

EVALUACION DE LA MICRODUREZA EN TRES TIPOS DE RESINAS DENTALES  
COMPUESTAS AL POLIMERIZARSE CON DOS FUENTES DE LUZ A  
DIFERENTES DISTANCIAS

EVALUATION OF THREE TYPES MICROHARDNESS DENTAL COMPOSITE  
RESIN UPON POLYMERIZATION LIGHT SOURCES WITH TWO DIFFERENT  
DISTANCES

Rafael Mauricio Naranjo Pizano <sup>1</sup>, Sarina Duque Sánchez<sup>2</sup>, Andrés Felipe Pineda  
Rodríguez<sup>3</sup>

Universidad Ces, Medellín

Grupo de Investigación GIB

Correspondencia:

Rafael Mauricio Naranjo Pizano

maonaranjop@yahoo.com

Calle 10 A. No. 22 . 04 Medellín

PBX: (04) 444 05 55

Fax 266 60 46 AA 054591

---

<sup>1</sup> Odontólogo, Especialista en Prótesis periodontal Universidad CES, Maestría en Biomateriales, docente Universidad CES

<sup>2</sup> Odontóloga Universidad Ces, Residente Rehabilitación Oral Universidad CES

<sup>3</sup> Odontólogo Universidad Ces, Residente Rehabilitación Oral Universidad CES

## RESUMEN

**Introducción y objetivos:** las diferentes unidades de luz de curado, el espesor de los incrementos de material compuesto y la distancia de exposición a una luz de curado pueden cambiar las propiedades físicas de un material de restauración y comprometer su comportamiento mecánico bajo condiciones de carga. La comprensión de cómo estos factores afectan la calidad de la restauración final puede ayudar al profesional en la selección de la mejor fuente de activación, tipo de lámpara y distancia mas efectiva de polimerización para una aplicación clínica específica. **Materiales y métodos:** Se realizarán 10 muestras en 24 grupos, donde se evaluarán: 2 tipos de lámpara: QTH (Optilux® 501 Kerr) y LED (Bluephase® G2); 3 tipos de resinas: Filtek™ Z350 XT 3M, IPS Empress Direct® y Filtek™ P60 3M; y 4 distancias diferentes desde el haz de luz hasta la resina (0mm, 2mm, 4mm, 6mm). Se cuantificará la dureza a la penetración en Vickers en cada muestra. **Resultados:** se encontro mayores valores de dureza Vickers con la resina Filtek™ Z350 XT 3M (267 Vickers), seguida por la resina Filtek™ P60 3M (249 Vickers) y la que menor valor presento fue la resina IPS Empress Direct® (158 Vickers); la lámpara LED (Bluephase® G2) tuvo mejor efectividad de polimerización y las distancias de 0mm y 2mm tuvieron mayores valores de dureza Vickers en las resinas Filtek™ Z350 XT 3M y Filtek™ P60 3M, la resina IPS Empress Direct® tuvo los valores mas bajos en las dos variables evaluados. **Conclusiones:** la resina Filtek™ Z350 XT 3M presento mayores valores de dureza Vickers a una distancia de 0mm y 2mm con la lámpara LED (Bluephase® G2)

**Palabras clave:** Filtek™ Z350 XT, Filtek™ P60, IPS Empress Direct®, QTH, LED, Vickers

## **SUMMARY**

**Introduction and objectives:** The different light curing units, the thickness of the composite increments and distance of exposure to a curing light may change the physical properties of a restorative material and can compromise the mechanical behavior under load. Understanding how these factors affect the quality of the final restoration can help the professional in selecting the best source of activation, lamp type and more effective range of polymerization for a specific clinical application.

**Materials and methods:** 24 groups ,10 samples each , that will evaluate the following: 2 types of lamp: QTH (Optilux® 501 Kerr) and LED (Bluephase® G2); 3 types of resins: Filtek™ Z350 XT 3M, IPS Empress Direct® y Filtek™ P60 3M, and 4 different distances from the beam to the resin surface: (0mm, 2mm, 4mm, 6mm).

The indentation hardness will be quantified in Vickers for each sample. **Results:** Was found higher values of Vickers hardness with resin Filtek™ Z350 XT 3M (267 Vickers) followed by resin Filtek™ P60 3M (249 Vickers) and the lowest value that was present IPS Empress Direct® (158 Vickers) was found, LED lamp (Bluephase® G2) outperformed in effectiveness of polymerization and the distance of 0 mm and 2mm had higher Vickers hardness values on the resins Filtek™ Z350 XT 3M and Filtek™ P60 3M, IPS Empress Direct® had values more Direct® lower in the two variables tested.

**Conclusions:** Filtek™ Z350 XT 3M resin showed higher Vickers hardness values at a distance of 0 mm and 2 mm with LED lamp (bluephase® G2).

**Key words:** Filtek™ Z350 XT, Filtek™ P60, IPS Empress Direct®, QTH, LED, Vickers

## **INTRODUCCION**

Con la alta demanda estética se han desarrollado nuevas resinas compuestas (RC). Estas han tenido un desarrollo tecnológico para simular el color natural y características del diente (1). Pero a pesar de la gran mejoría en sus características estructurales, algunos factores indeseables permanecen (coeficiente de expansión térmica diferente al del diente, pigmentación superficial, tendencia al desgaste y contracción de polimerización) (1. 3).

La adecuada polimerización es esencial para producir una restauración con propiedades ideales y mantener la integridad marginal; la polimerización ocurre debido a la presencia de fotoiniciadores capaces de absorber la luz a cierta longitud de onda. Los fotoiniciadores son: Canforquinona, Fenilpropanodiona, Ivocerín y Lucerín, entre otros (4). Los mas usados en RC son la canforquinona que tiene un rango de longitud de onda de 400 a 500 nm con un pico de absorción de 468 nm y el lucerín que tiene un rango de longitud de onda de 340 a 430 nm, con un pico de absorción de 390 nm (1,4). En el proceso de polimerización la formación de radicales libres durante la activación y subsecuente iniciación y prolongación de

cadena genera una contracción volumétrica del 2 al 6%, mientras mas polímeros formados mayores propiedades del material y también, mayor contracción dimensional; esta puede causar tensión en la interfase diente/restauración y generar espacios y ruptura entre restauración y diente (1,3). Para disminuir esta contracción debemos considerar el contenido de relleno de la resina, grado de conversión, factor C, tipo de iniciador y según este, tipo de luz a utilizar, distancia desde la luz a la RC. De la distancia depende la profundidad de curado y por tanto la eficacia de la reacción de polimerización (3,5. 7).

Actualmente se usan lámparas de luz halógena, arco de plasma, laser o LED. Las lámparas halógenas usan un foco de luz incandescente de un filamento de tungsteno recubierto de gases halógenos, estas, emiten una luz blanca, y para que se produzca la luz azul se filtran las porciones del espectro no deseado, trabajan a longitudes de onda de 400 a 500 nm, desafortunadamente producen calor y necesitan mayor mantenimiento (1,8,9). Las de arco de plasma usan un foco fluorescente que contiene plasma, son de alta intensidad y longitud de onda entre 370 y 450 nm (bajo espectro) y 430 y 500 nm (alto espectro), también generan altas temperaturas al diente. Las lámparas de laser-Argon (amplificación de luz por emisión estimulada de radiación), producen una luz azul, tienen un rango limitado de longitud de onda, no requieren filtro y son costosas (8,10). Las Lámparas LED poseen diodos emisores de luz con longitud de onda específica (450 a 490 nm) y no requiere filtros . Estas ofrecen un rendimiento de alta energía porque utiliza toda la luz. No generan altas temperaturas, no requieren filtros ni ventiladores, garantizando eficacia constante, sin disminuir intensidad y bombillo con mayor vida

útil (8. 11).

Las investigaciones para el mejoramiento de las resinas está enfocado en el desarrollo de nuevas, mas rapidas y eficaces fuentes de luz. Es necesario, conocer las características del equipo (fuente de luz) y las propiedades obtenidas en los materiales, para tener evidencia científica y un criterio adecuado, que permita al profesional elegir el tipo de lámpara a usar y obtener mejores resultados clinicos. El propósito de este estudio in vitro es evaluar la microdureza de tres tipos de resina al ser polimerizadas con diferentes fuentes de luz y a diferentes distancias del haz de luz a la RC.

## MATERIALES Y METODOS

Se formaron 24 grupos de resinas, cada uno conformado por 10 muestras (n = 240 especímenes).

Figura 1: Distribución de la muestra

| Filtek™ P60 3M |          | IPS Empress Direct® |          | Filtek™ Z350 XT 3M |          |
|----------------|----------|---------------------|----------|--------------------|----------|
| LED            | HALOGENA | LED                 | HALOGENA | LED                | HALOGENA |
| 0mm            | 0mm      | 0mm                 | 0mm      | 0mm                | 0mm      |
| 2mm            | 2mm      | 2mm                 | 2mm      | 2mm                | 2mm      |
| 4mm            | 4mm      | 4mm                 | 4mm      | 4mm                | 4mm      |
| 6mm            | 6mm      | 6mm                 | 6mm      | 6mm                | 6mm      |

Figura 2: tipos de lámparas

| TIPO DE LAMPARA         | INTENSIDAD<br>mW/cm <sup>2</sup>              | LONGITUD DE ONDA (nm) | CASA COMERCIAL   |
|-------------------------|---|-----------------------|------------------|
| QTH (Optilux® 501 Kerr) | 100 . 1000 (rampa)<br>850-1000 (potencia max) | 400-515               | Demetron-Kerr    |
| LED (Bluephase® G2)     | 1200 mW/cm <sup>2</sup>                       | 430-490               | Ivoclar-Vivadent |

Figura 3: Especificación de resinas que se utilizarán

| MATERIAL            | TIPO DE RESINA | TIPO DE RELLENO  | MATRIZ DE RESINA | % DE RELLENO POR PESO (Vol)                                     | TAMAÑO DE PARTICULA   | INICIADOR   |
|---------------------|----------------|--|------------------|---|---|---|
| Filtek™ Z350 XT 3M  | Nanorelleno    | Nanorelleno/<br>Nanocluster,<br>ZrO <sub>2</sub> /SiO <sub>2</sub><br>SiO <sub>2</sub> | Bis-GMA,<br>UDMA | 82 %<br>(60%)   | Nanocluster<br>0.6 . 1.4 m<br>Nanorelleno<br>20nm                                       | Canforquina   |
| IPS Empress Direct® | Nanohíbrida    | Vidrio de bario,<br>óxidos mixtos,<br>vidrio de fluorosilicato                         | Dimetacrilato    | Depende de la utilidad<br>(dentina<br>esmalte<br>opal<br>trans) | Dependiendo de la utilidad<br>tiene componentes<br>que varían en tamaño de<br>partícula | Canforquina,<br>Fenilpropanodiona,<br>Lucerin (en mayor porcentaje) |
| Filtek™ P60 3M      | Microhíbrida   | Dioxido de silicio y zirconio  | UDMA y Bis-GMA   | 76%   | 0.01 a 3.5um,<br>tamaño promedio de<br>partícula de                                     | Canforquina<br>Sales de iodonio y                                   |

|  |  |  |  |  |       |                        |
|--|--|--|--|--|-------|------------------------|
|  |  |  |  |  | 0.6um | donantes de electrones |
|--|--|--|--|--|-------|------------------------|

### Elaboración de las muestras

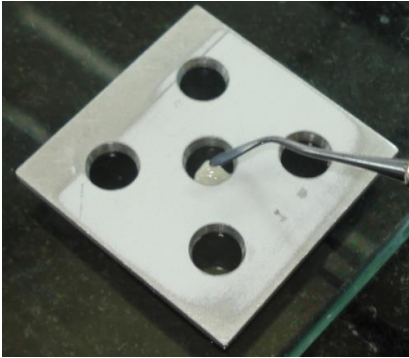


Gráfico 1. Foto de placa para elaboración de muestras

Como moldes para elaborar las muestras, se utilizaron placas metálicas con perforaciones de 2 mm de grosor X 8 mm de diámetro en la superficie y 7 mm en el fondo, previamente calibrados, para obtener un espesor estandarizado de las muestras. Este molde fue diseñado y calibrado para un estudio previo [ref lince](#). Se usaron RC Filtek™ Z350 XT 3M (restaurador universal, nanorrelleno) (R1), Filtek™ P60 3M (restaurador posterior de baja contracción, microhíbrida) (R2), IPS Empress Direct® (restaurador universal, nanohíbrida) (R3), se llevarán al molde con un FP3 de teflón en 4 incrementos polimerizados durante 20 segundos cada uno, utilizando una loseta de vidrio en la parte superior e inferior de la placa para obtener grosor uniforme y superficies lisas sin burbujas. Las distancias Luz /resina se estandarizaron con tubos acrílicos a 2mm, 4mm y 6mm acoplados a la punta de cada lámpara. gráfica 1. La obturación de los moldes se realizo por un operador previamente calibrado. Las lámparas QTH (Optilux® 501 Kerr) (L1) y LED



(Bluephase® G2) (L2), se calibraron con un radiómetro incorporado en la lámpara QTH (Optilux® 501 Kerr), antes de la polimerización y después de cada 10 muestras.

Posterior a la polimerización, las muestras se almacenaran en recipientes embebidos en sustituto salivar (Salivar, Farpag®, pH : 5.5 . 7-0).

24 horas posteriores a la polimerización, se pule la superficie de la resina siguiendo las especificaciones de cada casa; posteriormente, se evaluará la dureza Vickers (NDV) de cada muestra con un microdurómetro (Instrom Wilson 401-402 MVD) que aplicara una carga de 250N (12).

Los resultados se tabularon en un formulario de recolección. Posteriormente, se uso el software Stata 10 y se analizaron las variables, con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ . Se realizarán cruces de tipo bivariado y multivariado según los objetivos propuestos y se analizarán los resultados.

## **RESULTADOS**

La dureza Vickers obtenida según cada resina, se resume en la tabla # 1. Se observa que Filtek™ Z350 3M (R1) presento mayores valores de dureza con promedio maximo de 267 y mínimo de 135 , luego Filtek™ P60 3M (R2) obtuvo valores de dureza maximos de 249 y minimos de 149 y la de menor valor fue IPS Empress Direct® (R3) con promedio maximo de 158 y mínimo de 110. R1 y R2 presentaron diferencias estadísticamente significativas con el grupo R3

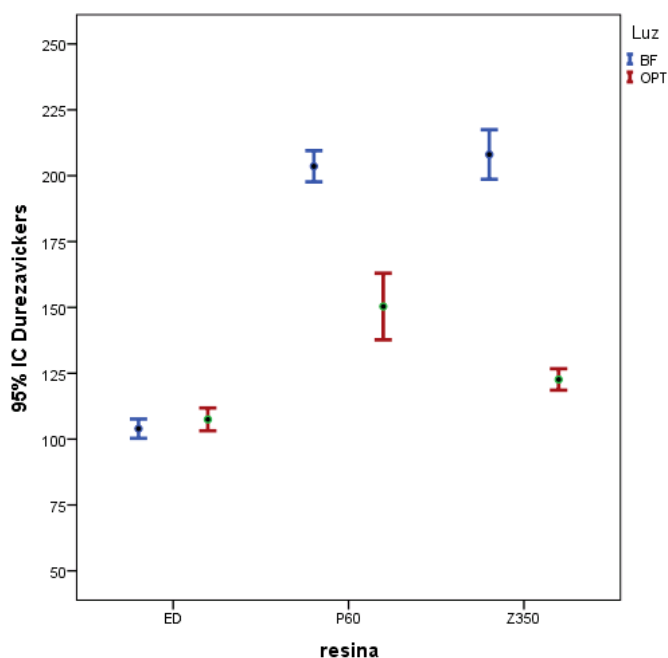
Tabla # 1 Dureza vickers para cada grupo de resina

|                 | N  | Media | Desviación típica | Intervalo de confianza para la media al 95% |                 | Mínimo | Máximo |
|-----------------|----|-------|-------------------|---|-----------------|--------|--------|
|                 |    |       |                   | Límite inferior                             | Límite superior |        |        |
| P60-BF-0 (R2)   | 10 | 203   | 19                | 188   | 217             | 163    | 223    |
| P60-BF-2 (R2)   | 10 | 203   | 17                | 190   | 215             | 180    | 235    |
| P60-BF-4 (R2)   | 10 | 205   | 26                | 186   | 223             | 139    | 232    |
| P60-BF-6 (R2)   | 10 | 204   | 10                | 197   | 211             | 190    | 216    |
| Z350-BF-0 (R1)  | 10 | 195   | 41                | 166   | 224             | 117    | 250    |
| Z350-BF-2 (R1)  | 10 | 211   | 35                | 186   | 236             | 155    | 267    |
| Z350-BF-4 (R1)  | 10 | 219   | 14                | 209   | 230             | 195    | 244    |
| Z350-BF-6 (R1)  | 10 | 207   | 18                | 194   | 220             | 160    | 228    |
| P60-OPT-0 (R2)  | 10 | 211   | 25                | 193   | 229             | 175    | 249    |
| P60-OPT-2 (R2)  | 10 | 140   | 15                | 130   | 150             | 113    | 164    |
| P60-OPT-4 (R2)  | 10 | 127   | 12                | 118   | 135             | 110    | 143    |
| P60-OPT-6 (R2)  | 10 | 123   | 10                | 116   | 131             | 107    | 142    |
| Z350-OPT-0 (R1) | 10 | 115   | 18                | 102   | 128             | 85     | 147    |
| Z350-OPT-2 (R1) | 10 | 127   | 10                | 119   | 134             | 109    | 141    |
| Z350-OPT-4 (R1) | 10 | 128   | 7                 | 123   | 133             | 117    | 144    |
| Z350-OPT-6 (R1) | 10 | 121   | 11                | 113   | 129             | 100    | 135    |
| ED-BF-0 (R3)    | 10 | 108   | 9                 | 101   | 114             | 92     | 119    |
| ED-BF-2 (R3)    | 10 | 101   | 7                 | 96  | 106             | 90     | 111    |
| ED-BF-4 (R3)    | 10 | 102   | 12                | 93  | 112             | 78     | 118    |
| ED-BF-6 (R3)    | 10 | 104   | 15                | 93  | 116             | 66     | 118    |
| ED-OPT-0 (R3)   | 10 | 103   | 5                 | 99  | 107             | 98     | 116    |
| ED-OPT-2 (R3)   | 10 | 102   | 7                 | 97  | 107             | 89     | 110    |

|               |     |     |    |     |     |    |     |
|---------------|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|
| ED-OPT-4 (R3) | 10  | 107 | 14 | 97  | 118 | 80 | 124 |
| ED-OPT-6 (R3) | 10  | 117 | 18 | 104 | 130 | 87 | 158 |
| Total         | 240 | 150 | 48 | 143 | 156 | 66 | 267 |

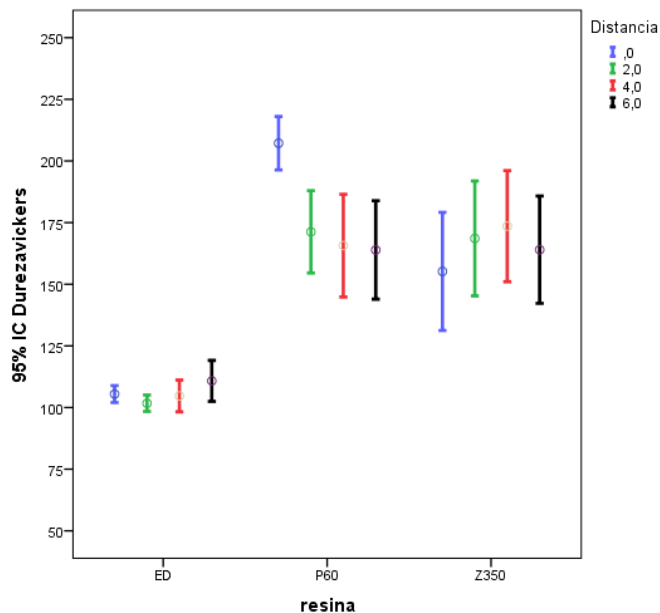
El promedio de la dureza Vickers se vio afectado por el tipo de lámpara usada, grafica # 1. Los mayores valores se presentaron para la lámpara LED (L2) con valores máximos de 223 y mínimos de 100, seguida de la lámpara QTH (L1) con valores máximos de 165 y mínimos de 115; mostrando diferencias estadísticamente significativas entre el tipo de lámpara usada y las resinas indicando que la dureza Vickers de las resinas fue mayor cuando se fotocuraron con la lámpara Bluephase para las resinas Filtek™ Z350 XT (R1) y Filtek™ P60 (R2) , al compararla con la resina IPS Empress Direct® (R3)

Grafica # 1 Promedio e intervalo de confianza de la microdureza de cada resina según el tipo de luz



La dureza Vickers se vio afectada por la distancia luz/resina. En la grafica # 2, se muestra mayores valores de dureza para la distancia de 0mm en las resina Filtek™ P60 3M (R2), diferencia que es estadísticamente significativa con las otros grupos. Para la distancia de 2mm se obtuvieron valores altos en (R2) y (R1) con valores estadísticamente significativos con (R3) y para las distancias de 4mm y 6mm se obtuvieron valores muy similares en (R2) y (R1) con diferencia estadísticamente significativa con (R3) a las mismas distancias

Grafica # 2 Promedio e intervalo de confianza de la microdureza de cada resina según la distancia a la luz



## DISCUSION

La dureza Vickers de un material se basa en la capacidad para resistir la indentación a partir de una punta afilada y es consecuencia de la interacción de

propiedades como la resistencia compresiva, límite proporcional y ductilidad (13,14).

La dureza obtenida por las resinas evaluadas en este estudio se relaciona con:

1. Tipo de luz: las resinas requieren un sistema activador-iniciador para que la resina se transforme en una restauración con dureza perdurable. La luz QTH y la luz LED mejoraron la profundidad de polimerización, el tiempo de trabajo y disminuyen el calor generado (8,14,15). El sistema iniciador esta compuesto de una amina iniciadora que puede ser Canforquinona, Lucerin, Ivocerin o Fenilpropanodiona, sustancias sensibles a la luz. Adicionalmente, es importante que la longitud de onda proporcionada por la luz este dentro del espectro asignado a cada resina para garantizar una profundidad de polimerización y grado de conversión efectivo (1). El fotoiniciador mas común de las resinas es la canforquinona. El fotoiniciador de las resina (R1) y (R2) es la Canforquinona y los fotoiniciadores de (R3) son Canforquinona, Fenilpropanodiona y Lucerin, este ultimo se encuentra en mayor porcentaje en esta resina. Algunos estudios demuestran que no hay diferencias significativas en la eficacia de curado entre las lámparas QTH y LED(16), algunos autores reportan mejores resultados para la lámpara QTH (2,8,9,17,18) y otros, como esta investigación, reportan mejores resultados con lámparas LED (11,13,17,19,20). Hay reportes de mejor penetración de la luz LED en resinas de nanorrelleno y de acuerdo con los resultados de esta investigación, se observó una dureza Vickers mayor en (R1) con la lámpara LED (8,16,17,21,22). La efectividad de la fotopolimerización brinda mejores propiedades proporcionando longevidad a las restauraciones (6,23). La intensidad durante la

elaboración de la muestra para QTH (Optilux® 501 Kerr) estuvo en  $730 \text{ mW/cm}^2$ , la mayor intensidad de la lámpara LED (Bluephase® G2)  $1.320 \text{ mW/cm}^2$ , puede generar mas fotones para estimular la canforquinona, acelerando la producción de radicales libres disponibles para la reacción, generando una polimerización mas efectiva lo que explica que los resultados obtenidos fueran mejor para las resinas (R1) y (R2) (24).

2. Conversión de polimerización: a mayor grado de conversión mayor dureza, resistencia al desgaste y mejores propiedades de la resina (14). Una conversión insuficiente afecta las propiedades físicas y la estabilidad química del material que pueden causar fallas clínicas (1,3,14). Para obtener adecuada conversión se deben considerar variables como intensidad de luz, longitud de onda y densidad de energía (25). Las lámparas LED han sido reconocidas por su efectividad debido a la alta luz emitida dentro del espectro de máxima absorción de la canforquinona a  $468\text{nm}$  lo cual explica el resultado de este estudio que reporta un mayor grado de conversión de polimerización para la Lámpara LED (Bluephase® G2) (26), además se refleja en la dureza encontrada para las resinas (R1) y (R2) que es explicado por el tipo de matriz orgánica de Bis-GMA y UDMA y por su alto contenido de relleno que es Dioxido de silicio y Zirconio. La matriz orgánica de IPS Empress Direct® es dimetacrilato, su contenido de relleno varia según el uso (esmalte, dentina, opal) con su fotoiniciador lucerin en mayor porcentaje con un pico de absorción de  $390\text{nm}$  lo cual es insuficiente para el tipo de lámpara LED (Bluephase® G2). Así mismo, la distancia de la punta de la lámpara a la superficie de resina puede afectar el grado de conversión siendo mayor la dureza cuando la punta de la

lámpara esta mas cerca que coincide con los resultados encontrados en esta investigación (5,20,24,27).

3. Distancia de luz/resina: juega un importante rol para asegurar la adecuada polimerización ya que la cantidad de luz transmitida a través de la resina se reduce cuando se incrementa la distancia (15), igualmente el tipo de relleno de la resina influye ya que a mayor cantidad de relleno la luz es transmitida mas eficazmente y mejora la polimerización (28). Si la distancia aumenta disminuye la intensidad, los valores de microdureza y el grado de conversión (5,15), esta relación es especifica para cada tipo de luz. En este estudio para los dos tipos de lámparas evaluadas se encontraron resultados similares a 0mm y 2mm en cuanto a dureza, y fueron estadísticamente significativos al ser comparados con las distancias de 4mm y 6mm, fenómeno que es explicado porque la densidad de poder de la lámpara se incrementa a menor distancia de la resina, inversamente, cuando se aleja se dispersa rápidamente y polimeriza insuficientemente la resina (15,27). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las dos lámparas mostrando mayores valores de dureza para la lámpara LED (Bluephase® G2) a 0mm y 2mm y las resinas Filtek™ Z350 XT 3M y Filtek™ P60 3M (5,13,24,27).

4. Tipo y porcentaje de relleno: el relleno mejora las propiedades del material. Para cumplir estas propiedades es necesario que las partículas de relleno se distribuyan uniformemente dentro de la matriz (14), el relleno de dióxido de silicio y zirconio de la resina (R1) explica los mayores valores de dureza encontrados en la presente investigación . Además las resinas (R1) y (R2) poseen un porcentaje de relleno por peso de 82% y 76% respectivamente permitiendo mejores propiedades de la

resina. La resina IPS Empress Direct® tiene un porcentaje de relleno de vidrio de bario (78%) y matriz de Dimetacrilato (21.5%) que puede explicar menores valores de dureza encontrados (14,28. 31).

## **CONCLUSIONES**

Considerando las limitaciones de este estudio

- La resina Filtek™ Z350 XT 3M tuvo mayores valores de dureza Vikers, seguida de la resina Filtek™ P60 3M y con menor valor la IPS Empress Direct®.
- La luz LED brindo mayores valores de dureza en las dos resinas evaluadas que la luz QTH con las mismas resinas
- Las distancias Luz/ Resina de 0mm y 2mm para las resinas Filtek™ Z350 XT 3M y Filtek™ P60 3M mostraron mayores valores de dureza que las resina IPS Empress Direct

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad CES, y su división de Investigación por su apoyo con el personal en el desarrollo de este proyecto.

A Ivoclar Vivadent y 3M por su apoyo

Al laboratorio de Ingeniería Biomédica de la EIA donde se realizaron todas las mediciones respectivas.

Al Dr. Luis Gonzalo Álvarez por su ayuda en el análisis estadístico



## **BIBLIOGRAFIA**

1. Soares GP, Ambrosano GMB, Lima DANL, Marchi GM, Correr-Sobrinho L, Lovadino JR, et al. Effect of light polymerization time, mode, and thermal and mechanical load cycling on microleakage in resin composite restorations. *Lasers Med Sci.* 13 de enero de 2013;
2. Sharma RD, Sharma J, Rani A. Comparative evaluation of marginal adaptation between nanocomposites and microhybrid composites exposed to two light cure units. *Indian J Dent Res Off Publ Indian Soc Dent Res.* junio de 2011;22(3):495.
3. Giachetti L, Scaminaci Russo D, Bambi C, Grandini R. A review of polymerization shrinkage stress: current techniques for posterior direct resin restorations. *J Contemp Dent Pract.* 1 de septiembre de 2006;7(4):79-88.
4. Ilie N, Hickel R. Can CQ be completely replaced by alternative initiators in dental adhesives? *Dent Mater J.* marzo de 2008;27(2):221-8.
5. Rode KM, Kawano Y, Turbino ML. Evaluation of curing light distance on resin composite microhardness and polymerization. *Oper Dent.* diciembre de 2007;32(6):571-8.
6. Vandenbulcke JDE, Marks LAM, Martens LC, Verbeeck RMH. Comparison of curing depth of a colored polyacid-modified composite resin with different light-curing units. *Quintessence Int Berl Ger 1985.* octubre de 2010;41(9):787-94.
7. Price RBT, Ehrnford L, Andreou P, Felix CA. Comparison of quartz-tungsten-halogen, light-emitting diode, and plasma arc curing lights. *J Adhes Dent.* 2003;5(3):193-207.

8. Jiménez-Planas A, Martín J, Abalos C, Llamas R. Developments in polymerization lamps. *Quintessence Int Berl Ger* 1985. febrero de 2008;39(2):e74-84.
9. Carvalho AA, Moreira F do CL, Fonseca RB, Soares CJ, Franco EB, Souza JB de, et al. Effect of light sources and curing mode techniques on sorption, solubility and biaxial flexural strength of a composite resin. *J Appl Oral Sci Rev FOB*. abril de 2012;20(2):246-52.
10. Braxton AD, Simon JF. High demand for composites a driving force for curing light advancements. *Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ* 1995. junio de 2012;33(6):442-3.
11. Jandt KD, Mills RW. A brief history of LED photopolymerization. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater*. junio de 2013;29(6):605-17.
12. Watanabe T, Miyazaki M, Moore BK. Influence of polishing instruments on the surface texture of resin composites. *Quintessence Int Berl Ger* 1985. enero de 2006;37(1):61-7.
13. Esmaeili B, Safarcherati H, Vaezi A. Hardness Evaluation of Composite Resins Cured with QTH and LED. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2014;8(1):40-4.
14. Anusavice KJ. *Ciencia de los materiales dentales de Phillips*. Elsevier Science. Madrid - España; 2004. 399 - 437 p.
15. Aravamudhan K, Rakowski D, Fan PL. Variation of depth of cure and intensity with distance using LED curing lights. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater*. noviembre de 2006;22(11):988-94.

16. Choudhary S, Suprabha B. Effectiveness of light emitting diode and halogen light curing units for curing microhybrid and nanocomposites. *J Conserv Dent JCD*. mayo de 2013;16(3):233-7.
17. Mills RW, Jandt KD, Ashworth SH. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. *Br Dent J*. 24 de abril de 1999;186(8):388-91.
18. Leonard DL, Charlton DG, Roberts HW, Cohen ME. Polymerization Efficiency of LED Curing Lights. *J Esthet Restor Dent*. septiembre de 2002;14(5):286.
19. Uhl A, Michaelis C, Mills RW, Jandt KD. The influence of storage and indenter load on the Knoop hardness of dental composites polymerized with LED and halogen technologies. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater*. enero de 2004;20(1):21-8.
20. Ribeiro BCI, Boaventura JMC, Brito-Gonçalves J de, Rastelli AN de S, Bagnato VS, Saad JRC. Degree of conversion of nanofilled and microhybrid composite resins photo-activated by different generations of LEDs. *J Appl Oral Sci Rev FOB*. abril de 2012;20(2):212-7.
21. Mills RW, Uhl A, Blackwell GB, Jandt KD. High power light emitting diode (LED) arrays versus halogen light polymerization of oral biomaterials: Barcol hardness, compressive strength and radiometric properties. *Biomaterials*. julio de 2002;23(14):2955-63.
22. Dos Santos GB, Alto RVM, Filho HRS, da Silva EM, Fellows CE. Light transmission on dental resin composites. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater*.

mayo de 2008;24(5):571-6.

23. Park J-K, Hur B, Ko C-C, García-Godoy F, Kim H-I, Kwon YH. Effect of light-curing units on the thermal expansion of resin nanocomposites. *Am J Dent.* diciembre de 2010;23(6):331-4.

24. Zhu S, Platt J. Curing Efficiency of Three Different Curing Modes at Different Distances for Four Composites. *Oper Dent.* 11 de agosto de 2011;36(4):362-71.

25. Davidson CL, De Gee AJ. Light-curing Units, Polymerization, and Clinical Implications. *J Adhes Dent.* septiembre de 2000;2(3):167-73.

26. Price RBT, Fahey J, Felix CM. Knoop hardness of five composites cured with single-peak and polywave LED curing lights. *Quintessence Int Berl Ger* 1985. diciembre de 2010;41(10):e181-91.

27. Felix CA, Price RBT. The effect of distance from light source on light intensity from curing lights. *J Adhes Dent.* 2003;5(4):283-91.

28. Leprince J, Palin WM, Mullier T, Devaux J, Vreven J, Leloup G. Investigating filler morphology and mechanical properties of new low-shrinkage resin composite types. *J Oral Rehabil.* 1 de mayo de 2010;37(5):364-76.

29. Berger SB, Paliolol ARM, Cavalli V, Giannini M. Characterization of water sorption, solubility and filler particles of light-cured composite resins. *Braz Dent J.* 2009;20(4):314-8.

30. Min S-H, Ferracane J, Lee I-B. Effect of shrinkage strain, modulus, and instrument compliance on polymerization shrinkage stress of light-cured composites during the initial curing stage. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* octubre de 2010;26(10):1024-33.

31. Masouras K, Silikas N, Watts DC. Correlation of filler content and elastic properties of resin-composites. Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater. julio de 2008;24(7):932-9.