

**Medición de la intensidad de la luz de las lámparas de fotocurado
utilizadas por los estudiantes en la Facultad de Odontología en la
Universidad San Carlos de Guatemala**

Tesis presentada por:

RITA ELIZABETH MEDA COJULÚN

Ante el tribunal de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de
Guatemala, que practicó el Examen General Público, previo a optar al título de:

CIRUJANA DENTISTA

Guatemala, Noviembre del 2013

**Medición de la intensidad de la luz de las lámparas de fotocurado
utilizadas por los estudiantes en la Facultad de Odontología en la
Universidad San Carlos de Guatemala**

Tesis presentada por:

RITA ELIZABETH MEDA COJULÚN

Ante el tribunal de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que practicó el Examen General Público, previo a optar al título de:

CIRUJANA DENTISTA

Guatemala, Noviembre del 2013

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Decano:	Dr. Edgar Guillermo Barreda Muralles
Vocal Primero:	Dr. José Fernando Ávila González
Vocal Segundo:	Dr. Edwin Ramiro González Moncada
Vocal Tercero:	Dr. Jorge Eduardo Benítez De León
Vocal Cuarto:	Br. Héctor Gabriel Pineda Ramos
Vocal Quinta:	Br. Aurora Margarita Ramírez Echeverría
Secretario Académico:	Dr. Julio Rolando Pineda Cordón

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PÚBLICO

Decano:	Dr. Edgar Guillermo Barreda Muralles
Vocal Primero:	Dr. José Fernando Ávila González
Vocal Segundo:	Dr. Ricardo Antonio Catalán Barrios
Vocal Tercero:	Dr. Julio César Montenegro López
Secretario Académico:	Dr. Julio Rolando Pineda Cordón

ACTO QUE DEDICO

- A Dios Por iluminar mi camino, permitirme terminar mi carrera y ser una profesional.
- A mis padres Héctor Hugo Meda Carrillo (Q.E.P.D.) y Rita Elizabeth Cojulún de Meda por su amor, apoyo incondicional, ejemplo y esfuerzo. Los amo con todo mi corazón. Este triunfo es nuestro.
- A mis hermanos Evelin Maribel, Héctor Hugo y Cindy Marlene por el apoyo, los consejos, las sonrisas y las lágrimas compartidas. Los quiero mucho.
- A mi novio David Alejandro Orantes Saravia por el apoyo, la comprensión, la ayuda, la compañía, el cariño y todo el amor. Te amo mucho.
- A mis amigos Por hacer el camino recorrido alegre, por compartir conmigo la carrera, mis colegas. Los quiero mucho.

TESIS QUE DEDICO

A Dios	Por permitirme ser la mujer y profesional que soy.
A mis padres	Por enseñarme a luchar por mis metas.
A mis hermanos	Por ser una fuente de inspiración y fortaleza
A mi novio	Por la comprensión y amor.
A la Universidad San Carlos de Guatemala	Por ser mi alma máter
A la Facultad de Odontología	Por abrirme las puertas y prepararme académicamente para ser una profesional.
A mi asesor de tesis	Dr. Julio Montenegro, por brindarme toda la ayuda y orientación necesaria para la realización de esta tesis.
A mis catedráticos	Gracias por su enseñanza y tiempo dedicado.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Tengo el honor de someter a su consideración mi trabajo de tesis intitulado:

“Medición de la intensidad de la luz de las lámparas de fotocurado utilizadas por loes estudiantes en la Facultad de Odontología en la Universidad San Carlos de Guatemala”, conforme lo demandan los estatutos de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de *Guatemala*, *previo a optar al título de:*

Cirujana Dentista

INDICE

	Página
Sumario	3
Introducción	4
Problema	6
Justificación	7
Revisión de Literatura	
Antecedentes de las resinas compuestas	8
Componentes de una resina compuesta	9
Presentación de las resinas compuestas	10
Historia de la fotopolimerización	10
Fotoiniciadores	12
Canforoquinona	12
Fenilpropandiona	13
Lucerina	14
Lámparas de fotocurado	15
Uso de la lámpara de fotocurado en Odontología	15
Tipos de lámparas de fotocurado	15
Luz Halógena de Cuarzo-tungsteno	15
Ventajas y desventajas	16
Lámparas de plasma	17
Lámparas de láser de Argón	18
Lámpara de diodos	18
Ventajas y desventajas	19
Requisitos de una lámpara de fotocurado	20
Reacción por polimerización	21
Fases de la reacción de polimerización	21
Modulación de la fotoactivación	23
Modos de curado	24
Eficacia de la reacción de polimerización	25
Contracción por polimerización	26
Factores que condicionan la eficacia de la reacción de polimerización.	26
Factores que dependen del material	27
Factores que dependen de la fuente de luz	28
Guías de luz	29
Guías turbo	30
Radiómetros	31
Radiómetro LED	31
Radiómetro Optilux	31
Mantenimiento	32
Objetivo General	34
Objetivos Específicos	34
Hipótesis	35
Variables	36

Metodología	37
Recursos	39
Resultados	40
Conclusiones	67
Recomendaciones	69
Bibliografía	70
Anexo I: Hoja de Recolección de Datos	73
Anexo II: Trifoliar	74
Firmas	77

SUMARIO

En la actualidad las lámparas de fotocurado han evolucionado variando su espectro de luz, su forma ergonómica y su potencia de polimerización, en busca de una mejoría en la calidad de fotocurado de las resinas compuestas. Hoy en día es indiscutible que las resinas compuestas constituyen uno de los materiales más importantes en la Odontología, pues ofrecen adhesión y estética a la vez, estos materiales dependen directamente de su grado de polimerización, el cual depende de la fuente de luz que recibe siendo claves los siguientes tres factores: una correcta intensidad de luz, una adecuada longitud de onda (entre 400 a 520 nm) y un correcto tiempo de fotocurado. Si alguna de estas variables es inadecuada, las resinas compuestas quedan polimerizadas parcialmente. El presente estudio se realizó con el objetivo de determinar la intensidad de salida de la luz de las lámparas de fotocurado utilizada por los estudiantes en la clínica de la facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, de acuerdo a las condiciones de integridad del mango y de la parte activa de la fibra.

En este estudio descriptivo se utilizó una muestra de 80 lámparas de fotocurado que fueran halógenas o LED, se utilizaron radiómetros para lámparas halógenas y LED de marca Kerr, respectivamente, para medir la intensidad de la luz. Se tomaron tres mediciones de la intensidad y se registró un promedio final. Las muestras se tomaron en las clínicas de la facultad de Odontología y se realizó una recopilación de datos por medio de una encuesta que incluyó los siguientes datos: tipo de lámpara, nombre de la casa comercial, modelo de la lámpara, intensidad registrada, estado de la parte activa, mantenimiento realizado, tiempo de uso y el año que cursa el estudiante. Se analizaron los datos por medio del programa estadístico Kwikstat 4.1

El 11.25% de las lámparas están por debajo de la intensidad ideal ($<400\text{mW}/\text{cm}^2$), el 89.75% se encuentra entre los $400\text{-}1100\text{ mW}/\text{cm}^2$ encontrándose la mayoría de lámparas entres los $600\text{-}800\text{mW}/\text{cm}^2$ necesario para que la hipótesis sea aprobada. La diferencia en intensidades entre lámparas halógenas y LED es de $296\text{mW}/\text{cm}^2$, las halógenas presentan una media de $334\text{mW}/\text{cm}^2$ lo cual indica que no presentan la intensidad óptima. Se remarca que solo se incluyeron en el estudio 7 unidades lo que equivale al 10% siendo una cifra no significativa para descalificar la población de las lámparas halógenas. Se evaluó la parte activa para registrar si existía alguna diferencia de intensidad en cuanto a la contaminación, se encontró que el 45% de las lámparas lo presentó, los registros variaron según las medias de contaminado y la intensidad en $67.11\text{mW}/\text{cm}^2$, 10% presentó rayas y fisuras y el 10% fracturas. El 44% de los estudiantes limpia la lámpara después de cada uso, el 29% no le realiza ningún tipo de mantenimiento y el 27% utiliza barrera protectora de plástico la cual disminuye en $85\text{ mW}/\text{cm}^2$ con respecto a la intensidad registrada. El 22% utiliza aditamentos como gomas y protectores plásticos al momento de fotocurar lo cual disminuye la intensidad en $224\text{ mW}/\text{cm}^2$.

INTRODUCCIÓN

Los materiales utilizados en odontología para reemplazar tejidos se les exige que, en condiciones ideales, presenten cualidades similares a las de los tejidos que serán reemplazados. El esmalte dental y la dentina poseen propiedades que son complejas y presentan características muy variadas como cromatismo, translucidez, fluorescencia, radiopacidad y opalescencias. Debido a la dificultad de obtener estas características, hasta mediados de la década de los 70's, no existían materiales estéticos de restauración directa con cualidades ópticas semejantes a las de los tejidos dentarios. Sin embargo en la década de los 90's, los requerimientos estéticos de la población aumentaron, lo que motivó el desarrollo de una nueva disciplina, la Odontología Estética. Esta disciplina motivó a que se desarrollaron materiales de alta estética para uso con técnicas directas logrando restaurar el aspecto natural de los dientes.

Una resina compuesta es un material restaurador y sintético. Para que este material cumpla su función fisiológica en boca de forma correcta se debe realizar una adecuada polimerización del mismo, mediante la lámpara de fotopolimerización por medio de su energía lumínica que tenga una intensidad suficiente dentro de un espectro específico y en un tiempo establecido será la principal responsable del adecuado endurecimiento de la resina compuesta.

Desde el 2000 cuando se introdujeron las tres generaciones de lámparas de fotocurado LED, se ha evolucionado en varias características entre las principales están el espectro de luz, la forma ergonómica y la potencia de polimerización, buscando mejorar la calidad de fotocurado de las resinas compuestas. Hoy en día es indiscutible que las resinas compuestas constituyen uno de los materiales más importantes y más utilizados en Odontología Estética, ya que ofrecen adhesión, translucidez, opalescencia, fluorescencia, entre otros.

Uno de los factores más importantes para el éxito de las restauraciones depende del grado de polimerización y consecuentemente de la intensidad de la salida de luz. La intensidad de salida de las unidades de luz puede ser reducida significativamente por varios factores como una caída de voltaje de la línea, degradación o desgaste del bombillo, reflectores, filtros perforados o fracturados, alteraciones de la fibra óptica y de su extremo, fracturas del filtro y variaciones en el diseño. En la actualidad, las casas comerciales ha prestado nuevamente atención a las lámparas de fotoactivación para la mejorar las propiedades clínicas de las resinas compuestas, introduciendo nuevas lámparas que pretenden superar a las antiguas.

Con la finalidad de mejorar los tratamientos restaurativos y disminuir la utilización inadecuada de las lámparas de fotocurado, fue importante realizar este trabajo de investigación ya que se explicó el efecto de la intensidad de la luz de las lámparas de fotocurado utilizadas por los estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos, en el cuál se aprobó la hipótesis con

un 89.75% de las lámparas en estado ideal superando los $400\text{mW}/\text{cm}^2$ en las lámparas de tipo LED.

Hoy en día el mayor interés mostrado por los odontólogos es la búsqueda de nuevos materiales restauradores con mejores propiedades; este interés conlleva al descuido de otros factores como: la falta de un control periódico de la intensidad de luz de sus lámparas de fotocurado. Para asegurar una máxima fotopolimerización y un éxito clínico a largo plazo, deben existir apropiadas condiciones, siendo necesario disponer de una unidad de fotopolimerización que permita obtener la emisión conveniente a través de un buen rendimiento de la intensidad de luz (mayor de los $400\text{ mW}/\text{cm}^2$) y con una adecuada longitud de onda (entre 460-480 nm).

PROBLEMA

Uno de los factores más importantes para el éxito de las restauraciones adhesivas de las resinas compuestas depende directamente de su grado de polimerización. El grado de polimerización depende de la fuente de luz que recibe siendo claves los siguientes tres factores: una correcta intensidad de luz, una adecuada longitud de onda (entre 400 a 520 nm) y un correcto tiempo de fotocurado. Si alguna de estas variables es inadecuada, las resinas compuestas quedan polimerizadas parcialmente; como consecuencia se aumenta la absorción de agua, la solubilidad del material y disminuye la dureza lo que puede ocasionar un fracaso del tratamiento (Person 1989). De los tres factores, la intensidad de luz emitida por la lámpara de fotocurado es el factor indispensable para tener éxito en los tratamientos, es por ello que surge la siguiente interrogante: ¿Cuál fue la intensidad ideal de luz que emiten las lámparas de fotocurado utilizadas en la Universidad de San Carlos de Guatemala para lograr una adecuada polimerización de las resinas compuestas?

JUSTIFICACIÓN

La adecuada polimerización de una resina compuesta depende principalmente de la intensidad de la fuente de luz, la longitud de onda emitida y del tiempo de radiación. Omitir estos aspectos producirá que las propiedades físicas y mecánicas del material polimerizado no sean las idóneas para el resultado clínico esperado, limitando el éxito y la longevidad del material en boca. No obtener una adecuada polimerización de la resina compuesta causará diversos problemas, tales como: mala adaptación del material al margen de la cavidad, microfiltración, caries secundaria, pigmentación en la restauración, sensibilidad postoperatoria, disminución de la resistencia al desgaste, entre otros. El motivo por el cual se realizó este estudio fue dar a conocer el estado real de intensidad de luz que emiten las lámparas de fotocurado de la Universidad de San Carlos, para mejorar los tratamientos restauradores adhesivos; así como proponer métodos para que el control y el funcionamiento de las mismas sean los adecuados. Actualmente no se cuenta con un estudio de este tipo realizado en nuestra casa de estudios.

REVISIÓN DE LITERATURA

Antecedentes de las resinas compuestas

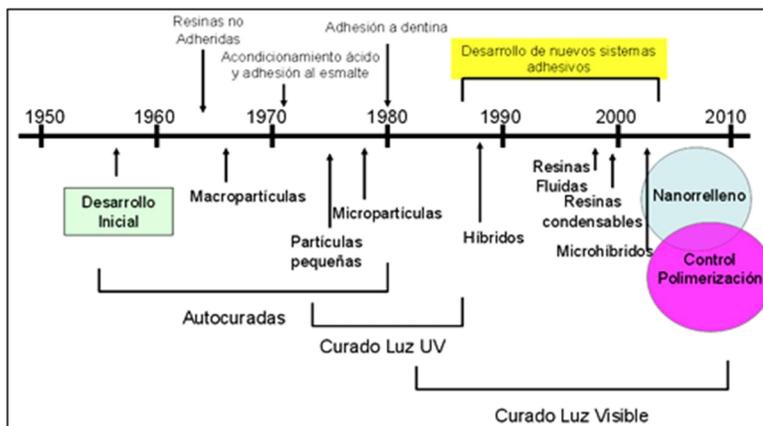
Una resina compuesta, por definición, es un material constituido por dos o más componentes, de forma que el material resultante posee unas propiedades que superan las de los componentes originales por separado. (23)

El desarrollo de las resinas compuestas tuvo sus inicios durante la primera mitad del siglo XX. En ese entonces, los únicos materiales que tenían color del diente y que podían ser empleados como material de restauración estética eran los silicatos. Estos materiales tenían muchas desventajas; siendo la principal, el desgaste que sufrían al poco tiempo de ser colocados. A finales de los años 40, las resinas acrílicas de polimetilmetacrilato (PMMA) reemplazaron a los silicatos. Estas resinas tenían un color parecido al de los dientes, eran insolubles a los fluidos orales, fáciles de manipular y tenían bajo costo. Lamentablemente, estas resinas acrílicas presentan baja resistencia al desgaste y contracción de polimerización muy elevada y en consecuencia mucha filtración marginal.(6)

La era de las resinas modernas empieza en 1962 cuando el Dr. Ray. L. Bowen desarrolló la molécula Bisfenol-A-Glicidil Metacrilato (Bis-GMA). Esta molécula junto a un agente de acoplamiento o silano que la unía a las partículas de relleno revolucionó la era de las resinas compuestas. (20)

La superficie de las primeras resinas compuestas era rugosa y tenía un comportamiento in vivo al desgaste insatisfactorio debido a las partículas de relleno tan gruesas. (4) Desde ese entonces, las resinas compuestas han sido testigo de numerosos avances y su futuro es aún más prometedor, ya que se están investigando prototipos que superarían sus principales deficiencias, sobre todo para resolver la contracción de polimerización y el estrés asociado a esta.(26)

Fig 1. Cronología del desarrollo de las resinas compuestas de acuerdo a las partículas, sistemas de polimerización y tecnología adhesiva.



Componentes de una resina compuesta

En general, las resinas compuestas están formadas por:

- Fase continua o matriz orgánica
- Fase dispersa, de refuerzo o relleno inorgánico
- Fase de enlace o agente de acoplamiento, que permite la unión entre las partículas de relleno y la matriz de resina. (23)
- Aditivos

La matriz orgánica estaba constituida originalmente por un monómero de dimetacrilato aromático, también denominado BIS-GMA. Éste es sintetizado por la reacción entre un bisfenol A y un metacrilato glicidílico. En la actualidad puede ser reemplazado por el dimetacrilato de uretano, el cual posee un índice de refracción de la luz más similar al diente que el BIS-GMA. (14)

El relleno inorgánico está constituida principalmente por: cuarzo, sílice, sílice pirolítica, vidrio de borosilicato, silicatos de litio y fluoruro de bario. El objetivo de la incorporación de este relleno inorgánico era lograr disminuir la cantidad de monómero por unidad de volumen y así disminuir la contracción de polimerización. El mismo tiempo aumenta la resistencia mecánica del material. (14)

El agente de unión es un agente de enlace con grupos bifuncionales que reacciona con la fase inorgánica y la matriz, originando una unión química entre ellas. Esta adhesión entre ambas fases es esencial para que el material tenga resistencia y durabilidad. Estos agentes también pueden actuar como disipadores de tensión en la interfase relleno - resina.

Los agentes a base de vinil silano fueron los primeros en ser utilizados como agentes de unión entre la matriz y la fase dispersa. Posteriormente se comenzaron a usar otros como el gamma metacriloxipropilsilano, que permitía una unión más estable y resistente. (20)

Además de la matriz, del relleno y del agente de unión, también forman parte de las resinas compuestas, otros agentes tales como:

- Monómeros que disminuyen la viscosidad del material y facilitan su manipulación, como por ejemplo, el TEGDMA.
- Inhibidores de la polimerización para prolongar la vida útil, previniendo el endurecimiento espontáneo del material durante el período de almacenamiento.
- Iniciadores y aceleradores que se combinan para producir radicales libres que inician la reacción de polimerización.
- Pigmentos, para dar las distintas tonalidades al material restaurador.
- Modificadores y opacificadores para controlar el color y la translucidez.

Por lo tanto, con el desarrollo de este material trifásico se consiguió aumentar la resistencia, mecánica y reducir tanto la contracción de polimerización como el coeficiente de variación dimensional térmica de manera considerable.

Presentación de las resinas compuestas

Las resinas compuestas se presentaron inicialmente en forma de un polvo y un líquido. El polvo era principalmente el relleno inorgánico silanizado, mientras que el líquido estaba constituido por la fase monomérica a polimerizar. Al realizar la mezcla, el material endurecía quedando constituida la resina compuesta. (7)

Posteriormente la presentación del material fue cambiada a un sistema de dos pastas: una base y una catalizadora. Ambas pastas contenían el monómero, relleno inerte silanizado y además, una de ellas tenía un peróxido iniciador mientras que la otra tenía una amina activadora. Al juntar ambas pastas se desencadenaba la reacción de polimerización con el consecuente endurecimiento del material. (7)

Pese a haber solucionado una parte importante de los problemas planteados en relación a los requisitos deseados para un material restaurador estético, aún persistía el problema de la inestabilidad del color de la resina compuesta. Esto último estaba determinado por el sistema de activación, basado originalmente en una reacción amina-peróxido (dimetil, ptoluidina - peróxido de benzoilo). El problema se logró solucionar cambiando el sistema de activación química a una activación física, la que puede darse mediante calor (sistemas indirectos de termocurado) o mediante luz visible (sistemas directos e indirectos de fotocurado). (5)

Las resinas compuestas de activación física, presentaron una serie de ventajas en comparación con las de activación química o de autocurado. Podemos mencionar entre ellas, una mayor estabilidad del color, un mayor tiempo de trabajo útil, una mayor resistencia mecánica y un mejor resultado estético. (5)

Hoy en día las resinas compuestas se nos presentan como una pasta única, envasada en una jeringa opaca, dispuesta para ser fotoactivada por la fuente lumínica correspondiente. La pasta presenta una viscosidad considerable lo que dificulta la incorporación de aire en ella al momento de manipularla, lo que antiguamente era la principal desventaja. La gran ventaja de este sistema de presentación es que el operador es quien controla el tiempo de trabajo.

Historia de la fotopolimerización

La tendencia de las primeras resinas compuestas autopolimerizadas utilizadas en 1970 era a la decoloración, esto se debía a que la polimerización con peróxido de benzoilo/amina no era completa ni estable. La necesidad de mezclar dos componentes ocasionaba como consecuencia el atrapamiento de aire en el interior del material, lo que llevaba a un deterioro de las propiedades ópticas y mecánicas. Además, el tiempo de trabajo era relativamente largo. El pulido final se llevaba a cabo de 24 horas después. (4)

Los problemas de las resinas compuestas autopoliméridos podían ser evitados modificando el sistema de polimerización es aquí donde surge los sistemas de activación por luz. El primer tipo de fuente lumínica utilizada para la fotoactivación de las resinas compuestas en la década de los setenta fue la luz ultravioleta (365 nm). (4) Las desventajas que presentaba la polimerización por luz ultravioleta era su limitada profundidad de polimerización, escasa capacidad de penetración, las capas de la resina compuesta tenían que tener un espesor de 100 μm o menos, lentitud de fotoactivación, riesgo de dermatosis o lesión ocular ante exposiciones prolongadas y otros problemas como sombras a través de la estructura dental, por lo que fueron rápidamente reemplazados por la polimerización con la luz azul, utilizando la canforoquinona como fotoiniciador.(4)

Con la polimerización ya controlada por el operador, se lograba manejar de una mejor forma la contracción de polimerización, asimismo se mejoro la apariencia estética ya que se podían combinar varios colores en la misma restauración. (4)

Desde mediados de los ochenta y hasta mitad de los noventa, la principal fuente de iluminación utilizada ha sido la lámpara halógena, la cual ha sufrido una escasa evolución cualitativa durante este periodo ya que los principales esfuerzos científicos se encaminaban hacia la mejora de la polimerización mediante el desarrollo y evolución sobre la propia composición química de los materiales fotocurables. (4)

A partir de la luz azul se han desarrollado diferentes mecanismos o fuentes de luz con el objetivo de optimizar la polimerización del material. En virtud de lo anterior, se han desarrollado diferentes tipos de aparatos, los cuales se pueden clasificar en: (12)

1. Lámparas halógenas: las que pueden ser convencionales (hasta 400-500 mW/cm^2) y de alta intensidad o potencia (sobre 500 mW/cm^2).
2. Lámparas de arco de plasma.
3. Lámparas láser.
4. Lámparas de luz emitida por diodos (L.E.D.).

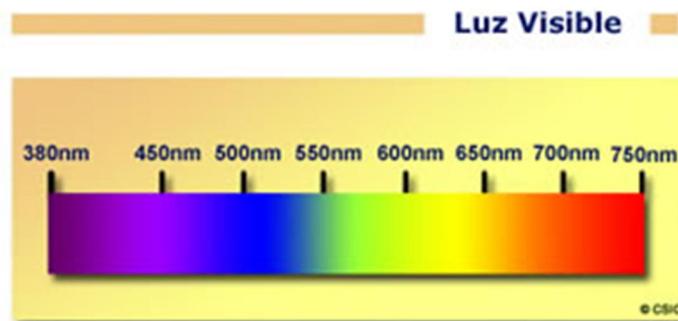
Actualmente la principal fuente de iluminación utilizada es la luz halógena. Esta lámpara presenta un foco constituido por un filamento de cuarzo-tungsteno, el cual emite una luz blanca que gracias a la presencia de un filtro sólo permite dejar pasar al conductor un haz de luz azul. Dicho haz activará al fotoiniciador para permitir la polimerización del material. (4,13)

El uso de las lámparas en base a láser y de arco de plasma está muy cuestionado en la actualidad por su alto costo, sus efectos deletéreos en las propiedades finales de las resinas compuestas y por la dificultad para polimerizarlas.

En el año 1995 aparecen en el mercado las lámparas de fotocurado tipo L.E.D. Esta tecnología consiste en lámparas que presentan diodos simétricamente ordenados que emiten una luz azul entre 440-490 nm. con un pico en los 460 nm., lo que permite activar al fotoiniciador y producir la polimerización de la resina compuesta. El elemento fotoiniciador de la reacción de polimerización más comúnmente utilizado en las resinas compuestas es la Canforquinona.(12)

La principal misión de la lámpara de fotoactivación mediante su energía lumínica es activar los fotoiniciadores de la resina compuesta, los cuales desencadenarán la reacción química de transformación del producto inicial en el producto final. Por lo tanto el estudio de los fotoiniciadores y sus rangos de activación son de suma importancia para seleccionar una adecuada fuente de luz (4)

Fig 2. Espectro de luz visible, el rango de las lámparas de fotopolimerización se encuentra entre los violeta y azul.



Fotoiniciadores

Compuesto capaz de producir una reacción al absorber luz, estos son diquetonas que producen radicales libres al ser expuestos a la luz visible de espectro azul. Los más importantes y usados son tres. (18)

- Canforoquinona
- Fenilpropandiona
- Lucerina

Canforoquinona

En 1971, ICI (Imperial Chemical Industries, Inglaterra) patentó el fotoiniciador canforoquinona que absorbe la luz en el rango de longitud de onda visible. ICI en asociación con Johnson y Johnson introdujeron la primera resina fotocurada: Sistema FotoFil. Desde entonces, la mayoría de las resinas compuestas fotopolimerizables disponibles comercialmente contienen este iniciador. (22)

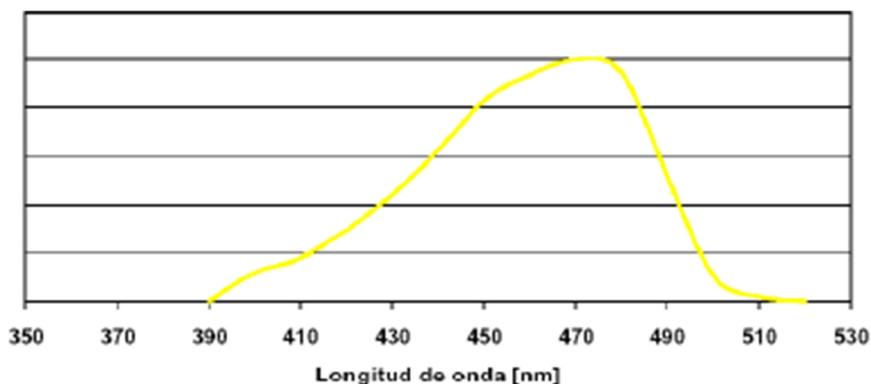
La canforoquinona es una sustancia amarillenta que es capaz de absorber luz en la región azul del espectro de luz visible con longitud de onda entre 465-575nm. La canforoquinona se halla presente en más del 90% de las resinas compuestas.(6) Las resinas compuestas suelen presentar un contenido del 0.15-0.20% de canforoquinona y aumentando esta proporción no se consigue una mayor profundidad polimerización ni un mayor grado de conversión de la resina compuesta. (22)

Durante la activación del iniciador y la subsiguiente polimerización del material, la canforoquinona no se desintegra completamente. Como resultado, las resinas compuestas fotopolimerizables siempre tienen un color amarillento. (2,22)

Fig. 3 Estructura química y fotografía de canforoquinona



Gráfica 1. Longitud de onda de la canforoquinona, con un pico de absorción en los 468nm.



Fenilpropandiona (PPD)

La fenilpropandiona es un fotoiniciador translucido que tiene un espectro de absorción de luz entre los 400-490 nm con un pico de absorción en los 410nm.

Este fotoiniciador consigue por si solo un grado de conversión similar al de la canforoquinona y, cuando se utilizan juntos, actúan sinérgicamente dando lugar a una reacción de fotoactivación más eficaz. La PPD se suele utilizar en los

adhesivos monocomponentes y en las resinas compuestas de tonos de esmalte o translucidos.(22)

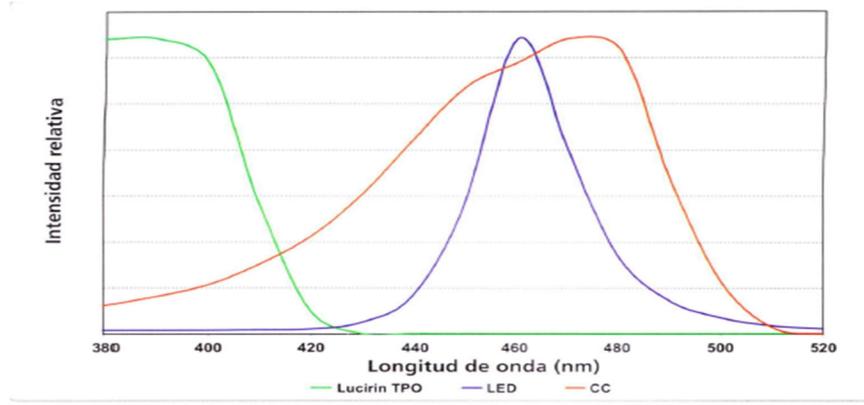
La principal desventaja que presenta este fotoiniciador es su rango de activación ya que se presenta entre la longitud de onda de los ultravioleta siendo este dañino y no activado por las lámparas LED que son las más utilizadas actualmente.

Lucerina

Este fotoiniciador es un óxido de acilfosfina, que ganó popularidad ya que se blanquea completamente una vez que la fotorreacción ha finalizado. Su pico de sensibilidad se ha desplazado a una longitud de onda considerablemente menor con un rango entre 350-420nm con un pico de absorción de 400nm.

La lucerina se puede polimerizar solo hasta cierto punto con las convencionales lámparas LED de primera y segunda generación, ya que se baja salida espectral apenas cubre el espectro de absorción de estos iniciadores. (22)

Gráfica 2. Comparación del espectro de absorción de la lucerina, canforoquinona (CQ) y el espectro de emisión de una lámpara LED, la lámpara LED es específica para la CQ.



Conociendo los rangos de activación de los fotoiniciadores debemos conocer los diferentes rangos de las fuentes lumínicas hoy en día, por lo que se describe los tipos de lámparas de fotocurado.

Tabla 1. Comparación de los tres fotoiniciadores.

FOTOINICIADORES	RANGO DE ABSORCIÓN	PICO DE ABSORCIÓN
CANFOROQUINONA	400-500 nm	468 nm
FENILPROPANDIONA	400-490 nm	410 nm
LUCERINA	350-420 nm	400 nm

Lámparas de fotocurado

Es una lámpara que emite una luz en cierta longitud de onda que endurece los materiales fotopolimerizables que se usan con los materiales estéticos restauradores en la clínica dental.

Uso de la lámpara de fotocurado en Odontología (2)

- Blanqueamiento dental (activación de gel blanqueador y polimerización de la barrera gingival)
- Restauraciones directas (resinas compuestas, ionómeros y adhesivos)
- Restauraciones indirectas (cementación adhesiva de laminados, inlays, pernos y coronas estéticas)
- Collage de brackets y accesorios ortodónticos
- Activación de materiales fotoactivados (sellantes de fosas y fisuras, cementos quirúrgicos, entre otros.)

Tipos de lámparas de fotocurado

En los últimos años se ha producido una autentica revolución en el ámbito de las fuentes de luz utilizadas en Odontología, en pro de una mayor rapidez del curado, mayor profundidad y mayor factor de conversión de las resinas compuestas. Las lámparas de fotopolimerización que existen actualmente en el mercado se clasifican en cuatro grupos: (15)

- Lámparas de luz halógena de Cuarzo-tungsteno
- Lámparas de plasma
- Lámparas de argón
- Lámparas de LED

Luz Halógena de Cuarzo-tungsteno

Esta fue desarrollada por los ingenieros de General Electric para su uso en las luces de los aviones ya que estas eran muy duraderas y brillantes a pesar de ser pequeñas. (22) En este tipo de lámpara, la luz se produce cuando una corriente eléctrica fluye a través de un filamento de tungsteno. El filamento actúa como una resistencia y el paso de corriente genera calor, en el interior de su ampolla de vidrio existe una atmósfera gaseosa de halógena cuya función es evitar que el filamento incandescente se quemé. (2)

Un filamento calentado aproximadamente a 100°C genera calor en forma de radiación infrarroja. Cuando esta temperatura sube hasta 2000-3000°C una porción significativa de la radiación se emite en forma de espectro de luz visible.

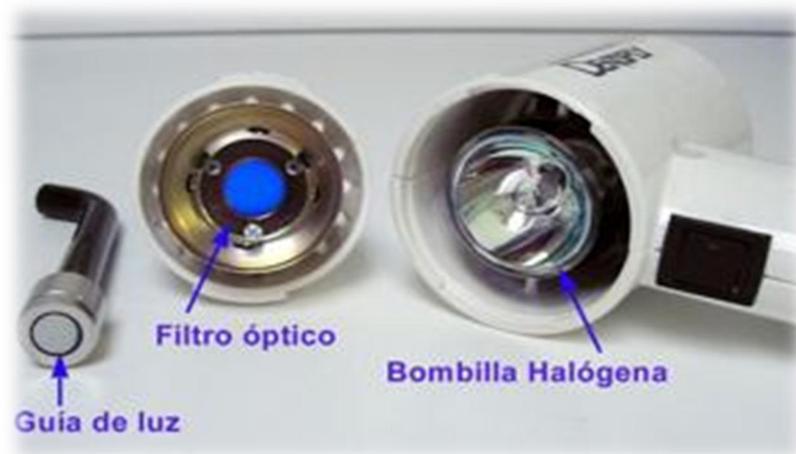
Estas lámparas producen luz blanca, para producir luz de una longitud de onda específica, esta se debe filtrar, como resultado gran parte de esta radiación es desperdiciada que es la infrarroja (95%) y genera calor. (Rovira, 2006) (1)

El filtro es el componente más caro del aparato y el más importante, pues a medida que este se degrada, aumenta la emisión infrarroja, generando calentamiento del diente, tejidos blandos circundantes y material e incomodidad para el paciente. La vida útil de la fuente de luz halógena es relativamente alta, pudiendo alcanzar las 40 horas de uso. (10)

El espectro de emisión de estas lámparas es de 360-500nm, con un pico energético en los 460 nm. En función de su potencia lumínica o intensidad, pueden subdividirse en dos tipos:

- A) Halógenas convencionales, con una potencia lumínica por unidad de superficie de 350-700 mW/cm².
- B) Halógenas de alta densidad de potencia, con una potencia lumínica mayor de 700-1700mW/cm², que consigue mediante el uso de bombillas más potentes o puntas turbo, las cuales son capaces de recoger una mayor cantidad de luz procedente de la bombilla para enfocarla en un área más pequeña que, por tanto, recibirá una mayor densidad lumínica (incrementos de hasta 49% en la densidad de potencia frente a una guía lumínica estándar).

Fig 4. Partes de una lámpara halógena



Ventajas:

- Su espectro de emisión de luz que es más próximo a la curva de absorción de la canforoquinona.
- Debido amplio espectro de luz es capaz de sensibilizar al fotoiniciador fenilpropanodiona, próximo a la región de 400 a 450 nm. (2)
- Lámpara probada a lo largo de los años.
- Bajo costo.

Desventajas:

- La emisión de un largo espectro de luz, desde infrarrojo a ultravioleta, siendo necesario un filtro.
- Genera gran cantidad de luz infrarroja lo cual produce calor, por eso la necesidad de refrigeración del aparato. (2,1)
- Inadecuada intensidad de luz, que puede ser causada por fluctuación en el voltaje, deterioro del bulbo, reflector o filtro, contaminación del patrón de luz, o los efectos nocivos de los procedimientos de desinfección de la unidad.
- Vida media de servicio corta, los focos duran <100 horas. (10)
- Requiere un mantenimiento constante. Numerosos estudios han demostrado que las lámparas halógenas no alcanzan el mínimo de intensidad necesaria especificada por las casas comerciales. Usualmente el operador no le da mantenimiento, omite medir la irradiancia o reemplazar el foco en su tiempo necesario. (10)

Lámparas de plasma:

Estas lámparas se desarrollaron para reemplazar las lámparas halógenas ya que estas últimas tenían una exposición prologada (40-60 segundos). Las lámparas de plasma tienen que ser filtradas, ya que utilizan gran cantidad de luz infrarroja y ultravioleta. Fueron inicialmente utilizadas para polimerizar las resinas compuestas que eran curados con luz ultravioleta, posteriormente fueron adaptados a una luz visible. (22)

Son lámparas de arco, es decir, emiten la luz mediante una descarga eléctrica en forma de arco voltaico entre dos electrodos de tungsteno separados a una determinada distancia. En el interior de la lámpara existe un gas (generalmente es de Xenón) a elevada presión que evita la evaporación de los electrodos.

La cantidad de luz generada es elevada (intensidad entre 1400-2700 mW/cm²), y de color blanco, por lo que requiere de la interposición de un filtro óptico para la obtención de la banda de longitud de onda deseada. La emisión final presenta un pico alrededor de 470 nm. Esto explicaría el hecho de la posible mayor eficacia lumínica de este tipo de lámpara que permite fotopolimerizaciones rápidas de la resina compuesta.

El presentar un estrecho margen de emisión (450-500nm) conlleva a que estas lámparas no polimerizaran adecuadamente aquellos materiales que contengan un fotoiniciador diferente, como la fenilpropandiona, cuya longitud de onda óptima son los 410nm o la luciferina, con un pico de absorción en los 400nm.

Los fabricantes afirman que estas unidades producen el curado de las resinas compuestas en uno a tres segundos y que, además, disminuyen la contracción de polimerización. Sin embargo, reducir la fotoactivación a uno o tres

segundos puede dar lugar a un curado inapropiado del material. Según Hofmann et al (2000) indican que la polimerización con las unidades de arco de plasma es incorrecta. Por lo tanto, los tres segundos de tiempo de curado, como recomienda el fabricante, son insuficientes para un óptimo curado de las resinas compuestas, necesiándose como mínimo doce segundos. (park et al, 2002) (9)

Lámparas de láser de Argón:

Es un láser con medio activo de tipo gaseoso (gas Argón). Emite una luz de 488nm o azul-verde de 488-514 nm y su irradiancia está entre 750-1300 mW/cm². La ventaja de estas lámparas es que proveían propiedades físicas adecuadas y se necesitaba mucho menos tiempo que con el que se exponía con la lámpara Halógena. El inconveniente de esta lámpara era su tamaño muy grande posteriormente la fabricaron más pequeña pero era pesada. (9) Sin embargo, la principal desventaja es que al tener una longitud de onda extremadamente estrecha, un gran número de materiales fotoactivables no son compatibles con este sistema, lo que unido a su alto coste explica el hecho de su escasa difusión para su aplicación en la fotoactivación de materiales de restauración dental.(6)

Debido a su elevado costo (cerca de los \$5000), la elevada temperatura en la el lugar de exposición, esta lámpara quedo en desuso. (9)

Lámparas de diodos:

Las lámparas LED constituyen el tipo de lámparas de fotopolimerización de tecnología más reciente. Este tipo de fuente luminosa es una de las más utilizadas en la industria de optoelectrónica para paneles indicadores. (15) Utilizan como fuente de iluminación los V-LED (visible-light emitting diodes). Los V-LED, son fuentes de luz tipo luminiscente basadas en la utilización de determinados materiales semiconductores que poseen la propiedad de polarizarse al ser atravesados por la corriente eléctrica, emitiendo energía eléctrica óptica en forma de luz visible (fenómeno de electroluminiscencia). (2, 22)

Esta luz presenta efectos quatum-mecánicos, y para producir este tipo de luz se necesita la combinación de dos diferentes semiconductores n-doped (carga y lubricación negativa) y p-doped (carga y lubricación positiva). Los n-doped tienen un exceso de electrones y los p-doped tienen una necesidad de electrones. Cuando ambos tipos de semiconductores son combinados y un voltaje es ampliado, los electrones del n-doped y los agujeros del p-doped son conectados. Como resultado de la característica del diodo se genera una luz con una especifica longitud de onda. (2)

El color de la luz emitida (longitud de onda) depende del tipo de semiconductor utilizado en la confección del LED. En las lámparas de fotopolimerización habitualmente se utilizan varios LED de forma simultánea (7-21

diodos) de semiconductor SiC o InGaN, ordenados en círculos concéntricos que emiten una luz azul. (2)

El espectro de onda en una lámpara LED de Odontología emiten una luz azul de 450-480 nm, con un pico de absorción de 470 nm., este espectro coincide con la curva de absorción de la canforoquinona, la eficiencia para fenilpropandiona es limitado. (4,24)

En función de la intensidad lumínica la podemos clasificar en: (2)

- A) Lámparas de diodos convencionales: intensidad entorno a 400 mW/cm².
- B) Lámparas de diodos de alta irradiancia: intensidad entorno a los 1000-1200 mW/cm².

Ventajas:

- Método eficiente para convertir la energía eléctrica en luz azul.
- La microelectrónica permite fabricar dispositivos más pequeños.
- No produce tanto calor, no necesita ventilador
- De pequeño tamaño y ergonómico debido al reducido tamaño de la fuente luminosa. (15)
- Silenciosas debido a que el tipo de bombilla no requiere refrigeración. (15)
- Bajo consumo eléctrico (permite utilizar baterías)
- Larga duración sin pérdida de intensidad con el uso
- No requiere filtros (24)
- Tiene una vida de 1000 horas de uso sin degradación de la emisión de luz con el tiempo.
- Generan menos calor comparado con una lámpara Halógena (1)

Desventajas:

- Las lámparas LED tienen un espectro de luz estrecho, solo permite polimerizar adecuadamente los materiales que contengan canforoquinona como fotoiniciador.
- Baja efectividad para polimerizar colores translucidos de algunas resinas compuestas de microrrelleno. (Caughman et al, 2002)
- Alto costo

Tabla 2. Comparación de 4 tipos de lámparas

TIPO DE LÁMPARA	INTENSIDAD	RANGO DE LONGITUD DE ONDA	FUENTE DE LUZ
LÁMPARA HALÓGENA <ul style="list-style-type: none"> • CONVENCIONAL • ALTA DENSIDAD DE POTENCIA 	350-700 mW/cm ² 700-1700 mW/cm ²	360-500 nm	Luz incandescente
LÁMPARA DE PLASMA	1400-2700 mW/cm ²	450-500 nm	De arco, xenón
LÁMPARA DE LÁSER DE ARGÓN	700-1300 mW/cm ²	488-514 nm	Argón, de diodos
LÁMPARA DE LUZ LED <ul style="list-style-type: none"> • CONVENCIONAL • ALTA IRRADIANCIA 	400 mW/cm ² 1000-1200 mW/cm ²	450-480nm	Emisión de diodos

Requisitos de una lámpara de fotoactivación

Existe una serie de requisitos ideales para las fuentes de fotoactivación, a continuación se enlistara algunos de los requisitos más importantes que estas deben tener. (5)

- **Espectro lumínico adecuado para fotopolimerizar la totalidad de compuestos fotoactivables existentes en el mercado.** La lámpara debe emitir idealmente una luz azul con longitud de onda comprendida entre los 400 a 500nm. y pico entre los 460 a 480nm. para activar adecuadamente los dos tipos de fotoiniciadores más comúnmente utilizados en la composición de los productos odontológicos fotoactivables (canforoquinonas y fenilpropadionas).
- **Densidad de potencia elevada y con posibilidad de programación por parte del usuario.** La densidad de potencia lumínica no debería ser inferior a los 800–1000 mW/cm² para permitir tiempos cortos de polimerización. Así mismo, puede ser interesante que el valor de este parámetro sea programable por el usuario para permitir la aplicación de técnicas de fotopolimerización con densidad de potencia incremental, la cual, según algunos estudios, puede disminuir las tensiones internas en la resina compuesta fotopolimerizado así como su porcentaje de contracción.
- **Diseño ergonómico.** Las lámparas de pequeño tamaño y peso pueden resultar más cómodas para su utilización. Las lámparas LED son actualmente las más pequeñas y silenciosas (no requieren ventilador y funcionan con batería). En el caso de la fotoactivación de productos blanqueadores, las fuentes lumínicas que incorporan cabezales amplios específicos para la fotoactivación simultánea de varios dientes también resultarán más cómodas de utilizar para esta aplicación concreta.

- **Radiómetro incluido en la propia lámpara para el chequeo periódico de la misma.** Las lámparas halógenas y de plasma disminuyen su densidad lumínica con el envejecimiento de la bombilla debido al uso. Además, este tipo de fuentes lumínicas requieren de la incorporación de filtros ópticos para la obtención de luz azul que también pierden eficacia tras su uso prolongado. Las lámparas de diodos no requieren del uso de filtros y sus bombillas tipo LED prácticamente no pierden potencia con el tiempo.
- **Adecuado coste de reposición de la bombilla.** El costo de reposición de una bombilla de plasma es 10-15 veces más caro que el de una bombilla halógena. Bajo incremento térmico del diente durante la fotoactivación. En general, a mayor potencia de la bombilla, mayor incremento térmico se producirá sobre el diente. Además, las lámparas halógenas, presentan un espectro lumínico amplio que por consiguiente incluye un mayor porcentaje de infrarrojos responsables del sobrecalentamiento dentario durante la fotoactivación.

Reacción por polimerización

Se denomina polimerización al proceso químico por el que los monómeros de la matriz de resina de la resina compuesta (compuestos de bajo peso molecular) se agrupan químicamente entre sí dando lugar a una molécula de gran peso, llamada polímero, que es una cadena lineal o una macromolécula tridimensional. (23)

En la actualidad, la mayoría de las resinas compuestas disponibles son fotopolimerizables. La reacción de polimerización del material inicia cuando se le suministra energía mediante una fuente de luz visible. A pesar de las indudables ventajas de este tipo de reacción, el principal inconveniente que presentan estos materiales es su inadecuada polimerización lo que da un endurecimiento incompleto del material, que se puede deber a que el proceso de polimerización se inicie con luz ambiental o que la lámpara de polimerización no funcione correctamente por lo que se produce un endurecimiento incompleto del material reduciendo sus características físicas y ópticas.

Fases de la reacción de polimerización

En la reacción de polimerización de las resinas compuestas fotoactivadas se puede mencionar dos fases:

- Fase lumínica, que es la que se produce durante el periodo en que la lámpara de polimerización está encendida
- Fase oscura, que es la que se produce tras el apagado de la lámpara y transcurren las primeras 24 horas tras el comienzo de la reacción, en la cual alcanza el grado de conversión definitivo.

Al concluir este periodo de tiempo y dado que el material ya se encuentra en boca, expuesto al medio oral, se puede considerar que presenta su color definitivo aunque algunos autores afirman que la absorción de agua se mantiene durante la primera semana. (2) El desgaste in vivo es un proceso muy complejo e incluso en las zonas que no soportan ninguna carga, la superficie de la resina compuesta experimenta una degradación como consecuencia de los cambios químicos, fisicoquímicos y térmicos. El reblandecimiento y agrietamiento de la superficie potencian los efectos de la abrasión por las cargas soportadas, pudiendo incrementar la porosidad superficial. Los grupos metacrilato sin reaccionar aceleran la degradación. (5)

En la fase lumínica de la reacción de polimerización se distinguen varias fases:

Fase de Activación: la energía necesaria para poner en marcha la reacción de polimerización no es otra que la energía fotónica procedente de fuentes de luz. Esta energía es la encargada de activar el fotoiniciador incorporado en el material, sustancia sensible a una determinada longitud de onda. (25)

Fase de iniciación o de inducción: en esta fase el iniciador activado previamente por la luz, se combina con una amina terciaria generando radicales libres.

Fase de propagación: en esta fase los radicales libres se combinan con los monómeros convirtiéndolos a su vez en especies reactivas capaces de unirse a otros monómeros. Se conectan entre sí a través de enlaces covalentes formando moléculas de cadenas más largas denominadas polímeros. Una vez que comienza el proceso, la reacción progresa a una velocidad considerable. Aunque teóricamente la reacción en cadena prosigue hasta que todo el monómero se transforma en polímero.

Fase de terminación: esta es la fase final de la reacción y se puede producir por:

- El acoplamiento de dos cadenas en crecimiento para formar una cadena terminal.
- Por saturación de los radicales libres con átomos de hidrogeno liberados de algunas de las cadenas en formación.
- Puede ocurrir que la cadena en crecimiento reaccione con impurezas o bien incluso con alguna molécula de iniciador, convirtiéndose en no reactiva.

Esta clasificación en “fases” es en realidad artificial, puesto que, en el caso de las resinas compuestas dentales, las fases de activación, inducción, propagación y terminación, son simultáneas, y el polímero resultante se compone de cadenas de diversas longitudes. (25)

Básicamente la polimerización origina tres tipos de estructuras:

- Tridimensionales: polímeros lineales (forman largas cadenas constituidas por monómeros simples)
- Ramificados (la cadena principal tiene un segundo monómero que forma las ramificaciones)
- Cruzados (contienen un monómero disfuncional con dobles enlaces en ambos extremos que conectan dos cadenas lineales).

Por último, las reacciones de polimerización de radicales libre pueden ser inhibidas o controladas por la presencia de cualquier material que reaccione con un radical libre, que reduzca la velocidad de iniciación o aumente la velocidad de conclusión. La reducción de la velocidad de iniciación retarda la reacción de polimerización, y el aumento de la velocidad de conclusión disminuye el grado de polimerización y el peso molecular del producto final. Sustancias como la hidroquinona, el eugenol o el oxígeno en grandes cantidades inhiben o retardan la polimerización.(6)

Modulación de la fotoactivación

Las lámparas con alta densidad de potencia de luz son recomendadas universalmente. Generalmente esta indicación se basa en la profundidad de polimerización y en la mejoría de las propiedades mecánicas del material, también se debe considerar las propiedades negativas de la alta intensidad de luz en el desenvolvimiento de las tensiones de contracción, así como el relajamiento de las mismas. (3)

La resina compuesta, previa al fraguado, es un fluido que se caracteriza por su viscosidad. A medida que se van produciendo uniones químicas el material se va transformando hasta que llega un punto en el que se convierte en sólido. Este punto se denomina **gelación** y se determina mediante la medición del módulo elástico. El módulo elástico mide la rigidez, que es una propiedad de sólidos, por lo tanto, en el momento en el que se detecta rigidez podemos decir que el fluido se ha transformado en sólido. La gelación divide la reacción de polimerización en dos fases: pregel y postgel.

En la **fase pregel** el material está en estado fluido, caracterizado por su viscosidad con un aspecto gomoso. Al comenzar la unión de monómeros se produce una contracción volumétrica ya que el espacio que ocupan los monómeros separados es menor que el que ocupa los monómeros unidos formando el polímero. Esta contracción volumétrica genera una fluencia en el material. Las cadenas formadas tienen una cierta flexibilidad, capaz de absorber las tensiones generadas por la contracción sin transmitir las a la interfase adhesivo-diente. (24)

En la **fase postgel** el material se ha convertido en sólido desarrollando propiedades mecánicas como la rigidez, resistencia, dureza, etc. Este desarrollo de propiedades mecánicas se alarga en el tiempo hasta 7 días, en los que el

material se considera totalmente fraguado. La contracción de polimerización se produce aproximadamente durante 10 minutos y se estima entre un 1,5% y 3,5%, siendo esta contracción clínicamente significativa. En esta fase la contracción volumétrica genera una energía que se comporta como una carga sobre un sólido condicionando una **tensión** y una **deformación**. Al contraer el material, donde posible se deforma, esta deformación resultante causará una tracción del tejido contiguo. Esta tensión y deformación están relacionadas de manera que cuando se produce mucha deformación queda muy poca energía para producir tracción, y cuando el material no puede deformar toda la energía que queda se traduce en tracción.

La importancia de todo esto es que el material se coloca en una cavidad y lo que pretendemos es que quede adherido a las paredes. Para ello sobre las paredes de la cavidad colocamos un adhesivo que mantiene unido el material a la pared. Durante la contracción de polimerización el material deforma hacia la zona libre no adherida, mientras que por donde no puede deformar, la zona adherida, tracciona. Si esta tracción es inferior a la adhesión el material quedará adherido a la pared. Sin embargo, si esta tracción es superior a la adhesión, el material se separará, la adhesión se romperá y se producirá filtración marginal, con la consecuencia de una caries marginal.

En resumen, el peligro de la contracción de polimerización es la tensión que genera en las paredes. Como ya hemos dicho que a más deformación menos tensión y viceversa, por lo tanto, lo que nos interesa es favorecer la deformación durante la contracción de polimerización. Esto se puede conseguir mediante una técnica de polimerización adecuada, teniendo en cuenta los factores que favorecen la deformación. Los cuales se describirán a continuación.

Modos de curado

La disminución de la intensidad de la luz en la fase inicial produce una mayor duración de la fase pregel y por lo tanto la formación de cadenas poliméricas de mayor longitud con la consiguiente absorción de tensiones y la optimización de las propiedades mecánicas, es por ello que se desarrollaron modos de curado con el fin de prolongar la fase pregel y reducir la contracción por polimerización. (2)

Boost/High/Fast: la más alta potencia que la lámpara de fotocurado puede generar. Esta es producida dentro de pocos segundos de activación. Todo el intervalo de curado estará en este nivel de potencia.

Regular/Normal/Standard: es un nivel de potencia un poco más bajo que el High, si una lámpara no tiene diferentes niveles de poder, entonces el modo regular deberá de ser el nivel más alto de poder. Cura todo tipo de restauraciones. (Barracos, 2006)

Bajo o Adhesivo: Recomendado como un nivel seguro de energía para fotocurar adhesivos que presumiblemente no requieren un alto poder como para resinas compuestas y cementos. Es presumiblemente seguro ya que este modo produce menos calor.

Step: curado a bajo poder (usualmente cerca de $150\text{mW}/\text{cm}^2$) por 10 segundos, seguido por un instantáneo repunte a un poder mucho más alto (usualmente el máximo de la lámpara) por 10 segundos, y entonces permanece en este alto nivel por el resto del intervalo de fotocurado.

Rampa: el curado comienza a baja potencia (alrededor de $150\text{mW}/\text{cm}^2$) seguido de un incremento lineal hacia una potencia mayor (usualmente el máximo de la lámpara) por 10 segundos, y luego permanece a esta potencia por el resto del intervalo de fotocurado.

Pulso: tienen un significado distinto para diferentes lámparas, pero usualmente significa que la potencia hace ciclos en alta y baja cada segundo, o bien la potencia se interrumpe y luego recomienza a cada segundo y otras variantes desde el comienzo del curado.

Eficacia de la reacción de polimerización. Grado de Conversión (GC)

El grado de conversión es el porcentaje de monómero que se integra en las cadenas de polímero. Las cualidades físicas, las propiedades mecánicas, las biológicas y las ópticas y, en definitiva, el comportamiento clínico del material dependen muy directamente del grado de conversión. (5)

Lo ideal sería que durante la polimerización todos los monómeros se integren en el polímero. Sin embargo, el GC de las resinas de uso habitual en Odontología es relativamente bajo; todos los polímeros de metacrilato tienen una considerable instauración residual en el producto final, con un rango de GC que varía entre 55-75% para unas condiciones de irradiación convencionales. (Silikas y cols. 2000). El GC de las resinas dentales actuales oscila entre el 35-80%. (8) No obstante, es preciso señalar que a pesar de estos bajos niveles de conversión, solo un 10% de los grupos metacrilato que permanecen sin reaccionar en la resina compuesta son extraíbles, ya que la mayoría de ellos quedan atrapados en las redes poliméricas del material (Ferracane y Condon, 1992).

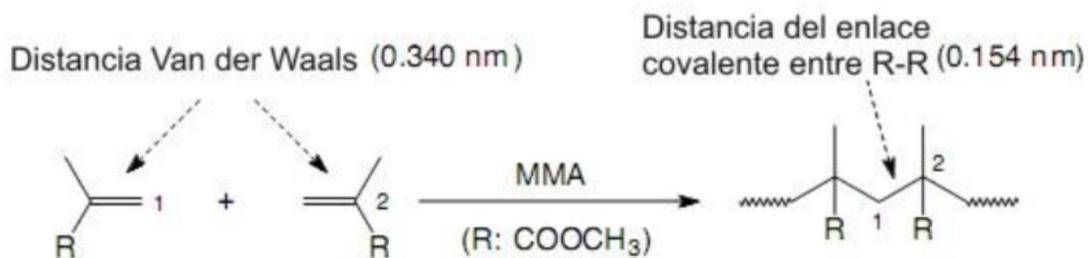
La conversión incompleta aporta a la resina cierta elasticidad, propiedad que puede beneficiarnos ya que reduce las tensiones generadas en la interfase adhesivo-diente. Un mayor grado de conversión confiere a las resinas mejores propiedades mecánicas, pero con el inconveniente de una mayor contracción de polimerización. (5)

Ferracane et al determinaron que el grado de conversión óptimo para que el comportamiento dental sea adecuado es del 55%.

Contracción por polimerización

La contracción de polimerización es el mayor inconveniente de estos materiales restauradores. Las moléculas de la matriz de una resina compuesta (monómeros) se encuentran separadas antes de polimerizar por una distancia promedio de 0.340 nm de distancia que está dada por las fuerzas de Van der Waals ejercidas por los elementos que conforman a cada monómero; al polimerizar y establecer uniones covalentes entre sí, esa distancia se reduce a 0.154 nm. Ese acercamiento o reordenamiento espacial de los monómeros provoca la reducción volumétrica del material. (14)

Fig 5. Esquema de contracción por polimerización.



La contracción de polimerización de las resinas es un proceso complejo en el cual se generan fuerzas internas en la estructura del material que se transforman en tensiones cuando el material está adherido a las superficies dentarias.

Estas tensiones generadas en la superficie dental pueden provocar:

1. Deformación externa del material sin afectar la interfase adhesiva (si existen superficies libres suficientes o superficies donde el material no está adherido).
2. Brechas en la interfase diente-restauración (si no existen superficies libres suficientes y si la adhesión no es adecuada)
3. Fractura cohesiva del material restaurador (si la adhesión diente-restauración es buena y no existen superficies libres).

Factores que condicionan la eficacia de la reacción de polimerización

La efectividad del curado de las resinas compuestas fotoactivadas es vital para asegurar unas propiedades fisicomecánicas y ópticas óptimas y un comportamiento clínico adecuado. Los factores que pueden condicionar la eficacia de la reacción de polimerización de las resinas compuestas son descritas a continuación.

Factores que dependen del material

- **Espesor de la capa de la resina compuesta:** la capa más externa de la resina compuesta suele recibir suficientes fotones y adquiere unas propiedades adecuadas. Sin embargo, cuando la luz atraviesa la resina compuesta se produce una atenuación debida a los fenómenos de absorción y dispersión que sufre la radiación. Según Pilo y Cardash, 1992 establecieron experimentalmente que las resinas compuestas están adecuadamente polimerizadas cuando el gradiente de dureza entre superficie-profundidad no excede en 10-20%, el gradiente de dureza debe de estar entre alrededor de 0.8 mm o mayor, y eso se consigue con capas de resina compuesta que no excedan los 2 mm de espesor, lo que se corresponde con el grosor de incrementos que se aconsejan para las obturaciones de preparaciones cavitarias. (25)
- **Color de la resina compuesta:** los pigmentos que incorporan las resinas compuestas para conseguir las diferentes tonalidades de los dientes pueden ser un impedimento para el paso de luz. En general, se admite que los colores más oscuros experimentan un fraguado menos profundo que los más claros.(4) Pero lo que realmente determina el grado de conversión y profundidad de curado es la translucidez de la resina compuesta y no tanto el color del mismo. (25)
- **Tipo de relleno:** a mayor porcentaje de relleno y a mayor tamaño de partícula, mayor será la profundidad de polimerización, ya que la luz atraviesa mejor el relleno que la resina. En una restauración de resina compuesta recién colocada, ya que producirá una cierta contracción que contrarrestará en parte la contracción de polimerización. Una vez que se completa la reacción química de fraguado, la resina tiene una solubilidad relativamente reducida.

Las resinas compuestas de microrrelleno tienen mayor porción acuosa lo que resulta beneficioso al contrario de las resinas compuestas que contienen de base dimetracrilato de uretano porque tienen una menor porción acuosa y menor solubilidad por ende tiene más contracción por polimerización. (16)

- **Temperatura:** cuando en el momento de utilizar la resina compuesta éste mantiene la temperatura de almacenaje entre 4-8° el fraguado es menos efectivo; una mayor temperatura conlleva a un fraguado más rápido y completo. (Albers, 1988)

Concentración del iniciador: la cantidad en la que se encuentra el iniciador debe ser la óptima para que la reacción pueda producirse en su totalidad. (Jordan,1994). La concentración a que se encuentra la canforoquinona varía entre el 0.15 y 1%M/M y el agente reductor (amina

- **Estrés de polimerización:** la causa principal del fracaso de las restauraciones con resina compuesta es la caries secundaria. Este fenómeno según Feilzer et al, guarda relación directa con la contracción que sufre la resina compuesta (1.35-7%) durante el proceso de fotopolimerización. La tensión generada durante el proceso de polimerización afecta la zona de interfase diente-material restaurador, siendo capaz de provocar microcraks o fallos de la unión (desadaptaciones microscópicas). La magnitud del estrés de polimerización y la contracción total de la restauración depende directamente del modulo de elasticidad, capacidad de fluir y deformación de la resina compuesta, del uso de bases, del sistema de adhesión dental, método y sistema de fotocurado, entre otros. (20)

Factores que dependen de la fuente de luz

- **Espectro de la emisión:** para conseguir una polimerización adecuado lo ideal sería que las curvas de emisión de las lámparas y las curvas de absorción de los fotoactivadores que contiene el material coincidieran. Los fotoiniciadores incorporados a los materiales restauradores se activan absorbiendo radiaciones con las siguientes longitudes de onda: la canforoquinona (CQ) entre 450-490nm, con un pico de 468 nm; la fenilpropanodiona entre 400-450nm, con un pico de 410 nm y la lucerina entre 350-420nm con un pico en los 400 nm. Estos intervalos de emisión se corresponden con la zona de los azules. (13)
- **Irradiancia:** es el flujo por unidad de área que recibe una superficie, y que es emitido por una fuente de luz. Cuanto mayor sea la irradiancia, mayor numero de fotones estarán presentes, y cuanto mayor sea el número de fotones presentes, mayor será el numero de Canforoquinonas que alcanzaran el estado excitado para reaccionar con la amina y formar radicales libres, con lo que mayor será la extensión de la polimerización de la resina compuesta. (25)

Se requieren 16 joules de energía para polimerizar un incremento de 1.5 mm de grosor de composite.

$$1 \text{ Joule (energía)} = 1 \text{ watio por segundo}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ w} * 1''$$

Una lámpara de 400mW requiere de 40'' para polimerizar.

Una lámpara de 800mW requiere de 20'' para polimerizar. (8)

- **Tiempo de exposición:** la cantidad de energía total que recibe una resina compuesta no solo depende de la irradiancia de la fuente utilizada sino

también del tiempo durante el cual se produzca la emisión. Se ha determinado experimentalmente que para asegurar un curado efectivo se necesitan al menos 500mW/cm^2 durante 30 segundos o 600mW/cm^2 durante 20 segundos; así mismo, se ha demostrado que con 200mW/cm^2 no es posible polimerizar adecuadamente una capa de 2mm de resina compuesta, a pesar de alargar el tiempo de exposición (Yap et al, 2001). La cantidad de energía que recibe el material sufre un descenso progresivo conforme la luz penetra en la resina compuesta debido a la absorción de fotones por las capas de resina compuesta más superficiales y por la dispersión y reflexión de los que atraviesan el material (Myers y cols, 1994). Por este motivo, se recomienda que no debieran superarse los 2 mm de espesor de la capa, independientemente del tipo de lámpara su irradiancia o del tiempo de exposición aplicado. varios autores verificaron que entonces se necesita un mínimo de 400mW/cm^2 para polimerizar las resinas compuestas, y que las altas intensidades pueden aumentar la contracción por polimerización. (2)

De esta manera, el tiempo de exposición varía en función de la irradiancia de cada lámpara, por lo que las unidades de baja irradiancia requerirán mayor tiempo de exposición que las de alta irradiancia para generar una adecuada polimerización.

El parámetro que relaciona ambas magnitudes, irradiancia y tiempo, es lo que se le conoce como dosis energética, densidad energética o energía total.

- **Distancia de la ventana de salida de la lámpara a la superficie del material:** la luz se disipa proporcionalmente al cuadrado de la distancia y su efectividad también se reduce en función del coseno del ángulo de incidencia. Por lo tanto la distancia debe de ser lo más cercana posible al material. Lo ideal es colocar la punta guía a no más de 1 mm y mantenerla perpendicular a la superficie de la resina compuesta. Se ha reportado que alejar 2 mm la guía de luz se reduce la energía a un 61%, 6mm alejado se reduce a un 23% de la intensidad original. (17)
- **Eficacia del foco de luz:** la irradiancia de las lámparas se pueden ver afectadas por diversos factores como: agotamiento de la bombilla, filtros en mal estado, rotura de fibras ópticas, puntas guías sucias o fluctuaciones en la tensión eléctrica.

Guías de luz

Las lámparas suelen llevar una guía de luz de 8mm o de una de 11mm, suficiente para muchas de las obturaciones que realizamos en la práctica diaria. Las guías se curvan al acercarse a la punta de las mismas con el fin de que el haz de luz acceda más fácilmente a la superficie oclusal. Esta angulación es variable y las podemos encontrar rectas, a 60°, a 80° ó a 90°. (13)

A modo de complemento de las guías más habituales disponibles en el mercado son:

- Guías de 13mm, muy útiles para cuando se realizan grandes reconstrucciones en molares permanentes, se cementa carillas o se colocan selladores de fisuras.
- Guías de 2-3mm para mejorar la polimerización de la resina compuesta en las cajas proximales clases II.
- Guías dobles para polimerizar simultáneamente desde vestibular y desde lingual.
- Otras (4mm, 6mm, etc).

Es importante recordar que la intensidad de la luz emitida se mide en mW/cm^2 y que la variación del diámetro de la guía comportara una variación en la intensidad. En general, podemos considerar que a igual fuente de luz, la intensidad emitida aumenta al disminuir el diámetro de la guía. Si sabemos cuál es el diámetro de la salida de la lámpara podremos tener noción de cómo variara la intensidad emitida en función de la guía elegida. Es decir, en algunos tipos de lámpara al utilizar una guía de 13mm se pierde hasta un 40% de intensidad ya que el diámetro de salida de la lámpara es de 9mm. Esto puede redundar en la polimerización defectuosa si se es escrupuloso con los tiempos de exposición. (13)

Sabiendo que la intensidad generada por la lámpara depende del diámetro de la guía sería necesario conocer en cada lámpara con que guía se ha determinado la intensidad. Así, se ha medido con una guía de 8mm, que suele ser en muchos casos el estándar, al pasar a una de 11mm se produce un incremento en el área de la guía de un casi 90%, y sabemos que la intensidad disminuye con el cuadrado de la superficie. Si seguimos el camino inverso, es decir, si pasamos de un diámetro de salida de la lámpara mayor que el del diámetro de la guía, aumentara la intensidad.

Guías turbo

Siguiendo este ultimo principio, recientemente han aparecido las llamadas guías turbo. El mecanismo por el que se produce un aumento en la intensidad es por que disminuye el diámetro de la punta de la guía respecto al diámetro de salida de la lámpara. (13)

Por ejemplo la lámpara Optilux 500 de Kerr/Demetron, con un diámetro de salida de 13mm, dispone de guías con diámetros de 8mm (Turbo+) y de 4mm

(Mini Turbo). Se han comprobado que con la primera la intensidad aumenta un 60% y con la segunda se quintuplica (13).

Ahora bien, los resultados obtenidos en estudios realizados con ellas no parece justificar ni su uso ni su compra. Si se compara la intensidad de luz emitida en función de la distancia respecto al material a polimerizar se encontró que la intensidad disminuye de forma más rápida comparado con las guías estándar, cuando la distancia entre la guía y la superficie del material fotopolimerizable es de 4mm, las intensidades se equiparan (algo frecuente en las clases II). Por lo tanto, la profundidad de de polimerización es similar a la de una punta estándar, la fuerza de adhesión que consiguen es menor, el calor producido es significativamente mayor y, además, son más caras. (13)

Para poder controlar la eficacia de la lámpara se tiene a disposición los radiómetros.

Radiómetros

Son aparatos que se utilizan para medir la potencia de cualquier lámpara L.E.D. o halógena. Estos aparatos constan de un fotodiodo que, al recibir la luz, genera una milivoltaje. El fotodiodo es sensible a la luz azul, que es la que es capaz de excitar las moléculas del fotoactivador. Por lo tanto, un radiómetro para lámparas medirá la intensidad de la luz azul emitida por las mismas. (5)

Algunas lámparas llevan un radiómetro incorporado aunque también se consiguen individuales. Los radiómetros convencionales no son válidos para medir la intensidad de la luz emitida por las lámparas de arco de plasma o las de láser de argón.

Se ha constatado que los distintos radiómetros dan lecturas diferentes para una misma lámpara y una misma guía. Una causa puede estar en que la ventana de lectura sea de distinto diámetro que la guía. Si el diámetro de la guía es menor que el de la ventana, la lectura será inferior a la real y viceversa.

Características del radiómetro a utilizar en la investigación de la casa comercial Kerr.

Radiómetro L.E.D.

Medidor calibrado para lámparas L.E.D., mide la intensidad de la luz visible de la lámpara de polimerización de 0-2000 mW/cm², sólo mide la energía útil en la gama de espectro visible de la lámpara de polimerización entre 400-500 nm, no requiere pilas – impulsado por la propia luz de la lámpara, Válido para las guías de luz de 7 a 13 mm de diámetro. (11)

Radiómetro Optilux

Medidor calibrado para lámparas de polimerización halógena, mide la intensidad de la luz visible de las lámparas de polimerización de 0-1000 mW/cm², sólo mide la energía útil en la gama de espectro visible de las lámparas de polimerización

entre 400-500 nm, no requiere pilas – impulsado por la propia luz de la lámpara, válido para las guías de luz de 7 a 13 mm de diámetro. (11)

Mantenimiento

Se establece una serie de normas para el correcto mantenimiento de cualquier lámpara de fotopolimerización, ya que de poco sirve emplear un buen sistema adhesivo con una correcta técnica de colocación de la resina compuesta por capas si la aparatología que utilizamos para conseguir su polimerización no rinde a los parámetros deseados debido a un deterioro que nos pasa inadvertido. (2)

- **Limpieza de la guía.** Se realiza con un paño suave. En el caso de que se haya adherido resina compuesta se frota cuidadosamente con una hoja de afeitar o una espátula envuelta en una gasa ligeramente humedecida con alcohol u otras soluciones destinadas a tal efecto.
- **Medir la intensidad de la lámpara.** Con el radiómetro ya sea para lámparas halógenas o lámparas LED.
- **Esterilización.** Las guías de luz pueden esterilizarse, convenientemente embolsadas, en autoclave de vapor de agua a 132°C. No debe emplearse ningún tipo de solución química. Conviene resaltar que la exposición a ciclos repetidos de esterilización provoca el depósito de compuestos minerales que disminuyen notablemente la intensidad lumínica (hasta un 25%), de forma que bastan cinco ciclos para que se observe este fenómeno. Para solventarlo deberemos pulir ambos extremos de la guía. Existen productos para esta finalidad. (13)
Como alternativas de la esterilización se ha propuesto método de barrera como celofán o guante de plástico aunque estos produzcan una escasa reducción en la intensidad de la luz emitida y en la dureza superficial final. (13)
- **Filtros.** Uno de los elementos que debemos revisar en el caso de que el radiómetro detecte un descenso de la intensidad, es el filtro. En el caso de observar burbujas o grietas, deberemos proceder a su reemplazo. (16)
- **Bombilla.** Debe ser transparente, pudiéndose visualizar los filamentos. Hay que evitar el contacto de los dedos con la superficie reflectante. (16)
Para alargar su vida media, es importante mantener el ventilador funcionando hasta que termine el ciclo de enfriamiento.
En lo supuesto de oscurecimiento, superficie lechosa, rotura de filamentos o grieta de la superficie reflectante, cambiaremos la bombilla.
- **Baterías eléctricas:** las lámparas que funcionan con baterías eléctricas tienen que ser revisados, los contactos entre la estación de carga y la pieza

de mano así como entre el paquete de las baterías eléctricas y lámparas. La contaminación de estos contactos comúnmente llevan fallos en el funcionamiento de la lámpara.

- **Precaución por la irritación por la luz activadora:** la exposición oscilar prolongada a la luz visible de 470nm de longitud de onda, puede llegar a causar daños en la retina; por consiguiente, se debe emplear una pantalla protectora o lentes protectores en todo momento. (16)

OBJETIVO GENERAL

Determinar la intensidad de salida de la luz de las lámparas de fotocurado utilizadas por los estudiantes en la clínica de la facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, de acuerdo a las condiciones de integridad del mango y de la parte activa de la fibra óptica.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el porcentaje de lámparas de fotocurado con la intensidad de luz ideal para lograr una adecuada polimerización.
- Determinar si existen otros problemas que afecten la intensidad de luz emitida por las lámparas de fotocurado.
- Determinar la diferencia de intensidad entre las diferentes marcas de las lámparas de fotocurado más utilizadas por los estudiantes en la facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

HIPÓTESIS

Las lámparas de fotocurado utilizadas por los estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad San Carlos de Guatemala durante el año 2012 se encuentran en el rango de intensidad de luz aceptable para fotopolimerizar adecuadamente los materiales restauradores.

VARIABLES

- Variable independiente: intensidad de luz irradiada por la lámpara de fotocurado
- Variables dependientes: lámpara de fotocurado de luz halógena o LED, estado de la fibra óptica, radiómetro

DEFINICIÓN DE VARIABLES

- **Intensidad irradiada por la lámpara de fotocurado:** flujo por unidad de área que recibe una superficie, y que es emitido por una fuente de luz. Cuando mayor sea la irradiancia, mayor número de fotones estarán presentes, y cuanto mayor sea el número de fotones presentes, mayor será el número de Canforoquinonas que alcanzaran el estado excitado, para reaccionar con la amina y formar radicales libres, con lo que mayor será la extensión de la polimerización de la resina compuesta. (6) Una intensidad mayor de $400\text{mW}/\text{cm}^2$ ya es considerada como aceptable, menor de esta intensidad se clasifica no aceptable ya que no es posible una polimerización de la resina compuesta.



- **Lámpara de fotocurado:** Es una lámpara que emite una luz en cierta longitud de onda que endurece los materiales fotopolimerizables que se usan con los materiales estéticos restauradores en la clínica dental. Las lámparas a evaluar son las lámparas halógenas y las LED.



- **Fibra óptica:** es un medio de transmisión; un hilo muy fino de material transparente, vidrio materiales plásticos. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total. Fibra flexible o fibra rígida corresponde a la guía de luz que conduce el haz de luz a la punta activa. Para que esta emita una intensidad adecuada debe de estar en óptimas condiciones, sin fracturas, sin rayas y sin restos de resina compuesta. En el trabajo de investigación se realizarán las medidas del diámetro y longitud de la punta activa.



- **Radiómetro:** Aparato para medir la intensidad de las lámparas de fotocurado. Hay para medir las lámparas halógenas y las LED. Los que se utilizarán en la investigación serán de marca Demetron de la casa comercial Kerr. El radiómetro para lámparas halógenas da una lectura de 0 a $1000\text{mW}/\text{cm}^2$ y el radiómetro de lámparas LED esta calibrado para dar lecturas de 0 a $2000\text{mW}/\text{cm}^2$.



METODOLOGÍA

1. Población y muestra:

La investigación se realizó en las clínicas de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en las áreas de Operatoria, Prótesis Parcial Fija y Odontopediatría. Se pidió autorización a dirección de clínicas y a los directores y/o docentes de las disciplinas de Operatoria, PPF y Odontopediatría para realizar el trabajo de campo, para que cuando el estudiante estuviera realizando un tratamiento el cual incluya el uso de una lámpara de fotocurado se pudiera tomar las mediciones.

Selección de la muestra:

Basado en el registro de estudiantes de control académico de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos, la población de estudiantes de cuarto, quinto y pendientes de requisitos clínicos es de 381 estudiantes, y para obtener una muestra significativa con una confiabilidad del 90% se utilizó la siguiente fórmula, la cual dió el resultado de una muestra de 80 lámparas de fotocurado a investigar.

$$n = \frac{N \cdot p \cdot q}{(N-1) \left(\frac{Le^2}{4} + pq \right)} = 79.38 \approx 80 \text{ unidades}$$

N= 381	Tamaño de la población
p=0.100	Proporción esperada
q=0.100	Complemento, 1-p
Le= 0.10	Límite de error con respecto a la población

2. Procedimiento:

- Previo a realizar el trabajo de campo se procedió a la estandarización de la técnica, para ello se estudió detalladamente con el asesor y el representante de la marca comercial las instrucciones del fabricante del uso los radiómetros, uno para lámpara halógena y uno para lámpara LED.
- Criterios de Selección:
 - Criterio de inclusión: todas las lámparas de fotocurado halógenas o de luz LED utilizadas en las clínicas de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala
 - Criterio de exclusión: la desaprobación del estudiante propietario de la lámpara de fotocurado a que ésta sea evaluada. Las lámparas de fotocurado que no sean de tipo halógena o LED.
- Se solicitó el consentimiento verbal a los estudiantes para que sus lámparas de fotocurado pudieran ser evaluadas.

- Para realizar la medición de la intensidad de emisión de luz, se utilizó el radiómetro de lámparas LED y el radiómetro de lámparas halógenas de marca Demetron de la casa comercial Kerr ®. El radiómetro para lámparas halógenas da una lectura de 0 a 1000 mW/cm² y el radiómetro de lámparas LED esta calibrado para dar lecturas de 0 a 2000 mW/cm².
- Se tomaron tres mediciones por cada lámpara y se realizó un promedio de las tres lecturas para registrarlo como final. Si la fibra óptica presentó restos de resina compuesta se tomaron dos mediciones una con el estado como se encontró y otra medición sin los restos de resina compuesta para registrar la diferencia entre las intensidades medidas con el radiómetro. Al concluir con la evaluación de cada lámpara se entregó a cada estudiante propietario de la lámpara un trifoliar para informar el estado de su lámpara y cuál sería el mantenimiento adecuado de la misma.

3. La recolección de datos(ver anexos) :

Al realizar el trabajo para la obtención de los datos se le preguntó al estudiante propietario de la lámpara y se examinó lo siguiente:

- Tipo de lámpara: halógena o LED
- Inalámbrica o alámbrica
- Nombre de la casa comercial que la produce
- Modelo de la lámpara
- Intensidad registrada
- Estado de la parte activa de la fibra óptica en cuanto a: contaminación, rayas o fisuras, fracturas, mantenimiento.
- Años de uso de la lámpara
- Año que cursa el estudiante propietario de la lámpara

4. Análisis e interpretación de resultados

5. Informe final

RECURSOS

Materiales:

- Algodón en rama
- Bolsas plásticas desechables
- Ficha de recolección de datos

Equipo:

- Radiómetro para lámparas LED
- Radiómetro para lámparas Halógena
- Lentes protectores
- Lupa

Costos:

- | | |
|--|--------|
| • Algodón en rama | Q10.00 |
| • Un ciento de bolsas | 5.00 |
| • 80 fichas de recolección de datos | 16.00 |
| • Radiómetros fueron prestados por IMFOHSA | |
| Total: | Q31.00 |

Recurso humano:

- Asesoría profesional
 - Asesor de tesis: Dr. Julio Montenegro
 - Revisores de tesis: Dr. Byron Valenzuela
Dr. Ricardo León
 - Personal técnico de IMFOHSA

RESULTADOS

Los resultados que se encontraron del estudio de campo en las clínicas de la Facultad de Odontología en la Universidad de San Carlos de Guatemala durante el año 2012 donde se evaluaron 80 lámparas de fotocurado, utilizando una muestra homogénea midiéndose 27 lámparas de los estudiantes de Cuarto Año, 27 de Quinto Año y 26 en los estudiantes pendientes de requisitos clínicos, se evaluó 3 veces cada lámpara y se sacó un promedio el cual se marcó como la medición final. Los resultados estadísticos fueron analizados mediante el programa Kwikstat 4.1. Los resultados obtenidos son los siguientes:

TABLA 1. Promedio de intensidad por lámpara.

Número	Tipo de lámpara	Medición 1 (mW/cm ²)	Medición 2 (mW/cm ²)	Medición 3 (mW/cm ²)	Promedio (mW/cm ²)
1	LED	410	410	410	410
2	LED	400	400	400	400
3	LED	600	600	600	600
4	LED	400	400	400	400
5	LED	500	480	500	494
6	LED	450	450	450	450
7	LED	800	800	800	800
8	LED	620	650	620	630
9	LED	620	620	620	620
10	LED	405	405	405	405
11	LED	500	500	500	500
12	LED	900	880	880	886
13	LED	800	800	800	800
14	LED	620	620	620	620
15	LED	850	850	850	850
16	LED	820	820	820	820
17	LED	600	600	600	600
18	LED	420	420	420	420
19	LED	400	390	400	396
20	LED	400	400	400	400
21	LED	700	700	700	700
22	LED	800	820	800	806
23	LED	700	700	700	700
24	LED	500	500	500	500

25	LED	800	800	800	800
26	LED	620	620	620	620
27	LED	620	620	620	620
28	LED	620	620	620	620
29	LED	600	600	600	600
30	LED	1100	1100	1100	1100
31	LED	800	800	800	800
32	LED	900	870	850	870
33	LED	580	600	600	593
34	LED	600	600	600	600
35	LED	200	200	200	200
36	LED	400	400	400	400
37	LED	800	800	800	800
38	LED	720	720	720	720
39	LED	700	700	700	700
40	LED	400	400	400	400
41	LED	400	400	400	400
42	LED	620	620	620	620
43	LED	600	600	600	600
44	LED	600	600	600	600
45	LED	630	630	630	630
46	LED	950	950	950	950
47	LED	520	520	500	520
48	LED	450	450	450	450
49	LED	620	620	620	620
50	LED	780	790	780	783
51	LED	600	600	600	600
52	LED	800	800	800	800
53	LED	700	650	650	666
54	LED	620	620	620	620
55	LED	25	25	25	25
56	LED	800	800	800	800
57	LED	620	620	620	620
58	LED	600	600	600	600
59	LED	600	600	600	600
60	LED	450	450	450	450
61	LED	800	800	800	800

62	LED	200	200	200	200
63	LED	420	420	420	420
64	LED	850	850	850	850
65	LED	350	350	350	350
66	LED	800	800	800	800
67	LED	650	640	640	643
68	LED	850	850	850	850
69	LED	450	450	450	450
70	LED	800	800	800	800
71	LED	700	700	700	700
72	LED	630	630	630	630
73	LED	400	400	400	400
74	Halógena	370	390	390	383
75	Halógena	550	550	550	550
76	Halógena	390	390	390	390
77	Halógena	320	320	320	320
78	Halógena	210	210	210	210
79	Halógena	90	90	90	90
80	Halógena	400	400	400	400

Tipo de lámpara y resultados de las tres mediciones y el promedio de la intensidad emitida por 80 lámparas de fotocurado halógenas y LED en las clínicas de la facultad de Odontología, USAC. Las tres mediciones tomadas por cada lámpara en la mayoría no varían, se mantiene estable la cifra. La mayor cantidad de las lámparas incluidas en el estudio usadas por los estudiantes son de tipo LED.

TABLA 2. Rangos de intensidad de la luz.

Rango (mW/cm²)	Frecuencia (n=80)	Porcentaje (%)
0-399	9	11.25
400-599	21	26.25
600-799	29	36.25
800-1000	20	25
>1000	1	1.25

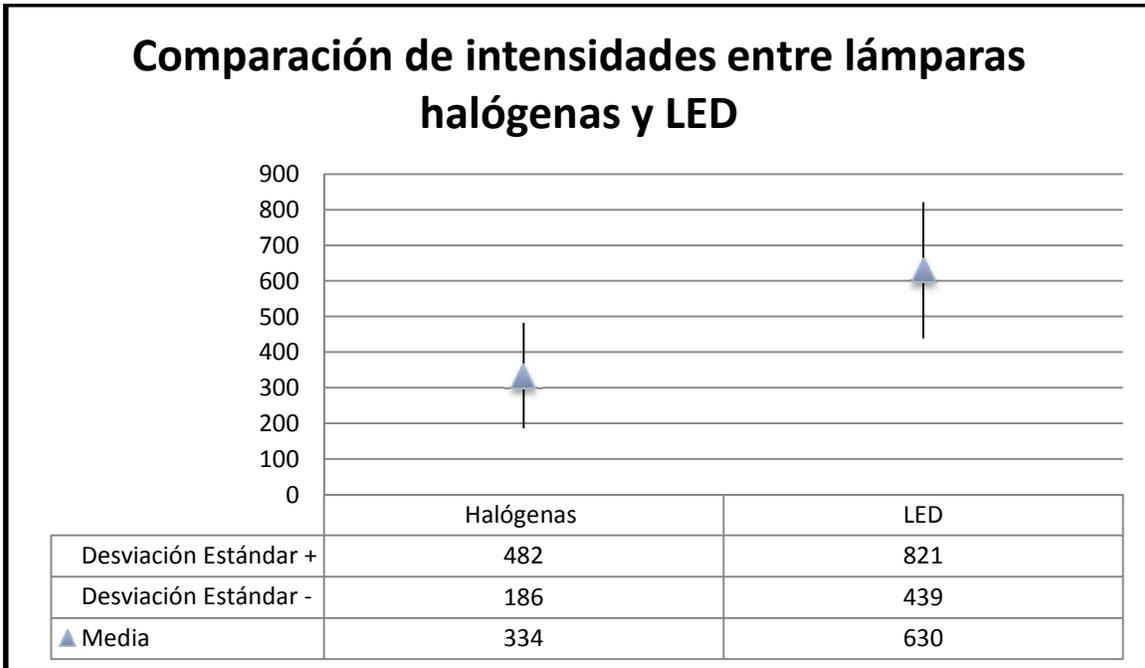
Se agruparon las lámparas de fotocurado medidas en 5 grupos según rangos de la intensidad registrada. Se presenta que un 11.25% se encuentra por debajo 400 mW/cm², intensidad ideal para polimerizar una resina compuesta. Se agruparon los rangos con el tiempo ideal recomendado según la intensidad siendo de 40 segundos aproximadamente para las lámparas entre 400-599 mW/cm², de 20 segundos para las lámparas de 600-799 mW/cm² y 10 segundos para las lámparas con intensidad mayor de 800mW/cm². Encontrándose que el mayor porcentaje de las lámparas medidas están en el rango de 600-799 mW/cm² con un 36.25%.

GRÁFICA 1. Intervalos de intensidad de las lámparas de fotocurado.



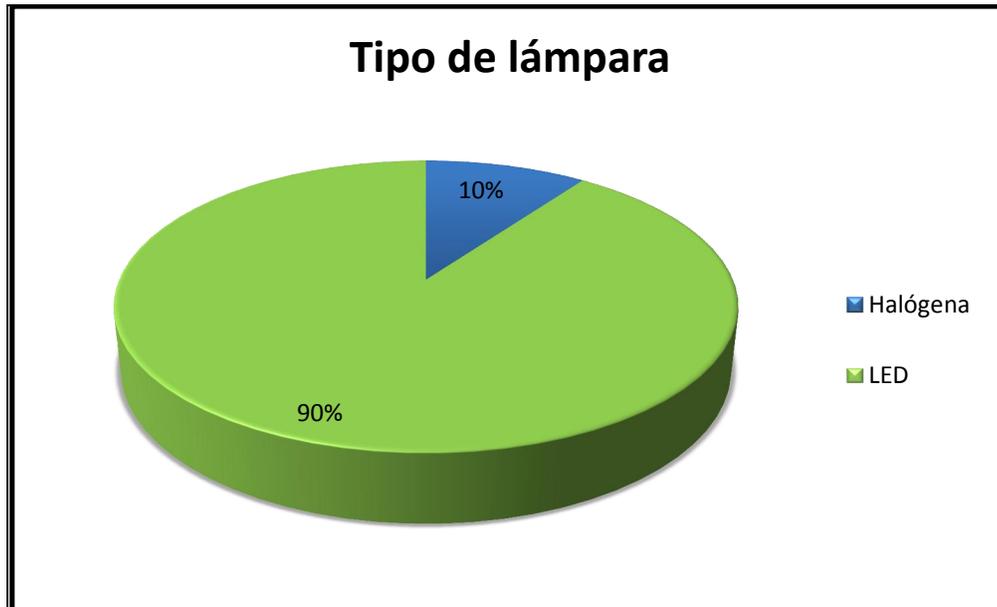
Analizados los resultados obtenidos en general se acepta con un 95% de confiabilidad la hipótesis planteada “Las lámparas de fotocurado utilizadas por los estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad San Carlos de Guatemala del año 2012 se encuentran en el rango de intensidad de luz aceptable para fotopolimerizar adecuadamente los materiales restauradores” con una intensidad media de $604\text{mW}/\text{cm}^2$, encontrándose 9 unidades por debajo de los $400\text{mW}/\text{cm}^2$ lo que hace un equivalente al 11.25%, no siendo significativa esta cifra.

GRÁFICA 2. Comparación de intensidades entre lámparas halógenas y LED.



Al analizar los datos por separado y no en una forma global, se realizó una comparación con la prueba t entre las intensidades de las lámparas halógenas y LED, siendo la lámpara LED la que presentó una intensidad superior con una media de 630mW/cm² y una desviación estándar de 191 mW/cm², necesitándose un tiempo de polimerización de 20 segundos con respecto a la media y las lámparas halógenas presentó una media de 334 mW/cm² con una desviación estándar de 148mW/cm², intensidad no suficiente para polimerizar adecuadamente una resina compuesta, encontrándose una diferencia entre lámparas halógenas y LED de 296 mW/cm². Se encontró una p=0.268 lo que hace significativo la diferencia entre las halógenas y LED. Se hace notar que la intensidad mínima registrada en las lámparas LED es la más baja encontrada en el estudio con 25mW/cm².

GRÁFICA 3. Tipo de lámpara medida.



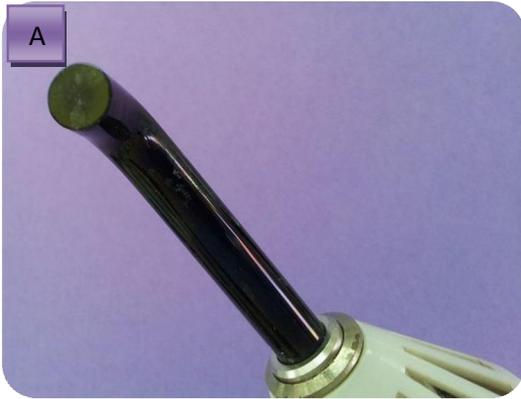
Las lámparas de fotocurado que se encuentran en menor cantidad usadas por los estudiantes son las lámparas halógenas con un porcentaje de 10% equivalente a 7 unidades y las de mayor uso son las lámparas LED con un 90% equivalente a 73 unidades. Cabe remarcar que las lámparas halógenas son una muestra pequeña no significativa para saber si el total de la población de las halógenas utilizadas en la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos se encuentran entre el rango deficiente encontrado.

GRÁFICA 4. Estado de la parte activa.



Con respecto a la parte activa se encontró que el 35% está en estado óptimo equivalente a 28 unidades, 45% con contaminación este grupo incluye a las fibras que tenían restos de resina compuesta, sucias o con restos de cemento equivalente a 36 unidades, el 10% las fibras con rayas y fisuras y 10% las fibras con fracturas equivalente a 8 unidades. Cabe mencionar que se encontraron diferentes diseños en cuanto a la parte activa como lo son: fibra óptica de vidrio, fibra óptica de plástico y lentes.

Fotografía 1 y 2. En estas imágenes A y B se observan que ambas fibras ópticas están contaminadas con restos de resina compuesta y de residuos de cemento.



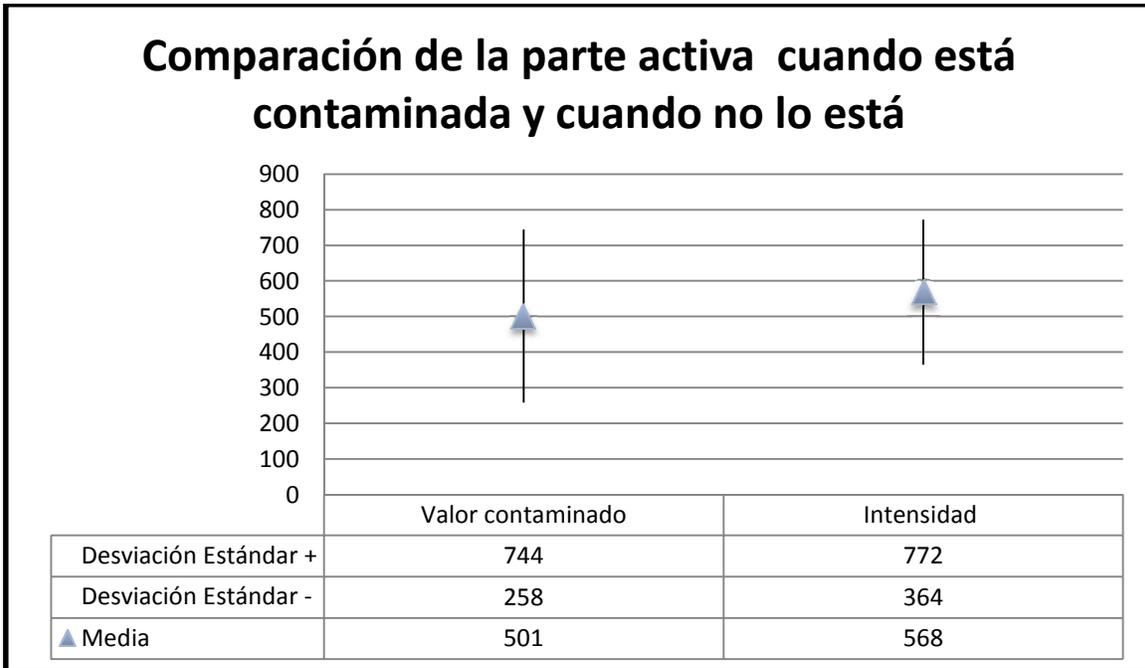
Fotografía 3. Fibra óptica fracturada.



Fotografía 4. Medición de la intensidad de lámpara LED con fibra óptica fracturada marca ART. En la imagen A se observa la fractura en el borde de la fibra óptica y en la imagen B se utilizó un radiómetro para medir la intensidad que dió resultado de $200\text{mW}/\text{cm}^2$.

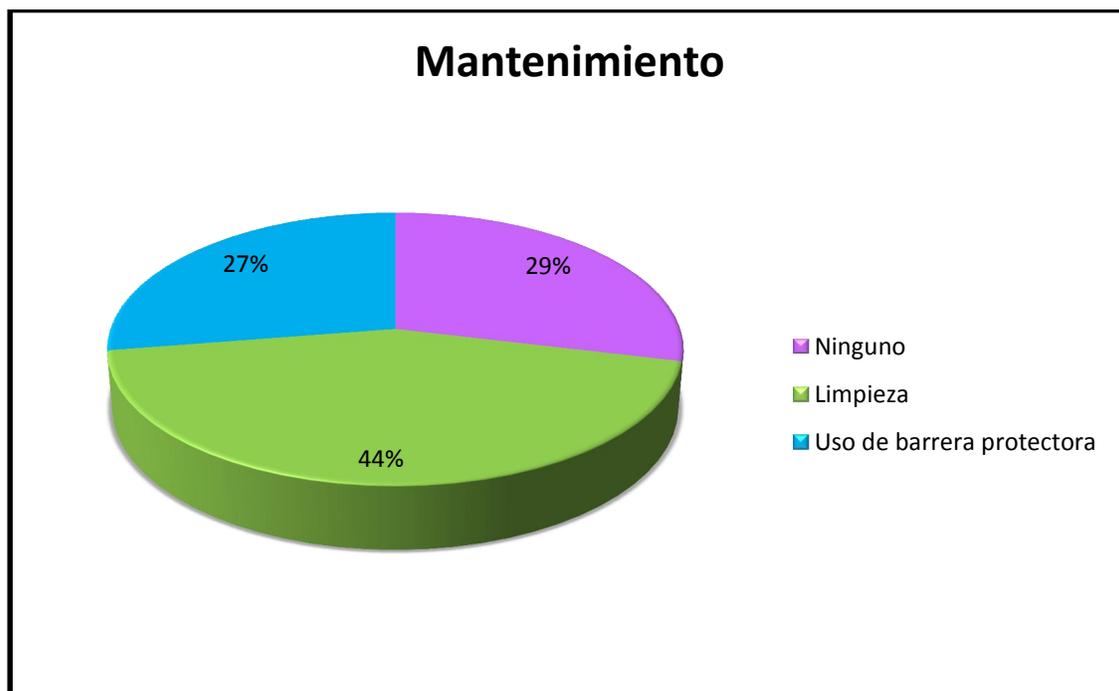


GRÁFICA 5. Comparación de la intensidad de las lámparas cuando la parte activa está contaminada y cuando no lo está.



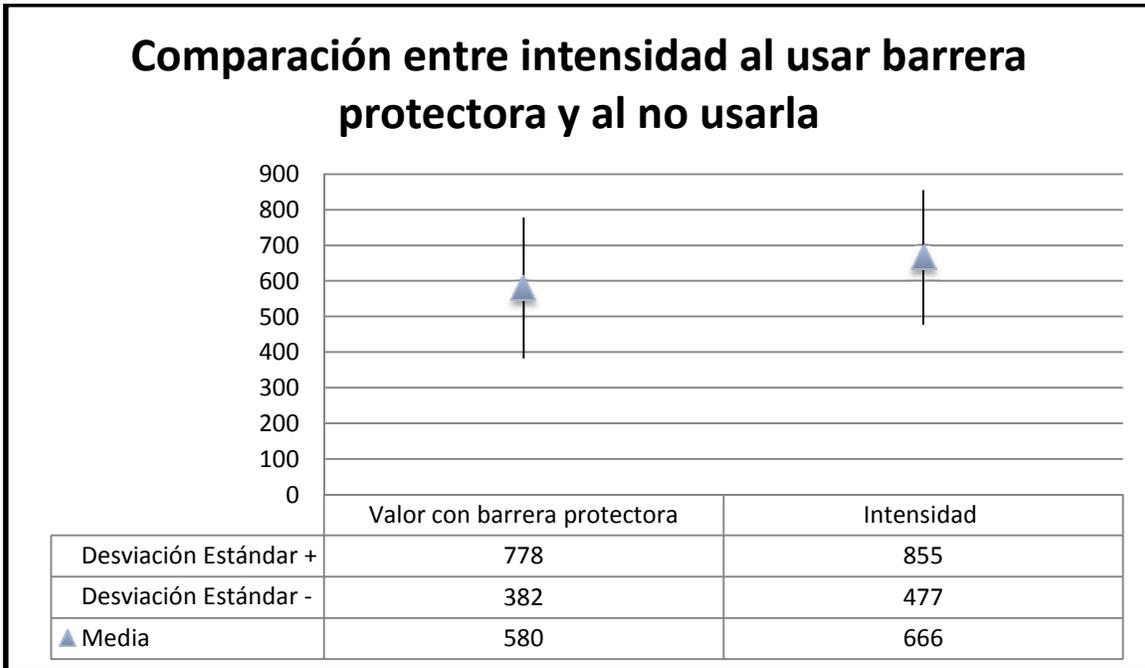
Se compararon las intensidades registradas cuando la parte activa está contaminada y cuando no lo está, mediante una prueba t, la media encontrada de las lámparas contaminadas fue de 501 mW/cm² con una desviación estándar de 243 mW/cm², la media de esas lámparas asciende un 67.11mW/cm² al ser limpiada y eliminar los restos de resina compuesta que se encontraran adheridos a la parte activa, subiendo ésta a 568mW/cm² con una desviación estándar de 204 mW/cm². Se encontró el resultado de p=0.048 lo que indica que hay diferencia estadísticamente significativa al usar una lámpara contaminada y una limpia.

GRÁFICA 6. Mantenimiento realizado a las lámparas de fotocurado.



Según el tipo de mantenimiento que el estudiante le realiza a la lámpara se registra lo siguiente: 23 estudiantes no realizan ningún tipo de mantenimiento (29%), 35 estudiantes refieren que limpian la lámpara después de cada uso (44%) y 22 estudiantes utilizan barrera protectora al momento de fotocurar, esto significa que el estudiante coloca una bolsa plástica transparente en la parte activa al momento de fotocurar (27%).

GRÁFICA 7. Intensidad de luz al usar barrera protectora.



Se realizó una comparación entre la intensidad de las lámparas halógenas y LED al usar la barrera protectora y al no usarla, se hizo mediante una prueba t encontrándose que la media de la intensidad al colocar una barrera protectora es de 580mW/cm² con una desviación estándar de 198 mW/cm² y al no colocarla la media asciende a 666mW/cm² con una desviación estándar de 189 mW/cm², dando una diferencia de 85 mW/cm². Se encontró una p=0.010 siendo estadísticamente significativo la diferencia cuando se utiliza la barrera protectora de plástico transparente.

Fotografía 5. Medición de la intensidad de una lámpara halógena con barrera protectora de plástico transparente. Se registró un resultado de 320 mW/cm^2 .



Fotografía 6. Medición de la intensidad de una lámpara halógena sin barrera protectora de plástico transparente. Se registró un resultado de 380 mW/cm^2 .

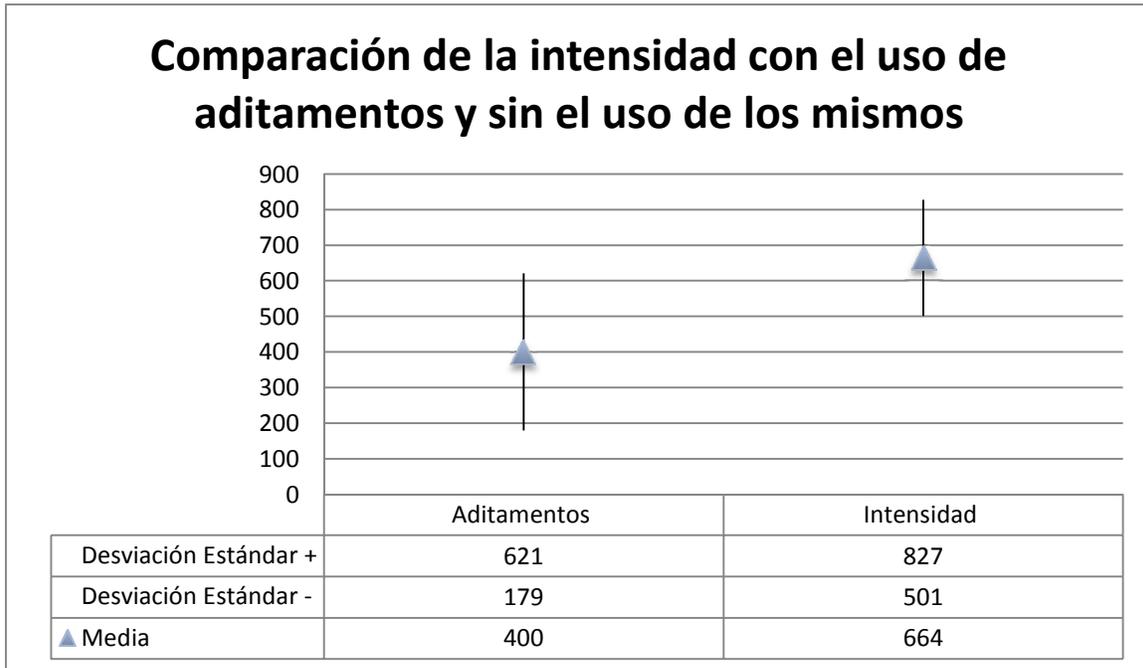


GRÁFICA 8. Uso de aditamentos al fotocurar.



El 78% de los estudiantes no utilizan aditamentos al fotocurar y un 22% si lo utilizan. Al referir a aditamentos es a gomas o plásticos que el fabricante lo incluye, este aditamento se coloca en la fibra óptica o ya sea una protector de plástico según lo que refiere el estudiante sirve para que no se difumine la luz.

GRÁFICA 9. Comparación de la intensidad con el uso de aditamentos y sin el uso de los mismos.

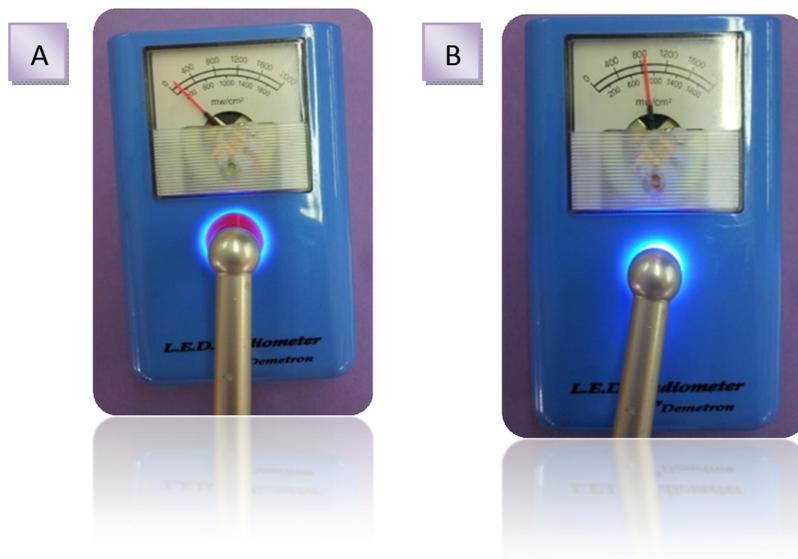


Se midieron 20 lámparas de fotocurado a las cuales el estudiante utilizaba aditamentos, se tomaron mediciones con estos aditamentos puestos para comparar con la intensidad registrada sin éstos. Se compararon los datos mediante una prueba t, la intensidad con aditamentos presentó una media de 400 mW/cm^2 con una desviación estándar de 221 mW/cm^2 y la intensidad sin aditamentos ascendió a una media de 664 mW/cm^2 con una desviación estándar de 163 mW/cm^2 , las medias registradas variaban por 263 mW/cm^2 . Con un 95% de confiabilidad los datos son estadísticamente diferentes.

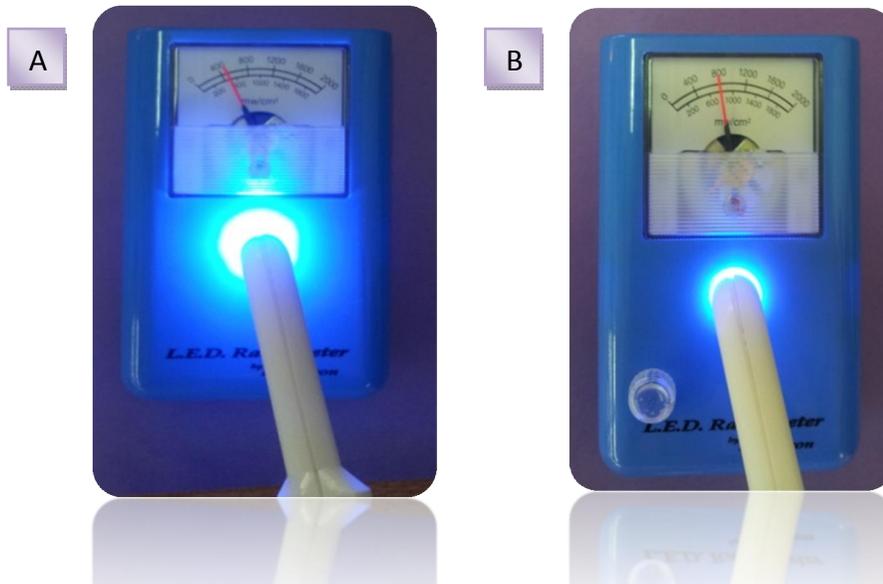
Fotografías 7 y 8. Comparación entre las imágenes A y B donde se realizó la medición de la intensidad de una lámpara LED marca ART con y sin aditamento de goma, respectivamente. En la imagen A se registró una intensidad con aditamento de 200 mW/cm^2 y en la imagen B sin aditamento aumentó a 400 mW/cm^2 .



Fotografías 9 y 10. Comparación entre las imágenes A y B donde se realizó la medición de la intensidad de una lámpara LED marca Spring Health Products con y sin aditamento de goma, respectivamente. En la imagen A se registró una intensidad con aditamento de 100 mW/cm^2 y en la imagen B sin aditamento aumentó a 800 mW/cm^2 .



Fotografías 11 y 12. Comparación entre las imágenes A y B donde se realizó la medición de la intensidad de una lámpara LED marca Coltolux de Coltene con y sin aditamento plástico, respectivamente. En la imagen A se registró una intensidad con aditamento de 420 mW/cm^2 y en la imagen B sin aditamento aumentó a 800 mW/cm^2 .



Fotografía 13. Protector de plástico utilizado en la punta activa de las lámparas de tipo LED de la casa comercial Coltene de modelo Coltolux.



Fotografía 14. Punta de goma utilizada en la lámpara LED de casa comercial Art.



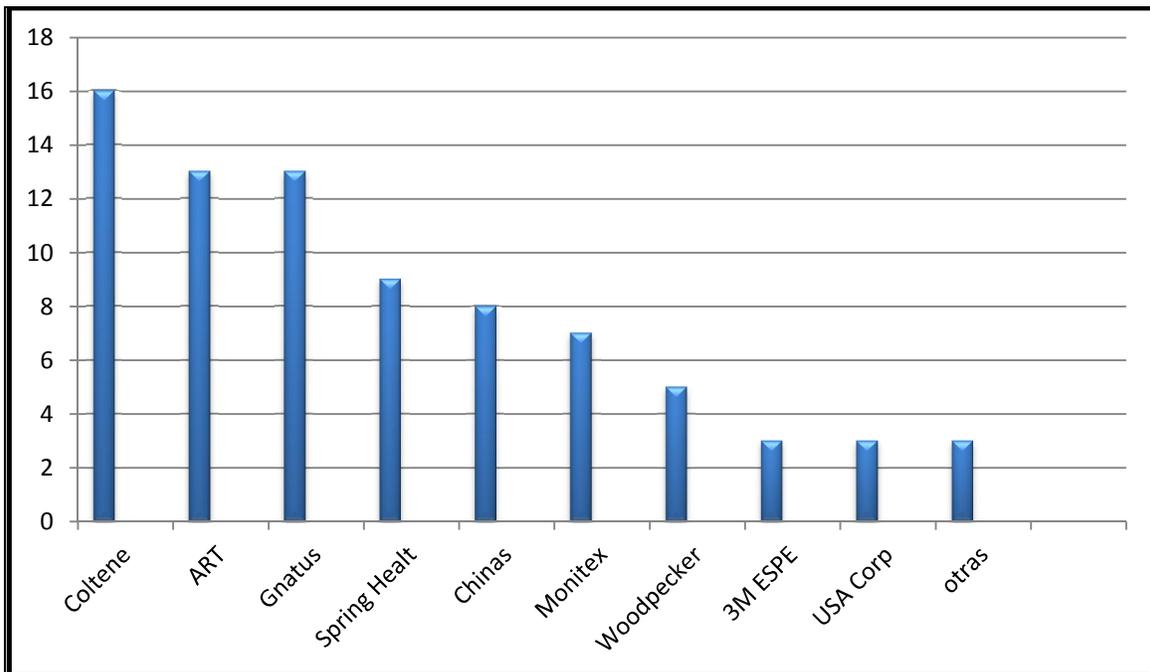
Fotografía 15. Punta de goma utilizada en la lámpara LED de casa comercial Spring Health Products.



Fotografía 16. Punta de goma utilizada en la lámpara LED de la casa comercial Monitex de modelo Blue Lex.

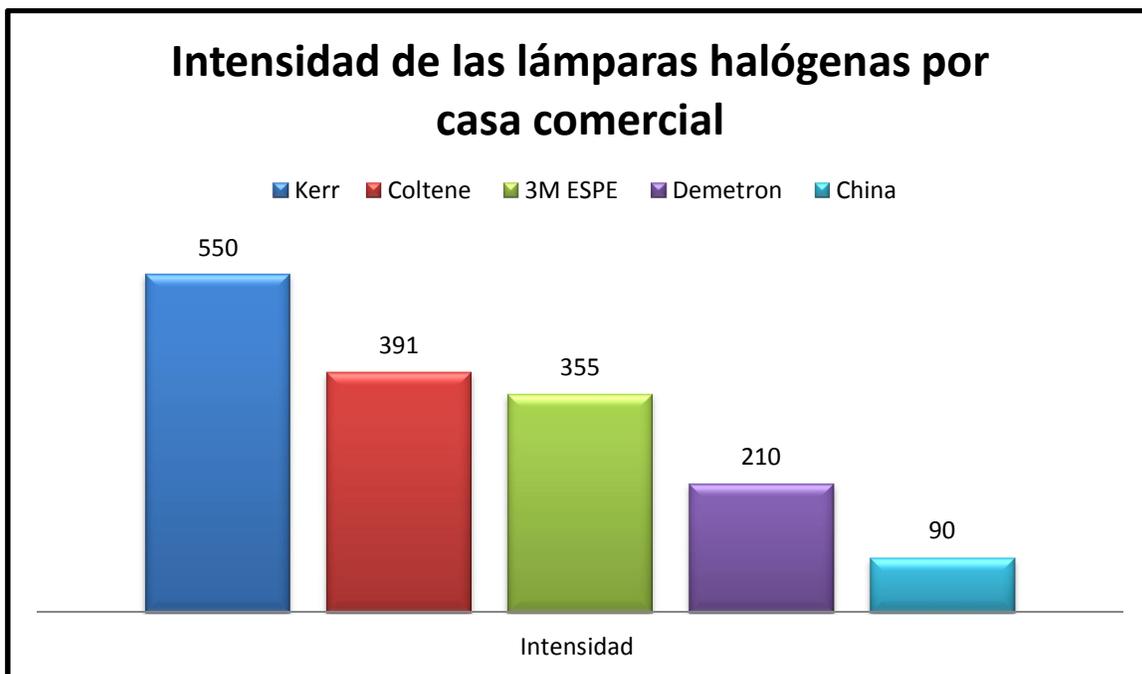


GRÁFICA 10. Cantidad de lámparas por casa comercial.



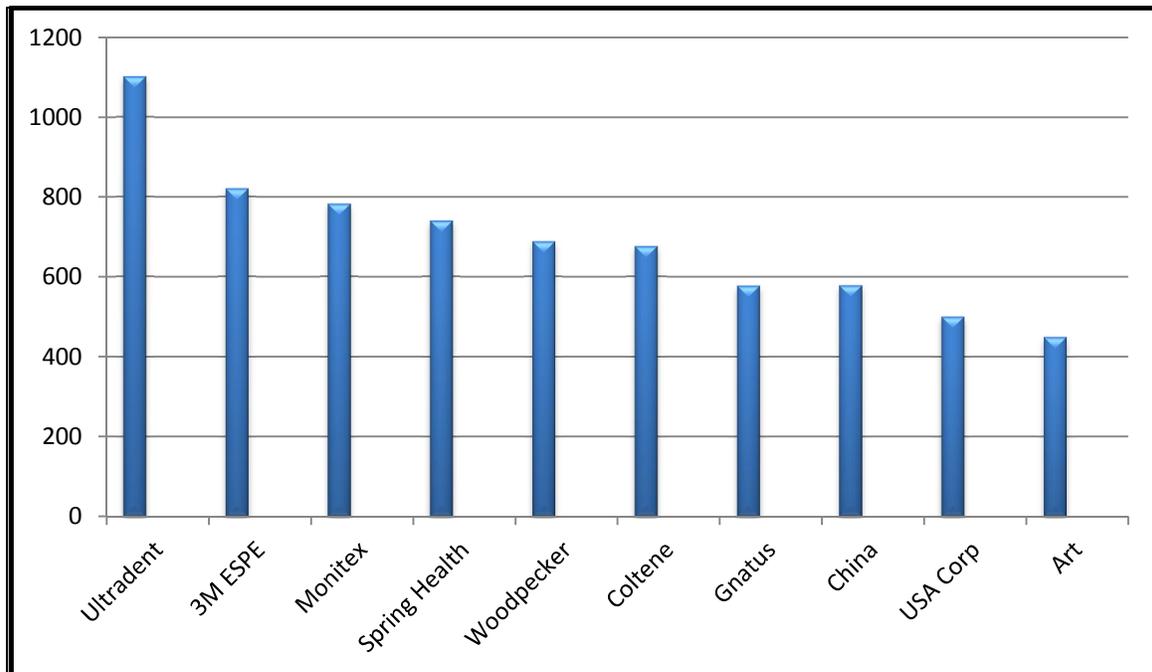
Se registró la casa comercial de las lámparas de tipo halógena y LED en general, para identificar cuáles son las más utilizadas entre los estudiantes siendo estas: Coltene-LED con un 20%, ART-LED y Gnatus-LED con un 13%, el 54% restante se encontró lámparas variadas. Hay algunos modelos que son únicas las lámparas encontradas que se agruparon en otras como lo son Ultradent, Demetron y Kerr.

GRÁFICA 11. Intensidad de lámparas halógenas por casa comercial.



Al analizar la intensidad registrada por las lámparas halógenas únicamente una lámpara supera el valor ideal con $550\text{mW}/\text{cm}^2$ es la de marca Kerr pero se remarca que únicamente se midió una sola lámpara. Las lámparas restantes no superan el valor ideal de $400\text{mW}/\text{cm}^2$. Se hace la observación que la lámpara de marca Demetron con una antigüedad de 30 años, en la actualidad la trabaja la casa comercial de Kerr, antiguamente era independiente, es por ello que ahora no se encuentra la casa comercial.

GRÁFICA 12. Intensidad de lámparas LED por casa comercial.



Se encontraron una cantidad de 10 marcas diferentes de lámparas LED, según los promedios registrados la marca con la intensidad más baja fue Art y la más alta Ultradent, aunque se encontró una lámpara que registró la intensidad más baja de marca Gnatus con 25 mW/cm² siendo medición única. La lámpara que se encuentran en mayor cantidad son las Coltene con 14 unidades con una intensidad de 676 mW/cm² siendo la más significativa con el valor más alto de intensidad.

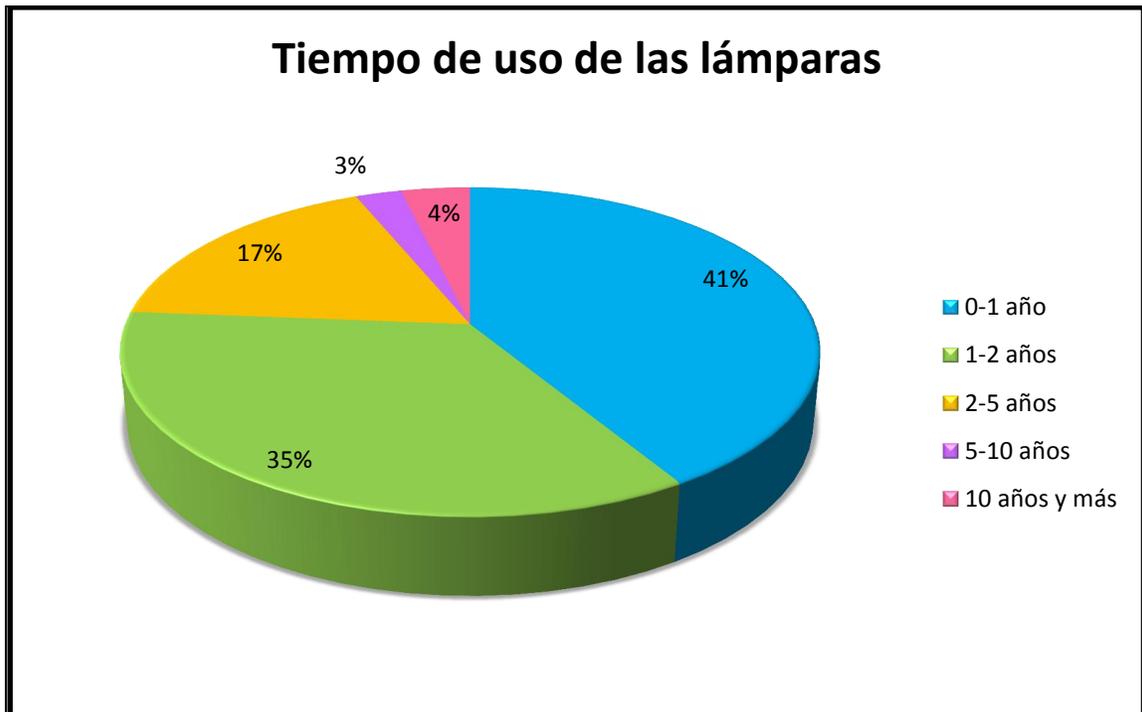
Fotografía 17. Lámpara LED de marca Gnatus modelo Optilight LD Max con una antigüedad de uso de 6 años, esta lámpara utiliza una fibra óptica de plástico.



Fotografía 18. Lámpara LED de marca Gnatus modelo Optilight LD Max fue la que registró la menor intensidad en el estudio con 25 mW/cm^2 .



GRÁFICA 13. Tiempo de uso de las lámparas de fotocurado.



Se estableció el tiempo aproximado que tiene la lámpara de fotocurado en uso, siendo la lámpara más reciente de 3 meses de uso a la más antigua de 30 años. Se encuentra en mayor porcentaje con un 41% las lámparas entre 0-1 año.

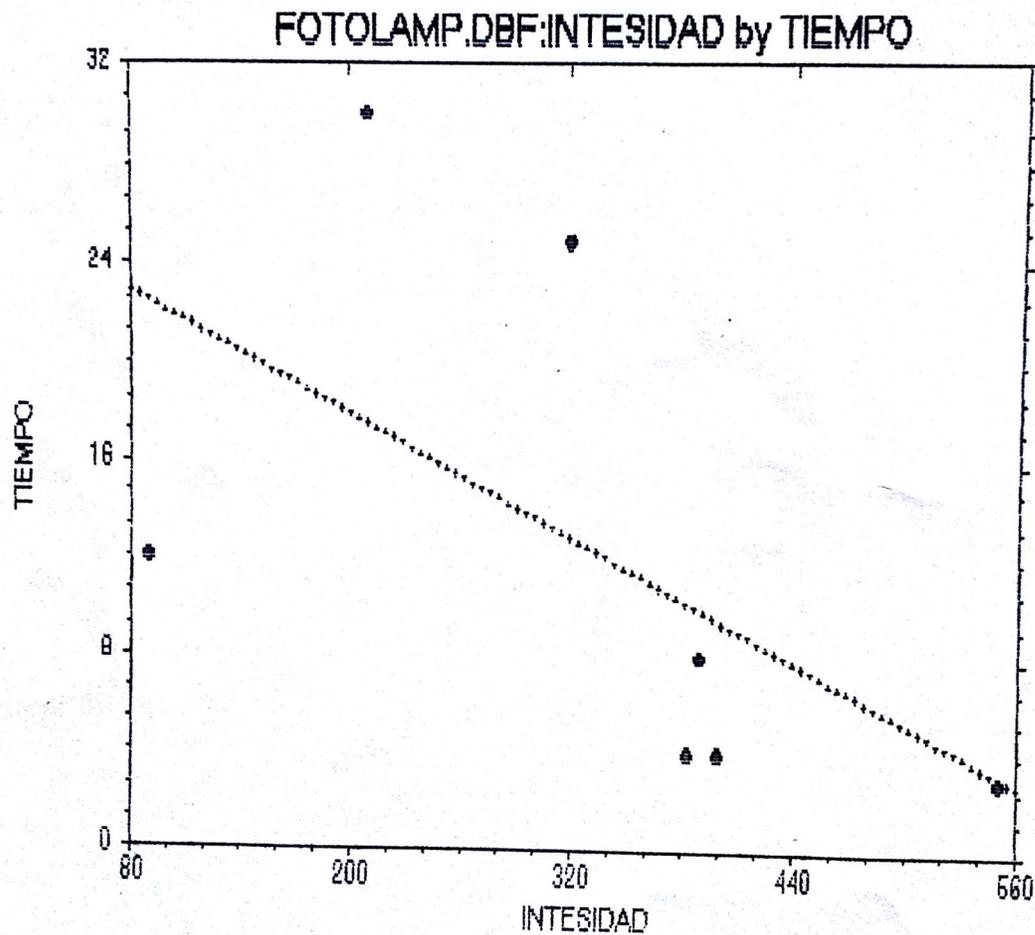
Fotografía 19. Lámpara halógena marca Demetron, con un uso de 30 años, siendo la más antigua en el estudio.



Fotografía 20. Lámpara halógena marca Demetron registró una intensidad de $180\text{mW}/\text{cm}^2$, intensidad deficiente para polimerizar una resina compuesta.

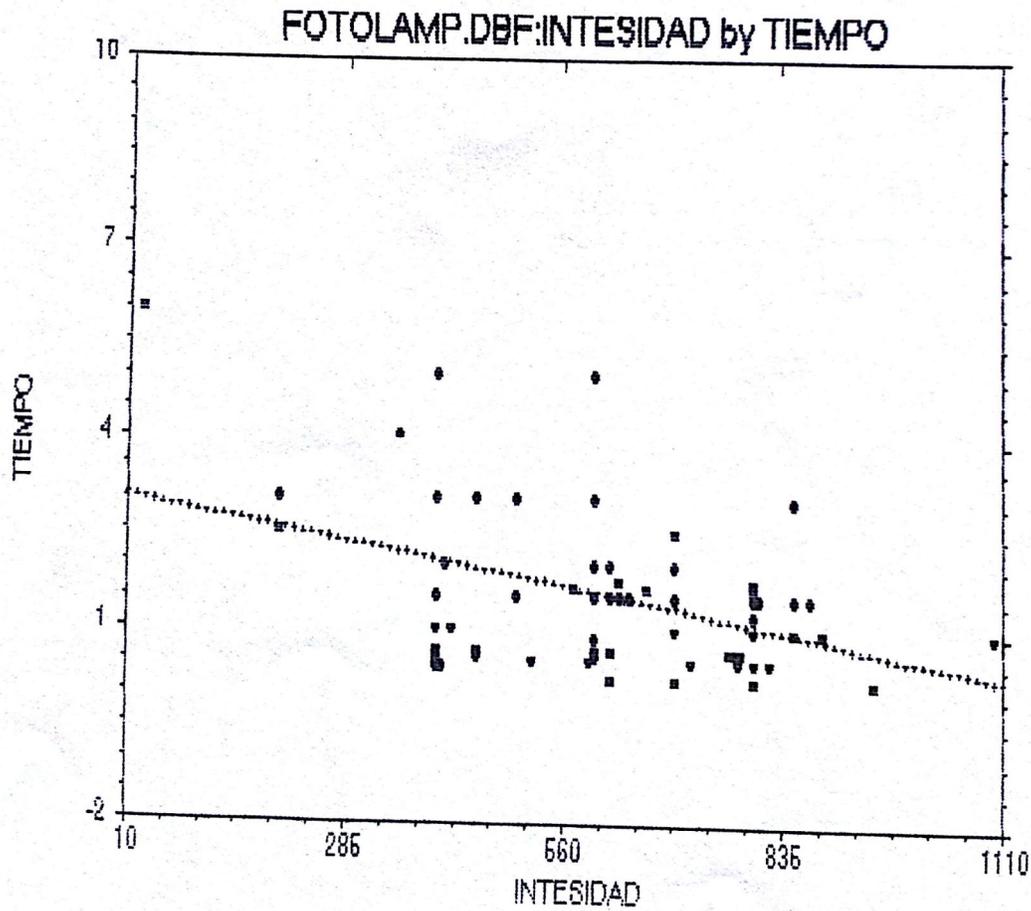


GRÁFICA 14. Tiempo de uso de las lámparas halógenas en relación con la intensidad.



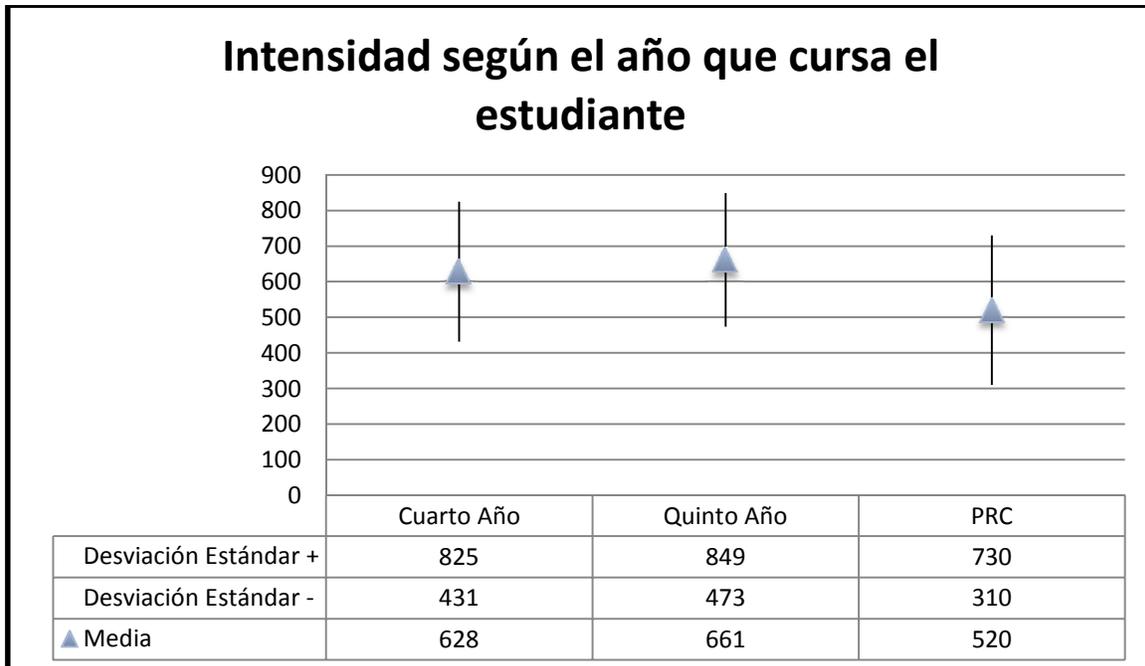
Se analizó la relación mediante una regresión lineal simple y correlación. La media encontrada de la intensidad es de 334 mW/cm^2 con una media de tiempo de 12 años 4 meses. Dando un resultado de coeficiente de correlación Pearson -0.5663 siendo una correlación negativa lo que significa que ambas variables son dependientes mientras una aumenta la otra disminuye, lo que concluye en mayor tiempo de uso menor intensidad registrada.

GRÁFICA 15. Tiempo de uso de las lámparas LED en relación con la intensidad.



Se analizó la relación mediante una regresión lineal simple y correlación. La media encontrada de la intensidad es de 630 mW/cm^2 con una media de tiempo de 1 año 6 meses. Dando un resultado de coeficiente de correlación Pearson -0.4128 siendo una correlación negativa no tan fuerte lo que significa que ambas variables son dependientes mientras una aumenta la otra disminuye, lo que concluye en mayor tiempo de uso menor intensidad registrada.

GRÁFICA 16. Intensidad según el año que cursa el estudiante.



Se analizaron los datos mediante una tabla de varianza, encontrándose un grupo bastante homogéneo. Las medias que se encontraron en las lámparas de los tres grupos de estudiantes son similares. Al observar los valores mínimos encontrados se concluye en que los estudiantes de PRC (pendientes de requisitos clínicos) son lo que poseen las lámparas en estado deficiente por debajo de la intensidad ideal.

CONCLUSIONES

- Se acepta la hipótesis planteada, la intensidad medida de la mayoría de las lámparas de fotocurado en la facultad de Odontología en la Universidad de San Carlos de Guatemala se encuentran en estado óptimo superior a los $400\text{mW}/\text{cm}^2$, con una media de $604\text{mW}/\text{cm}^2$.
- El 11.25% que equivale a 9 lámparas de fotocurado se encuentran por debajo del rango ideal para polimerizar una resina compuesta.
- El 36.25 % fue la intensidad más registrada que se encuentra en el rango $600\text{-}799\text{ mW}/\text{cm}^2$ la cual necesita 20 segundos para la polimerización de una capa de resina compuesta.
- Al comparar la intensidad entre las lámparas halógenas y LED se encontró una diferencia de $296\text{ mW}/\text{cm}^2$, encontrándose las medias de lámpara halógena en $334\text{ mW}/\text{cm}^2$ lo cual no alcanza la intensidad ideal y las lámparas LED en $630\text{ mW}/\text{cm}^2$. Se remarca que las lámparas halógenas no superan la intensidad ideal aunque la mayoría de lámparas examinadas son LED y solo un 10% son halógenas siendo una cifra no significativa para descalificar la población de las lámparas halógenas.
- En cuanto a la parte activa se encontró que el 45% estaba contaminada, el 35% en estado óptimo, 10% con rayas y fisuras y 10% con fracturas. Con respecto a la contaminación la intensidad aumenta en $67.11\text{ mW}/\text{cm}^2$ al estar limpia.
- El 44% de los estudiantes limpia la lámpara después de cada uso, el 29% no realiza ningún tipo de mantenimiento y el 27% utiliza una barrera protectora de plástico transparente. Este protector hace que disminuya la intensidad en $85\text{ mW}/\text{cm}^2$ con respecto a la intensidad registrada sin el mismo.
- El 22% de los estudiantes le coloca un aditamento a la lámpara al momento de la fotopolimerización y esto disminuye la intensidad de la lámpara de fotocurado en $224\text{mW}/\text{cm}^2$.
- Únicamente una lámpara halógena superó la intensidad ideal con $550\text{mW}/\text{cm}^2$ que es de la casa comercial Kerr.
- Se incluyeron en el estudio un total de 10 casa comerciales diferentes encontrándose la intensidad máxima en $1100\text{ mW}/\text{cm}^2$ de Ultradent y la más baja con $25\text{mW}/\text{cm}^2$ con Gnatus, siendo ambas únicas en el estudio.

La casa comercial que presentó más unidades fue Coltene con un total de 14 con una intensidad media de 676 mW/cm^2 .

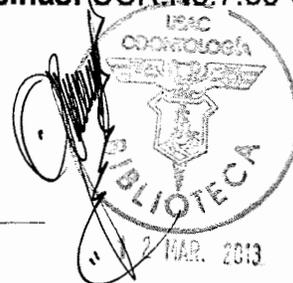
- Se encontró una correlación negativa entre el tiempo de uso y la intensidad de las lámparas halógenas y LED, lo que se interpreta a mayor tiempo de uso menor intensidad registrada.
- Las lámparas de los estudiantes pendientes de requisitos clínicos son las que poseen las lámparas con la intensidad deficiente.
- La lámpara registrada con menor intensidad es de 25 mW/cm^2 fue la de la casa comercial Gnatus de modelo Optilight con un uso de 6 años aproximadamente, se hace la observación que esta lámpara presenta una fibra de plástico lo cual podría influir en la intensidad de la misma.

RECOMENDACIONES

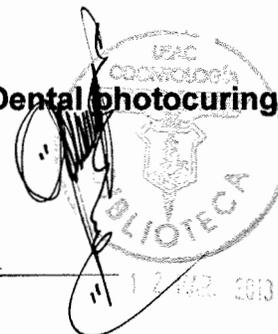
- Realizar mantenimiento habitual a la lámpara de fotocurado como la limpieza y desinfección después de utilizarla con cada paciente.
- Mediciones regulares de la intensidad de la luz en las lámparas de fotocurado con el objetivo de realizar un registro para mejorar los tratamientos efectuados en la Facultad de Odontología en la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Que no se utilicen aditamentos ni barreras protectoras que disminuyan la intensidad de la lámpara de fotocurado como lo son: gomas en la punta activa, protectores plásticos, bolsas plásticas transparentes.
- Hacer un estudio comparando las diferentes puntas activas para conocer si hay alguna variación como lo son fibras ópticas de vidrio, fibras ópticas plásticas o lentes.
- Hacer un estudio en donde se evalúa la intensidad de las lámparas halógenas utilizadas en las clínicas de la facultad de Odontología en la Universidad de San Carlos.
- Que el estudiante conozca la importancia de la intensidad de la lámpara de fotocurado para realizar tratamientos de alta longevidad, por medio de la lectura.
- Que los instructores concienticen a los practicantes pendientes de requisito que realicen mantenimiento como limpieza de la lámpara después de cada uso, medición de la intensidad, cambio del bombillo o fibra óptica, entre otros; mediante una evaluación periódica cada 6 meses o según las horas de uso de la lámpara, en caso que fuera necesario un cambio total de la misma.
- Que se utilicen lámparas de tipo LED ya que según los datos registrados en este estudio se encontraron mejores resultados, mayores a $400\text{mW}/\text{cm}^2$.

BIBLIOGRAFÍA

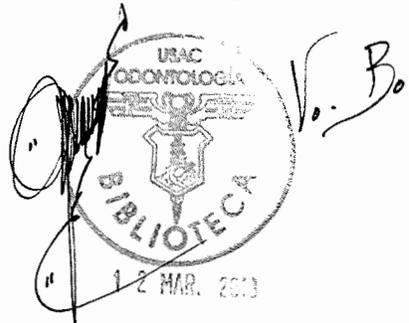
1. Asmussen, E. y Peutzfeldt, A. (2005). **Temperature rise induced by some light emitting diode and quartz-tungsten-halogen curing units.** EJOS. 2005(113):96-98.
2. Andrade Coral, D. J. (2009). **Evaluación de la resistencia flexural de la resina filtek P60 sometida a polimerización a través de diferentes lámparas de fotocurado.** Tesis (Especialista en Rehabilitación Oral). Quito, Ecuador: Universidad San Francisco de Quito. s.p.
3. Batista, E. (2003). **Conceitos atuais na polimericao de sistemas restauradores resinosos.** BiOdonto. 1(2):4-28.
4. Burtscher, P., et al. (2007). **Report: el secreto de los composites.** Ivoclar Vivadent. No.18:18-37.
5. Camavilca Arias, S. P. (2010). **Efecto de la intensidad de la luz de las lámparas halógenas en el sellado marginal de restauraciones de clase I: estudio in vitro.** Tesis (Magister en Estomatología). Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. pp. 11-78.
6. Cuevas Suárez, C. E.; D'Accorso, N. B. y Zamarriga Calderón, J. E. (2008?). **Uso en odontología de resinas polimerizadas por apertura de anillos.** s.d.e., s.p. (Proyecto financiado por PROMEP documento en PDF).
7. Fadul Ortiz, J. R., et al. (2008). **Profundidad de curado de resinas con diferentes fotoiniciadores polimerizadas con dos lámparas LED.** Redalyc. 27(59):15-22.
8. Guzmán, H. J. (s.f.). **Artículo de revisión: las matemáticas y su relación con las ciencias de la salud.** Odontos. pp.59-70. (documento en PDF).
9. Jiménez-Planas, A., et al. (2008). **Developments in polymerization lamps.** Quintessence. 38(10):s.p.
10. Lafuente, D.; Blanco, R. y Brenes, A. (2005). **Efecto del tipo de lámpara de fotocurado en la polimerización de varias resinas.** UCR.No.7:89-95.
11. **Lámparas de polimerización 5.** (2005). Kerr.1-6.



12. López Soto, O. P., et al. (2011). **Evaluación de la intensidad de salida de la luz de las lámparas de fotocurado en una clínica dental.** ACFO. 2(4):24-30.
13. Mallat Callís, E. (2002). **Parámetros de interés de las lámparas de polimerizar.** Geodental. s.p.
14. Martínez Villavicencio, M. A. (2005). **Estudio comparativo in vitro de la resistencia a la tensión diametral de una resina compuesta fotopolimerizada con una lámpara LED y una lámpara halógena convencional.** Tesis (Lic. Cirujano Dentista). Santiago, Chile: Universidad de Chile. pp.4-35.
15. Martin, F. E. (1998). **A survey of the efficiency of visible light curing units.** ELSEVIER. 26(3):239-243.
16. Mills, R. W., et al. (2002). **High power light emitting diode (LED) arrays versus halogen light polymerization of oral biomaterials: barcol hardness, compressive strength and radiometric properties.** ELSEVIER. no.23:2955-2963.
17. Prince, R. B. (2000). **Effect of distance on the power density from two light guides.** J Esthet Dent. no.12:320-327.
18. _____, et al. (2010). **Irradiance differences in violet (405nm) and blue (460nm) spectral ranges among dental light-curing units.** Journal Compilation. 22(6):363-365.
19. Roberts, H. W., et al.(2006). **Accuracy of LED and Halogen radiometer using different light sources.** ERD.18(4):216-221.
20. Rodríguez, D. R. y Pereira, N. A. (2007). **Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas.** FAOV.46(3):1-16.
21. Ruan Antury, J. D., et al. (2009). **Efecto del tiempo de exposición sobre la eficacia de polimerización con unidades equipadas con luz emitida por diodos-LED's.** ACFO.1(1):29-37.
22. Rueggeberg, F. A. (2011). **State of the art: Dental photocuring-A review.** ELSEVIER.No.27:39-52.



23. Saleh, A. (2006). **Influencia de la fuente de fotoactivación y del espesor sobre la variación del color y la translucidez de nuevos composites.** Tesis doctoral: Granada: Universidad de Granada. pp.15-175.
24. Sánchez Soler, L. A. y Espías Gómez, A. F. (2003). **La fotopolimerización en 2002.** *Odontoestomatol*2004. 20(6):289-295.
25. Santos, G. B. dos, et al. (2008). **Light transmission on dental resin composite.** *ELSEVIER*. no.24:571-576.
26. Vargas Koudriavtsev, T.; Lafuente, D. y Ramírez Chacón, A. (s.f.). **Efecto de la distancia de irradiación sobre la dureza superficial de cinco tipos de resina de fotocurado.** *ACCO*.31-35.



ANEXO II

TRIFOLIAR- CARA

¿Qué es una lámpara de fotocurado?

Es una lámpara que emite una luz en cierta longitud de onda que endurece los materiales fotopolimerizables que se usan con los materiales estéticos restauradores en la clínica dental.

Mantenimiento

Limpieza de la guía. Se realiza con un paño suave o una gasa ligeramente humedecida con alcohol u otras soluciones destinadas a tal efecto.

Medir la intensidad de la lámpara. Con el radiómetro ya sea para lámparas halógenas o lámparas LED.

Esterilización. En autoclave de vapor de agua a 132°C. No debe emplearse ningún tipo de solución química.

Filtros. Revisar en el caso de que el radiómetro detecte un descenso de la intensidad. Si se observan burbujas o grietas, deberemos proceder a su reemplazo.

Bombilla. Debe ser transparente, pudiéndose visualizar los filamentos. Hay que evitar el contacto de los dedos con la superficie reflectante.

Precaución por la irritación por la luz activadora: la exposición oscilar prolongada a la luz visible de 470nm de longitud de onda, puede llegar a causar daños en la retina; por consiguiente, se debe emplear una pantalla protectora o lentes protectores en todo momento.

Resultado de la Evaluación

Tipo de lámpara: Halógena ED

Intensidad medida: _____ mW/cm²

Tiempo recomendado: _____ segundos

La lámpara se encuentra en estado:

Óptimo Necesita revisión

Necesita mantenimiento otros

Observaciones:



Universidad San Carlos de Guatemala

Facultad de Odontología

Tesis: Medición de la intensidad de la luz de las lámparas de fotocurado utilizadas por los estudiantes de la Facultad de Odontología en la Universidad de San Carlos de Guatemala



Br. Rita Elizabeth Meda Cojulún

Carné 200717751

Guatemala, 2012

TRIFOLIAR- DORSO

Tipos de lámparas de fotocurado

En los últimos años se ha producido una auténtica revolución en el ámbito de las fuentes de luz utilizadas en Odontología, en pro de una mayor rapidez del curado, mayor profundidad y mayor factor de conversión de los composites. Las lámparas de fotopolimerización que existen actualmente en el mercado se clasifican en cuatro grupos:

- lámparas de luz halógena de Quarzo-tungsteno.
- lámparas de plasma
- lámparas de argón
- lámparas de LED

Las más utilizadas debido a sus ventajas y costos son las lámparas de Halógena y LED.



Uno de los factores más importantes para el éxito de las restauraciones adhesivas de resina compuesta depende directamente de su grado de polimerización. El grado de polimerización depende de la fuente de luz que recibe siendo claves los siguientes tres factores:

- una correcta intensidad de luz
- una adecuada longitud de onda (entre 400 a 520 nm)
- un correcto tiempo de fotocurado.

Si alguna de estas variables es inadecuada, las resinas compuestas quedan polimerizadas parcialmente; como consecuencia se aumenta la absorción de agua, la solubilidad del material y disminuye la dureza lo que puede ocasionar un fracaso del tratamiento (Person).

De los tres factores, la intensidad de luz emitida por la lámpara de fotocurado es el factor indispensable para tener éxito en los tratamientos.

Cuanto mayor sea la intensidad, mayor número de fotones estarán presentes, como resultado mayor será el número de fotoiniciadores que alcanzaran el estado excitado, para reaccionar con la amina y formar radicales libres, con lo que mayor será la extensión de la polimerización de la resina compuesta.

La cantidad de energía total que recibe una resina compuesta no solo depende de la intensidad de la fuente utilizada sino también del tiempo durante el cual se produzca la emisión.

Se ha determinado que para asegurar un curado efectivo se necesitan al menos

- 500mW/cm2 durante 30 segundos
- 600mW/cm2 durante 20 segundos

Así mismo, que con 200 mW/cm2 no es posible polimerizar adecuadamente una capa de 2mm de composite, a pesar de alargar el tiempo de exposición (Yap et al, 2001).

Varios autores verificaron que se necesita un mínimo de 400 mW/cm2 para polimerizar los composites, y que las altas intensidades pueden aumentar la contracción por polimerización. De esta manera, el tiempo de exposición varía en función de la intensidad de cada lámpara, por lo que las unidades de baja intensidad requerirán mayor tiempo de exposición para generar una adecuada polimerización.

El contenido de esta tesis es única y exclusiva responsabilidad de la autora

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned above a horizontal line.

Rita Elizabeth Meda Cojulún

FIRMAS



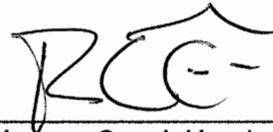
Rita Elizabeth Meda Cojulún
Sustentante



Dr. Julio César Montenegro López
Cirujano Dentista
Especialista en Rehabilitación Oral Avanzada e Implantología
Asesor



Revisión por Comisión de tesis
Dr. Byron Valenzuela



Revisión por Comisión de tesis
Dr. Ricardo León Castillo



Dr. Julio Rolando Pineda Cerdón
Secretario Académico
Facultad de Odontología
Universidad San Carlos de Guatemala

