de la restauración (D'Amario, 2015). En un estudio realizado en 2020 por Alvarado, ét, al., se encontró que las restauraciones cementadas con un cemento resinoso autoadhesivo (CA) presentaron un valor promedio de 84.4 μm de microfiltración, mientras que con resina precalentada fue de 47,7 μm y además se evidenció un mejor sellado y adaptación debido al grado de fluidez del material.

Por otro lado, Deb y colaboradores realizaron un estudio donde comprobaron que, aunque la adaptación marginal es mejor debido a la fluidez de la resina precalentada, la contracción puede ser mayor, ya que hay una mayor conversión de monómeros lo que puede disminuir la adaptación lograda por el aumento de la temperatura (Deb, 2011). No obstante, Mounajjed en 2017, comparó la discrepancia vertical en restauraciones indirectas encontrando menor adaptación marginal en aquellas cementadas con resina precalentada (116 μm) que con un cemento resinoso de grabado (45 μm) (Mounajjed, 2017).

En la mayoría de los artículos se compara la resina precalentada (RP) con cementos resinosos duales autoadhesivos (CA), sin embargo, se tiene información de que los cementos de grabado proporcionan una menor microfiltración que los CA (Solórzano, 2017), por lo cual se

podría sospechar que, al comparar un cemento autoadhesivo con una resina como agente cementante, ésta muestra mejores resultados.

Teniendo en cuenta lo anterior y buscando ampliar las investigaciones acerca de este tema, se propone la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo influyen los sistemas de cementación en la adaptación marginal a través del tiempo en incrustaciones de resina?

1.2 Justificación

Con el paso de los años la odontología convencional ha venido evolucionando a una filosofía mínimamente invasiva y se han implementado cada vez más materiales y técnicas que permiten ofrecer restauraciones posteriores longevas, con forma, estética y función teniendo como objetivo principal la máxima preservación de la estructura dental (Vivas, 2019).

Buscando reducir las desventajas de las restauraciones por técnica directa, las incrustaciones han tenido gran acogida, pues dan como resultado un mejor contorno proximal, menor contracción de polimerización, mayor resistencia a la fractura y al desgaste y mejor adaptación interproximal (Azeem, 2018). Sin embargo, la principal causa de fracaso de estas restauraciones es la microfiltración, que puede estar asociada a un inadecuado aislamiento del campo operatorio, adhesión deficiente del agente cementante o desintegración del mismo asociado al tiempo, entre otros (Solórzano, 2017).

Es por esto, que durante muchos años se ha investigado sobre los resultados clínicos al utilizar diversos materiales de cementación tratando de disminuir este fenómeno (Tigua, 2019).

La elección del material de cementación en restauraciones indirectas ha sido controversial durante los últimos años, ya que se han diseñado diversos materiales para este fin con distintas propiedades que proporcionan una aceptable adhesión al sustrato dentario y buscando la mayor

longevidad posible. Sin embargo, en los años 90 se implementó el uso de la resina precalentada como agente cementante ya que en algunos estudios se ha demostrado que la degradación de los cementos resinosos con el paso del tiempo es mayor en comparación con las restauraciones cementadas con resina precalentada (Alvarado, et ál., 2020). No obstante, en otras investigaciones los resultados han sido contradictorios observando un mejor comportamiento en los cementos resinosos (Mounajjed, 2018).

Como se mencionó anteriormente, según la revisión de la literatura se encontró que en la mayoría de las investigaciones se hacen comparaciones entre la resina precalentada y cementos autoadhesivos. Conociendo que éstos a su vez comparándolos con un cemento resinoso de grabado y dual, presentan menor selle marginal en las restauraciones indirectas. Es por esto, que en la presente investigación se quiere tener como referente un cemento de este tipo.

A nivel profesional, este estudio tiene un gran impacto, ya que fortalecerá las competencias investigativas y profundizar sobre este tema específico para el desarrollo de una odontología restaurativa confiable. Además, ayudará a los odontólogos a conocer dos materiales de cementación de restauraciones indirectas donde además podrán analizar cuál de ellos proporciona una mejor adaptación marginal en el tiempo y por ende menor desadaptación marginal. Así mismo, motivará a los profesionales del área a investigar y ampliar sus conocimientos en el tema con el fin de escoger la mejor alternativa para sus pacientes y obtener mejores resultados clínicos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la adaptación marginal de incrustaciones en resina compuesta cementadas con resina precalentada y cemento resinoso dual.

1.3.2 Objetivos específicos

Comparar los valores de adaptación marginal entre los dos sistemas de cementación en tiempo cero

Determinar la adaptación marginal presente en las restauraciones a un año

2. Marco referencial

2.1 Marco teórico

2.1.1 Desadaptación marginal

La adaptación marginal de las restauraciones indirectas puede ser afectada por varios factores entre los cuales se destacan: el diseño de la preparación, la técnica de impresión y el espesor del agente cementante (Lima, 2018).

La durabilidad a través del tiempo tanto de las restauraciones directas como de las incrustaciones indirectas está vinculada con la correcta adaptación marginal. Se ha demostrado que, si el espacio marginal oclusal supera las 100 μm , se puede producir un desgaste excesivo del cemento resinoso y si este espacio está en la superficie proximal del diente cerca de la encía, existe

mayor riesgo de inflamación gingival y enfermedad periodontal generando como consecuencia: caries secundaria, lesiones pulpares y deterioro del margen gingival producto del crecimiento bacteriano (Zarrati et ál., 2010).

2.1.2 Restauraciones indirectas

Una de las principales razones para realizar una restauración indirecta es cuando existe perdida de la estructura dental producto generalmente de la presencia de caries, dichas restauraciones se clasifican en tipo inlay, onlay u overlay y se confeccionan con diversos materiales cerámicos o resinosos siendo una alternativa viable y funcional, además posee una adecuada redistribución del estrés y tensión debido a sus propiedades elásticas, convirtiéndola en un elemento de restauración biocompatible a las estructuras dentales. (Rodríguez-Villarreal, 2017)

Las únicas tres situaciones para no colocar una resina indirecta es cuando todas las cúspides se encuentran en buen estado, cuando la terminación de la caja proximal es visible y cuando la extensión de las paredes vestibular y linguo-palatina de la caja proximal no están divergentes; de lo contrario el autor recomienda siempre el uso de inlays u onlays. (Hirata, 2011)

2.1.2.1 Clasificación. Según su preparación. Las restauraciones indirectas según su preparación se clasifican en:

- *Inlays o intracoronarias:* son aquellas restauraciones que están limitadas al interior de la estructura dental sin compromiso cuspídeo. (Ejemplo: cavidad clase I, clase II compuesta o compleja sin protección de cúspides).
- *Onlays:* son aquellas restauraciones que cubren parcialmente las cúspides, pero no toda la superficie oclusal. (Ejemplo: restauraciones MOD con protección de cúspides).

- *Overlays*: son restauraciones con cobertura total de cúspides indicadas en cavidades clase II de grandes dimensiones con paredes axiales sin soporte y ausencia de ambas crestas marginales (Veneziani, 2017).

2.1.3 Indicaciones

Según Hepburn Bertoldi Alejandro (2004), las incrustaciones están indicadas en piezas fracturadas, pero aún se preserva las cúspides linguales y las vestibulares en buenas condiciones, también está indicada cuando la mitad o más de la mitad del remanente vestíbulo-lingual de una pieza dental está involucrada en una preparación meso-ocluso-distal o cuando los molares con tratamiento endodóntico previo aún mantienen sanas las paredes vestibular y lingual. (Hepburn, 2004)

Las incrustaciones también están indicadas cuando hay que reemplazar una incrustación previa que ha fracasado, ya sea por desadaptación, filtración marginal o por caries secundaria.

En cavidades clase II cuya preparación fue muy amplia puede dificultar, en casos de restauraciones directas, la adaptación de una matriz, la adecuada manipulación del composite para conseguir un perfil de emergencia ideal y un buen punto de contacto. En cavidades de gran tamaño y en zonas distales de la arcada sufren elevadas cargas oclusales y tienen mayor riesgo de fractura. En casi todas las situaciones en las que existe ausencia de una o más cúspides ya sea en un premolar o un molar y cuando haya que reemplazar múltiples restauraciones de mediano o gran tamaño en el mismo cuadrante (Barone, et ál., 2008).

2.1.3.1 Contraindicaciones. La técnica indirecta requiere de dos sesiones clínicas, una para la preparación de la cavidad, la toma de impresión y la provisionalización; otra para la prueba y cementación de la restauración indirecta (Barone, el ál., 2008)..

Los pacientes que no son candidatos idóneos para una restauración indirecta son aquellos que presentan un aumento de placa bacteriana, historia reciente de caries proximal, pacientes adolescentes, con cambios en el color de los dientes, mordidas parafuncionales o alguna anomalía a nivel del esmalte dental. (Barone, el ál., 2008).

2.1.4 Preparaciones

2.1.4.1 Características de la preparación. Paredes expulsivas (8-15°)

- Ángulos internos redondeados
- Márgenes delimitados en esmalte (sin bisel)
- Angulo cavo superficial recto sin bisel
- Reducciones axiales y oclusales de 2 mm. Terminación cervical en hombro redondeado.
- Istmo mínimo de 2 mm de ancho.
- Base llana
- Caja oclusal con profundidad mínima de 1.5 mm en fosa oclusal
- En la caja proximal, el ángulo cavo superficial debe estar entre 60 y 80° con relación a la faz proximal sin bisel.

En las cúspides que van a ser recubiertas, el espesor del desgaste debe ser de 1.5 a 2 mm, siendo como mínimo 1.5 mm. (Botino M, 2001).

Cuando se talla para una incrustación lo ideal es que el diente haya sido previamente restaurado y si no fue así, se debe completar el tallado de la cresta marginal tratando de dejar una superficie lisa. La fresa utilizada debe ser tronco cónica de bordes redondeados y se debe ubicar en dirección apical para que la punta sobrepase el punto de contacto y llegue lo más cerca posible de la encía. Se debe de tallar hacia lingual y hacia vestibular formando una caja sin cortar todo el esmalte sólo hasta la superficie exterior del mismo. El esmalte que interfiera en la conformación de la caja se debe eliminar, incluso el que se pueda encontrar en zona interproximal, de modo que se rompa el contacto con el diente adyacente. El tallado se debe extender hacia vestibular y lingual, logrando la amplitud ideal del istmo y así realizar una preparación completa (Shillinburng, 2006).

2.1.4.2 Toma de impresión. La toma de la impresión, la preparación de la estructura dental y la localización del margen terminal son pasos fundamentales que aseguran la adaptación y longevidad de las restauraciones indirectas.

El objetivo principal del odontólogo debe ser la preservación e integridad del periodonto manteniendo su forma y posición sin generar algún tipo de trauma durante la preparación y la toma de la impresión y de esta manera evitar la invasión del espacio biológico al momento de la cementación final.

Para la toma de la impresión se debe tener en cuenta las propiedades que tienen los diferentes materiales ya que cada uno ofrece una biocompatibilidad, reproductividad y estabilidad diferente. El material para elegir debe ser lo suficientemente elástico y flexible al momento de realizar la impresión y mantener la memoria después de retirado de la boca. Así mismo debe ser un material con propiedades hidrofílicas ya que la cavidad oral es un ambiente húmedo.

2.1.4.2.1 Materiales *Silicona de adición*: la silicona de adición tiene excelentes propiedades mecánicas, son elásticos, hidrofílicos, resistente, tienen buena recuperación elástica y una excelente reproducción de detalles ya que no libera subproductos durante la polimerización. Este material viene en presentación de masa pesada y liviana (Díaz, et. ál., 2007).

- *Silicona de condensación*: es un material de impresión que, aunque tiene una buena reproducción al detalle y recuperación elástica, su polimerización es mediante reacción de condensación en la que se pierde alcohol etílico, por lo tanto, no posee una buena estabilidad dimensional. Este material viene en presentación base y catalizador en dos pastas (Díaz, et. ál., 2007).
- *Poliéteres*: es un material que posee un alto grado de reproducción al detalle, es muy rígido y presenta buena estabilidad dimensional. Por su tixotropía tiene la capacidad de penetrar en el surco gingival, pero por su rigidez se puede desgarrar y afectar el modelo de trabajo (Díaz, et. ál., 2007).

2.1.4.2.2. Técnicas de impresión. Actualmente se pueden utilizar dos técnicas para la toma de impresión en dientes tallados con fines protésicos, que son: técnica de doble mezcla o a dos pasos y técnica de doble impresión o a un paso.

- *Técnica de doble impresión o a dos pasos con silicona de adición*: Esta técnica consiste en tomar la impresión en dos tiempos. En un primer tiempo se coloca en una cubeta el material de consistencia pesada y se hace una primera impresión a la preparación. Por su baja viscosidad este material no copia con exactitud los contornos, por lo tanto, se eliminan de la impresión los factores retentivos y en un segundo tiempo se utiliza el material de

impresión de consistencia liviana y se hace una segunda impresión a la preparación (Teves, 2021).

- *Técnica de doble mezcla o a un paso con silicona de adición:* Esta técnica consiste en llevar los dos materiales de impresión de forma simultánea a la boca, ya sea que los dos materiales estén en la cubeta y se lleven a la cavidad oral o primero con una jeringa se aplique sobre los dientes el material de consistencia liviana y luego a la cubeta, por lo tanto, al momento de la toma de la impresión los dos materiales se unan (Teves, 2021).

Luego de realizada la impresión se debe obtener un modelo definitivo de trabajo el cual deberá ser vaciado en yeso tipo IV, la reproducción obtenida debe estar libre de burbujas, deformaciones y debe ser la copia fiel de las preparaciones realizadas en las piezas dentales.

2.1.5 Cementos

Hay tres tipos de cementos disponibles según su interacción con el sustrato: cementos no adhesivos (p. ej., cementos de fosfato de zinc), cementos unidos químicamente (p. ej., cementos de resina de policarboxilato, ionómero de vidrio y modificados con fosfato) y cementos de unión micromecánica (cementos resinosos) (Zareen, 2013).

En el presente trabajo, se ampliará la información sobre este último grupo, teniendo en cuenta que son los más utilizados actualmente para la cementación de restauraciones indirectas y se analizarán en este estudio.

- *Cementos resinosos:* son parecidos a las resinas compuestas, ya que están formados de una matriz orgánica y una sólida o de relleno, unidos por silano. Su fase orgánica la constituye el Bis- GMA o UDMA. Mientras que su fase sólida es el componente que aporta sus propiedades ópticas y mecánicas. Presentan un espesor de película que permite la

adaptación y asentamiento completo de la restauración indirecta al diente preparado (Corral, 2014).

Tienen propiedades que permiten adherirse tanto a los tejidos dentales como al material de restauración. Entre sus ventajas, se destaca que tienen retención optimizada y, por lo tanto, no hay necesidad de macro retención, por lo que se pueden realizar cavidades menos invasivas. Proporcionan un mejor sellado marginal, una solubilidad insignificante y propiedades estéticas mejoradas además de una mayor resistencia a la compresión, a la tracción, a la flexión y una mejor resistencia al desgaste marginal (Zeller, 2021).

2.1.5.1 Clasificación. Según su forma de activación: Los cementos de resina se dividen en tres grupos según el proceso de polimerización: cementos químicamente activados, cementos fotopolimerizables y cementos duales.

- *Cementos químicamente activados:* La reacción química es generada por un sistema amina-peróxido donde la amina terciaria aromática actúa como activador y un peróxido orgánico como iniciador de la reacción de polimerización. Debido a la degradación de las aminas, estos cementos presentan una menor estabilidad de color (Zeller, 2021).

Se indican para cementación de incrustaciones metálicas, incrustaciones en cerámico y cerámicas, prótesis fijas de metal-porcelana, cerámicas libres de metal, sistemas de perno-muñón metálico, cerámico o de fibra, y prótesis fijas convencionales y de tipo Maryland.

Algunos ejemplos de este tipo de cementos son: Multilink (Ivoclar Vivadent, Parapost cement (Coltene Whaledent, Panavia 21 (Kuraray) (Corral, 2014).

- *Cementos fotopolimerizables:* Corresponden a los sistemas activados por luz visible de una longitud de onda entre 400-500 nm. Esta luz activa a una α - dicetona, la canforquinona,

que en presencia de una amina alifática reacciona liberando radicales libres iniciando la reacción de polimerización (Corral, 2014).

Se ha demostrado que los cementos de resina fotopolimerizables tienen una mayor tasa de conversión y una mejor estabilidad mecánica y química. Además, proporcionan un tiempo de trabajo más largo y mejor estabilidad del color. Sin embargo, el tiempo de polimerización, el grosor de la restauración y el material de recubrimiento influyen en la microdureza del agente de cementación. Por lo tanto, se indican para restauraciones parciales de alta o mediana translucidez, y carillas vestibulares o palatinas de hasta 1,5 mm de espesor máximo (D'Arcangelo, 2015).

Algunos ejemplos son: Relyx Veneer (3M/ESPE), Choice 2 (BISCO), Variolink (Ivoclar Vivadent).

- *Cementos duales*: corresponden a la combinación de ambos sistemas de activación, y son los más utilizados hoy en día para la fijación de restauraciones indirectas. Éstos reaccionan por fotoactivación en los sitios donde tiene acceso la luz, y donde no, de manera mediata, se inicia la reacción activada químicamente (D'Arcangelo, 2015). Como ventaja tienen que dan un buen tiempo de trabajo al operador y su fotoactivación aumenta el grado de conversión.

Se indican en incrustaciones o restauraciones parciales, coronas libres de metal o que permitan paso de luz, postes de fibra de vidrio o carillas vestibulares (cementos sin aminas terciarias), oclusales o palatinas (Zeller, 2021).

Algunas marcas comerciales son: Relyx Ultimate (3M/ESPE), Relyx UNICEM (3M/ESPE), Duolink (BISCO), Nexus 3 DC (Kerr) y Variolink Esthetic DC (Ivoclar).

Según el tratamiento de la superficie dental

Según el tratamiento de la superficie dental, los cementos resinosos se pueden clasificar en tres grupos: cementos de resina de grabado y enjuague, de autograbado y autoadhesivos.

- *Cementos resinosos de grabado y enjuague:* Los cementos de resina de grabado y enjuague también son llamados cementos de grabado total. Requieren de la aplicación de un sistema adhesivo para adherirse al sustrato dental mediante retención micromecánica.

Se pueden utilizar con sistemas adhesivos de grabado y enjuague de 2 pasos donde se realiza el grabado y posterior aplicación del adhesivo (viene en 1 botella) o de 3 pasos donde se acondiciona la superficie igualmente con ácido fosfórico al 37% seguido de la aplicación de un primer (es hidrofílico) y por último aplicación del adhesivo. Estos últimos logran una fuerza de adhesión mayor que los primeros (Zeller, 2021).

Pueden ser de fotocurado o de curado dual. Están indicados para cementar pernos, restauraciones indirectas como coronas, prótesis fijas, incrustaciones de porcelana, resina y metal. Se caracterizan por tener alta resistencia física, alta resistencia al desgaste, y gran resistencia adhesiva a una variedad de sustratos, con un espesor de película bajo (Zareen, 2013).

Algunos ejemplos de este tipo de cementos son: RelyX ARC, (3M ESPE) (dual), Relyx Veneer Cement (3M ESPE) (fotocurado), NX3 Nexus Third Generation (Kerr) (Dual o fotocurado), Duo-Link (Bisco) (dual) y Variolink II (Ivoclar) (dual).

- *Cementos resinosos de autograbado:* nacen debido a que los cementos de grabado total son sensibles a la técnica y requieren más pasos. Por lo tanto, se implementó este sistema donde se sustituye el adhesivo de grabado y enjuague por un auto grabador que prepara la dentina y el esmalte (Zeller, 2021).

Algunos ejemplos de este tipo de cementos son: Relyx ARCO (3M ESPE) (Dual), Panavia F (Kuraray) (dual), Paracore (Coltene) (dual), Multilink N (Ivoclar).

- *Cementos resinosos autoadhesivos:* este tipo de cementos pueden adherirse al sustrato dental sin un procedimiento previo de grabado o aplicación de adhesivo. Han sido de gran

acogida ya que su aplicación se logra en un solo paso. Después del mezclado, el ácido fosfórico y el metacrilato son capaces de desmineralizar tejido duro ya que tienen un PH <2.0. Sin embargo, esta desmineralización del esmalte y dentina es superficial.

La adhesión mediante este sistema se basa más en la unión química que micromecánica, ya que los grupos ácidos quelan los iones de calcio de la hidroxiapatita y los grupos carboxílicos del ácido polialquenoico (presente en algunas casas comerciales) forman enlaces iónicos con el calcio presente en la hidroxiapatita.

De igual forma, disuelven parcialmente el barrillo dentinario sin eliminarlo completamente dentro de los túbulos dentinarios. De esta forma, puede formarse una capa gruesa de barrillo influyendo negativamente en la fuerza de unión de este tipo de cemento. Por esto, los cementos autoadhesivos tienen una fuerza de unión menor que los cementos de grabado total y autograbadores.

Algunos ejemplos son: Relyx U 200 (3M ESPEE) (dual), Biscem (Bisco) (dual), Multilink Speed (Ivoclar) (dual), Calibra Universal (densply) (dual) y Solocem (coltene) (dual).

2.1.6 Cementación

El proceso de cementación consiste en fijar una restauración indirecta en dientes preparados, por medio de un agente cementante. Dentro de la estructura formada por la asociación de diente-cemento-restauración, el cemento utilizado es considerado el eslabón más débil y crítico y la durabilidad de la restauración depende también de este agente (Zareen, 2013).

2.1.6.1 Paso a paso. Aislamiento absoluto: idealmente se debe realizar aislamiento del campo operatorio para evitar contaminación (Hernández, 2021, p. 33).

1. Retiro del provisional: se retira el provisional con ayuda de un explorador.
2. Asentamiento de la restauración: se prueba el ajuste de la restauración en boca. Aquí es importante verificar la correcta adaptación de la incrustación a la preparación y verificar que no haya interferencias (Hernández, 2021, p. 33).
3. Acondicionamiento del diente: es importante escoger el tipo de cemento que se va a utilizar, ya que de esto depende el protocolo. Si se utilizan cementos de grabado, se puede realizar grabado total o selectivo para aumentar la superficie de adhesión y energía superficial. Por el contrario, si se utilizan cementos autograbadores o autoadhesivos, se omitirá este paso (Hernández, 2021, p. 33).
4. Adhesión: los sistemas adhesivos logran una buena adhesión entre biomateriales restauradores y el esmalte dental permitiendo un buen sellado marginal, reduciendo la microfiltración y alargando el tiempo de las restauraciones en boca (Galdames, et ál., 2018). Se debe seleccionar el tipo de adhesivo dependiendo del tipo de grabado y cemento a utilizar (D'Arcangelo, 2015; Hernández, 2021, p. 36).
5. Tratamiento de la superficie interna de la restauración: se han sugerido varias técnicas para aumentar la fuerza de adhesión en restauraciones indirectas. Entre estas se encuentra el grabado con ácido fosfórico, fluoruro de fosfato acidulado o ácido fluorhídrico y uso de agentes de acople como el silano (D'Arcangelo, 2015).

Por otro lado, también se sugiere realizar microarenado al sustrato dentario (esmalte y dentina según el caso) con óxido de aluminio de 50 μm , a lo que genera rugosidad en el área de adhesión y puede proporcionar una resistencia adicional estadísticamente significativa a la fuerza de tracción (D'Arcangelo, 2015).

Según lo anterior, como protocolo se sugiere realizar microarenado con partículas de óxido de aluminio de 50 Um con una presión de 1-2 bar (15-30 Psi), posteriormente aplicar ácido fosfórico al 37% durante 30 segundos para limpiar la superficie interna de la incrustación en resina y finalmente silano (Hernández, 2021, p. 37).

6. Elección del cemento y cementación: el cemento que se debe utilizar debe ser resinoso de curado dual, ya que el espesor y opacidad del material sumado a la ubicación de los márgenes (ejemplo: clase II), dificultan la posición para una adecuada penetración de la fuente de luz indispensable en agentes cementantes foto-activables.

Se dispensa el cemento en la cavidad o a la incrustación asentando la restauración según si vía de inserción. Se retiran excesos y se verifica el correcto paso de la seda dental y se fotocura (Hernández, 2021, p. 37).

7. Ajuste de oclusión: se verifica con papel de articular extrafino que no haya contactos prematuros o interferencias en la restauración o en la interfase (Hernández, 2021, p. 37).
8. Terminado y pulido: se procede a realizar el pulido de la restauración con discos y felpas.

2.1.7 Resinas compuestas

El nacimiento de las primeras formulaciones de resinas compuestas apareció en el año 1992 gracias al Dr. Bowen que realizó la formula sintetizada y la patente de estas. Posteriormente, con los años las resinas compuestas han ido evolucionando, teniendo cambios muy considerables y significativos, como lo son la química de los polímeros de la matriz orgánica, su polimerización y la composición, como también los componentes inorgánicos del relleno.

Con el tiempo se ha querido mejorar las propiedades de las resinas en cuanto a su resistencia a las fuerzas compresivas y ante el comportamiento estético, pero que al mismo tiempo permitan una excelente manipulación y buena adhesión a la pieza dental.

Las resinas compuestas ofrecen un excelente potencial estético, una de sus ventajas es que tienen múltiples tonalidades y opacidades, demostrando con el tiempo excelente longevidad clínica, pero dependiendo del cuidado y la experiencia del operador.

Otra de las ventajas que poseen las resinas compuestas, es que estas se pueden manipular de diferentes maneras y por diferentes medios, como lo son la técnica directa, técnica semidirecta e indirecta (Sierra, et al., 2018). A continuación, se describe cada una de las técnicas:

- *Técnica directa:* el material restaurador se aplica directamente la superficie dental y luego se polimeriza, dando la posibilidad de que los resultados sean inmediatamente (Homsy, 2015).
- *Técnica semidirecta:* en esta técnica se utiliza la combinación de adiciones directas en boca, realizando el acabado y pulido por fuera de boca o en el laboratorio, posteriormente realiza la cementación (Homsy, 2015).
- *Técnica indirecta:* estas requieren de la preparación de la cavidad y posteriormente se realiza la toma de una impresión que permita realizar la restauración en un laboratorio y en una siguiente cita la cementación (Homsy, 2015).

2.1.7.1 Composición. Las resinas compuestas están constituidas por los siguientes elementos fundamentales:

- **Matriz orgánica:** es constituida por monómeros como el BIS-GMA, UDMA, TEGMA o EGDMA, sistema iniciador/activador como el peróxido de benzoilo, una amina terciaria

encargada de la activación química y una cafaroquinona para que inicie la fotoactivación.

También posee inhibidores como las benzoquinonas y las hidroquinonas (Hirata, 2012).

Monómeros:

a. Bisfenol Glicidil Metacrilato - Bis GMA: es el monómero más utilizado. Fue desarrollado por el Dr Bowen en 1962. Consiste en una molécula difuncional por la reacción del bisfenol A y el Dimetacrilato de glicidilo. Su nombre químico es 2,2-bis [4- (2 hidroxí-3-metacriloxipropoxi)-fenil]-propano. Tiene dos grupos metacrilato que le permiten reticular durante la polimerización (Hirata, 2012). Es de gran tamaño lo que provoca mayor viscosidad. Esta molécula tiene un mayor peso molecular produciendo que la contracción de polimerización sea mucho menor. Las resinas compuestas que poseen BIS GMA presentan una relativa absorción de agua gracias a los grupos hidroxilos presentes en la composición, lo que con el tiempo las resinas llegan a perder color dando un resultado estético menor (Hirata, 2012).

b. Dimetacrilato de Uretano -UDMA: se caracteriza por tener una cadena más corta que la molécula del bis GMA, posee menor viscosidad facilitando el aumento de carga sin dañar un monómero de bajo peso molecular. Las resinas con UDMA son más frágiles y presentan mayor contracción de polimerización (Hirata, 2012). Algunos UDMA se modificaron realizando la incorporación de un reemplazo hidrófobo dentro del esqueleto del monómero ayudando a reducir la sorción de agua, manteniendo el color por más tiempo y mejorando la estabilidad en la cavidad oral (Hirata, 2012).

c. Dimetacrilato de Trietilenglicol – TEGDMA: es un monómero menos viscoso que permite la incorporación de más carga en la resina (Hirata, 2012). Proporciona aumento de la capacidad de humectación de la resina haciéndola más flexible, con excelentes características de viscosidad y

copolimerización. Actualmente se utiliza la unión de Bis-GMA/TEGDMA en resinas compuestas, para alcanzar resultados clínicos satisfactorios, pero con propiedades por mejorar (Hirata, 2012).

d. Bis-EMA: (Bisfenol-A-dimetacrilato etoxilado) es un monómero viscoso, estructuralmente análogo al bis-GMA sin dos grupos hidroxilo colgantes. Dentro de sus propiedades puede disminuir la sorción de agua en la resina (Hirata, 2012).

e. Otros monómeros: incluyen metacrilato de bencilo, dimetacrilato de etilen-glicol (EGDMA) y dimetacrilato de hexametilenglicol (HMGDMA) aumentan la elongación de la cadena polimérica y la reacción de polimerización (Hirata, 2012).

- Matriz inorgánica: está compuesta por partículas de circonio, sílice, cerámicas y vidrio de estroncio o bario. Se usan para disminuir el coeficiente de expansión térmica, la contracción de polimerización y para mejora la manipulación (Hirata, 2012). Estas partículas también participan en la percepción óptica produciendo una apariencia de la restauración más natural y realista. Los tipos de rellenos utilizados en resinas compuestas son los siguientes:

a. Rellenos de cuarzo: es el resultado de la demolición o la trituración del cuarzo, tienen mayor uso en resinas convencionales que deben ser químicamente duras. Una de las desventajas de este relleno es que a la hora de pulir la restauración es muy difícil lograr un resultado estético óptimo (Hirata, 2012).

b. Sílice coloidal: está formado por un proceso de precipitación.

c. Vidrios / cerámicas que contienen metales pesados: son utilizados para proporcionar radiopacidad en la resina, aporta un índice de refracción de 1.5. algunos de estos son el vidrio de bario (más usado), circonio y vidrios de estroncio (Hirata, 2012).

- Agente de unión o de acople: une las partículas inorgánicas con la matriz orgánica a través de una partícula bifuncional llamada silano, logrando que con esta unión las fuerzas oclusales se distribuyan de manera uniforme y evitando se generen grietas (Hirata, 2012).

2.1.7.2 Clasificación. Las resinas compuestas se clasifican según el tamaño de la partícula, estas pueden ser: macropartículas, micropartículas, híbridas, microhíbridas y nanohíbridas (Lanata, 2011).

a. *Macropartículas*: también denominadas como convencionales, poseen partículas de relleno de un tamaño muy grande aproximado de 10 y 50 μm proporcionando partículas más resistentes a las fuerzas oclusales (Phillips., 2007). Se usó por muchos años, sin embargo, tuvo muchas desventajas como un comportamiento deficiente con un pulido y brillo superficial pobre aumentando la pigmentación (Phillips, 2007).

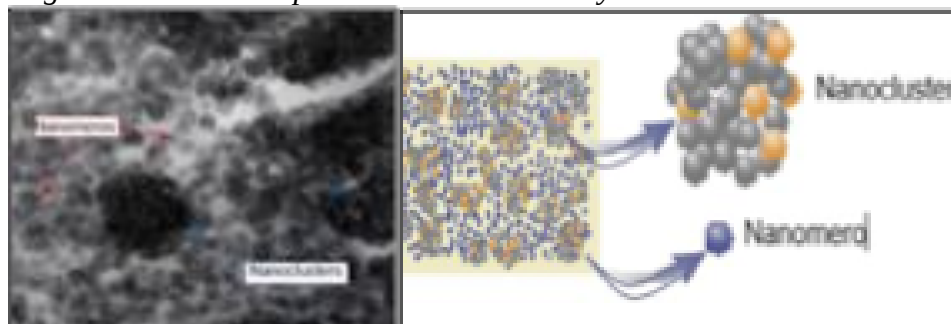
b. *Micropartículas*: están compuestas por sílice coloidal de partículas pequeñas de un tamaño entre 0.01 y 0.05 μm (Phillips, 2007). Estas resinas presentan un mejor comportamiento clínico en el sector anterior porque las fuerzas oclusales son mínimas y proporcionan un mejor pulido y brillo de la superficie (Phillips, 2007). La desventaja de estas resinas es que no se puede utilizar en sector posterior por sus propiedades físicas y mecánicas (Phillips, 2007).

c. *Híbridas*: las resinas híbridas se caracterizan por presentar el refuerzo de una fase inorgánica de vidrios de diferente composición, presentando un peso del 60% o más, las partículas oscilan en los tamaños de 0,6 y 1 μm , poseen la incorporación de sílice coloidal de 0,04 μm . Las partículas de sílice microfina se obtienen moliendo el vidrio (Phillips, 2007).

d. *Microhíbridas*: muy similares a las resinas híbridas, pero el tamaño de las partículas está entre los 0.04 – 1 μm (Phillips, 2007).

e. *Nanohíbridas*: es la formulación más reciente, poseen partículas de relleno más pequeñas, pero con una carga mayor. Dentro de sus propiedades mecánicas presentan mejor resistencia a la abrasión, mayor estabilidad de color y una menor contracción a la polimerización (Phillips, 2007).

Figura 1. Imagen de un nanocompuesto con nanocluster y rellenos nanométricos



Tomado de Craig's Restorative Dental Materials-E-Book, Sakaguchi, (2011).

2.1.8 Resina precalentada

En los últimos años de la práctica clínica odontológica, se ha implementado el uso de composites precalentados como agente para la cementación de restauraciones indirectas. Gracias al calentamiento se disminuye su viscosidad permitiendo un mejor manejo, adaptación, mejor grosor de la película y mejorando sus propiedades mecánicas (Tauböck, et al., 2015).

Realizando este procedimiento el composite gana una consistencia parecida a la de las resinas fluidas, pero sin sacrificar sus propiedades mecánicas. También, la disminución de su viscosidad permite mejorar la humectación de las paredes de la preparación cavitaria en comparación a su estado en temperatura ambiente (Tauböck, et al., 2015).

La temperatura es considerada un factor físico que ayuda a modificar la velocidad de la polimerización de las resinas compuestas (Tauböck, et al., 2015). Las resinas inician siendo muy viscosas, pero dependiendo de la temperatura pueden cambiar a un estado sólido o muy fluido. Se dice que el calentamiento de la resina aumenta los factores de conversión conducidos por la fotopolimerización, a diferencia de las resinas fotopolimerizadas a temperatura ambiente (Tauböck, et al., 2015).

2.1.9 Microscopio electrónico de barrido (SEM)

La microscopía electrónica de barrido (SEM), que también se reconoce como análisis SEM o técnica SEM, se ha utilizado en todo el mundo en muchas disciplinas. Se puede considerar como un método eficaz en el análisis de materiales orgánicos e inorgánicos en una escala de nanómetro a micrómetro (μm). SEM funciona con un alto aumento que alcanza los 300.000x e incluso 1.000.000 (en algunos modelos modernos) para producir imágenes con mucha precisión de una amplia gama de materiales (Mohammed, 2018).

El dispositivo consta de un sistema de presión variable con la capacidad de contener cualquier muestra (incluso muestras húmedas o con preparación mínima). El dispositivo permite analizar muestras con un diámetro de hasta 200 mm y una altura de 80 mm (Mohammed, 2018).

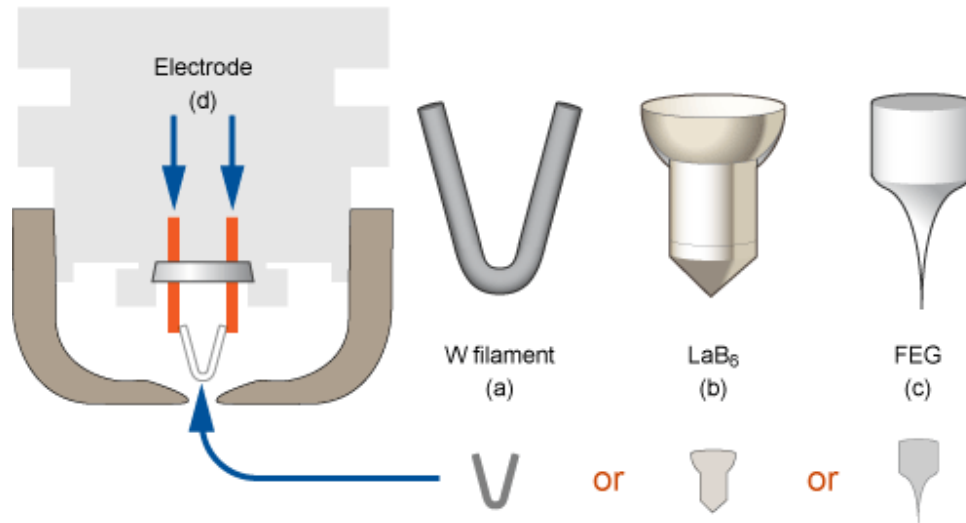
Figura 2. *Dispositivo SEM Quanta*



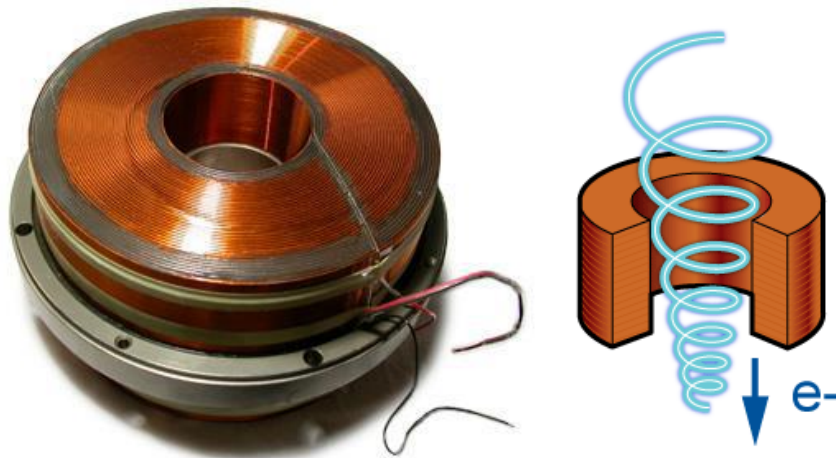
Tomado de Scanning electron microscopy (SEM), Mohammed (2018).

2.1.9.1 Componentes. La máquina SEM consta de los siguientes componentes (Mohammed, 2018):

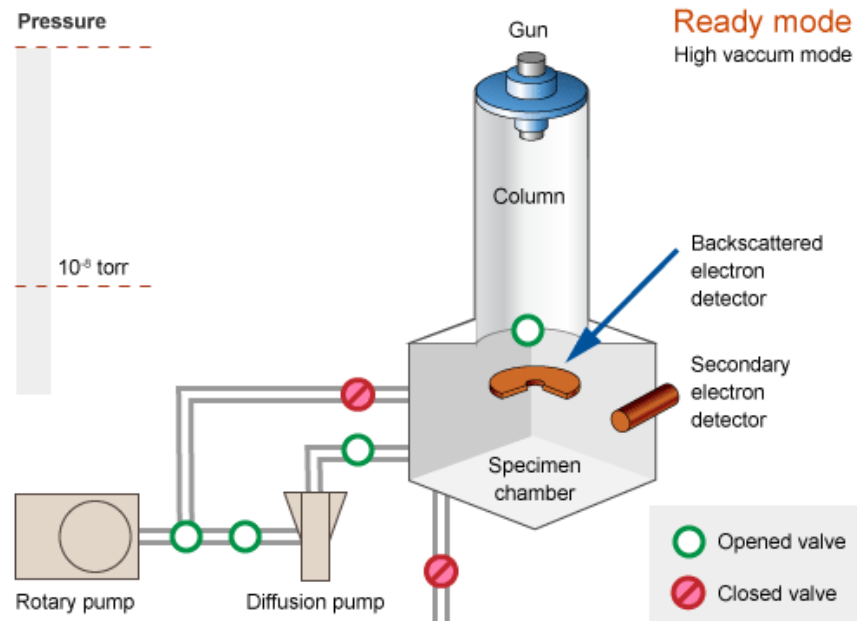
- Una fuente para generar electrones de alta energía, se llama cañón de electrones (ver figura 3).
- Columna hacia abajo para que los electrones viajen a través de dos o más lentes electromagnéticos (ver figura 4)
- Sistema de deflexión que consta de bobinas de exploración (ver figura 5)
- Detector de electrones para electrones retrodispersados y secundarios (Ver figura 5)
- Cámara para la muestra (Ver figura 6)
- Sistema informático: consiste en una pantalla de visualización para mostrar las imágenes escaneadas y un teclado para controlar el haz de electrones (Ver figura 6)

Figura 3. *Cañón de electrones.*

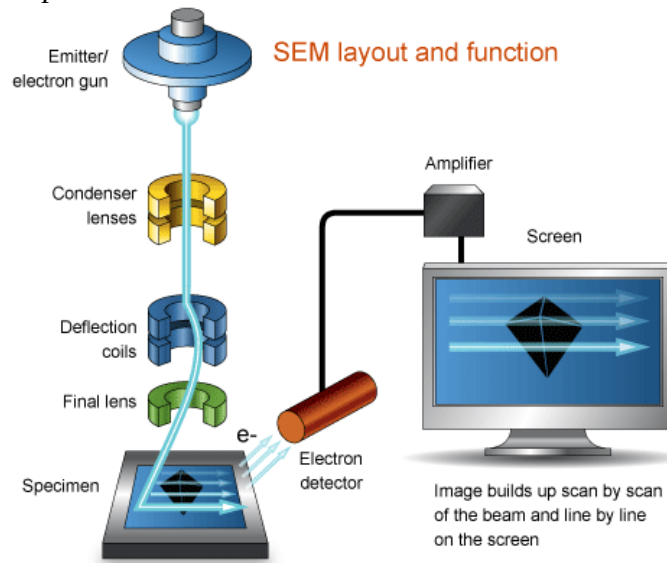
Tomado de Scanning electron microscopy (SEM), Mohammed, (2018).

Figura 4. *Lentes electromagnéticas*

Tomado de Scanning electron microscopy (SEM), Mohammed, (2018).

Figura 5. *Detector de electrones para electrones retrodispersados y secundarios.*

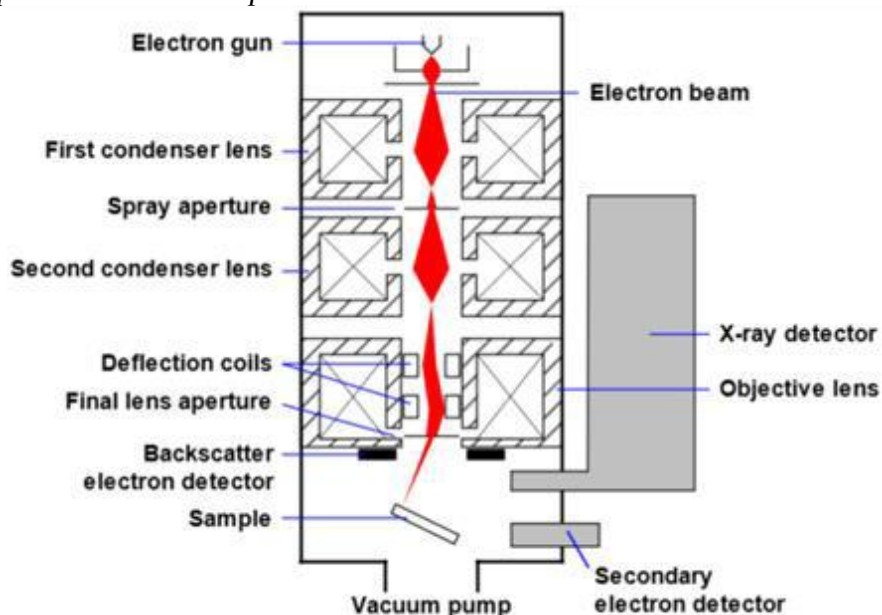
Tomado de Scanning electron microscopy (SEM), Mohammed, (2018).

Figura 6. *Todos los componentes SEM*

Tomado de Scanning electron microscopy (SEM), Mohammed, (2018).

2.1.9.2 Proceso de análisis. El análisis se realizó mediante la aplicación de un haz de electrones (de alta energía) en el rango entre (100-30.000 electronvoltios). Por lo general, se utiliza una fuente térmica para la emisión de electrones (Mohammed, 2018).

- El tamaño del punto producido por la pistola es demasiado grande para generar una imagen nítida, por lo que el SEM está equipado con lentes para comprimir el punto y dirigir el electrón enfocado sobre la muestra. El tamaño del punto de la mayoría de los SEM es inferior a (10 nm) y los electrones recolectados de la lente final interactúan con la muestra y penetran hasta una profundidad de (1 μ m) para generar las señales utilizadas para producir una imagen (Mohammed, 2018).
- La imagen de la muestra se forma punto por punto dependiendo del movimiento de las bobinas de exploración, que hacen que el haz de electrones se mueva a ubicaciones discretas en forma de líneas rectas hasta que se produce una trama rectangular en la superficie de la muestra. Todo el proceso depende de la magnificación requerida (Mohammed, 2018).
- El detector de electrones es para detectar los electrones emitidos (señales) de la muestra escaneada. En ausencia de los detectores, cada señal generada debido a la interacción entre el haz de electrones y la superficie de la muestra puede generar una imagen sola, lo cual es incomprensible. Tanto los electrones secundarios (SE) como los electrones retrodispersados (BSE) se utilizan en la producción de imágenes SEM (Mohammed, 2018).
- las señales se muestran en la pantalla de visualización y el operador controlará el brillo y la intensidad hasta que se obtenga una imagen razonablemente clara. En caso de que se requieran pequeños detalles dentro de la muestra, se debe aplicar una ampliación superior a (10 000x) (Mohammed, 2018).

Figura 7. *Esquema del Microscopio Electrónico de Barrido*

Tomado de Scanning electron microscopy (SEM), Mohammed, (2018).

2.1.9.3 Aplicación y preparación de la muestra. Se puede usar un MEB siempre que se requiera información sobre la superficie de la muestra. Esto se aplica a muchas ramas de la ciencia y de la tecnología. El único requisito es que el espécimen pueda soportar el vacío de la cámara y el bombardeo electrónico.

Muchos especímenes se pueden introducir en la cámara sin preparación de ninguna clase. Si el espécimen contiene componentes volátiles, como agua, será necesario eliminarla mediante un proceso de secado. Los especímenes no conductores se cargarán por el bombardeo electrónico y necesitan ser recubiertos de una capa conductora. Debido a que un elemento pesado, como el oro, también proporciona una buena producción de electrones secundarios y, por lo tanto, una buena calidad de imagen, este es el elemento favorito para el recubrimiento de grano fino y se aplica fácilmente en un metalizador por bombardeo iónico. La capa necesaria para garantizar la conductibilidad es bastante delgada (unos 10 nm)³ (Ortiz, 2019).

2.1.10 Termociclado

Según la norma ISO TR 11450 de 1994 (International Organization for Standardization.,1994), el termociclado tiene el propósito de simular el ambiente de la cavidad oral usando varias temperaturas y agua entre 5 a 55°C, se considera una prueba idónea para el envejecimiento de los materiales dentales restauradores afectando la interfaz adhesiva en un periodo corto de tiempo (Ricaldi Flores C, 2013). Para poder lograr este envejecimiento la norma ISO recomienda la aplicación de 500 ciclos sin embargo estudios más recientes recomienda aumentar la cantidad de ciclos para lograr un envejecimiento real (Ricaldi, 2013).

Según el artículo de Simoes, la inmersión de las muestras en agua destilada a 37° se realiza de 10.000 a 30.000 ciclos en los cuales se utiliza agua fría y caliente intermitentemente para estimular la hidrólisis de fibrillas de colágeno por estrés repetitivo de contracción y expansión, lo que resulta en la propagación de espacios a lo largo de la interfaz adhesiva, permitiendo así la penetración de agua y fluídos orales patógenos (Texeira, 2021).

El envejecimiento se produce porque se genera una hidrólisis de los componentes adhesivos, esta funciona a través del agua caliente causando estrés en el material adhesivo provocando una constante expansión y contracción por los cambios de temperatura, los materiales adhesivos poseen un coeficiente de expansión térmica mucho mayor con respecto a las estructuras dentarias lo que provoca el envejecimiento acelerado (Ricaldi, 2013).

3. Hipótesis nula

Las muestras que poseen menor adaptación marginal son las cementadas con resina precalentada.

4. Materiales y métodos

4.1 Tipo de estudio

La presente investigación fue un estudio realizado dentro de la categoría in vitro, ya que se realizó en un ambiente fuera de un organismo vivo, y se pudo controlar la asignación de la exposición en los grupos (evaluar adaptación marginal) se tuvo en cuenta un grupo control similar al grupo experimental.

4.2 Población

Premolares con coronas completas y sanas, sin endodoncia

4.3 Muestra y tipo de muestreo

El estudio utilizó una muestra de 40 premolares extraídos con coronas completas y sanas de los cuales 10 fueron utilizados para la prueba piloto. Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia ya que se seleccionaron directa e intencionalmente los dientes que formaron la muestra (Otzen, 2017).

4.4 Criterios de inclusión

Premolares con coronas clínicas completas

Premolares con esmalte íntegro en todas sus superficies

Premolares sin lesiones cariosas cavitacionales

Premolares sin superficies erosionadas

4.5 Criterios de exclusión

Premolares con defectos del desarrollo del esmalte (fluorosis, hipoplasias o hipomineralizaciones)

Premolares con restauraciones

Dientes con endodoncia previa

4.6. Variables

Se evaluaron las variables presencia de desadaptación marginal, variable cualitativa nominal donde se observó la presencia o no del evento. Valor de desadaptación marginal, variable cuantitativa continua, que fue medida en micras, material de cementación, variable cualitativa nominal que describió si se realizó la cementación con cemento resinoso o resina precalentada y, por último, termociclaje, variable cualitativa nominal, que represento la simulación de 1 año en boca de las restauraciones cementadas. (Ver apéndice F)

4.7 Instrumento de recolección de datos

Para recolectar los datos se diligencio un formato con los datos observados (ver apéndice B)

4.8. Pruebas estadísticas

4.8.1 Plan de análisis estadístico

4.8.1.1 Plan de análisis estadístico univariado. El análisis estadístico se realizó en el paquete estadístico Stata/MP versión 14.0, se ejecutó un análisis univariado para calcular frecuencias absolutas y porcentajes para las variables cualitativas como: presencia de desadaptación marginal, material de cementación y termociclaje y para la variable cuantitativa (valor de desadaptación) medidas de tendencia central y desviación utilizando promedio y desviación estándar si la variable es normal y medianas y rangos intercuartílicos si es no normal.

4.8.1.2 Plan de análisis estadístico bivariado. Para el análisis bivariado se cruzaron las variables cuantitativas y cualitativas: valor de desadaptación marginal (cuantitativa) con material de cementación (cualitativa), valor de desadaptación marginal (cuantitativa) con termociclaje (cualitativa) y se le aplicó prueba de normalidad a la variable cuantitativa (desadaptación marginal). Se analizó con T de Student si la distribución fue normal o con U de Mann whitney si la distribución fue no normal.

Se cruzaron las variables cualitativas: presencia de desadaptación marginal (sí o no) con material de cementación y con termociclaje y se les aplicó la prueba Chi² o test exacto de Fisher's para ambas. Para todas las pruebas se consideró significancia estadística para aquellos valores $p \leq 0.05$.

Los datos diligenciados en el documento de recolección se pasaron a una base de datos en Excel y se realizó doble digitación para minimizar sesgos y se analizaron en Stata 14®.

4.9 Procedimiento de la investigación

Materiales:

- 40 premolares con coronas completas y sanas (30 para el estudio y 10 para la prueba piloto)
- Cámara fotográfica con lente macro
- Espátula de yeso
- Taza de caucho
- Clorhexidina al 2% (Consepsis-Ultradent)
- Hipoclorito de sodio al 5.25%
- Pieza de mano de alta y baja velocidad
- 40 fresas redondas de diamante grano azul
- 40 fresas troncocónicas de bordes redondeados Ref 845 de Jota
- Sonda periodontal
- Silicona de adición pesada y liviana (Zhermack)
- Pistola para cartucho de silicona liviana
- Puntas mezcladoras
- Microbrush
- Yeso tipo IV
- Aislante Nova foil
- Resina Forma
- Espátulas de resina
- Lámpara de fotocurado Valo
- Discos eve, discos sofex, cepillos de pelo de cabra y felpa
- Emulsión de jota o pasta diamantada

- Ácido fosfórico Ultra-Etch (Ultradent)
- Papel absorbente
- Adhesivo All bond Bisco
- Silano (Ultradent)
- Microarenador
- Óxido de aluminio marca Bioart (50 Um)
- Cemento resinoso Duolink
- Resina ENA HRi-Micerium dentina y esmalte
- Horno para resina precalentada Micerium
- Pincel para remoción de excesos de cemento
- Máquina de termociclaje
- Microscopio de barrido
- Recipientes plásticos para almacenamiento de muestras
- Agua destilada
- Cinta de enmascarar
- Sharpie

Se diligenció el consentimiento informado de donación de dientes para la obtención de la muestra donde se le explicó al paciente el objetivo para el cual se utilizaron los dientes extraídos.

Recién extraído cada diente, se depositó en un recipiente plástico previamente marcado con hipoclorito de sodio al 5.25 % durante 30 minutos para remover tejido residual y detritos de la superficie radicular. Posteriormente, se lavaron con abundante agua de la llave y se eliminaron los restos inorgánicos de la superficie con *scaler* y se secaron con papel absorbente.

Para esterilizar las muestras se llevaron a la autoclave en recipientes de vidrio resistentes al calor (frascos de seguridad) con agua destilada en su interior hasta no más de la mitad de su capacidad a temperatura de 122°C y 15 libras de presión durante 20 minutos. Se realizó todo el proceso de la autoclave según la casa comercial y al finalizar, se esperó el tiempo requerido para el enfriamiento de las muestras.

Una vez hecho esto, se seleccionaron 30 premolares y fueron distribuidos en 2 grupos de estudio. Para la conservación de las muestras, se almacenaron en la nevera a 4° C en recipientes de plástico rotulados de tapa azul y roja para cada grupo (fecha de inicio del grupo, mes, día y fecha del último cambio de la solución de almacenamiento) con solución salina estéril que fue cambiada cada semana y después de cada manipulación de las piezas dentales (ingresen o salgan) con el fin de evitar la proliferación de microorganismos.

Se realizaron preparaciones ocluso-proximales (clase II) tipo Inlay con los parámetros establecidos para incrustaciones en resina (paredes expulsivas de 6 a 10°, ángulos internos redondeados, istmo oclusal de 4 mm y profundidad de 2 mm verificando las medidas con sonda periodontal (Tommaso, 2015) y utilizando fresas de diamante redondas de grano azul y troncocónicas de bordes redondeados (Ref 845 de Jota) la cual tiene una angulación de 5°. Las cavidades fueron realizadas por un solo integrante para garantizar la estandarización de la preparación. Se enumeró cada diente en la zona de la raíz y se clasificó cada grupo de acuerdo con el tipo de cemento que se utilizó. Se realizó un rollo con silicona pesada y se dispuso la silicona liviana (Elite HD Zhermack) en la preparación realizada. Seguido de esto, se posicionaron los dientes sobre la silicona, cubriendo únicamente la parte de la corona; se esperó 5 minutos para la polimerización de ésta y posteriormente se extrajo el diente y se realizó el vaciado en yeso tipo IV.

Para confeccionar las incrustaciones, se aplicó aislante Nova Foil al modelo obtenido y se dejó secar. Posteriormente, se agregaron capas de resina no mayores a 2 mm, utilizando resina Forma (Ultradent) dentina y esmalte y se fotocuró cada capa durante 20 segundos con lámpara de fotocurado marca Valo (Ultradent) hasta obtener la restauración final con su morfología adecuada.

Una vez terminadas las incrustaciones, se cocinaron en agua hirviendo durante 10 minutos y posteriormente, se sacaron del modelo para su respectivo pulido con discos sofex, discos eve, cepillos de pelo de cabra impregnados en emulsión de jota y felpa para acabado final. Finalmente, se comprobó su adecuado asentamiento y adaptación verificando la pasividad de las incrustaciones al posicionarlas en las preparaciones para proceder al respectivo protocolo de cementación.

Para la cementación de las incrustaciones, se realizó la desinfección de las cavidades en los premolares con Consepsis (clorhexidina al 2%-Ultradent) frotando suavemente durante 60 segundos y posteriormente, sin enjuagar (como lo indica la casa comercial), se realizó el grabado selectivo con ácido fosfórico al 35% (Ultra-Etch de Ultradent) durante 15 segundos en esmalte, lavado de la superficie durante 30 segundos y secado con papel absorbente. Se aplicaron dos capas separadas de adhesivo universal (All Bond-Bisco), frotando durante 15 segundos por capa como indica la casa comercial y aireando durante 20 segundos. Se polimerizó con lámpara de fotocurado marca Valo grand (Ultradent) a tres intervalos de tiempo de 20 segundos cada uno con una potencia estándar de 1000 mW/ cm y se finaliza con un intervalo de tiempo de dos segundos en el modo de potencia alto de 1400 mW/cm.

A las incrustaciones en resina se les realizó microarenado con partículas de óxido de aluminio de 50 μ m a 1 cm de distancia con una presión de 1-2 bar (15-30 Psi) Se aplicó ácido fosfórico al 35% (Ultra-Etch de Ultradent) durante 15 segundos para desengrasar la superficie y

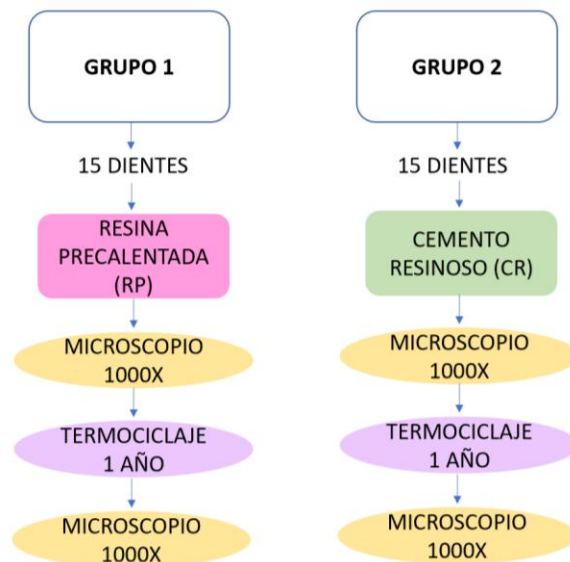
se lavó con abundante agua y se secó la superficie. Se aplicó silano (marca Ultradent) y se esperaron 3 minutos.

Se realizó la cementación de las incrustaciones con cemento resinoso (Duolink-Bisco) o resina precalentada (ENA HRi-Micerium) dependiendo del grupo seleccionado y se tuvieron en cuenta las recomendaciones de cada casa comercial la cual indica que la resina debe estar a 50°C durante 20 minutos.

Se realizó la cementación de las incrustaciones con cemento resinoso (Duolink-Bisco) o resina precalentada (ENA HRi-Micerium) dependiendo del grupo seleccionado y se tuvieron en cuenta las recomendaciones de cada casa comercial.

Se asignaron 15 premolares a cada grupo de estudio. A cada diente se le realizó un baño de oro en la superficie a analizar para garantizar una correcta conducción de electrones y una buena calidad de imagen. Posteriormente, se utilizó un Microscopio Electrónico de Barrido utilizando aumento de 200X para medir el espacio entre la restauración y el diente, se tuvo en cuenta que se considera desadaptación cuando hay valores mayores a 100 μm . El punto donde se tomó la medida de desadaptación marginal fue en la zona interproximal a nivel de la pared pulpar en el punto medio donde se une la incrustación con el diente (Ver figura 11 en apéndice E).

Grupos: Se analizaron las 15 incrustaciones de cada grupo recién cementadas en el microscopio y posteriormente se llevaron a termociclaje simulando 1 año en boca. Por último, se analizaron nuevamente al microscopio.

Figura 8. Diagrama diseño de estudio.

4.10 Prueba piloto

Se realizó la prueba piloto con un tamaño de muestra del 10%, que corresponde a 10 premolares superiores distribuidos en dos grupos: 5 dientes para resina precalentada y 5 dientes para cemento resinoso, llevados al procedimiento relacionado anteriormente. Como conclusión, se evidenció que fue necesario realizar la modificación: cambiar las dimensiones de las cavidades ya que eran muy pequeñas (2 mm de ítsmo oclusal y 4 mm de profundidad) lo que dificultaba lograr la expulsividad de las paredes y por ende el asentamiento de la incrustación. Por lo tanto, se cambiaron las medidas a 4 mm de ítsmo oclusal y 2 mm de profundidad.

4.11 Consideraciones éticas

Según la resolución número 008430 del 4 de octubre de 1993 por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, la presente se clasifica como riesgo mínimo, ya que se obtuvieron los datos a través de un procedimiento in vitro en dientes permanentes extraídos por indicación terapéutica.

Se aplicó un acta de donación (Ver apéndice D) donde se explicó detalladamente el objetivo de la investigación para la cual se utilizaron los dientes extraídos a cada paciente. Los datos obtenidos en este documento fueron confidenciales y se mantuvieron en el anonimato.

Se realizó la comparación de dos materiales de diferentes casas comerciales para la cementación de las incrustaciones, sin embargo, se consideró que los resultados no estuvieron en detrimento del buen nombre de la marca.

Las casas comerciales utilizadas no financiaron la investigación por lo tanto los integrantes de este trabajo no tuvieron ningún conflicto de interés con las marcas que se evaluaron.

5. Resultados

5.1. Aspectos relacionados con la muestra

Se realizó un estudio experimental in vitro para evaluar la adaptación marginal de incrustaciones en resina compuesta cementadas con resina precalentada y cemento resinoso dual. Se cementaron 30 incrustaciones: 15 con resina precalentada Micerium ENA y 15 con Duolink, Bisco. Inmediatamente se llevó a cabo una medición del espacio entre la restauración y el diente mediante microscopio electrónico de barrido y se sometieron a termociclaje (10.000 ciclos) simulando envejecimiento de un año. Posteriormente, se repitió el proceso de medición permitiendo la comparación entre estos valores.

5.2 Aspectos relacionados con la frecuencia de desadaptación de las incrustaciones en tiempo cero

Al realizar el proceso de cementación y medición de la interfase incrustación-diente se pudo observar que el 76,7% (23) de las muestras evaluadas no evidenciaron ningún tipo de desadaptación y por el contrario el 23,3% presentaron algún tipo de desadaptación en el tiempo cero (ver tabla 1).

Tabla 1. *Frecuencia desadaptación incrustaciones tiempo cero*

	Frecuencia n	%
Sí	7	23,3
No	23	76,7
Total	30	100

Nota: n= número, %= porcentaje

Una vez obtenidos los valores iniciales en micras, se realizó el proceso de termociclaje a 10.000 ciclos simulando 1 año de envejecimiento en boca, después del proceso se pudo observar que aumentó el número de incrustaciones que se desadaptaron, correspondiendo al 36,7% (11), mientras que el 63,3% (19) se mantuvieron dentro de los valores aceptables de adaptación marginal (ver tabla 2).

Tabla 2. *Frecuencia de desadaptación tiempo envejecimiento un año*

	Frecuencia n	%
Sí	11	36,7
No	19	63,3
Total	30	100

Nota: n= número, %= porcentaje.

5.3. Aspectos relacionados con la desadaptación marginal en micras

Para determinar el valor de desadaptación marginal de las incrustaciones medidas en micras, se observó que no se presentó una distribución normal de los valores obtenidos.

En el tiempo cero la mediana fue de 84,7 micras con un rango intercuartílico que va de (58,1 – 99,4) micras de desadaptación lo cual nos indica que cerca del 25% de la muestra presentó una desadaptación mayor a 100 micras. Al año de envejecimiento la mediana se mantiene, pero el rango intercuartílico aumenta considerablemente (75,2 – 154,6) lo que nos da a entender que el 10% de la muestra presentó desadaptación mayor a 170 micras.

Tabla 3. *Micras desadaptación al tiempo cero y envejecimiento un año*

	me (RIQ)
Tiempo cero	84,7 (58,1 – 99,4)
Tiempo un año	89,9 (75,2 – 154,6)

Nota: me= mediana, RIQ= Rangos intercuartílicos

5.4. Análisis bivariado

5.4.1. Frecuencia de desadaptación de acuerdo con el material cementante en el tiempo cero y a un año

Al relacionar la variable frecuencia de desadaptación con el material cementante, se observó una mayor desadaptación de las incrustaciones cementadas con cemento resinoso (57,1%) en comparación con las cementadas con resina precalentada (42,9%) ($P=1,000$), (Ver tabla 4) esto indica que 7 de las muestras analizadas presentaron una desadaptación en tiempo cero mientras que a un año, el porcentaje de desadaptación fue de 63,6% ($P=0,256$) para el cemento resinoso y

36,4% ($P=0,256$) para resina precalentada, sin embargo no se evidencia una diferencia estadísticamente significativa. (ver tabla 5)

Tabla 4. Frecuencia de desadaptación de acuerdo con el material cementante tiempo cero

	Sí n (%)	No n (%)	P
Cemento Resinoso	4 (57,1)	11 (47,8)	1,000*
Resina Precalentada	3 (42,9)	12 (52,2)	
Total	7 (100)	23 (100)	

Nota: n= número, *=Fisher's exact,

Al comparar la frecuencia de desadaptación de los dos cementos se logró evidenciar un mejor comportamiento de la resina precalentada donde 57,9% (11) de las incrustaciones no presento desadaptación durante el proceso de envejecimiento a un año, sin embargo, el 63,6% de las incrustaciones cementadas con cemento resinoso presentaron desadaptación durante el mismo lapso. La resina precalentada tuvo un mejor comportamiento en el tiempo pese a esto no hubo una diferencia estadísticamente significativa entre los materiales de cementación ($P= 0,256$). (Ver tabla 5).

Tabla 5. Frecuencia de desadaptación de acuerdo con el material cementante envejecimiento un año

	Sí n (%)	No n (%)	P
Cemento Resinoso	7 (63,6)	8 (42,1)	0,256*
Resina Precalentada	4 (36,4)	11 (57,9)	
Total	11 (100)	19 (100)	

Nota: n= número, *Chi2

6. Aspectos relacionados con el comportamiento de los cementantes en el tiempo medido en micras

En la tabla 6 se evidencia el comportamiento que tienen los materiales cementantes en el tiempo teniendo en cuenta su medida en micras, donde el cemento resinoso pasa de tener una mediana de desadaptación inicial de 86,3 Um a 105,7 Um después de ser sometido al proceso de envejecimiento dando como resultado un mayor deterioro del material en el tiempo a diferencia de la resina precalentada la cual se mantiene más estable, donde la mediana de desadaptación inicial es de 83,2 Um y de 88,3 Um a un año.

Tabla 6. *Comportamiento de los cementantes en el tiempo medido en micras*

	Tiempo Cero	Envejecimiento a un año	P
Cemento Resinoso	86,3 (54,6 – 129,5)	105,7 (68,0 – 162,4)	0,052
Resina Precalentada	83,2 (61,4 – 99,44)	88,3 (77,3 – 125,6)	0,155

7. Discusión

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la desadaptación de incrustaciones en resina cementadas con dos materiales diferentes (resina precalentada (RP) y cemento resinoso (CR)). Al analizar los resultados obtenidos y respondiendo a la pregunta de investigación, se pudo observar que la resina precalentada como agente cementante presentó mejor adaptación marginal a través del tiempo en comparación con las incrustaciones cementadas con Duolink (Bisco).

Al evaluar los valores de desadaptación del cemento resinoso en el tiempo cero, se evidenció que se obtuvo un valor promedio de 86 Um y posterior al termociclaje aumentó a 105 Um. En cambio, la resina precalentada mostró una tendencia a un mejor comportamiento como material de cementación presentando como mediana inicial 83 Um y posterior a un año, aumentó

solo a 88,3 Um. Este resultado es comparable con el estudio realizado por Salvador y col (2020) donde se obtuvo un valor promedio de 84,4 Um en las restauraciones cementadas con CR y de 47,7 Um en el grupo de RP, sin embargo, al igual que en el presente estudio, no se determinaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos agentes cementantes.

En un estudio realizado por Lousan y col. (2022), se demostró que el precalentamiento de la resina compuesta para la cementación de incrustaciones mejora el grado de conversión, rigidez y adaptación marginal ya que esto aumenta la conversión de monómeros y reduce la viscosidad del material. Según el estudio de Goulart (2019) y col se observó una reducción del espesor total de la interfaz (valores entre 50 a 80 Um) en comparación con la resina utilizada sin precalentar (valores entre 90 a 110 Um). Estos resultados son comparables con el presente estudio donde se evidencio una mediana de 83.24 Um para el grupo de resina precalentada.

Con respecto al cemento resinoso, según la literatura revisada, la mayoría de los estudios comparan la adaptación marginal de incrustaciones cementadas con cementos autoadhesivos (Alvarado, et. Al., 2020 y Solórzano, 2017), Sin embargo, en aquellos donde se compara este tipo de cemento con los de grabado de polimerización dual, Isabeln, 2023, observó un mejor comportamiento de este último ya que se evidenció ausencia de microfiltración en la mayoría de los casos (77,8%) debido a una mejor adaptación marginal lo que puede deberse al grado de fluidez del material.

Entre las debilidades de este estudio está el número total de muestra ya que es muy limitada y esto puede generar sesgos o pocos cambios en los resultados obtenidos. También se pudo observar una discrepancia considerable entre la adaptación marginal en ambos grupos debido a que no se estandarizó la toma de la medida inicial y final en el mismo punto de la interfaz incrustación-diente. Otra limitación que se presentó fue la manipulación de las muestras ya que el

embalaje se realizó con los protocolos indicados, sin embargo, para el proceso de termociclaje fue necesario transportarlas a otra ciudad, lo cual pudo haber alterado la preparación previa de la muestra.

Por otro lado, como fortaleza destaca que este estudio puede abrir camino a una tendencia en la clínica para elegir el material de cementación de incrustaciones en resina compuesta, ya que permite al odontólogo evaluar el comportamiento de ambos materiales en el tiempo y elegir de forma objetiva según la situación clínica requerida.

7.1 Conclusiones

La resina precalentada presentó mejores valores de adaptación marginal con respecto al cemento resinoso ya que tiene una mayor longevidad y por ende mayor supervivencia de la restauración. Sin embargo, los resultados no se consideraron estadísticamente significativos.

La resina precalentada como agente cementante mostró una mayor adaptación marginal con respecto al cemento resinoso en el tiempo cero.

La resina precalentada como agente cementante mostró una mayor adaptación marginal con respecto al cemento resinoso en el proceso de envejecimiento a un año.

7.2 Recomendaciones

Se sugiere que en futuros trabajos se aumente el número total de muestra, ya que al ser tan limitada no se lograron obtener valores estadísticamente significativos.

Se recomienda estandarizar el punto exacto donde se tomará la medida de la interfaz incrustación-diente con el objetivo de evitar discrepancias exageradas o sesgos en la información.

Con el fin de evitar contaminación de la muestra o cambios en el material por factores externos, se propone a los futuros investigadores realizar el proceso de microscopio y termociclaje en la misma ciudad.

Según los resultados del presente estudio, el mejor material para la cementación de incrustaciones es la resina precalentada, ya que presentó mejores valores de adaptación marginal y menor envejecimiento, sin embargo, la elección también depende de la habilidad del operador y la adquisición del calentador.

Se recomienda realizar a futuro más investigaciones donde se evalúe el comportamiento de las incrustaciones cementadas con estos dos tipos de cemento aumentando los ciclos de termociclaje para simular más tiempo en boca, ya que en el presente estudio no se observaron cambios significativos entre la adaptación marginal de las restauraciones recién cementadas en comparación con las que fueron sometidas a termociclaje simulando un año. Esto puede ser porque probablemente el número de ciclos utilizados no sean suficientes para lograr cambios o deterioros en el cemento utilizado y por ende no haya cambios en la adaptación marginal.

Referencias

- Alvarado, M. S. U., García, D. M. E., Guillén, A. D. J. P., Arriaga, J. C. F., Ramírez, G. F. R., y Magdaleno, M. O. (2020). Evaluation of the Bond Strength and Marginal Seal of Indirect Restorations of Composites Bonded with Preheating Resin. *European Journal of Dentistry*, 14(04), 644-650.
- Azeem, R. A., y Sureshababu, N. M. (2018). Clinical performance of direct versus indirect composite restorations in posterior teeth: A systematic review. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 21(1), 2.
- Barone A., Derchi G., Rosii A., Marconcini S. y Covani U.. (2008). Longitudinal Clinical Evaluation of Bonded Composite Inlays: a 3 year study. *Quintessence International*, 39 (1), 65-71.
- Botino M., Ferraira Quintas A., Miyashita E., Giannini V. (2001). *Estética en Rehabilitación Oral Metal Free*. 1era Ed. Sao Paulo, Brasil: Artes Médicas Ltda.
- Corral Halal, D. (2014). Análisis comparativo del grado de sellado marginal de restauraciones cementadas con un cemento de resina compuesta y con una resina compuesta de restauración fluidificada. Universidad de Chile.
- D'Arcangelo, C., Vanini, L., Casinelli, M., Frascaria, M., De Angelis, F., Vadini, M., y D'Amario, M. (2015). Adhesive cementation of indirect composite inlays and onlays: A literature review. *Compend Contin Educ Dent*, 36(8), 570-7.
- D'amario, M., De Angelis, F., Vadini, M., Marchili, N., Mummolo, S., & D'Arcangelo, C. (2015). Influence of a repeated preheating procedure on mechanical properties of three resin composites. *Operative Dentistry*, 40(2), 181-189.

- Deb, S., Di Silvio, L., Mackler, H. E., y Millar, B. J. (2011). Pre-warming of dental composites. *Dent Mater*, 27(4):51-9.
- Díaz-Romeral, P., López, E., Veny, T., y Orejas, J. (2007). Materiales y técnicas de impresión en prótesis fija dentosoportada. *Cient. dent. (Ed. impr.)*, 71-82.
- Fabianelli, A., Pollington, S., Davidson, CL, Cagidiaco, MC y Goracci, C. (2017). La relevancia de los estudios de microfiltración. *Int Dent SA*, 9 (3), 64-74.
- Galdames, B., Brunoto, M., Marcus, N., Grandon, F., y Priotto, E. (s/e de s/e de 2018). *Revista Clínica Periodoncia Implantología. Rehabilitación oral*. doi:10.4067/S0719-01072018000200091.
- Goulart, M., Veleda, B. B., Damin, D., Ambrosano, G. M. B., de Souza, F. H. C., y Erhardt, M. C. G. (2018). Preheated composite resin used as a luting agent for indirect restorations: effects on bond strength and resin-dentin interfaces. *International Journal of Esthetic Dentistry*, 13(1).
- Hernández Narváez, N. A. (2021). *Protocolo clínico de las restauraciones de resina en dientes posteriores con técnica indirecta* (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad Piloto de Odontología).
- Hepburn Bertoldi A. (2004). Incrustaciones de Resina Compuesta: Consideraciones generales. *Rev. Asociación Odontológica de Argentina*, 98 (2),253-264.
- Hirata, R. (2012). *TIPS: Claves en odontología estética* (pp. 325-35). Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Ho, C. (2015). Clinical Techniques: Composites and Indirect Methods. In *Principles and Practice of Esthetic Dentistry* (pp. 193-213). Mosby.

- Homsy F., Eid R., El Ghouli W, Chidiac JJ. (2015). Considerations for Altering Preparation Designs of Porcelain Inlay/Onlay Restorations for Non-vital Teeth. Department of Prosthodontics. Lebanese University. *Journal of Prosthodontics*, 24 (6), 457-62.
- International Organization for Standardization. (1994). ISO TR11405. Dental materials-guidance on testing of adhesion to tooth structure. *Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization*, 1–15.
- Lanata E. (2011). *Operatoria Dental Estética y Adhesiva*. Primera ed. Buenos Aires, Argentina: Alfa Omega.
- Lousan do Nascimento Poubel, D., Ghanem Zanon, A. E., Franco Almeida, J. C., Vicente Melo de Lucas Rezende, L., y Pimentel Garcia, F. C. (2022). Composite Resin Preheating Techniques for Cementation of Indirect Restorations. *International Journal of Biomaterials*, 2022.
- Melilli, D., Cumbo, E. M., Baldissara, P., Wandscher, V. F., Valandro, L. F., Gallina, G., y Pizzo, G. (2018). Evaluation of marginal leakage after mechanical fatigue cycling of composite inlays luted with different cements. *Gen Dent*, 66(4):51-55.
- Mounajjed, R., Salinas, T. J., Ingr, T., y Azar, B. (2018). Effect of different resin luting cements on the marginal fit of lithium disilicate pressed crowns. *J Prosthet Dent*, 119(6):975-80.
- Ortiz Palao, A. F. (2019). *Eficacia In Vitro de la Microfiltración Marginal en Resina Compuesta Convencional y Resina Compuesta Bulk Utilizando Microscopio Electrónico de Barrido en Cavidades Clase I de Terceros Molares, Arequipa 2018*. Universidad Católica de Santa María.
- Otzen, T., y Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International journal of morphology*, 35(1), 227-232.

- Phillips. (2007). Ciencias de los materiales dentales. Onceava ed. Barcelona: Elsevier.
- Ricaldi Flores, C. (2013). Resistance to the traction of glass fiber post cemented with adhesive and self-curing resinkiru. *J Appl Oral Sci.* 2013 ene-Jun; 10(1) :(26–31).
- Risco Tigua, J.G., y Álvarez Lalvay, E. J. (2019). Microfiltración de margen en incrustaciones de cerómetro tipo sobremesa cementadas con cementos resinosos: auto-reclutadores, resina universal y termoplastificada. Universidad Central de Ecuador.
- Sakaguchi, R. L., y Powers, J. M. (2011). Craig's Restorative Dental Materials-E-Book: Craig's *Restorative Dental Materials-E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- Sierra-Zambrano, J. M., Carrasco-Sierra, M., y Robles, V. A. A. (2018). La estética en la odontología restauradora. *Polo del Conocimiento*, 2(9), 237-249.
- Sinche-Ccahuana, I., Ladera-Castañeda, M., Paucar-Rodríguez, E., Aliaga-Mariñas, A., Dapello-Zevallos, G., Cervantes-Ganoza, L., y Cayo-Rojas, C. (2023). Microleakage in indirect onlay restorations cemented with three different types of adhesives: An in vitro study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 15(8), e641.
- Solórzano, M. O., Palacios, J. C. S., y Luzuriaga, D. E. R. (2017). Microfiltración entre cemento adhesivo y autoadhesivo en incrustaciones de resina. *Dominio de las Ciencias*, 3(2), 463-482.
- Teixeira, G. S., Pereira, G. K. R., y Susin, A. H. (2021). Aging Methods—An Evaluation of Their Influence on Bond Strength. *European journal of dentistry*, 15(03), 448-453.
- Tauböck, T. T., Tarle, Z., Marovic, D., y Attin, T. (2015). Pre-heating of high-viscosity bulk-fill resin composites: Effects on shrinkage force and monomer conversion. *J Dent*, 43(11):1358-1364.

- Teves Vargas, C., y Durán Baldárrago, N. (2021). *Comparación entre las técnicas de impresión digital y la impresión convencional en la línea de terminación marginal. estudio in vitro Lima-2021. Universidad de Roosevelt Perú.*
- Tigua, J. G. R., y Lalvay, E. J. Á. (2019). Microfiltración marginal en incrustaciones de cerómero tipo table top cementadas con cementos resinosos: autograbantes, universales y resina termoplastificada. *Revista Odontología*, 21(2), 67-85
- Tommaso, G., Rizcalla, N., Krejci, I., & Dietschi, D. (2015). Evidence-Based Concepts And Procedures For Bonded Inlays And Onlays. Part II. Guidelines For Cavity Preparation And Restoration Fabrication. *The International Journal Of Esthetic Dentistry*. 10(3), 6-20.
- Tribst, J. P. M., Etoeharnowo, L., Tadros, M., Feilzer, A. J., Werner, A., Kleverlaan, C. J., y Dal Piva, A. M. D. O. (2023). The influence of pre-heating the restoration and luting agent on the flexural strength of indirect ceramic and composite restorations. *Biomaterial Investigations in Dentistry*, 10(1), 2279066.
- Ugarte Mamani, F. I. (2017). Comparación de la Resistencia a la Tracción de Tres Agentes Resinosos Empleados en la Cementación de Restauraciones Indirectas Tipo Onlay Estudio In Vitro. Tacna, 2017.
- Vásquez Caballero, B. M., & Arroyo Sosa, K. D. R. (2017). Eficacia de sellado marginal entre resinas compuestas nano híbridas de obturación masiva y estratificada en restauraciones de dientes premolares in vitro.
- Veneziani, M. (2017). Posterior indirect adhesive restorations: updated indications and the Morphology Driven Preparation Technique. *Int J Esthet Dent*, 12(2), 204-30.
- Vivas Mancha, J. L. (2019). Incrustación estética tipo Onlay con resina compuesta. Universidad Peruana Los Andes.

- Zareen, S. A., Usman, J. A. M., y Haribabu, R. (2013). Comparative Evaluation of Shear Bond Strength of Three Different Luting Cements toward Ceramic and Dentin for All Ceramic Restorations: An in vitro Study. *J Orofac Res*, 3(2):86-89.
- Zeller, D. K., Fischer, J., y Rohr, N. (2021). Viscous behavior of resin composite cements. *Dental materials journal*, 40(1), 253–259. <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-313>

Apéndices

Apéndice A. Tabla de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	NATURALEZA	ESCALA DE MEDICIÓN	VALORES
PRESENCIA DE DESADAPTACIÓN MARGINAL (variable dependiente)	Espacio que existe entre una restauración y la pieza dentaria preparada	Presencia de espacio mayor a 100 Um entre el cemento y el diente	Cualitativa	Nominal	1. Sí
					2. No
GRADO DE DESADAPTACIÓN MARGINAL (variable dependiente)	Valor numérico del espacio entre la restauración y el cemento.	Valor del espacio entre la incrustación y el cemento utilizado medido en microscopio electrónico de barrido en una escala entre 1 a 100 Um y 100 Um en adelante.	Cuantitativa	Intervalo	0. 1-100 Um
					1. Mayor A 100 Um
MATERIAL DE CEMENTACIÓN (independiente)	Biomaterial de composición múltiple y de consistencia fluida que se aplica entre dos superficies con el objetivo de unir las, actuando como una barrera que impide la filtración de bacterias y residuos.	Cemento resinoso o resina precalentada	Cualitativa	Nominal	A. Cemento resinoso
					B. Resina precalentada

Apéndice B. Instrumento

 Universidad Santo Tomás PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA 1920 - 1921		Evaluación de la adaptación marginal de incrustaciones en resina compuesta cementadas con cemento resinoso dual y resina precalentada		
FORMATO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN				
FECHA				
OBJETIVO		Evaluar la adaptación marginal de incrustaciones en composite utilizando como sistema de cementación resina precalentada y cemento resinoso dual		
#DIENTE	TIPO DE CEMENTO	PRESENCIA DE DESADAPTACIÓN MARGINAL	GRADO DE DESADAPTACIÓN MARGINAL	TERMOCICLAJ E
	RESINOSO (A) R. PRECALENTADA (B)	SÍ (1) NO (0)	0. 1-100 UM 1. MAYOR A 100 UM	GRUPO CONTROL (T0) 1 AÑO (T1)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				

Apéndice C. Plan de análisis estadístico

Plan De Análisis Estadístico		
Análisis Univariado		
Variable A Tratar	Naturaleza	Reporte/Operaciones
Tipo De Cemento	Cualitativa	Frecuencia Absoluta
Presencia De Desadaptación	Cualitativa	Medida De Tendencia Central (Moda)

Plan De Análisis Estadístico			
Análisis Bivariado			
Variable Dependiente O De Salida	Variable Independiente O Explicativa	Naturaleza Y Categorías	Prueba Estadística
Adaptación marginal	Cemento	Cualitativa / cuantitativa	Chi2 o Fisher's Exact

Apéndice D. Acta de donación de dientesBANCO DE DIENTES HUMANOS PERMANENTES DE LA FACULTAD DE
ODONTOLOGÍAUNIVERSIDAD SANTO TOMAS BUCARAMANGA
ACTA DE DONACIÓN No _____

Fecha: _____

Yo _____ identificado (a) con cc No _____ exp
_____, edad _____ domiciliado en _____ acepto donar el (los) diente (s)
_____, extraído (s) en esta fecha por el estudiante de odontología acompañado de su
docente supervisor, al banco de dientes permanente humanos de la facultad de odontología
de la universidad Santo Tomás Bucaramanga, con pleno conocimiento que serán utilizados
por los estudiantes y el grupo de investigadores, como parte de actividades de entrenamiento
preclínico y para el desarrollo de investigaciones científicas *In vitro*.

Soy consciente que las extracciones fueron realizadas por indicación terapéutica siendo parte
del plan de tratamiento necesario para mejorar mi estado de salud oral como consta en la
historia clínica odontológica, por un diagnostico dental previo de
_____. Aclaro además, que la donación es totalmente voluntaria, que
no recibiré en ningún momento remuneración económica por parte de la institución ni de los
estudiantes y que bajo ninguna circunstancia será revelada mi identidad.

Si presenta alguna inquietud, con respecto a la funcionalidad del banco de dientes, puede
comunicarse al Laboratorio de Técnicas Básicas de la universidad Santo Tomás a la línea
telefónica 6800801 ext 2409 con Laura Viviana Herrera Sandoval.

Después de haber leído y entendido completamente el documento firmo libre y
voluntariamente,

Firma paciente _____ cc _____

Operador _____ Firma _____

Testigo nombre y apellidos _____

Firma y cc _____

Apéndice E. Evidencia fotográfica procedimiento.**Figura 1. Preparación de piezas dentales****A****B**

A. Remoción de tejido duro con ultrasonido B. Esterilización de muestras en autoclave a 122°C por 20 minutos

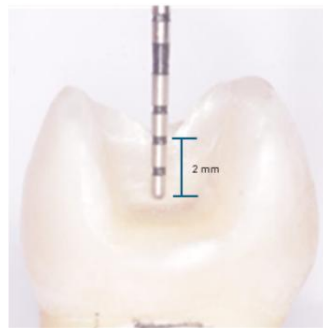
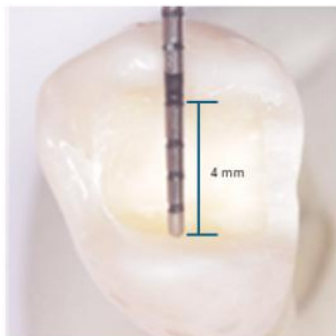
Figura 2 Preparación de la cavidad



Figura 3. Materiales para toma de impresión



Figura 4. Impresión en bloque de silicona



Figura 5. Impresión vaciada en yeso tipo IV y enumeración de las muestras

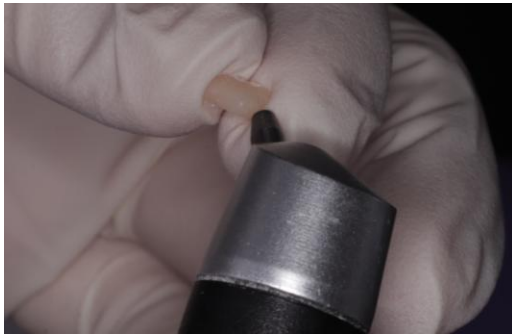


A



B

Figura 8. Total, de incrustaciones realizad



A



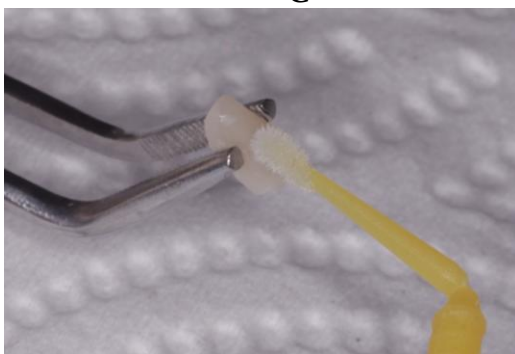
B



C



D



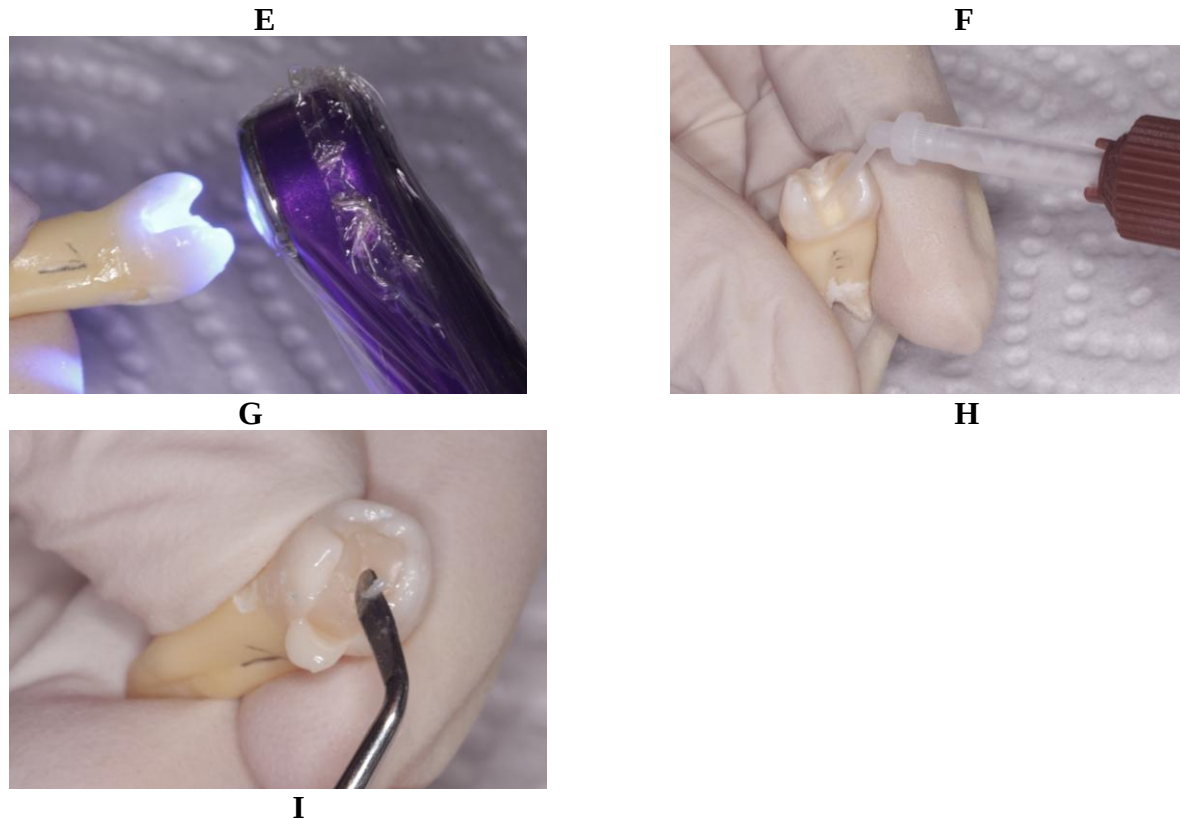
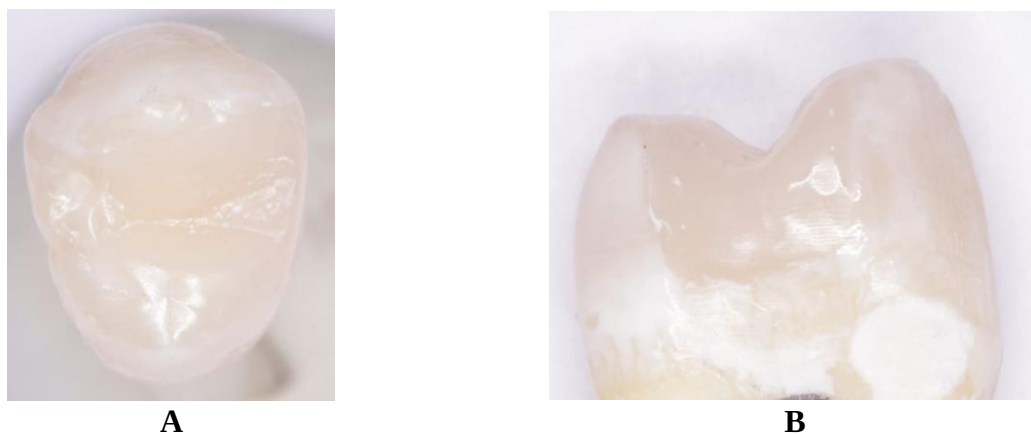


Figura 9: Proceso para cementación de incrustaciones. A. Microarenado de la incrustación. B. Grabado ácido de la incrustación. C. Grabado ácido selectivo en el sustrato dentario durante 20 segundos. D. Lavado durante 40 segundos con abundante agua. E. Aplicación de silano a la incrustación. F. Aplicación de adhesivo al sustrato dentario. G. Polimerización del adhesivo aplicado. H. Cementación de incrustación con cemento resinoso. I. Cementación de incrustación con resina precalentada.



**Figura 10. Incrustación cementada y pulida
A. Vista oclusal B Vista interproximal**



Figura 11. Toma de medida de desadaptación marginal para observar en microscopio



A



B

Figura 12. Muestra total previo al proceso de metalizado y toma de medidas iniciales con microscopio electrónico de barrido.

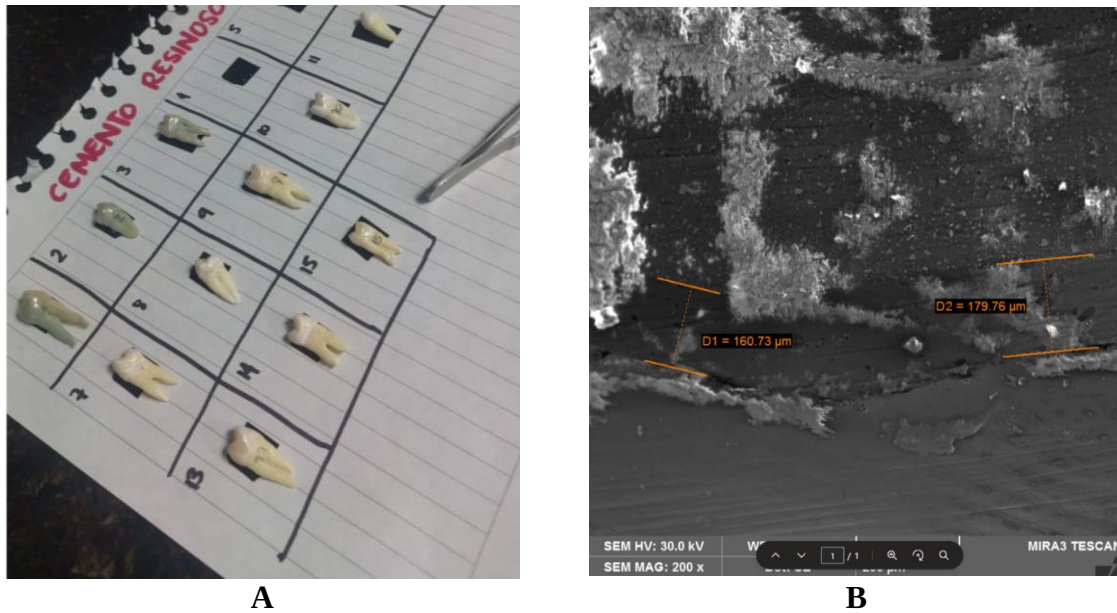


Figura 13. Proceso de metalizado de muestra y toma inicial de macrofotografías



Figura 14. Envío de muestras y proceso de termociclado



Figura 15. Termociclador

Apéndice F

 Evaluación de la microfiltración de incrustaciones en resina compuesta cementadas con cemento resinoso dual y resina precalentada									
FORMATO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN									
FECHA									
OBJETIVO					DESPUÉS DE TERMOCICLAJE				
Evaluar la microfiltración de la adaptación marginal de incrustaciones en resina compuesta cementadas con cemento resinoso dual y resina precalentada									
#DIENTE	TIPO DE CEMENTO	PRESENCIA DE DESADAPTACIÓN	GRADO DE DESADAPTACIÓN	VALOR DE DESADAPTACIÓN	#DIENTE	TIPO DE CEMENTO	PRESENCIA DE DESADAPTACIÓN	GRADO DE DESADAPTACIÓN	VALOR DE DESADAPTACIÓN
	RESINOSO (A) R. PRECALENTADA (B)	SÍ (1) NO (0)	0. 1-100 Um 1. Mayor a 100 Um			RESINOSO (A) R. PRECALENTADA (B)	SÍ (1) NO (0)	0. 1-100 Um 1. Mayor a 100 Um	
1	A	1	1	160.73	1	A	1	1	154.68
2	A	0	0	56.77	2	A	0	0	68.09
3	A	0	0	81.27	3	A	0	0	75.21
4	A	0	0	23.53	4	A	0	0	60.70
5	A	0	0	54.68	5	A	1	1	131.43
6	A	1	1	430.49	6	A	1	1	433.75
7	A	0	0	91.27	7	A	0	0	80.73
8	A	0	0	48.00	8	A	0	0	58.84
9	A	0	0	88.39	9	A	1	1	105.73
10	A	0	0	89.17	10	A	1	1	162.49
11	A	0	0	37.72	11	A	0	0	42.22
12	A	1	1	129.55	12	A	1	1	207.70
13	A	0	0	64.88	13	A	0	0	84.32
14	A	1	1	325.98	14	A	1	1	318.42
15	A	0	0	86.31	15	A	0	0	113.68
1	B	0	0	83.24	1	B	0	0	84.51
2	B	0	0	58.14	2	B	0	0	55.38
3	B	0	0	61.47	3	B	0	0	91.57
4	B	1	1	148.96	4	B	1	1	241.63
5	B	1	1	144.29	5	B	0	0	192.51
6	B	0	0	99.44	6	B	1	1	125.64
7	B	0	0	89.21	7	B	0	0	85.79
8	B	0	0	87.85	8	B	0	0	79.54
9	B	0	0	51.38	9	B	0	0	77.30
10	B	0	0	75.75	10	B	0	0	94.74
11	B	0	0	96.90	11	B	1	1	104.43
12	B	1	1	192.59	12	B	1	1	217.78
13	B	0	0	39.34	13	B	0	0	65.83
14	B	0	0	81.54	14	B	0	0	88.33
15	B	0	0	70.28	15	B	0	0	40.86