

EVALUACIÓN DEL FACTOR DE CONVERSIÓN DE POLIMERIZACIÓN DE LA RESINA PRECALENTADA MICERIUM ENA HRI Y EL CEMENTO RESINOSO RELYX U200 (3M) EN LA CEMENTACIÓN DE RESTAURACIONES INDIRECTAS EN EL SECTOR POSTERIOR

EVALUATION OF THE POLYMERIZATION CONVERSIÓN FACTOR OF THE PREHEATED RESIN MICERIUM ENA HRI AND THE RESIN CEMENT RELYX U200 (3M) IN THE CEMENTATION OF INDIRECT RESTORATIONS IN THE POSTERIOR SECTOR

AUTORES

Maria Paulina Sánchez Restrepo, odontóloga, Universidad CES, Medellín, Antioquia, Colombia
Rehabilitadora Oral, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C. Colombia
Correo electrónico: mp-sanchez@javeriana.edu.co

Lizeth Daniela Suesca Cortes, Odontóloga, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C. Colombia.
Rehabilitadora Oral, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C. Colombia.
Correo electrónico: Lizeth_suesca@javeriana.edu.co

Jorge Alberto Bedoya Serna. Odontólogo, Pontificia Universidad Javeriana.
Rehabilitador Oral, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C. Colombia.
Docente de clínicas de posgrado de la Pontificia Universidad Javeriana.
Correo electrónico: jorge.bedoya@javeriana.edu.co

Henry Alberto Méndez Pinzón, Físico, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.
Magister Scientae (física), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.
Dr.rer.nat, Technische Universität Chemnitz (Deutschland)
hmendez@javeriana.edu.co

Henry Mauricio Ortiz Salamanca, Físico, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.
Magister Scientae (física), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.
Maestría En materiales Espinelas, Universidad nacional de Colombia, Bogotá D.C.
DR en ciencias en nanociencia y nanotecnología CINVESTAV-IPN, México
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
hmortizs@udistrital.edu.co

Juan Riofrio, Odontólogo, Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador.
Rehabilitador Oral, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C. Colombia.

Adriana Rodríguez Ciódaró, Bacterióloga MSC, profesora asociada Centro de Investigaciones Odontológicas,
Pontificia Universidad Javeriana
Correo electrónico: arodrig@javeriana.edu.co

RESUMEN: En la actualidad, debido a los avances científicos en la odontología adhesiva, algunas casas comerciales se han enfocado en modificar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los materiales dentales; con el objetivo de brindar múltiples funciones, mayor facilidad de manejo y alta calidad en sus productos, en el caso específico de las resinas compuestas, se ha modificado la tixotropía del material por medio del precalentamiento, generando así, un aumentando en su viscosidad, permitiendo su implementación como agente cementante de restauraciones definitivas indirectas. **OBJETIVO:** Evaluar el factor de conversión de polimerización de la resina compuesta Micerium ENA HRi precalentada y del cemento dual Relyx u200 al ser usados como material cementante de restauraciones indirectas en el sector posterior a diferentes profundidades. **MATERIALES Y METODOS:** Se utilizaron 40 modelos impresos por la impresora 3D Formlabs con preparación oclusal, mesial y distal a diferentes profundidades en el primer molar inferior derecho; se realizaron restauraciones de disilicato de litio utilizando color A1, translucidez High Translucency (Roseta) para cada uno de los 40 modelos; las muestras (modelo con restauración) se dividieron en 4 grupos teniendo en cuenta agente cementante (Resina ENA Micerium y Relyx U200) y lámpara de fotocurado (Valo y Bluephase); las restauraciones en disilicato de litio recibieron el protocolo completo de cementación correspondiente para cada agente cementante (resina ENA Micerium HRI y cemento dual Relyx U200), fueron cementadas en los modelos descritos anteriormente y posteriormente se descementaron de manera manual para ser sometidas a espectroscopia Raman para el análisis del grado de conversión de polimerización de ambos agentes cementantes. **RESULTADOS:** Previo a la polimerización, el cemento Relyx U200 presentó mayor factor de conversión de polimerización, siendo este del 36.4%, generando así, una diferencia del 12% comparado con la resina Micerium ENA HRI; al estudiar las diferentes profundidades se encontró que el factor de conversión de polimerización es inversamente proporcional a la profundidad de la cavidad, siendo mayor a nivel central independientemente del agente cementante y la lámpara utilizada; el cemento Relyx U200 alcanzó un factor de polimerización del 63.2% en la cavidad menos profunda 2mm y la resina Micerium ENA HRi alcanzó un 58.1%, igualmente, a nivel de la cavidad de 2 mm de profundidad, otro lado, el menor factor de conversión de polimerización evidenciado fue en la resina precalentada Micerium ENA HRi a nivel de la superficie mesial con un 37.8%; por otro lado, se evidencia que al utilizar la lámpara Valo, el factor de conversión de polimerización es similar para ambos agentes cementantes independiente de la profundidad de la cavidad, a diferencia de la lámpara Bluephase, en la cual se evidenció menor factor de conversión con la resina compuesta.

CONCLUSIONES: Puede concluirse que la resina ENA Micerium HRI presentó un factor de conversión menor en comparación al cemento Relyx U200, además, el factor de conversión de polimerización es inversamente proporcional a la profundidad de la cavidad independientemente del agente cementante y la lámpara de fotocurado utilizada.

PALABRAS CLAVES: resina precalentada, factor de conversión, resina compuesta, conversión de monómero.

ABSTRACT: Currently, due to scientific advances in adhesive dentistry, some commercial houses have focused on modifying the physical, chemical and mechanical properties of dental materials; With the aim of providing multiple functions, greater ease of handling and high quality in its products, in the specific case of composite resins, the thixotropy of the material has been modified by means of preheating, thus generating an increase in its viscosity, allowing its implementation as a cementing agent for indirect definitive restorations.

OBJECTIVE: To evaluate the polymerization conversion factor of preheated Micerium ENA HRi composite resin and Relyx u200 dual cement when used as a cementing material for indirect restorations in the posterior sector at different depths. **MATERIALS AND METHODS:** 40 models printed by the Formlabs 3D printer were used with occlusal, mesial and distal preparation at different depths in the lower right first molar; Lithium disilicate restorations were made using shade A1, High Translucency (Rosette) for each of the 40 models; the samples (model with restoration) were divided into 4 groups taking into account cementing agent (ENA Micerium Resin and Relyx U200) and light-curing lamp (Valo and Bluephase); Lithium disilicate restorations received the complete cementation protocol corresponding to each cementing agent (ENA Micerium HRI resin and Relyx U200 dual cement), were cemented in the models described above and were subsequently manually decemented to be subjected to Raman spectroscopy to the analysis of the degree of polymerization conversion of both cementing agents. **RESULTS:** Prior to polymerization, the Relyx U200 cement presented a higher polymerization conversion factor, this being 36.4%, thus generating a difference of 12% compared to the Micerium ENA HRI resin; When studying the different depths, it was found that the polymerization conversion factor is inversely proportional to the depth of the cavity, being greater at the central level regardless of the cementing agent and the lamp used; the relyx u200 cement reached a polymerization factor of 63.2% in the shallowest 2mm cavity and the Micerium ENA HRi resin reached 58.1%, likewise, at the level of the 2mm deep trunk, on the other hand, the lowest conversion factor of polymerization evidenced was in the preheated Micerium ENA HRi resin at the level of the mesial surface with 37.8%; On the other hand, it is evident that when using the Valo lamp, the polymerization conversion factor is similar for both cementing agents regardless of the depth of the cavity, unlike the bluephase lamp, in which a lower conversion factor was evidenced with the composite resin. **CONCLUSIONS:** It can be concluded that the ENA Micerium HRI resin presented a lower conversion factor compared to the relyx U200 cement, in addition, the polymerization conversion factor is inversely proportional to the depth of the cavity regardless of the cementing agent and the light-curing lamp used.

KEY WORDS: pre-heated composite, degree conversion, composite, monomer conversion

INTRODUCCION: El desarrollo y el avance científico en la odontología, ha aumentado significativamente el uso de materiales cerámicos mínimamente invasivos, es por esto, que algunas casas comerciales se han enfocado en modificar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de materiales convencionales como la resina compuesta, con el objetivo de aumentar su calidad y brindar mayor diversidad en su aplicabilidad a través de un método llamado precalentamiento, con la finalidad de aumentar su viscosidad y permitiendo así su implementación como agente cementante de restauraciones definitivas indirectas; para realizar este procedimiento es indispensable conocer la composición y propiedades de la resina compuesta.

La resina compuesta es un material polimérico reticulado altamente reforzado por una dispersión de sílice amorfa, vidrio cristalino y partículas de relleno de resina o fibras cortas unidas a la matriz por un agente de acoplamiento (1). En la actualidad, las resinas compuestas son utilizadas para realizar restauraciones teniendo en cuenta ciertos factores, tales como, la aplicabilidad clínica, la experticia del profesional y los requerimientos específicos en el tratamiento del paciente tanto del sector anterior como posterior, independientemente de la

técnica que se utilice, ya sea directa o indirecta son consideradas y respaldadas científicamente como una excelente opción restaurativa.

Este material polimérico está constituido principalmente por la matriz orgánica que contiene monómeros como; el bisfenol glicidil metacrilato (Bis-GMA), uretano dimetil metacrilato (UDMA), trietilenglicol (TEGMA) o bisfenol A Glicidil (Bis - EMA), estos componentes se unen entre sí, formando cadenas o redes tridimensionales poliméricas, lo que le provee al material sus propiedades reológicas, de hidrofobicidad, hidrofiliidad y de grado de conversión (2). A su matriz orgánica se le incorpora el relleno o matriz inorgánica (3,4) puede ser vidrio, cuarzo, circonio, silicatos de litio, aluminio, entre otros; su función principal es reforzar la matriz orgánica y proporcionar estética, radiopacidad, resistencia a la abrasión y resistencia a la compresión. Esta matriz inorgánica se encuentra directamente relacionada con las características del material (2), a mayor cantidad de relleno y menor tamaño de éste, mejoran las propiedades físicas, mecánicas y estéticas de la resina. La unión de la matriz orgánica e inorgánica se genera mediante un agente de unión llamado silano, este contiene un grupo metacrilato en uno de sus extremos, el cual se une a la matriz orgánica y un grupo silano en el otro extremo que permite la unión con la matriz inorgánica, permitiendo la transferencia de tensiones entre matrices (2) y, por ende, la creación de la red polimérica.

La activación e interacción de los componentes de la resina compuesta se da mediante diferentes mecanismos, el más utilizado es la fotopolimerización (curado por luz), basado en fotoiniciadores los cuales componen la resina compuesta y requieren un estímulo externo en un rango de espectro de luz de 400-500 nanómetros para su activación, la cual se logra mediante la lámpara de fotocurado (5,6), al excitarse los fotoiniciadores interactúan con la amina, generando así radicales libres que reaccionan con los enlaces de carbono, dando inicio al proceso de polimerización, este termina cuando no hay más producción de radicales libres que interactúen con el carbono, es ahí cuando finaliza la formación de la red polimérica (6). Algunos estudios reportan que aproximadamente del 25 al 50% de los monómeros quedan sin reaccionar durante la polimerización, liberando subproductos los cuales interfieren de manera negativa en las propiedades físicas de las resinas compuestas (4).

Es indispensable el uso de una lámpara de fotocurado para la activación de la resina compuesta, ésta, cuenta con diversas características como lo son, intensidad, energía y tiempo de exposición, los cuales interfieren en las propiedades finales de la resina, por lo anterior, con el objetivo de lograr estandarizar estos factores, se crea el término de energía total (J/cm^2); que busca conceptualizar el resultado de la intensidad de radiación (mW/cm^2) y el tiempo de exposición (segundos) a la que se debe exponer una resina compuesta de 2mm de espesor para lograr un grado de curado suficiente (7,8), se concluye que es necesaria una energía total de $12.000 mW/cm^2$ para lograr su correcta polimerización manteniendo sus propiedades físicas y químicas intactas (7).

La eficacia de la polimerización se puede ver afectada por factores como, la distancia entre la punta de la lámpara y la resina compuesta, la cual no debe exceder de 3 mm (7), o la presencia de un material que limite el paso de la luz entre la lámpara y la resina compuesta.

Dentro de las propiedades físicas de la resina compuesta encontramos la tixotropía, la cual, es la capacidad de cambiar su viscosidad cuando se somete a una fuerza de tracción,

compresión o cizallamiento. Como se mencionó anteriormente, las casas comerciales han realizado modificaciones en la tixotropía de las resinas compuestas sometiénolas a altas temperaturas, con el objetivo de generar diversidad en sus productos y aumentar sus funciones, al modificar la tixotropía de la resina compuesta, las casas comerciales la recomiendan como agente cementante de restauraciones protésicas indirectas (9). Este interés comercial ha restado importancia a los cambios en las propiedades químicas, físicas y biológicas que se pueden generar dentro de ellas al someterlas a una temperatura específica.

La cementación definitiva de restauraciones protésicas es uno de los pasos más importantes para garantizar el éxito clínico y la longevidad de las restauraciones (10,11), considerándose el cemento como un “agente de unión usado para unir firmemente dos objetos que están aproximados” (1). Actualmente, ha aumentado el uso de los cementos resinosos debido a sus propiedades de adhesión química al sustrato dental, siendo una de sus principales ventajas (12, está indicado para la cementación adhesiva de restauraciones estéticas, ya sea en sector anterior o posterior. Los cementos resinosos se caracterizan por tener baja solubilidad, buenas propiedades estéticas y alta fuerza de unión, sin embargo, se ha mostrado que los cementos resinosos a pesar del curado dual (activación química y física), requieren de una fotopolimerización adecuada para lograr la mecánica requerida que les permita mantener sus propiedades (13).

Basado en lo anterior, la elección de un agente cementante debe garantizar el desarrollo adecuado de sus propiedades, como lo es el factor de conversión de polimerización que hace referencia a la cantidad de monómeros que se convierten en polímeros formando cadenas poliméricas, lo anterior, es directamente proporcional con la intensidad y tiempo de exposición de la luz en las diferentes lámparas de fotocurado (14,15).

Se han evaluado diferentes estudios que demuestran un aumento significativo en el grado de conversión y estrés de polimerización en la resina compuesta precalentada, variación que se le atribuye al cambio de temperatura del material (16), pero, reportan como desventaja una mayor concentración de tensiones en el ángulo ocluso axial de las preparaciones, lo que genera micro gaps en la interfaz restauración- diente (17).

Al precalentar la resina compuesta a la temperatura sugerida por la casa comercial que oscila entre 55° y 60°C (18), se genera mayor actividad molecular aumentando la formación de radicales libres (19), dando como resultado, una mayor contracción de polimerización y disminución en el tiempo de exposición necesario de curado (20) como lo concluye Daronch et al en el estudio del 2005 (21). Adicionalmente, se ha demostrado un aumento significativo del grado de conversión de polimerización después del precalentamiento (22) lo que conlleva a un aumento de estrés del material (16), por el contrario, algunos estudios muestran que el precalentamiento de la resina compuesta no altera las propiedades mecánicas ni la conversión de monómeros de la resina compuesta (23).

De acuerdo con la temperatura de precalentamiento a la que se somete la resina compuesta, algunos estudios han demostrado cambios en el grado de conversión de polimerización dentro del material dependiente a la profundidad de curado (24), además, se podría generar deflexión cusípida por un aumento de temperatura mayor a la temperatura corporal, desencadenado en mayor microfiltración (18).

Se ha demostrado que la temperatura de la resina compuesta sometida a precalentamiento se reduce en un 50% después de los 2 minutos de ser retiradas del horno HEAT y en un 90% después de 5 minutos, debido a esto, es necesario contar con experticia y conocimiento por parte del operador en la utilización de las resinas precalentadas como agente cementante (23).

Como ha sido reiteradamente mencionado, es de vital importancia conocer las características y propiedades de los materiales que se emplean en la práctica clínica, y las consecuencias de hacer uso inadecuado de estos, acorde con lo anterior, se busca cuestionar en este caso, los efectos que trae precalentar las resinas compuestas con relación al factor de conversión de polimerización, especialmente, si serán utilizadas como material de cementación definitiva en restauraciones indirectas posteriores.

Teniendo en cuenta que el precalentamiento de las resinas compuestas puede modificar las propiedades del material, y, que factores como el tipo de restauración, profundidad de la cavidad a restaurar y el paso de la luz a través de la restauración pueden interferir en el éxito o la longevidad del tratamiento realizado, el grupo de investigación se plantea el siguiente cuestionamiento ¿Cuánto es el factor de conversión de polimerización de la resina compuesta Micerium ENA HRi precalentada, al ser usada en la cementación de restauraciones indirectas en el sector posterior con diferentes profundidades comparada con el cemento resinoso dual relyx U200?

MATERIALES Y MÉTODOS: Con previo aval del comité de Investigación y Ética de la Facultad de Odontología de la Pontificia Universidad Javeriana, se prepararon 40 muestras con las siguientes características.

Elaboración de especímenes

Simulación de estructura dental

Sobre un modelo de Ivorina se realizó una preparación tipo cavidad compuesta en un primer molar inferior derecho, con una pieza de mano de alta velocidad y alto torque (NSK, Japón) entre 100.000 y 500.000 rpm con spray de aire- agua, se utilizaron fresas de diamante troncocónicas con extremo redondo grano fino (63 micras) para la preparación y el pulido se realizó con fresa de diamante troncocónica punta redonda grano superfino (40 micras); la cavidad se realizó con tres profundidades de la siguiente manera; cajuela mesial 4 mm, cajuela distal 3 mm y cara oclusal 2 mm, como se muestra en la figura 1.

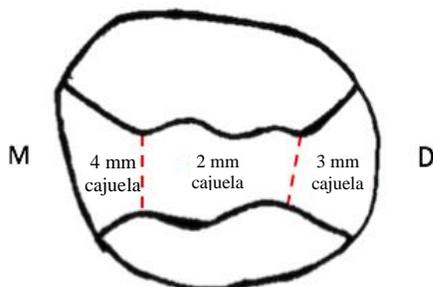


Figura 1. Vista oclusal correspondiente a la preparación del primer molar.

Este espécimen fue escaneado y digitalizado (CAD/CAM) junto con el segundo premolar inferior derecho y el segundo molar inferior derecho, obteniendo un archivo STL, posteriormente se obtuvo un modelo 3D en la impresora Formlabs que se encuentra en la Pontificia Universidad Javeriana, el modelo se revisó y se aprobó para obtener un total de 40 muestras en resina para impresión 3D de curado ultravioleta de la casa comercial Formlabs, las cuales, simulaban la estructura dental. Ver figura 2.



Figura 2. Modelo 3D impreso donde se evidencia la preparación a nivel del primer molar.

Elaboración de la restauración

Para obturar la cavidad anteriormente mencionada, se realizó la digitalización del espécimen modelo ya preparado con scanner intraoral CEREC Omnicam (dentsply Sirona), se realizó el encerado digital en el software de CEREC in lab (Dentsply Sirona) teniendo en cuenta las dimensiones de la cavidad descritas anteriormente (Figura 1), con el diseño de la incrustación tipo inlay ocluso-meso-distal aprobado, se realiza el fresado en cera de fresado de la casa comercial Ivoclar (ProArt CAD wax- blue) (figura 3), las cuales fueron sometidas a método de inyección en Disilicato de litio, utilizando color A1, translucidez High Translucency de la casa comercial Roseta.

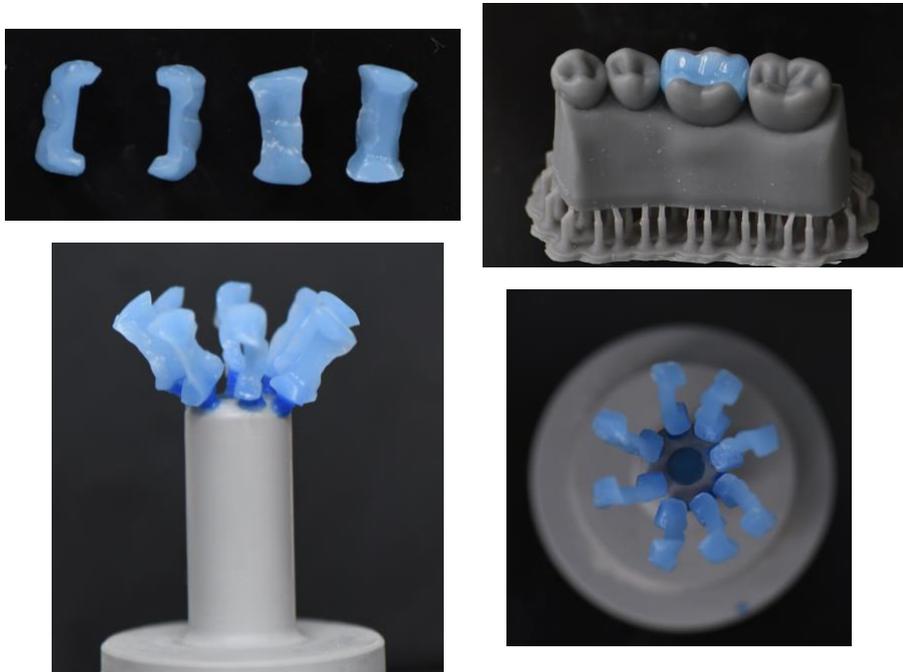


Figura 3. elaboración de la restauración, cera de fresado de la casa comercial Ivoclar (ProArt CAD wax- blue)

Como resultado final del proceso de diseño, fresado e inyección se obtuvo un total de 40 muestras en bloques de disilicato de litio, las cuales se distribuyeron como se muestra a continuación para su respectivo protocolo de cementación. Ver tabla 1.

Nomenclatura	Cantidad	Agente cementante	Casa comercial	Características	Lámpara
A1	10 especímenes	Relyx U200	3M ESPE (USA)	Cemento resinoso, autoadhesivo. curado dual	Valo
A2	10 especímenes	Relyx U200	3M ESPE (USA)	Cemento resinoso, autoadhesivo. curado dual	BluePhase
B1	10 especímenes	ENA HRI	Grupo Micerium	Resina compuesta, precalentada	Valo
B2	10 especímenes	ENA HRI	Grupo Micerium	Resina compuesta precalentada	BluePhase

Tabla 1. Distribución y nomenclatura de las muestras y de materiales utilizados.

Preparación de la restauración para la cementación

Las restauraciones en disilicato de litio se prepararon en su parte interna con la aplicación de ácido fluorhídrico (prodont) al 5% durante 20 segundos, seguido de lavado con abundante agua y aireado, por último, se procedió a la aplicación de silano (ultradent, products, INC) por 1 minuto.

Previo al protocolo de cementación se aplicó una capa de neofoil en el espécimen que representaba la estructura dental, específicamente en las preparaciones; el neofil actuó como un agente aislante para evitar la adhesión química o mecánica de los agentes cementantes al espécimen que simulaba la estructura dental.

Protocolo de cementación con resina precalentada Micerium ENA

La resina compuesta ENA HRI (Micerium, Italia) fue precalentada en el calentador de jeringas ENA HEAT siguiendo el protocolo sugerido por la casa comercial, el calentador consta de dos programaciones, T1 para moldear y T2 para cementación; para el presente estudio se utilizó la programación T2 la cual calentó la resina compuesta a una temperatura de 55°C entre 55 y 60 minutos, el calentador de jeringas generó señales luminosas, el color amarillo fijo indicó la temperatura correcta alcanzada para la cementación.

Se llevó la resina compuesta precalentada mediante un FP3 de teflón cubriendo toda la superficie interna de la restauración de disilicato de litio previamente preparado, la restauración fue llevada a la cavidad ejerciendo una presión manual, logrando su asentamiento y posición correcta, se retiraron excesos con un explorador #23 y se fotopolimerizó por 40 segundos teniendo en cuenta la distribución de grupos, ver tabla 1.

Protocolo de cementación con cemento dual relyx U200

Se realizó la mezcla de forma manual del cemento Dual autoadhesivo Relyx U200 (3M, USA) en un block de papel encerado con una espátula plástica, la mezcla se llevó sobre toda la superficie interna de la incrustación previamente tratada, la restauración fue llevada al espécimen ejerciendo presión manual, logrando su asentamiento en la posición correcta, se retiraron excesos con un explorador #23 y se fotopolimeriza por 40 segundos teniendo en cuenta la distribución de grupos, ver tabla 1.

Las restauraciones previamente cementadas se retiraron de la preparación de forma manual, debido a que el agente aislante evitó la adhesión química y micromecánica de la incrustación al espécimen, permitiendo que el agente cementante quedara adherido solamente a la incrustación, además, las preparaciones se elaboraron de manera expulsiva, es decir, divergente hacia oclusal facilitando la expulsión de estas.

Análisis de grado de conversión

Luego de ser retiradas las restauraciones del espécimen, fueron sometidos a espectroscopia Raman evaluando el factor de conversión de polimerización de los dos agentes cementantes utilizados (cemento RelyxU200 y la resina compuesta ENA HRi de Micerium), este se realizó a nivel central de la superficie mesial, distal y oclusal del agente cementante adherido en la restauración. ver figura 4.

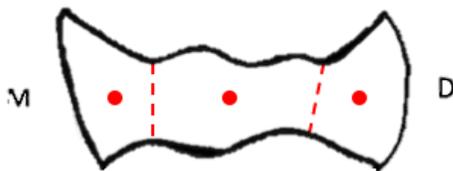


Figura 4. puntos de referencia de medición de espectroscopia raman

Se excluyó de la muestra especímenes que al retirar la restauración de la cavidad presentaron superficie irregular del cemento y discontinuidad de este, ya que esto dificultaba la dispersión de luz que genera la espectroscopia Raman, por ende, no era apta para realizar la medición.

Como método de comprobación de supuestos para la aplicación del ANOVA, se utilizaron gráficos de diagnóstico relacionados al análisis de residuales del modelo lineal, pruebas y gráficos de normalidad como QQ plot, Kolmogorov-Smirnov, Tukey. Se considero como significativo un valor P menor de 0.05 (nivel de confianza del 95%)

RESULTADOS:

Teniendo en cuenta los resultados de la espectroscopia Raman, y usando como referencia el valor inicial de factor de conversión de polimerización de los agentes cementantes sin polimerizar, se pudo observar que la interacción en los enlaces de carbono en el cemento Relyx U200 fue mayor con un valor de 36,4% comparado con la resina Micerium ENA HRI con un valor de 24% (figura 5).

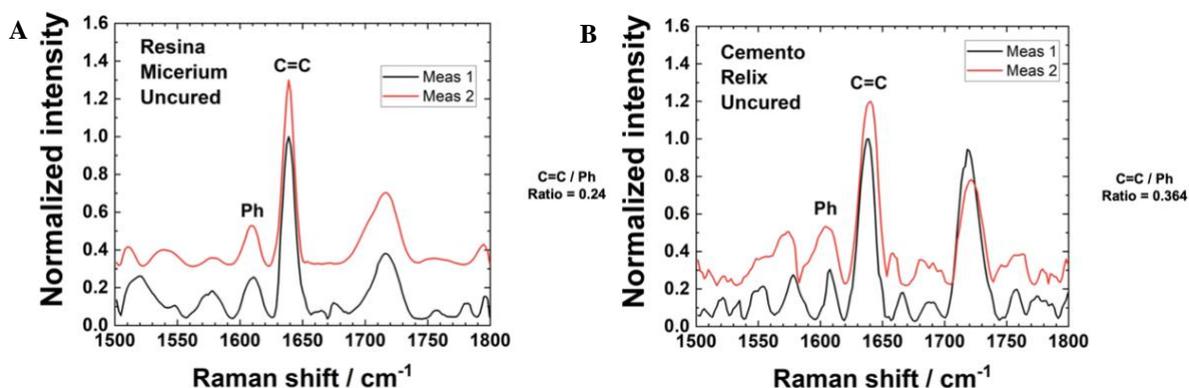


Figura 5.A: Factor de conversión de la resina Micerium sin polimerizar, B: Factor de conversión del cemento relyx U200 sin polimerizar. Resultados utilizados como valor de referencia.

Posterior a la aplicación del protocolo de cementación y descementación descrito para ambos agentes cementantes, se sometieron las muestras a espectroscopia raman en cada punto de referencia de medición (Mesial: 4mm, distal 3mm, oclusal 2 mm).

El análisis coincide en que el factor de conversión de polimerización es inversamente proporcional a la profundidad de la cavidad, es decir, a mayor profundidad menor factor de conversión de polimerización como se muestra en las figuras 6 y 7.

En la cajuela oclusal con una profundidad de 2mm, el cemento relyx u200 alcanzó un factor de conversión de polimerización del 63,2%, a diferencia de la resina Micerium ENA HRi la cual fue de un 58,1% siendo esto una diferencia significativa, por otro lado, el factor de conversión de polimerización menor para la resina precalentada Micerium ENA HRi fue a nivel de la superficie mesial con un 37.8% y para el cemento relyx u200 fue de 38.3% en la misma superficie.

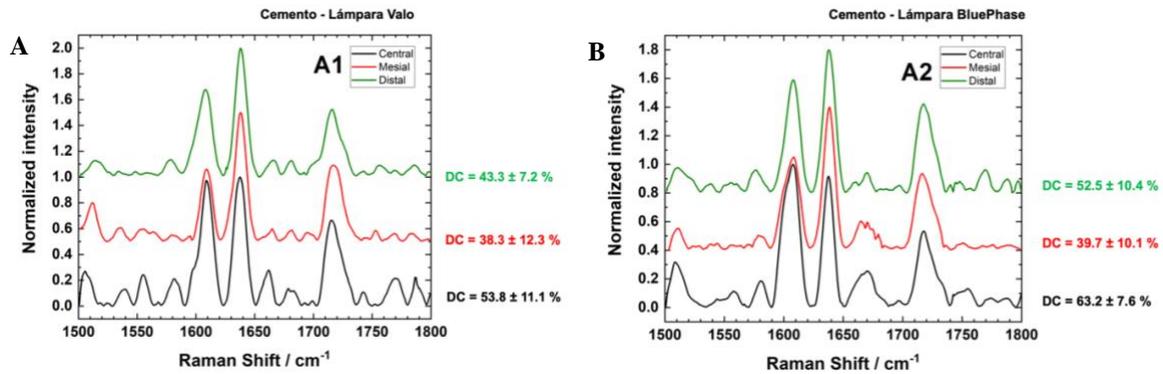


Figura 6. A: Factor de conversión de polimerización del grupo A1 (Relyx U200 y lámpara Valo) en las 3 profundidades: central (negro), mesial (rojo) y distal (verde), B: Factor de conversión de polimerización del grupo A2 (Relyx U200 y lámpara Bluephase) en las 3 profundidades: central (negro), mesial (rojo) y distal (verde).

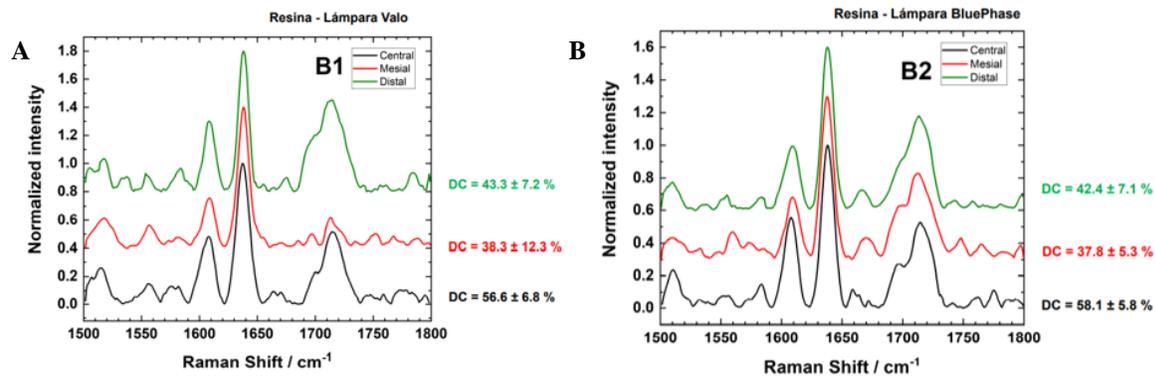


Figura 7. A: Factor de conversión de polimerización del grupo B1 (Resina Micerium y lámpara Valo) en las 3 profundidades: central (negro), mesial (rojo) y distal (verde), B: Factor de conversión de polimerización del grupo B2 (Resina Micerium y lámpara Bluephase) en las 3 profundidades: central (negro), mesial (rojo) y distal (verde).

Adicionalmente, se observa que al utilizar la lámpara Valo, el factor de conversión de polimerización es similar para ambos agentes cementantes independiente de la profundidad de la cavidad, a diferencia de la lámpara bluephase, en la cual se encuentra un mayor factor de conversión con el cemento relyx u200.

Se realizaron análisis de varianza ANOVA y se concluyó que a pesar de que la interacción doble entre el cemento y la profundidad de la cavidad presenta diferencias en cuanto al grado de conversión de polimerización, no son diferencias estadísticamente significativas, por el contrario, el tipo de lámpara demuestra influir en el factor de conversión de polimerización, Así mismo, a través de la prueba estadística Tukey, se observa que la lámpara Valo aumenta el factor de conversión de polimerización. ver figura 8.

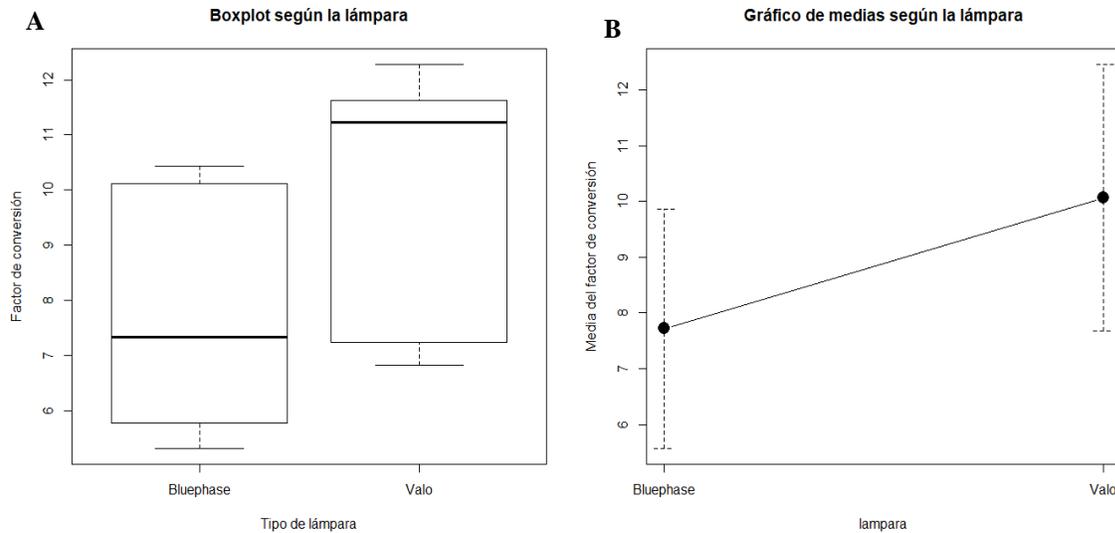


Figura 8. Boxplot, A: La distancia entre las medianas es mayor y esto puede explicar las diferencias encontradas, entre la lámpara valo y la lámpara bluephase, el tipo de lámpara Valo presenta un incremento en el factor de conversión de polimerización.

B: La distancia entre las medias no es aparentemente grande, pero representa diferencias significativas siendo mayor en el tipo de lámpara Valo.

DISCUSIÓN:

En la actualidad, la utilización de restauraciones indirectas en el sector posterior ha aumentado debido a los avances en la odontología adhesiva, y junto con ello, los posibles agentes cementantes para llevar a cabo su proceso de restauración definitiva; los cementos autoadhesivos duales como el relyx U200 (3M) o cementos autograbadores han sido de elección en el ámbito clínico debido a la adhesión química que presentan con el sustrato dental como lo menciona Pameijer et al. 2012 (12), además, por su fácil manipulación, control y presentación del material. Hoy en día, la implementación de resinas compuestas precalentadas como agente de cementación para restauraciones indirectas en sector anterior y posterior ha revolucionado la odontología.

Someter los materiales odontológicos a un proceso térmico ha generado interés por parte de los clínicos e investigadores, por lo anterior Lopes et. Al 2020 (25), realizó un estudio en el cual sometió materiales resinosos y materiales a base de ionómeros al precalentamiento, encontrando en los materiales a base de resina un aumento en la microdureza, grado de conversión, disminución en la viscosidad y mejor adaptación a las paredes de la cavidad, por otro lado, los materiales a base de ionómero mostraron una reducción en el tiempo de fraguado y tiempo de trabajo, porosidad y aumento en la microdureza.

La utilización de resinas compuestas precalentadas como agentes cementantes de restauraciones indirectas requieren ser sometidas a altas temperaturas que oscilan entre 55°C y 60°C para generar cambios en su tixotropía (18), y así aumentar su fluidez permitiendo ser usadas como agentes cementantes, Barbón et al 2022 (26) mediante una revisión sistemática y metaanálisis concluyó que las resinas precalentadas presentaban propiedades mecánicas y propiedades fisicoquímicas similares a las de los cementos de resina, pero difiere de forma

significativa al mencionar que con la resina precalentada se genera un espesor de cemento clínicamente inaceptable.

Por otro lado, Skapska A. et al. 2022 (27) comparó la resina Enamel Plus HRi (Micerium) previamente precalentada a 50°C con el cemento Relyx U200 automix (3M) como agentes cementantes, evaluando propiedades mecánicas de los materiales como microdureza, resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y resistencia a la flexión, dicho estudio mostro mejores propiedades mecánicas en la resina precalentada a comparación del cemento relyx U200, es importante mencionar que los materiales utilizados presentan similitud con los del presente estudio.

La manipulación, el control, la presentación y el tiempo para la cementación de restauraciones indirectas con resinas precalentadas requieren mayor experticia por parte del operador. De igual manera, es inevitable que la jeringa de resina sea sometida a múltiples ciclos de precalentamiento porque la temperatura desciende en un 50% después de 2 minutos de retirarla del horno (23). D`amario M. et. Al 2013 (28) evaluó la resistencia a la flexión de 3 resinas de la casa comercial Micerium, Enamel Plus HFO, Enamel plus HRi y Opallis (FGM)(OPA), las cuales fueron precalentadas a 45°C de 20 a 40 ciclos para las tres resinas compuestas, la resistencia a la flexión no se vio afectada después de 20 ciclos de precalentamiento en comparación con los grupos de control, pero, disminuyeron significativamente cuando se realizaron 40 ciclos de precalentamiento. El compuesto ENA Micerium (HRi) mostró las resistencias medias a la flexión más altas, lo cual puede deberse a su composición ya que incluye en su relleno butandioldimetacrilato.

Algunos estudios mencionan que las propiedades físicas y el factor de conversión de polimerización no se ven afectados por el cambio en la tixotropía de la resina compuesta precalentada. Por el contrario, este aumenta tal como lo muestra Daronch et al. 2005 en su estudio (21). Adicionalmente, genera un aumento en la actividad molecular al someterse a altas temperaturas (19). El proceso de polimerización de las resinas compuestas o de los materiales con activación física en un espesor de 2mm requieren una energía total de 12.000 mW/cm² para lograr su correcta polimerización manteniendo sus propiedades físicas y químicas (7). Adicionalmente, requiere del contacto directo del curado por luz, por lo que sus propiedades pueden verse afectadas si hay un material que impida el paso directo de la luz a la resina compuesta previamente precalentada, como lo son las restauraciones indirectas que serán cementadas. En el presente estudio la restauración en disilicato de litio impidió el paso directo y completo de la luz de curado, por lo cual, el factor de conversión fue menor en las resinas compuestas precalentadas en comparación con el cemento Dual relyx U200.

Calheiros et al. 2014 (16) demostraron un aumento significativo en el grado de conversión y estrés de polimerización en la resina compuesta precalentada a tres temperaturas diferentes; a 22°C el valor de factor de conversión fue de 39,2%, a 40°C fue del 50% y a 60°C de 58%, siendo este el factor de conversión más alto. Adicionalmente, variaron los tiempos de exposición a la luz de 5 y 20 segundos (16). Estos resultados son similares a los del presente estudio específicamente con la lampara Bluephase y la resina precalentada a una profundidad de 2 mm.

Lempel et al. 2019, reportaron que de acuerdo a la temperatura a la que se somete la resina durante el precalentamiento se generan diferentes grados de conversión de polimerización dentro del material, siendo dependientes de la profundidad de curado (24). En el presente estudio, se reafirma dicha conclusión debido a que se presentaron diferentes factores de conversión dependientes de la profundidad 2mm, 3mm y 4mm, siendo inversamente proporcional, por lo cual, se presentó mayor factor de conversión a menor profundidad, pero se mantuvo la variable de la temperatura del precalentamiento a 55°.

Por último, Alsaafi et al. 2016 mencionan que al someter la resina compuesta a altas temperaturas hay mayor formación de radicales libres, dando como resultado una mayor contracción de polimerización, lo que requiere menor tiempo de curado (20). Es importante mencionar, que al existir mayor formación de radicales libres el factor de conversión será menor, lo cual puede relacionarse con los resultados encontrados en el presente estudio.

CONCLUSIONES:

- La resina precalentada Miserium ENA HRi presentó un factor de conversión menor en las tres profundidades, independientemente de la lámpara utilizada en comparación con el cemento dual relyx U 200.
- El factor de conversión de polimerización es inversamente proporcional a la profundidad de la cavidad, independientemente de la lámpara de fotocurado y el agente cementante.
- El factor de conversión del cemento relyx u200 y de la resina Micerium ENA Hri antes de la polimerización fue de 36% y 24% respectivamente, lo que equivale a una diferencia del 12%, siendo mayor el factor de conversión del relyx U20, incluso previo a la activación por luz.
- El factor de conversión de la resina precalentada Micerium ENA HRi fue mayor ante la exposición de la lámpara Valo.

BIBLIOGRAFIA:

1. Driscoll CF, Freilich MA, Guckes AD, Knoernschild KL, Mcgarry TJ, Goldstein G, et al. The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition. J Prosthet Dent. 2017;117(5):e1–105.
2. Hervás-García A, Martínez-Lozano MA, Cabanes-Vila J, Barjau-Escribano A, Fos-Galve P. Composite resins. A review of the materials and clinical indications. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2006;11(2):215–20.
3. Bowen RL, Bayne SC. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. J Am Dent Assoc. 2013;144(8):880–4.
4. Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: the monomer systems. Eur J Oral Sci. 1997 Apr;105(2):97–116.
5. Orozco Barreto Rossany, Álvarez Gayosso Carlos, Guerrero Ibarra Jorge. Light-polymerization of composite resins through different thicknesses of dental tissue. Rev. Odont. Mex. 2015 Dic [citado 2022 Nov 15] ; 19(4): 222-227.
6. Rueggeberg FA, Giannini M, Arrais CAG, Price RBT. Light curing in dentistry and clinical implications: A literature review. Braz Oral Res. 2017;31:64–91.

7. Mohammed A, Ario S. Resin-Based Composite and LCU-related Factors Affecting the Degree of Cure. A Literature Review: Part 2. Light Curing Units & Related Factors. *Acta Medica Marisiensis*. 2016;61(4):255–60.
8. Faria-E-Silva AL, Covell DA, Ferracane JL, Pfeifer CS. Effectiveness of high irradiance for short-time exposures on polymerization of composite under metal brackets. *Angle Orthod*. 2017;87(6):834–40.
9. Al-Ahdal K, Silikas N, Watts DC. Rheological properties of resin composites according to variations in composition and temperature. *Dent Mater*. 2014;30(5):517–24.
10. Haddad MF, Rocha EP, Assunção WG. Cementation of Prosthetic Restorations. *J Craniofac Surg*. 2011 May;22(3):952–8.
11. Diaz-Arnold AM, Vargas MA, Haselton DR. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent*. 1999 Feb;81(2):135–41.
12. Pameijer CH. A review of luting agents. *Int J Dent*. 2012;2012(3).
13. Turkoglu P, Sen D. Evaluation of Dual-Cure Resin Cement Polymerization under Different Types and Thicknesses of Monolithic Zirconia. *Biomed Res Int*. 2019;2019.
14. Kaisarly D, Gezawi M El. Polymerization shrinkage assessment of dental resin composites: a literature review. *Odontology*. 2016 Sep 19;104(3):257–70.
15. Boaro LCC, Brandt WC, Meira JBC, Rodrigues FP, Palin WM, Braga RR. Experimental and FE displacement and polymerization stress of bonded restorations as a function of the C-Factor, volume and substrate stiffness. *J Dent*. 2014 Feb;42(2):140–8.
16. Calheiros FC, Daronch M, Rueggeberg FA, Braga RR. Effect of temperature on composite polymerization stress and degree of conversion. *Dent Mater*. 2014;30(6):613–8.
17. May LG, Kelly JR. Influence of resin cement polymerization shrinkage on stresses in porcelain crowns. *Dent Mater*. 2013 Oct;29(10):1073–9.
18. D'Arcangelo C, Vanini L, Casinelli M, Frascaria M, De Angelis F, Vadini M, D'Amario M. Adhesive Cementation of Indirect Composite Inlays and Onlays: A Literature Review. *Compend Contin Educ Dent*. 2015 Sep;36(8):570-7; quiz 578. PMID: 26355440.
19. Tomaselli L de O, Oliveira DCRS de, Favarão J, Silva AF da, Pires-de-Souza F de CP, Geraldini S, et al. Influence of Pre-Heating Regular Resin Composites and Flowable Composites on Luting Ceramic Veneers with Different Thicknesses. *Braz Dent J*. 2019 Oct;30(5):459–66.
20. AlShaafi MM. Effects of different temperatures and storage time on the degree of conversion and microhardness of resin-based composites. *J Contemp Dent Pract*. 2016;17(3):217–23.
21. Daronch M, Rueggeberg FA, De Goes MF. Monomer Conversion of Pre-heated Composite. *J Dent Res*. 2005 Jul 11;84(7):663–7.
22. Tauböck TT, Tarle Z, Marovic D, Attin T. Pre-heating of high-viscosity bulk-fill resin composites: Effects on shrinkage force and monomer conversion. *J Dent*. 2015 Nov 1;43(11):1358–64.
23. Frões-Salgado NR, Silva LM, Kawano Y, Francci C, Reis A, Loguercio AD. Composite pre-heating: Effects on marginal adaptation, degree of conversion and mechanical properties. *Dent Mater*. 2010 Sep;26(9):908–14.
24. Lempel E, Óri Z, Szalma J, Lovász BV, Kiss A, Tóth Á, et al. Effect of exposure time and pre-heating on the conversion degree of conventional, bulk-fill, fiber reinforced and polyacid-modified resin composites. *Dent Mater*. 2019;35(2):217–28.

25. Lopes LCP, Terada RSS, Tsuzuki FM, Giannini M, Hirata R. Heating and preheating of dental restorative materials-a systematic review. *Clin Oral Investig.* 2020 Dec;24(12):4225-4235.
26. Barbon FJ, Isolan CP, Soares LD, Bona AD, de Oliveira da Rosa WL, Boscato N. A systematic review and meta-analysis on using preheated resin composites as luting agents for indirect restorations. *Clin Oral Investig.* 2022 Apr;26(4):3383-3393.
27. Skapska A, Komorek Z, Cierech M, Mierzwinska-Nastalska E. Comparison of Mechanical Properties of a Self-Adhesive Composite Cement and a Heated Composite Material. *Polymers (Basel).* 2022 Jun 30;14(13):2686.
28. D'Amario M, Pacioni S, Capogreco M, Gatto R, Baldi M. Effect of repeated preheating cycles on flexural strength of resin composites. *Oper Dent.* 2013 Jan-Feb;38(1):33-8.