



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**FUENTES LUMÍNICAS PARA FOTOPOLIMERIZACIÓN  
EN ODONTOLOGÍA.**

**T E S I S A**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**CIRUJANA DENTISTA**

**P R E S E N T A:**

**MARLENE LUNA MONTAÑO**

**DIRECTORA: MTRA. MARÍA TERESA DE JESÚS GUERRERO  
QUEVEDO.**

**ASESOR: C.D. JUAN ALBERTO SÁMANO.**

**MÉXICO D. F.**

**2006**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Gracias a todos los que de manera voluntaria e involuntaria colaboraron para lograr este sueño; agradezco de manera infinita y sin orden de importancia a Dios por permitirme estar viva y la oportunidad de rodearme de gente maravillosa.**

**A mis padres por todo el amor que me han dado cada día y por confiar en mi; a ti mamá por patrocinar este sueño, por ser mi fuerza, ejemplo e incondicional amiga, por enseñarme a luchar, a no tener miedo y a vivir; gracias por compartir este sueño.**

**A mis hermanos Osvaldo, Ramiro y Alejandra. por motivarme, apoyarme y soportarme.**

**A mis amigos por su cariño, paciencia, confianza y apoyo incondicional.**

# ÍNDICE.

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	8
ANTECEDENTES HISTÓRICOS.	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	10
DEFINICIÓN, COMPONENTES BÁSICOS Y CLASIFICACIÓN.	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	27
ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.	
3.1 Luz azul. ....	32
3.2 Lesiones ocasionadas por la luz azul. ....	33
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	36
FOTOPOLIMERIZACIÓN.	
4.1 Reacción química fotoiniciada. ....	37
4.2 Intensidad de fotopolimerización. ....	39

4.3 Variación de voltaje. ....	40
4.4 Tiempo de fotopolimerización.	
4.5 Potencia de fotopolimerización.	
4.6 Material a fotopolimerizar. ....	43
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	44
USO ADECUADO DE LAS FUENTES LUMÍNICAS PARA FOTOPOLIMERIZACIÓN EN ODONTOLOGÍA.	
5.1 Consecuencias de una inadecuada fotopolimerización. ....	46
5.2 Principales causas de la degradación de la lámpara. ....	47
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	50
CARACTERÍSTICAS DESEABLES Y REQUISITOS MÍNIMOS DE UNA LÁMPARA PARA FOTOPOLIMERIZAR EN ODONTOLOGÍA.	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	52
MANTENIMIENTO.	
7.1 Cuidados, limpieza y desinfección. ....	54
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	58
INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA.	

**CONCLUSIONES**..... 73

**BIBLIOGRAFÍA**..... 74

**GLOSARIO**..... 76

## INTRODUCCIÓN.

En la actualidad la mayoría de los materiales utilizados en odontología son fotopolimerizables, ya sean para tratamientos de restauración, trabajos protésicos, tratamientos preventivos, restauraciones provisionales, selladores u ortodoncia, particularmente materiales como resinas, adhesivos, materiales de cementación y composites. Por lo que es necesario contar con una adecuada fuente luminica para fotopolimerizar; sin embargo la excesiva comercialización y propaganda de estos aparatos ha hecho cada vez más difícil la selección, uso y mantenimiento de las fuentes luminicas para fotopolimerizar.

Es de gran importancia saber que la función principal de una fuente lumínica para fotopolimerización es el proceso de endurecimiento y consiste en la activación por medio de energía lumínica, de los compuestos químicos fotoiniciadores existentes en la composición del material, que desencadenaran la reacción química de transformación del producto inicial en el producto final deseado; el principal compuesto fotoiniciador es la canforquinona que es sensible a la energía lumínica en el rango de los 470 – 475 nm de longitud de onda, provocando que después de la fotoactivación aparezcan radicales libres capaces de desencadenar la reacción química en el compuesto.

Antes de adquirir una fuente luminica para fotopolimerizar es muy importante analizar algunos factores y tener los conocimientos básicos de estos aparatos para elegir la más adecuada para nuestras necesidades, tomando en consideración los siguientes factores:

- Potencia de polimerización.
- Variaciones de voltaje que puede ofrecer.
- Tiempos de polimerización.
- Fácil manipulación ya sea manual o automática.
- Cómoda.
- Características físicas.
- Sonido.
- Efectos dañinos.
- Cuidados y mantenimiento.
- Garantía.

No importa si una lámpara de polimerización se utiliza para restauraciones directas o indirectas, debe ser apropiada para una amplia gama de aplicaciones. Por lo que es muy importante entender y considerar que el desarrollo tecnológico de las lámparas para fotopolimerizar se centra en una fuente lumínica que por tener máxima potencia y un espectro lumínico adecuado consiga estimular en el menor tiempo posible el mayor número de moléculas fotoactivadoras presentes en el compuesto fotoactivable del material a utilizar.



# **CAPÍTULO 1**

## **ANTECEDENTES HISTÓRICOS.**

Durante los años 40's y 50's ya se usaban las resinas como material restaurador estético.<sup>6</sup>

Rapahel Bowen en los años 60's desarrollo las resinas compuestas autopolimerizables que utilizaban un sistema de polimerización por activación química que tenia desventajas como descontrol en el tiempo de polimerización, problemas con sus propiedades físicas, poco tiempo de trabajo, todos estos factores dieron pie a que en los 70's se desarrollara una resina con activador fotosensible a una luz activadora por medio de una intensa fuente de irradiación óptica – electromagnética.

La primera de esas resinas fue la “NUVA - FILL”, y el sellante de puntos “NUVA - SEAL” comercializados por la casa L.D.Caulk Co. y eran polimerizados por una fuente de luz llamada “NUVA – LITE” que emitía radiación luminosa intensa en la faja de ondas entre los 320 y 365 nm (ultravioleta).<sup>1,6</sup>

Las fuentes lumínicas a través de luz ultravioleta ofrecían ventajas como control de tiempo de trabajo y reducción de la porosidad en los materiales, mejor estabilidad de color y de las propiedades físicas que las autopolimerizables, lo que logro que los sistemas de fotopolimerización tuvieran gran éxito aunque por poco tiempo debido a sus grandes desventajas como los daños causados por la radiación ultravioleta por ejemplo el riesgo de dermatosis o lesión ocular ante exposiciones prolongadas; la limitada profundidad de polimerización y la lentitud de fotoactivación, fueron las causas de que fueran rápidamente descartadas y reemplazadas en 1980 por sistemas activados por luz visible, que desde su aparición en el mercado hasta la actualidad han ido mejorando y siendo más eficaces, seguras y fáciles de manejar.<sup>1</sup>

El tipo de láser de diodos introducido a finales de los 80 se puede utilizar para aplicaciones terapéuticas - quirúrgicas, pero no son muy eficaces para fotopolimerización. A finales de 1993, Shuji Nakamura de Nichia Chemical introdujo los diodos de InGaN (nitruro de galio e indio) que emiten luz en el espectro de longitud de onda azul y verde con un importante aumento de la eficacia. Estos diodos de onda corta son ideales para la electrónica de consumo y la tecnología de los ordenadores. Gracias a la menor longitud de onda y la alta resolución de lectura resultante, se puede aumentar considerablemente la densidad de datos en un medio de almacenamiento óptico. Estos desarrollos fueron también la piedra angular para la aplicación de esta prometedora tecnología en el campo dental.<sup>12</sup>

A finales de los 90's fueron introducidas las lámparas con arco de plasma y estas no fueron lo suficientemente capaces para desplazar a las lámparas halógenas debido a sus desventajas tales como el estrecho espectro de longitud de onda, alto desarrollo de temperatura y alto costo inicial. Sin embargo, en la última década se han desarrollado diodos emisores de luz azul (LEDs).<sup>12</sup>

## **CAPÍTULO 2**

### **DEFINICIÓN, COMPONENTES BÁSICOS Y CLASIFICACIÓN.**

#### **DEFINICIÓN.**

Una fuente lumínica para fotopolimerizar es un instrumento capaz de generar y transmitir con alta intensidad una luz azul con una longitud de onda variante entre 440 y 550 nm, específicamente designada para polimerización de materiales dentales que son sensibles a la luz visible.<sup>12</sup>

#### **COMPONENTES BÁSICOS.**

En cada aparato varía el número y forma de los dispositivos pero todos y de todas las marcas contienen los siguientes componentes básicos:<sup>1</sup>

- 1.- Fuente de energía luminosa:** También conocida como lámpara.
  
- 2.- Filtro selector de la longitud de onda transmitida:** También llamado filtro óptico, está en la lámpara y el alambre con las fibras ópticas o el asta transmisora de luz, y tiene como función eliminar energía luminosa con longitud de onda no necesaria para el proceso de fotopolimerización (menos de 400 nm y más de 520 nm), los menores de 400 nm están en la región ultravioleta y es perjudicial para los ojos, las mayores de 500 nm generan mucho calor dañino para el órgano dental causando hipersensibilidad o daño pulpar y ambas longitudes tienen muy poca contribución en la polimerización. La mayoría de las fuentes lumínicas para fotopolimerizar tienen 2 filtros ópticos; uno para el paso de la luz y otro que funciona exclusivamente como barrera de calor.



**Filtro óptico.<sup>2</sup>**

**3.- Conductor de luz:** Sirve para la aplicación de luz en el área deseada; este puede variar entre un asta rígida de fibras ópticas, un alambre flexible de fibras ópticas o un alambre de vía líquida. Todos los fotopolimerizadores poseen un mecanismo de transmisión de luz después de la irradiación. Su objetivo es llevar energía luminosa desde su fuente de emisión hasta el área de aplicación. Existen 2 modelos básicos de fotopolimerizadores:

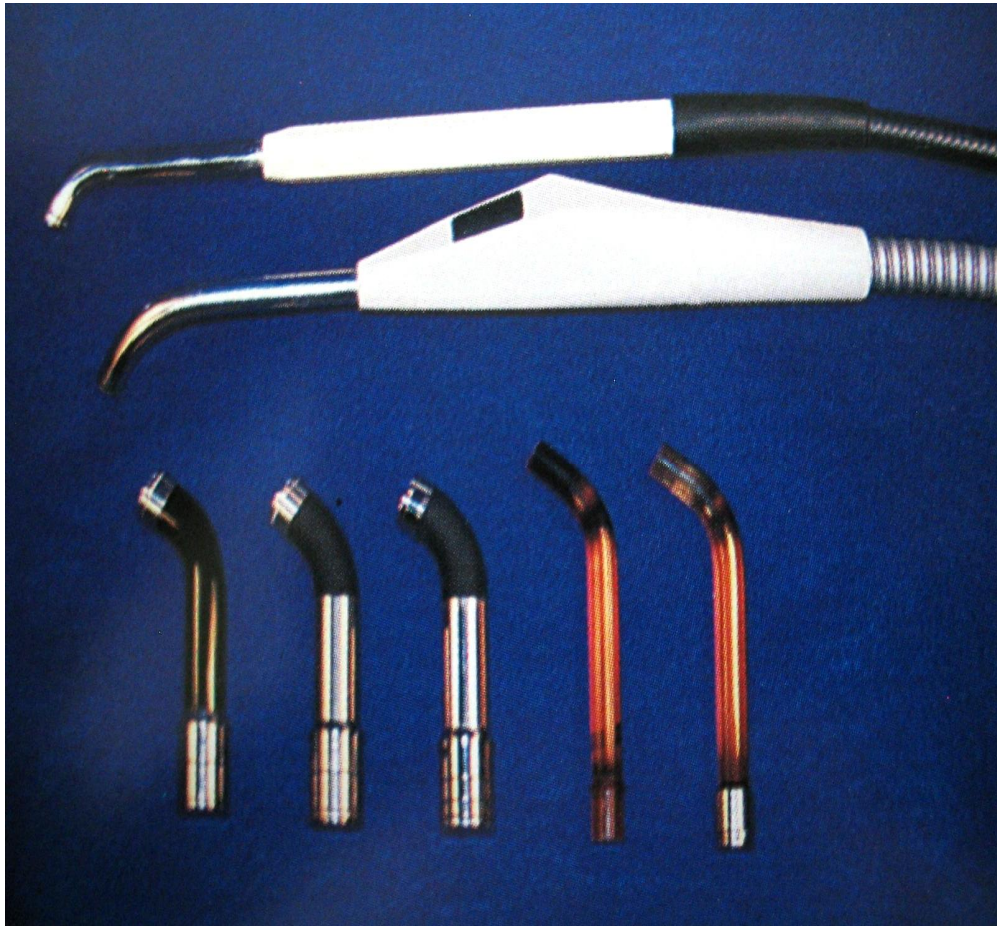
- Uno de tipo pistola en el que la lámpara, el filtro y el conductor de la luz están integrados

- Y otro en la que la unidad básica esta lejos del operador que solo sostiene una de las extremidades de un largo tubo flexible conductor de luz.

Ambos están compuestos ya sea por un haz de fibras ópticas o por un transmisor óptico como el sistema de conducción vía líquida.

- **Haz de fibras ópticas flexibles:** Transmite luz de manera eficiente pero es muy frágil, por lo que es fácil que se fracturen las fibras o doblamiento del cordón lo que causa una pérdida importante en el poder de polimerización.
- **Sondas rígidas:** están en las unidades de tipo pistola, tiene una transmisión de luz muy eficiente debido a que solo son un conjunto de fibras compactadas, las astas de vidrio están revestidas por vidrio ámbar o metal ya que el ámbar tiene un índice refractor que impide el paso de la luz, lo que hace que la luz este más concentrada y no se desvíe.
- **Sistema líquido de conducción:** Es el menos común, el cordón óptico líquido es eficiente en la transmisión de luz, es el más durable debido a que el cordón es más rígido, se sabe poco sobre la composición y propiedades del líquido/gel transmisor de la luz ya que esta considerado un secreto comercial.<sup>1</sup>

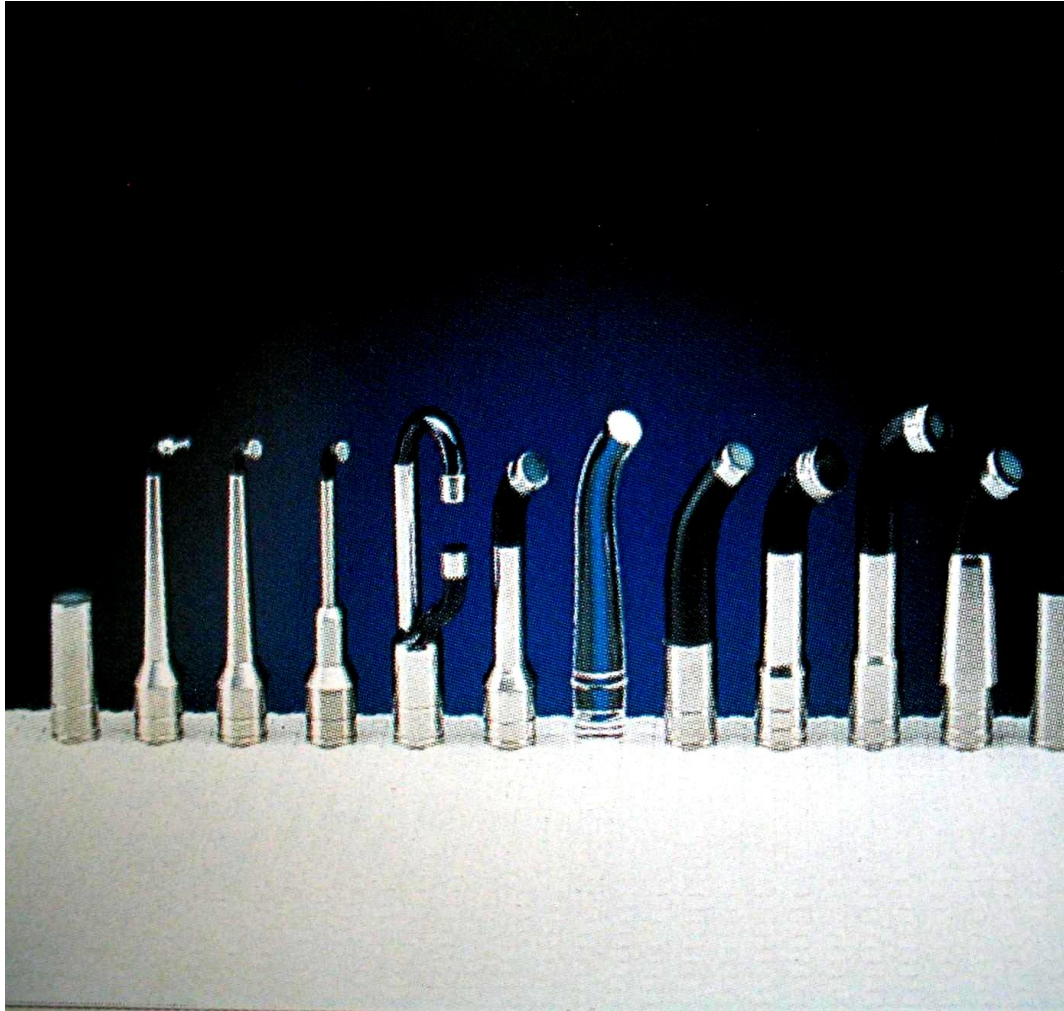
Estos 3 componentes (fuente de energía luminosa, filtro selector de longitud de onda transmitida y conductor de luz) son los responsables de controlar el potencial de polimerización de las fuentes lumínicas para fotopolimerizar.<sup>1</sup>



**Diferentes conductores de la luz; arriba el sistema de haces de fibras ópticas flexibles, abajo sondas rígidas de diferentes tamaños.<sup>1</sup>**

**4.- Puntas ópticas:** Son necesarios dispositivos específicos para lograr una fácil y adecuada fotopolimerización según el lugar, extensión y acceso del material a fotopolimerizar, además de lograr la productividad del consultorio reduciendo los tiempos de trabajo y el margen de error en cuanto a fotopolimerización, por lo que el mercado ofrece gran variedad de formas, longitudes y diámetros de las punteras ópticas que en su mayoría son recambiables y de alta calidad, deben ser esterilizables y giratorias para evitar rayarlas y lograr un máximo fotopolimerizado: <sup>4</sup>

- a) **Punta recta corta/ curva, con diámetro de 13 mm:** Para grandes áreas vestibulares y brackets ortodónticos, selladores y carillas.
- b) **Puntas curvas con diámetros de 2 y 3 mm:** Para áreas estrechas de difícil acceso con cajas proximales profundas, carillas anteriores.
- c) **Punta para transiluminación con 3 mm de diámetro:** Tiene un filtro verde para diagnóstico de caries, cálculo y fracturas coronarias y no está indicada para fotopolimerización.
- d) **Punta doble con diámetro de 6 mm:** Con 2 salidas de luz de la misma dirección y sentidos inversos, con lo que se intenta disminuir el índice de contracción de polimerización en dirección a la luz, para polimerización dual en anteriores y posteriores y reduce filtración marginal.
- e) **Punta curva con diámetro de 8 mm:** Para uso general en la región anterior y posterior (son las más comunes).
- f) **Punta plástica desechable con diámetro de 9 mm:** Para uso general en la región anterior y posterior, para pacientes de alto riesgo (SIDA, Hepatitis B, Tuberculosis).
- g) **Punta turbo, con diámetro de 13 mm de entrada y 8 mm:** De salida; tiene una entrada de luz más ancha que la salida, la punta turbo intensifica entre 20 y 50% la intensidad de energía luminosa útil, dependiendo del aparato, disminuyendo el tiempo de polimerización.
- h) **Puntas curvas con 11 mm de diámetro,** de uso general anterior y posterior principalmente en áreas grandes.<sup>4</sup>



**Puntas ópticas con diferentes diámetros y tamaños.<sup>1</sup>**

**5.- Base de la lámpara:** El tamaño y forma varía según cada modelo.<sup>4</sup>

**6.- Cronómetro o Temporizador:** Todas las fuentes lumínicas para fotopolimerización deben contenerlo, los equipos pueden ser automáticos con tiempo pre – programado cada vez que se enciende la unidad, o manuales y estos tienen indicadores sonoros que pueden ser activados cada 10 o 20 segundos.<sup>7</sup>

**7.- Soporte de la lámpara:** Se ubica en la base de la lámpara.<sup>4</sup>



**8.- Pantallas de protección:** Son pantallas para proteger al operador de la luz azul, la mayoría que van incluidas al aparato son muy incómodas debido a su tamaño ya sea exageradamente grande o pequeño, otras causan interferencia con la zona a polimerizar, algunas no brindan suficiente protección cuando se trabaja en áreas como las caras linguales de las piezas anteriores por ejemplo, por lo que es más recomendable utilizar los lentes protectores (cromáticos) con filtro que va del amarillo al naranja ya que cubren por completo la órbita ocular y se adaptan a los movimientos del operador si que la zona a polimerizar cause peligro, son cómodos y ligeros.<sup>1, 2,8</sup>

**9.- Programas:** Contienen distintas potencias y tiempos de acuerdo a la actividad a realizar y en algunos se pueden alternar.<sup>7</sup>

**10.- Ventilación:** Es indispensable para evitar el sobrecalentamiento del aparato, esta incluido en todos los equipos sin importar marca o modelo.<sup>4</sup>

## **CLASIFICACIÓN.**

Las lámparas para fotopolimerización se pueden clasificar por el tipo de fuente lumínica que poseen:<sup>5</sup>

### **1.- Lámparas Halógenas:**

Su luz es emitida por un filamento de tungsteno ó Wolframio puesto en incandescencia por el paso de corriente; en el interior de la ampolla de vidrio hay una atmósfera gaseosa de halógeno (grupo VII de la tabla periódica) cuya función es evitar que el filamento se queme; por esto se dice que son de tipo “incandescente”.

Generan una luz blanca intensa que se filtra por la interposición de un filtro óptico que produce una luz azul incluida en el rango de longitud de onda eficiente para fotoactivar canforquinonas y eliminar lo más posible la emisión de fotones de longitud de onda “no útil” para la fotoactivación y que provoca sobrecalentamiento del diente durante la polimerización, el espectro de emisión es de 360 – 500 nm, con pico en los 460 nm.

Según su potencia lumínica se pueden subdividir en 2 tipos:

**a) Halógenas convencionales:** Su potencia lumínica es de 350 – 700 mw/cm<sup>2</sup>.

**b) Halógenas de alta densidad de potencia:** Potencia lumínica entre 700 – 1700 mw/cm<sup>2</sup>, que se da por el uso de bombillas más potentes o puntas turbo que enfocan y concentran la luz en un área más pequeña.<sup>5</sup>



**Lámpara halógena convencional (Dentsply).<sup>5</sup>**



**Lámpara halógena de alta intensidad (Mectron).<sup>5</sup>**

La tecnología de bajo costo que representa este tipo de lámpara es una ventaja, aunque tiene grandes desventajas como la vida corta de servicio, altas temperaturas por lo que tiene que ser enfriada por un ventilador y el espectro continuo debe ser reducido por sistemas de filtros.<sup>11</sup>

## **2.- Lámparas de plasma (DE ARCO, XENON O PAC):**

También conocidas como lámparas de arco plasmático. En odontología su aplicación es reciente (aproximadamente desde el año 1997); Son lámparas que emiten la luz por una descarga eléctrica en forma de arco voltaico entre 2 electrodos de tungsteno separados (De Arco).

En el interior de la lámpara existe gas Xenón a elevada presión que evita la evaporación de los electrodos; (Xenón).<sup>5</sup>

Comercialmente se les conoce como PAC (Pulse Arc Curing), poseen una punta activa de 5mm<sup>2</sup>. La potencia de luz generada es de 1400 – 2700 mw/cm<sup>2</sup>, por lo que igual que en las lámparas de luz halógena, se requiere la interposición de un filtro óptico para la obtención de la banda de longitud de onda requerida; aunque el espectro luminoso original (sin filtrar) carece de rayos infrarrojos, por lo que es un tipo de luz menos calorífico y con menos riesgo de sobrecalentamiento del órgano dental durante la fotopolimerización.<sup>5</sup>

El filtrado óptico que se utiliza en este tipo de lámpara, a comparación con el filtrado óptico de las Halógenas, logra un estrecho espectro de emisión más cercano al que requiere el fotoiniciador canforquinona, presentando un pico de longitud de onda de elevada intensidad entre 460 – 480 nm, lo que explica la mayor eficiencia lumínica de la lámpara de plasma sobre la halógena, sin embargo al tener un espectro de emisión tan estrecho provoca que no puedan polimerizar de manera adecuada algunos materiales que contengan otro tipo de activador como 1 – fenil – 1,2 – propandiona, cuya longitud de onda optima son los 410 nm.<sup>5</sup>



**Lámpara de plasma (Apollo).<sup>5</sup>**

Las lámparas de plasma tienen la ventaja de requerir tiempos de polimerización cortos y tienen las desventajas de tener baja eficiencia, de desarrollar alta temperatura y ser enfriada por un ventilador y que el espectro continuo debe ser reducido por sistemas de filtros.

### 3.- Lámparas láser:

De todos los tipos de láser usados en odontología con aplicación terapéutica – quirúrgica: Helio – neón, dióxido de carbono (para cirugía de tejidos blandos), Argón, Diodos, Ne: YAG (Niudum YAG para remoción de caries y desensibilizante), Er: YAG (Ervium YAG para cavidades 1, 3, 5 y quirúrgico), solo 2 tipos sirven para la fotoactivación de composites y agentes blanqueadores.

- a. **Láser de Argón:** Contiene medio activo gaseoso (argón), emite una luz azul de 488 nm o azul – verde de 488 – 514 nm y potencia lumínica entre 750 y 1300 mw/cm<sup>2</sup>; no requiere filtro óptico debido a que su longitud de onda es muy aproximado al de la canforquinona, por lo que puede utilizarse para fotopolimerización de composites como para la activación de la mayoría de agentes blanqueadores fotoactivables.<sup>5</sup>

El haz luminoso del láser altamente monocromático y coherente (fotones con una longitud de onda única y emitidos en una misma dirección con una mínima divergencia del haz) puede conseguir una disminución de la potencia necesaria para lograr el mismo efecto que los otros tipos de lámparas; por lo que tiene una importante capacidad de penetración y genera poco sobrecalentamiento pulpar; sin embargo por ser un haz luminoso monocromático con espectro de longitud de onda extremadamente estrecho puede haber un gran número de materiales fotoactivables que no sean compatibles con este sistema de fotopolimerización, esto más su elevado precio no ha permitido gran difusión de este láser.<sup>5</sup>

b. **Láser de Diodos:** Es de aplicación reciente en medicina, con medio activo de tipo sólido (diodo semiconductor de Arseniuro de Galio y Aluminio) que emite una luz roja con longitud de onda entre 830 y 940 nm (espectro infrarrojo); esta longitud de onda no visible explica que no sea utilizado para fotopolimerizar composites. Sus principales aplicaciones en odontología son las terapéutico – quirúrgicas al igual que el resto de láseres médicos y el blanqueamiento dental solo con geles blanqueadores específicamente formulados para ser activados con la longitud de onda que abarca este láser y tiene la ventaja de ser una fuente de activación exenta de radiación ultravioleta que no provocara sobrecalentamiento pulpar.<sup>5</sup>



Lámpara láser de diodo (Opus Dent).<sup>5</sup>

#### 4.- Lámparas de diodos:

Tienen la tecnología más reciente ya que tienen como fuente de iluminación los V- LED (visible – light emitting diodes) pertenecen a las lámparas luminiscentes electrónicas, basadas en la utilización de determinados materiales semiconductores con la propiedad de polarizarse al ser atravesados por la corriente eléctrica emitiendo energía óptica en forma de luz visible a lo que se le llama fenómeno de electroluminiscencia; están iluminados únicamente por el movimiento de electrones en un semiconductor del que depende la longitud de onda emitida. El número de V – LED puede variar de 7 a 21 y se ordenan en círculos concéntricos que emiten una luz azul de 450 a 480 nm con pico de 470 nm y potencia lumínica entre 400mw/cm<sup>2</sup>.



Lámparas de 7,19 y 21 LED.





**Lámpara de diodos (Aqueda).<sup>5</sup>**

Tienen una desventaja importante y es que no polimerizan materiales con fotoiniciadores distintos a las canforoquinonas.<sup>2</sup>

Las ventajas que ofrecen estas lámparas son:

- Ergonómicas y pequeñas, el diámetro de la fuente luminosa es de 2 a 4.5 mm.
- Silenciosas ya que sus bombillas no requieren refrigeración mediante un ventilador.
- Bajo consumo eléctrico que permite usar batería en lugar de un cable conectado a su base.
- Tienen bombillas de larga duración que no presentan pérdida de intensidad de iluminación.
- No necesitan la interposición de un filtro óptico, pueden emitir luz azul con longitud de onda adecuada para la foto polimerización, por lo que con menor potencia lumínica se obtenga una fuente luminosa eficiente y sin radiaciones caloríficas ultravioletas.<sup>5</sup>



**Lámpara LED (Bluephase) de Ivoclar Vivadent.<sup>12</sup>**



**Color original de la luz sin filtrar de la luz emitida por bombilla halógena, de plasma y LEDs.**

Las fuentes lumínicas también se pueden clasificar según su rapidez para polimerizar adecuadamente los materiales:

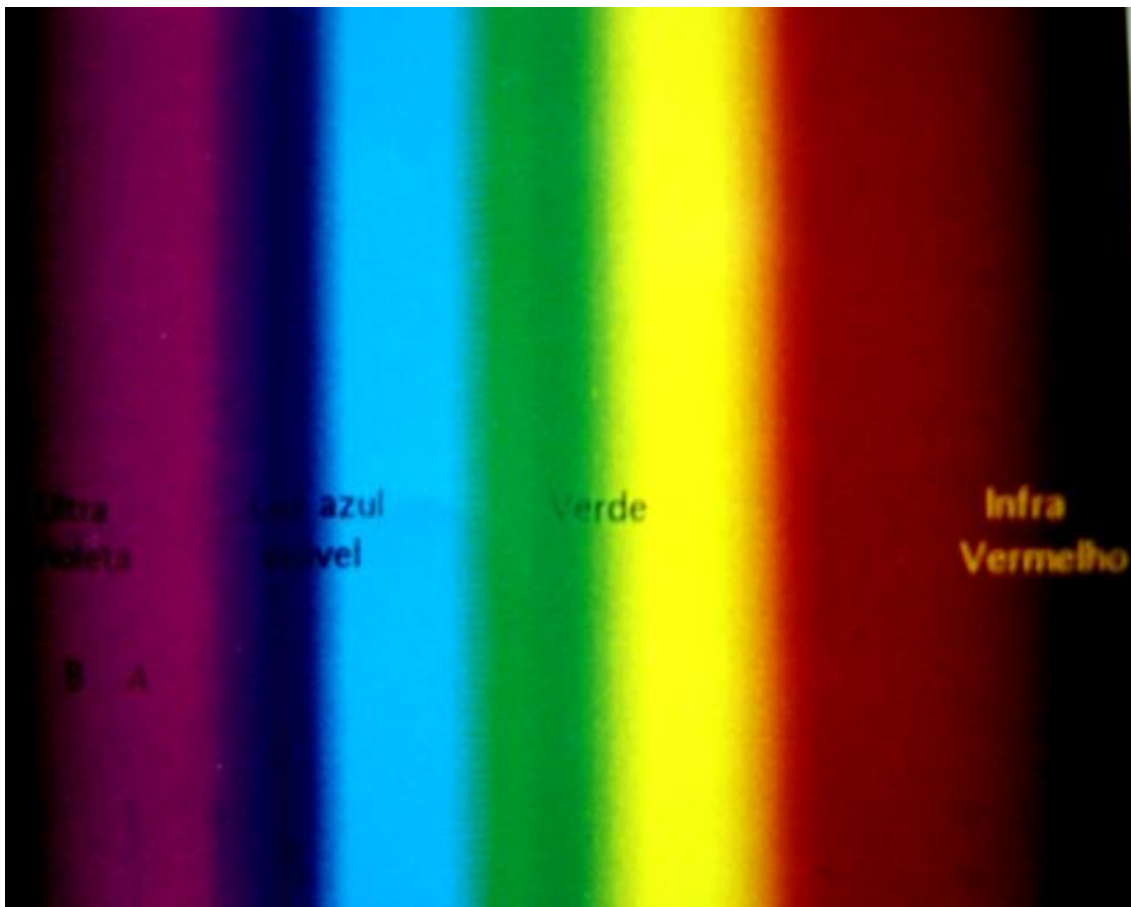
1.- Lámparas de velocidad de polimerización rápida: Lámpara de plasma (3 a 6 segundos/capa de 2 mm de composite), lámpara láser (7 a 14 segundos/capa de 2 mm de composite y la lámpara halógena de alta densidad (5 a 10 segundos/capa de 2 mm de composite).

2.- Lámparas de velocidad de polimerización convencional: Lámparas Halógenas y lámparas de diodos (20 a 40 segundos/capa de 2 mm de composite).<sup>5</sup>

## CAPÍTULO 3

### ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.

El profesor James Clerk Maxwell (1831 – 1879), predijo la existencia de ondas electromagnéticas que se propagan en el espacio a la velocidad de la luz, esto fue comprobado y demostrado por el profesor Heinrich Rudolf Hertz (1857 – 1894), teorías que hacen posible la aplicación practica en diferentes sistemas de comunicación como radio, radar, t.v. <sup>2</sup>

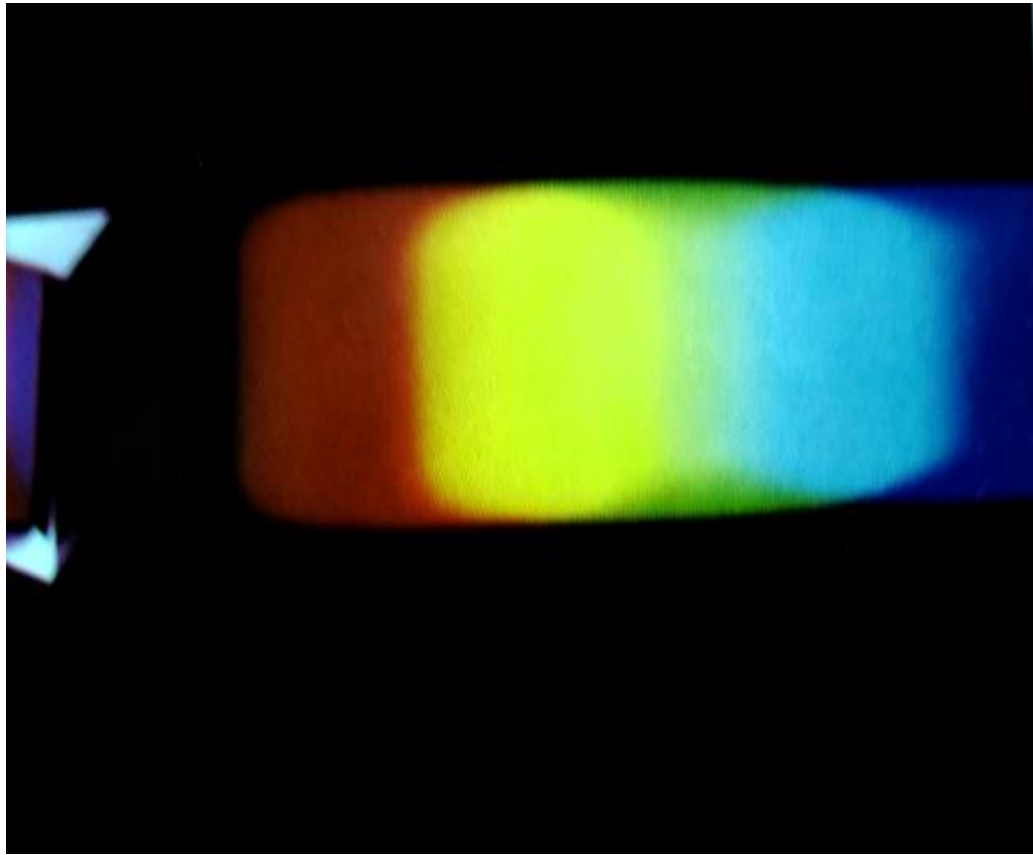


**Espectro de luz con sus diferentes longitudes de onda y sus respectivos colores. <sup>1</sup>**

Los cuerpos luminosos como el sol o una lámpara eléctrica, emiten un amplio espectro que comprende muchas longitudes de onda, las que están asociadas con la luz visible son capaces de afectar la retina del ojo humano, y con ello dan origen a las impresiones subjetivas de la visión; pero gran parte de la radiación que emiten los cuerpos calientes cae fuera de la región en donde el ojo es sensible; estas son las regiones de ultravioleta e infrarrojo que caen a ambos lados de la región visible.

Dentro de la región visible del espectro, las personas que tienen una visión normal del color son capaces de correlacionar la longitud de onda de la luz que llega al ojo con la subjetiva sensación del color que algunas veces se utiliza por conveniencia para designar ciertas porciones del espectro; el ojo “ve” los objetos por medio de la luz emitida o reflejada, cuando la “luz blanca” pasa a través de un medio como un vaso colorido o una solución química que es transparente en ciertas longitudes de onda pero que absorbe otras, para el observador el medio aparece coloreado puesto que solo las ondas emitidas llegan al ojo, sus longitudes indican el color del medio, por lo que se dice que este color es complementario al que se percibiría si la luz absorbida se pudiera detectar, debido a que la luz absorbe y se emite formando la luz blanca original.

Longitud de onda.	Color.	Color complementario.
400 – 435 nm	Violeta	Amarillo – verde
435 – 480 nm	Azul	Amarillo
480 – 490 nm	Verde – azul	Anaranjado
490 – 500 nm	Azul – verde	Rojo
500 – 560 nm	Verde	Púrpura
560 – 580 nm	Amarillo – verde	Violeta
580 – 595 nm	Amarillo	Azul
595 – 610 nm	Anaranjado	Verde – azul
610 – 750 nm	Rojo	Azul – verde



**Descomposición de la luz blanca al pasar por un medio transparente.<sup>2</sup>**

El espectro de ondas electromagnéticas es el orden de las diferentes radiaciones conocidas según su longitud de onda; se pueden clasificar en:

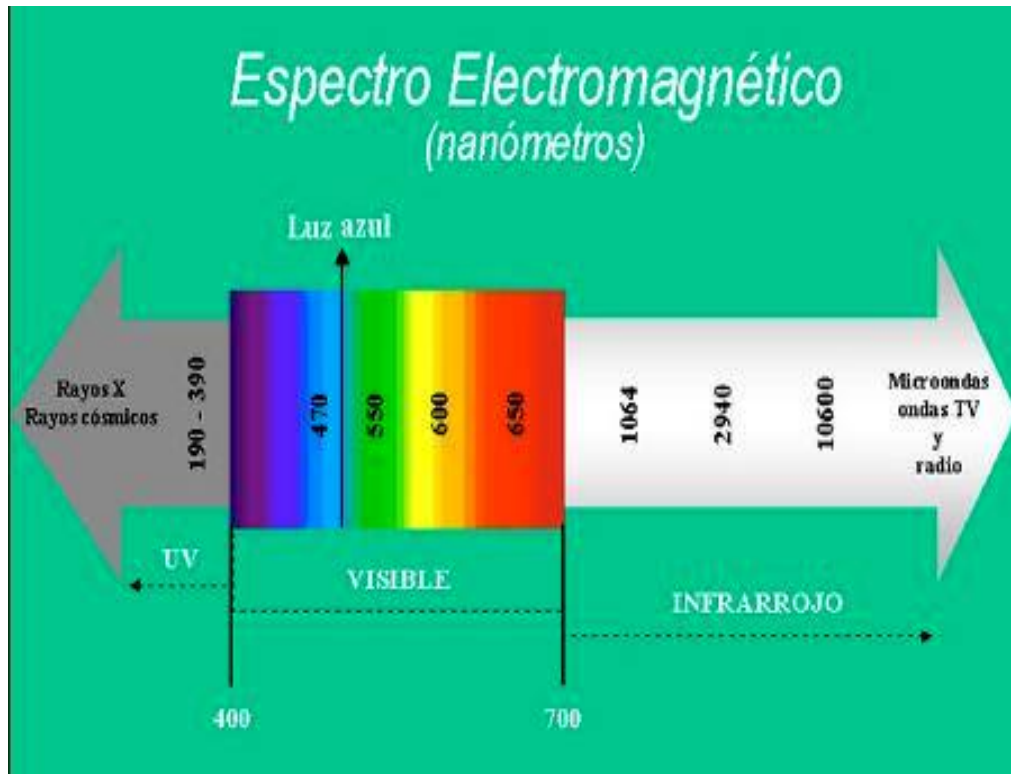
- 1. Onda corta:** longitud de onda menor a 1 nm y se encuentra en las siguientes radiaciones:
  - Radiación Ultravioleta C corta: Entre 200 – 290 nm, es germicida produce muerte celular y forma parte de los rayos solares, filtrada en gran parte por el ozono en las capas atmosféricas, es una radiación altamente peligrosa.

- Radiación ultravioleta B media: Entre 290 – 320 nm, llega con la radiación solar y es causante de quemaduras de la piel, conjuntivitis ocular, arrugas, queratosis y cáncer en la piel; tiene efecto acumulativo y tiempo de latencia.
- Radiación Ultravioleta larga: 320 – 400 nm, llega una gran cantidad con los rayos solares, broncea de la piel, causa quemaduras dérmicas, conjuntivitis y en algunos casos exacerbación viral, aftas, herpes, causas por las que fueron descontinuadas las fuentes lumínicas para fotopolimerización que emitían este tipo de radiación.

**2. Onda larga:** Longitud de onda mayor a los 700 nm y contiene las siguientes radiaciones:

- Infra – rojos: Son de naturaleza térmica, tienen aplicaciones en fisioterapia y en binoculares para visión nocturna.
- Micro – ondas: Utilizadas en las comunicaciones, con longitud de onda inferior a 1 m y son las ondas de frecuencia modulada FM. y televisión y ondas de energía eléctrica que son las de longitud más larga del espectro.<sup>2</sup>

Al igual que las ondas de radio, los rayos infrarrojos, X y gamma, la luz es una onda electromagnética. El espectro cromático de la luz visible que conocemos representa solo una pequeña porción del espectro electromagnético completo.<sup>12</sup>



Por lo general, la luz artificial se genera de dos maneras: por generación térmica ('luces incandescentes') ó por generación atérmica ('luces luminiscentes').<sup>12</sup>

**Luces incandescentes:** La radiación de un cuerpo caliente es invisible pero se puede sentir con la mano, que reacciona a la radiación de infrarrojos en el espectro visible, el ojo es sensible a este tipo de radiación en un espectro de frecuencia más alta; la radiación es visible como luz roja.<sup>12</sup>

Un cuerpo radiante puede emitir luz en cualquier longitud de onda tan pronto como se alcanza la correcta temperatura. Entre más caliente está el cuerpo y más corta la longitud de onda de la luz emitida, más luz se emite.<sup>12</sup>



### **Lámparas luminiscentes:**

La radiación electromagnética se transmite mediante fotones, entre más cortas son las longitudes de ondas, más alta es la energía de estos fotones. Esta energía puede estar producida por procesos térmicos en forma de vibración.

Este principio se aplica para lámparas incandescentes, la energía también se puede generar por otros medios, es decir, procesos químicos o eléctricos, no teniendo así un origen térmico. Por este motivo se la denomina “luz fría”.<sup>12</sup>

El término colectivo para este tipo de fuentes de luz es el de lámparas luminiscentes. La luminiscencia es el proceso completo en el cual un átomo absorbe energía y lo devuelve a su nivel original a través de la emisión de fotones.<sup>12</sup>

### **3.1 Luz azul.**

Energía radiante que un observador percibe a través de las sensaciones visuales. Dentro del espectro de energía electromagnética hay una zona llamada luz visible comprendida entre 400 y 700 nm y a las cuales el ojo humano es sensible; es indispensable para el proceso de polimerización que la luz este en este rango ya que longitudes más altas a la visible no son adecuadas debido a las fuentes producidas de energía en el ambiente (como las ondas de radio, TV.) en longitud más baja a la visible es absorbida por el tejido y produce daños a nivel celular.<sup>7</sup>

Es la luz que se puede producir a partir de fuentes lumínicas especiales (lámparas). Estas pueden ser fijas con tubo delgado, lámparas de pistola ó terminales montados directamente en el mobiliario del operador odontológico.<sup>8</sup>

El sistema más utilizado en odontología es la lámpara halógena en donde la fuente de luz es un bulbo halógeno de 12 volts/ 75 watt y cuya longitud de onda la produce un filtro especial de banda dicroica.<sup>8</sup>

### **3.2 Lesiones ocasionadas por la luz azul.**

A pesar de que todos los equipos actuales tienen filtros protectores es inevitable la emisión de radiaciones ultravioleta e infrarrojos con lo cual sigue presente el riesgo de daño ocular por estas radiaciones.<sup>8</sup>

Los dos tipos de lesiones oculares a consecuencia de la exposición de la luz de los aparatos de fotopolimerización son térmicos y fotoquímicos, las fuentes posibles de luz tanto naturales como luz solar y tecnológicas como lámpara incandescentes, fluorescentes, periodos de emisión de luz.<sup>8</sup>

Los perfiles de radiación emitida por los aparatos de fotopolimerización varían en 11 diferentes niveles según la Conferencia Gubernamental Americana de Higiene e Industria (ACGIH9) que estipuló los valores que delimita el nivel de exposición de tiempo y distancia para cada luz; establece que observar directamente la luz por más de 12 minutos representa un riesgo potencial, pero el riesgo se convierte en mínimo si se considera que eso equivale a observar la luz por un periodo mucho mayor que el utilizado en la práctica diaria, además esta luz no es observada de manera directa, sino reflejada por la boca del paciente; lo que representa entre el 20 y 30% de la luz emitida.<sup>1</sup>

Las 3 lesiones más comunes causadas por la exposición crónica a la luz azul son:

**1. Lesión de la cornea por los rayos ultravioleta:** Los daños que causa la radiación ultravioleta que se emite de manera simultánea con la luz visible en la actualidad son mínimos debido a que la radiación ultravioleta es filtrada en todas las fuentes lumínicas para polimerización en odontología y su emisión está muy por debajo de los límites de seguridad establecidos.

**2. Lesión de la retina por la luz azul:** La luz visible es menos perjudicial que los rayos ultravioleta, pero aún así cuando es usada por largos intervalos de tiempo representa riesgo de sufrir lesiones retinales debido a que el efecto tóxico es acumulativo; por lo que la exposición a ella no debe ser mayor a periodos de 3 horas o más en forma recurrente,<sup>1</sup> (la exposición recomendada es de 100 segundos máxima con espacios de 3 horas), algunos autores opinan que la exposición máxima de 160 segundos por día y en equipos con filtros sofisticados hasta 16 min. / día.<sup>8</sup>

La longitud de la luz emitida produce daños a nivel de la mácula ocular de tipo irreversible cuando no se usa protección como lentes y pantallas, la efectividad de estas protecciones se comprueba colocando material en la protección y polimerizar a través de ella y verificar si el material polimerizó.<sup>7</sup>

Algunos estudios realizados con chimpancés Rhesus demuestran que la luz azul es demasiado perjudicial para la retina, ya que la luz forma radicales libres en los ojos; en la retina reaccionan con el contenido acuoso de las células visuales formando peróxidos que son muy reactivos y desnaturalizan los receptores del ojo; la luz azul en un nivel de 460 – 480 nm, puede causar quemaduras en la retina de los chimpancés, aún en exposiciones cortas menores de un segundo y se vuelven más severas con el aumento del tiempo de exposición y aparecen a las 48 horas con una cicatrización en de 20 a 30 días; las áreas cicatrizadas se volvieron tejidos degenerados de manera permanente y semejantes histológicamente a la degeneración macular senil; lo que significa que la exposición a la luz azul envejece rápidamente las células de la retina.<sup>1</sup>

**3. Quemaduras de la retina por emisión de calor:** Los riesgos mayores se deben a la absorción de la luz en la retina por la melanina contenida en su epitelio pigmentoso, esta absorción de energía causa un calor localizado lo que puede llevar a una disrupción en los segmentos externos de los fotorreceptores; lo que depende del tiempo de exposición y aumento de temperatura.

Es más común que este tipo de lesión térmica se dé en exposiciones accidentales a rayos láser, lámparas de flash muy potente u observando al sol directamente con binoculares, en un nivel de ondas de 400 a 500 nm el riesgo es mínimo y sólo ocurre daño a la retina con exposiciones muy prolongadas.<sup>1</sup>

## **CAPÍTULO 4**

### **FOTOPOLIMERIZACIÓN.**

La polimerización es una reacción química que transforma moléculas pequeñas en grandes cadenas de polímeros; la reacción química puede ser por:

- Condensación: Reacción en la que una cadena de polímeros crece simultáneamente y reacciona por la formación de un producto.<sup>3</sup>
- Adición: Reacción en la que cada cadena de polímero crece a máxima longitud en secuencia y no hay ningún producto derivado de la reacción, es la que se da en la fotopolimerización y corresponde al grupo de polímeros, verdaderas macromoléculas, de excelentes propiedades físicas; el proceso de formación de cadenas se hace por adición y en el proceso no existen los productos secundarios; se inicia con los monómeros que poseen moléculas con grupos no saturados que requieren un iniciador químico previamente activado ya sea por efecto físico como calor o por un elemento químico.<sup>2</sup>

Este proceso por adición ocurre en 4 etapas:

1. Inducción: También se le llama iniciación y en ella se activa al iniciador ya sea por medio de energía química, física o radiación luminosa (ultravioleta o luz visible), se efectúa por la apertura de enlaces dobles o triples de cada molécula o unidad estructural.
2. Propagación: Es la conformación de la cadena.
3. Terminación: La propagación continúa hasta el momento en que ya no se encuentren radicales libres.
4. Transferencia de cadena: Activación de una cadena a otra ya terminada, generando nuevo crecimiento y aumentando el peso molecular.

También colaboran los siguientes procesos:

- Inhibición de la polimerización: El proceso de polimerización no termina por la presencia del monómero libre remanente y por la activación de otras cadenas. La presencia de impurezas dentro del monómero, ocasiona inhibición de la polimerización. El oxígeno también actúa como inhibidor de la reacción y de la velocidad de polimerización al reaccionar con radicales libres por lo que el polímero en su capa más superficial presenta la capa inhibida.
- Copolimerización: Se produce una macromolécula mixta de copolímero a partir de co – monómero (compuesto de unidades estructuralmente diferentes).
- Cadena cruzada: La adición de agentes químicos promotores de unión entre las diferentes cadenas en forma tridimensional, producen los denominados polímeros de cadena cruzada.
- Plastificantes: Estos agentes químicos reducen las temperaturas de ablandamiento o de fusión del polímero.

#### **4.1 Reacción química fotoiniciada.**

Los materiales fotopolimerizables se componen de monómeros orgánicos (generalmente metacrilatos bifuncionales) y rellenos inorgánicos. Los fotoiniciadores son necesarios para convertir los monómeros en polímeros.<sup>1</sup>

Cuando son expuestos a la luz, los fotoiniciadores se descomponen en radicales, iniciando así la polimerización de los monómeros que tienen que cumplir requisitos tales como seguridad toxicológica, estabilidad de almacenamiento, estabilidad cromática, neutralidad de olor y sabor y alta reactividad.<sup>12</sup>

Los materiales fotopolimerizables por luz visible inician su polimerización por absorción de la luz en una faja específica de longitud de onda a través de un fotoiniciador que generalmente es una canforoquinona que es el fotoiniciador más usado en productos dentales debido a que con ella se puede alcanzar una profundidad de polimerización hasta de 6 mm y absorbe luz en un espectro de longitud de onda de entre 400 – 500 nm con una absorción máxima de aproximadamente 470 nm.<sup>2, 12</sup> Es de color amarillo y en materiales muy blancos o claros al igual que para tratamientos de blanqueamiento es una desventaja y en esos casos se utiliza otro fotoactivador que es la fenil-propanodiona, conocida como PPD o lucerina TPO, que presenta un color blanco y espectro de absorción en una menor longitud de onda; cualquiera de estos 2 fotoiniciadores ya activados reaccionan con un agente reductor (aminas terciarias) para producir radicales libres, cada cadena formada en esta reacción química de adición necesita un radical libre por lo que el grado de conversión no solo depende de la fórmula química del material, sino también de la cantidad de luz necesaria para activar el catalizador y polimerizar solo donde la luz es absorbida.<sup>12</sup>

La calidad de la polimerización es determinada por el grado de conversión del monómero en polímero, indicando la cantidad de grupos de metacrilatos reactivos que reaccionan entre sí.<sup>1</sup>

El proceso de la fotopolimerización es dependiente de la energía por lo que es determinado la intensidad lumínica y el tiempo de polimerización (ejemplo: 20 segundos de polimerización con  $750 \text{ mw/cm}^2 = 20 \text{ s} \times 750 \text{ mw/cm}^2 = 15.000 \text{ mw/cm}^2$ ). Por regla general, actualmente se recomienda una dosificación de 10.000 a 20.000 mws/cm<sup>2</sup> y 16.000 mw/cm<sup>2</sup> por término medio para asegurar una adecuada polimerización, dependiendo del material utilizado.<sup>12</sup>

## 4.2 Intensidad de fotopolimerización.

Los materiales dentales para la polimerización requieren una luz azul alta en energía, se requiere una intensidad radiante como 'intensidad lumínica'- de al menos 400 mw/cm<sup>2</sup> para polimerizar sólo restauraciones directas, mientras que se considera que una intensidad lumínica mínima de 1.000 mw/cm<sup>2</sup> es lo ideal para asegurar una polimerización adecuada a través de estructura dental o, en la mayoría de los casos, a través de la restauración de cerámica.<sup>12</sup>

<b>Dosificación requerida</b> (intensidad x tiempo)	16.000	16.000	16.000
<b>Intensidad lumínica</b> (mw/cm <sup>2</sup> )	400	800	1600
<b>Tiempo de polimerización</b> (segundos)	40	20	10

Estudios y mediciones muestran que las lámparas LED y las lámparas halógenas logran comparables profundidades de polimerización ó perfiles de dureza si se utilizan las mismas intensidades lumínicas y tiempos de polimerización. El siguiente cuadro resume los datos respectivos de medición de la profundidad de polimerización (según ISO 4049).<sup>12</sup>

<b>Intensidad</b>	<b>LED</b>	<b>Halógena</b>
400 mw/cm	22 .40 mm	2 .43 mm
600 mw/cm	22 .54 mm	2 .55 mm
700 mw/cm	22 .65 mm	2 .67 mm
800 mw/cm	22 .73 mm	2 .69 mm

Para que la polimerización se lleve a cabo se necesita generar un trabajo con una cantidad de energía aplicada durante un tiempo determinado equivalente a 16 joules que sean producto de la intensidad de la lámpara medida en watts y el tiempo en segundos de aplicación.<sup>7</sup>



### **4.3 Variación de voltaje.**

El voltaje varía constantemente de + - 10 a 15 volts y varía según su localización, disminuyendo proporcionalmente según la distancia entre el transformador y la conexión usada.<sup>1</sup>

El voltaje puede variar según el sistema eléctrico al que este conectado, es muy útil un regulador de voltaje para detener y ajustar el voltaje con la finalidad de mantener la salida final de la luz constante, la mayoría de las veces se encuentra embutido en algunas unidades, no todos lo contienen debido al costo y tamaño del aparato.<sup>1</sup>

### **4.4 Tiempo de fotopolimerización**

Esta relacionado con la intensidad de la lámpara, a mayor intensidad se necesita menor cantidad de tiempo.<sup>7</sup> Varía entre los 10 a 60 segundos según el producto y cada uno tiene su indicación según el fabricante aunque esta comprobado que el tiempo de polimerización indicado por el fabricante debe aumentarse por lo menos en un 50% mínimo asumiéndose que no haya interferencias, el material restaurar no sufre daño si se aumenta el tiempo.<sup>1</sup>

### **4.5 Potencia de fotopolimerización.**

Una fuente lumínica para fotopolimerizar debe tener una potencia lumínica con una frecuencia de luz entre los 450 y 500 nm.<sup>4</sup>

La única forma certera de saber la potencia de curado de una lámpara es utilizando un radiómetro para medirla, algunas unidades lo tienen integrado, en el caso de las que no lo tienen, se puede adquirir por separado.<sup>1, 4</sup>

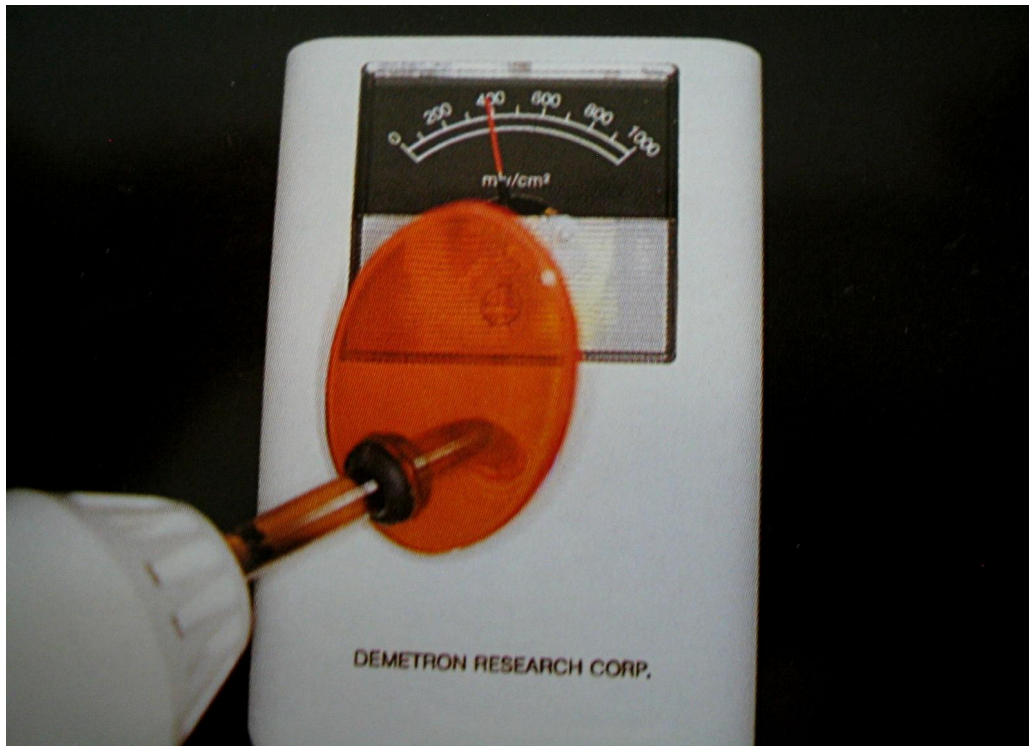
Hay distintas pruebas para medir la eficacia de la luz: <sup>1</sup>

### **1. Radiómetro:**

Es utilizado para medir la intensidad de la radiación electromagnética contenida en un determinado nivel de longitud de onda, esta específicamente diseñado para medir la intensidad de energía de polimerización de una fuente luminosa (400 por 500nm), tienen distintas escalas de medida, la más común  $\text{mw/cm}^2$  (miniwatt por  $\text{cm}^2$ ) y mide la concentración de la luz emitida.

#### **Instrucciones:**

- Siempre se debe probar la unidad nueva para detectar errores de fabricación y tener una lectura de referencia.
- La prueba siempre debe realizarse con la misma puntera óptica. (Diámetros mayores presentan una menor concentración de luz.
- Remover protecciones de la extremidad para que no influya en la prueba
- Activar la polimerización colocando la guía de la luz en posiciones sobre el orificio del radiómetro (perpendicular), presionar levemente y ver la lectura.
- Esperar 60 segundos con la guía en posición para verificar la constancia de concentración de la luz.
- Comparar la lectura del aparato con la tabla de profundidad de polimerización que contiene cada aparato.
- Cuando los valores son bajos hay que revisar los componentes de la fuente lumínica para fotopolimerización y darles mantenimiento, valores abajo de los sugeridos en cada radiómetro implican más tiempo de exposición.
- Repetir la prueba 2 veces por semana por lo menos.



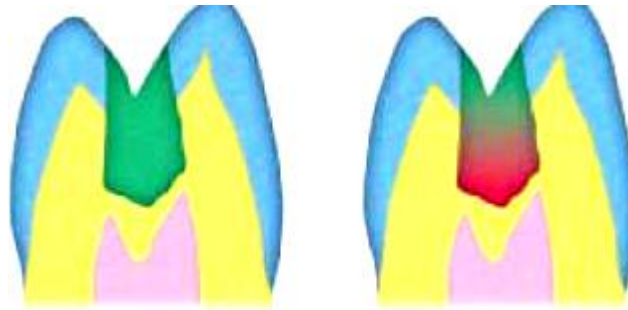
**Aplicando la luz contra un radiómetro de polimerización a través de un escudo de protección apropiado, se comprueba la efectividad de este en absorber la luz ultravioleta y gran parte de la luz visible.<sup>1</sup>**

## **2. Prueba de la profundidad de polimerización**

La dureza del material es una medida de la polimerización y es utilizada como un indicador del grado de conversión monómero –polímero.<sup>1</sup>

Según ISO 4049, la profundidad de polimerización de un composite se determina llenando con composite un hueco cilíndrico en un molde metálico y cubriéndolo con una hoja transparente. El composite se fotopolimeriza contra una superficie blanca durante 40 segundos, después el composite se retira del molde metálico y la parte no polimerizada se extrae de la parte polimerizada con una espátula de plástico. El grosor del composite polimerizado debe medirse.

Son necesarios un mínimo de tres ciclos de medición para obtener resultados de medición objetivos, que pueden extenderse hasta 0.1 a 5mm.<sup>12</sup>



**Tanto la superficie de la obturación completamente polimerizada (izquierda) como la obturación polimerizada de forma incompleta, están polimerizadas correctamente (verde). El hecho de que las superficies profundas de la obturación no hayan polimerizado lo suficiente (rojo) no se puede comprobar en la superficie.<sup>12</sup>**

3. "Prueba de raspado" en la que una resina se polimeriza por el tiempo indicado por el fabricante en un rollo cilíndrico de plástico o metal y es removida y todo o cualquier material no polimerizado se raspa con un instrumento, la longitud del cuerpo de prueba se mide y representa la profundidad de polimerización.<sup>1</sup>

#### **4.6 Material a fotopolimerizar.**

Es importante considerar el grado de translucidez u opacidad que tenga ya que a menor translucidez y mayor opacidad aumenta el tiempo de fotopolimerización; también se debe cuidar el grosor de la capa de material que se va incrementando para fotopolimerizar ya que esta debe ser máximo de 2mm.<sup>7</sup>

## **CAPÍTULO 5**

### **USO ADECUADO DE LAS FUENTES LUMÍNICAS PARA FOTOPOLIMERIZACIÓN EN ODONTOLOGÍA.**

Siempre se deben verificar los componentes de la polimerización y la intensidad de la salida de luz; que la lámpara este en buen estado con los filtros y fibras ópticas limpias y se recomienda utilizar un radiómetro para medir la efectividad de la luz diariamente, se deben usar capas de material a polimerizar de 1 mm; nunca se deben utilizar capas mayores a 2 mm.

Cuando se polimerizan grandes restauraciones se debe mantener la luz en un punto fijo a la vez y polimerizar por partes según el tiempo indicado por el fabricante hasta que toda el área sea polimerizada; se debe aumentar el tiempo de polimerización cuando se polimerice un material a través del esmalte ya que solo 2/3 partes de la intensidad de la luz es efectiva en comparación de polimerización directa sobre el material.

El tiempo de polimerización que indica el fabricante siempre es el mínimo considerándose que no interfiera una variante, por lo que se puede aumentar el tiempo de polimerización sin causar ningún daño a la restauración pero si proporcionándole mayor efectividad de polimerización.<sup>1</sup>

La distancia entre la puntera óptica al material a polimerizar debe ser lo más corta posible ya que la luz se disipa proporcionalmente a la distancia elevada al cuadrado (si la distancia entre el material y la luz es doblada el potencial de polimerización se reduce al potencial inicial), esto significa que la potencia de la luz

decrece a medida que la distancia aumenta; por lo que la distancia entre la fuente lumínica y el material a polimerizar debe ser mínima.<sup>7</sup>

La forma en que se aplica la luz sobre la restauración varía con la zona a fotopolimerizar y con el diámetro de la guía de luz.<sup>1</sup>

Cuando el diámetro de salida de la luz es mayor que la restauración y la cubre toda solo se debe aplicar la luz fija en un solo centro durante el tiempo determinado por el fabricante. Las técnicas indicadas para el proceso de fotopolimerización según el informe de Adept (Winter 2000) son las siguientes:<sup>1,2</sup>

- Aplicar la luz en movimientos circulares lentos o rápidos sobre la restauración
- Varias aplicaciones en un punto hasta polimerizar el área.<sup>1</sup>
- Régimen continuo ó fotopolimerización continua: Debe aplicarse con una intensidad constante por un tiempo determinado, ésta se da en 2 pasos; se inicia una polimerización con baja intensidad por un periodo determinado para luego utilizar alta intensidad por un tiempo adicional, lo que logra una menor tensión de polimerización en el material y una polimerización completa.<sup>2</sup>
- Régimen discontinuo ó con un intervalo: también llamado de polimerización blanda o suave ya que se inicia con baja intensidad, lo que permite que el polímero fluya sobre las paredes enseguida de aplicar una alta intensidad.<sup>2</sup>

Un ambiente de oficina con abundante luz natural, disminuye el tiempo de trabajo de los materiales fotopolimerizables; la lámpara de iluminación de la unidad odontológica produce una inadecuada polimerización, por lo que esta fuente de luz se debe apartar de la zona de trabajo si esta encendida ó apagar al momento de polimerizar el material.<sup>2</sup>

Deben tomarse en cuenta las siguientes recomendaciones que aunque sencillas ayudan a evitar lesiones profesionales:

- Evitar la luz de manera directa.<sup>8</sup>
- Usar dispositivos de seguridad para los ojos (aprobados por la American National and Standards – institute Z 87.1), estos protectores deben absorber la luz ultravioleta, y la mayoría de luz azul, además de transmitir el remanente de luz visible.<sup>2</sup>
- La distancia entre la fuente lumínica y el ojo del operador debe ser mínima de 25cm.<sup>8</sup>

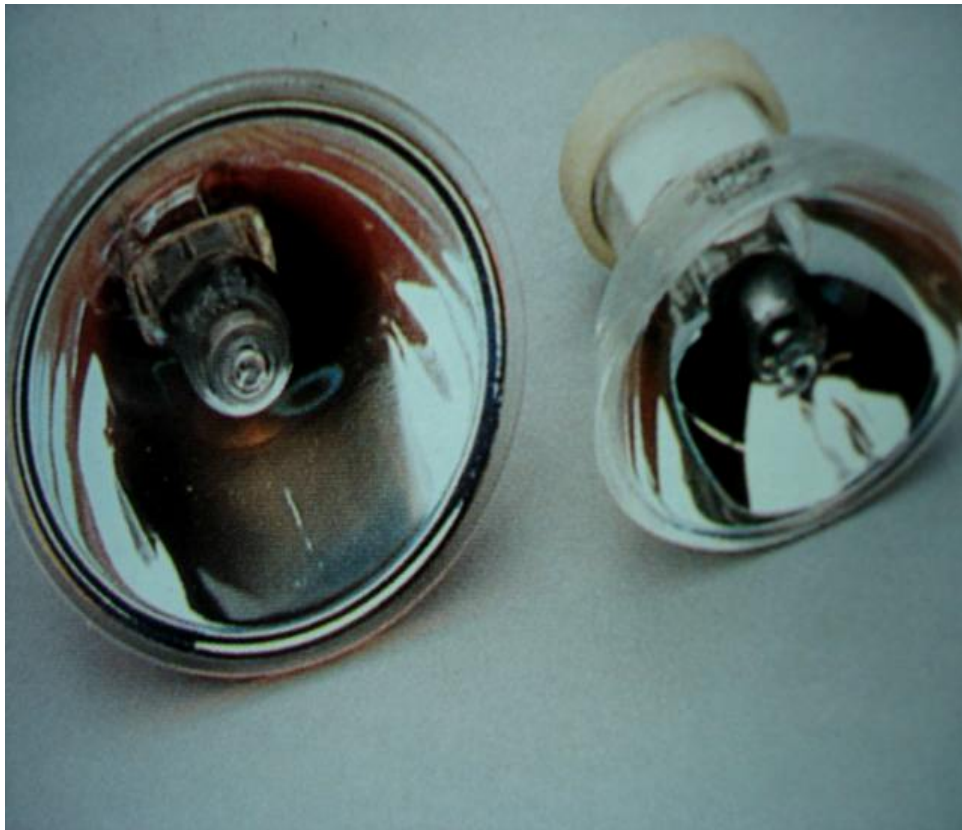
### **5.1 Consecuencias de una inadecuada fotopolimerización.**

- Mala retención del material al diente.
- Agresión pulpar por toxicidad del monómero no polimerizado o por sobrecalentamiento.
- Cambio de coloración del material por que el acelerador no reaccionó por completo.
- Contracción excesiva del material fotopolimerizado.
- Sellado marginal de la restauración defectuoso.<sup>1,12</sup>

## 5.2 Principales causas de la degradación de la lámpara.

Las causas principales para la degradación de una lámpara son:

- **Oscurecimiento del bulbo:** Si se rompe el ciclo halógeno la ampolla de vidrio que cubre al filamento se vuelve oscura y afecta a salida final de la luz que puede disminuir hasta en un 70%, esta reducción no es notada por el ojo humano ya que la lámpara continua emitiendo luz.



Lámparas con bulbos oscurecidos.<sup>1</sup>



- **Opacificación del bulbo:** También llamado congelamiento debido al color blanco – opaco que el bulbo adquiere; el congelamiento se puede producir por varios factores como la devitrificación o la ruptura. En la devitrificación las impurezas del vidrio que cubren al filamento de cristalizan y el vidrio que normalmente es transparente y claro se vuelve opaco y evita el paso de energía luminosa generada por el filamento. En la ruptura se evapora el cemento que mantiene el bulbo en el reflector y forma una cobertura en el exterior del sobre de vidrio, lo que permite la entrada de aire y opacificacion del bulbo que puede causar una disminución en la salida final de luz hasta en un 50%.



**Lámparas mostrando la opacificacion del bulbo.<sup>1</sup>**

- **Degeneración del reflector:** Es la pérdida de la película reflectora que circula el bulbo provocada por volatilización o por una cubierta blanca o amarilla quedando deposición de detritus sobre la superficie del reflector ya sea solo en una parte o en su totalidad, causando hasta una disminución hasta de un 60% en la salida final de luz.



**Degeneración del reflector.<sup>1</sup>**

## **CAPÍTULO 6**

### **CARACTERÍSTICAS DESEABLES DE UNA FUENTE LUMÍNICA PARA FOTOPOLIMERIZACIÓN.**

1. Excelente potencial de polimerización (intensidad de luz en la faja de 420 – 500 nm) para activar adecuadamente los 2 tipos de iniciadores más usados en la composición de los productos odontológicos fotoactivables que son las canforquinonas y las fenil – propandionas.<sup>10</sup>
2. Densidad de potencia elevada y programable por el usuario: La densidad de potencia lumínica no debe ser menor de 800 – 1000mw/cm<sup>2</sup> para permitir tiempos cortos de polimerización y debe ser programable.<sup>10</sup>
3. Variedad de punteras ópticas; intercambiables esterilizables y de fácil limpieza.<sup>1</sup>
4. Radiómetro incluido: Para realizar el chequeo constante de la lámpara, ya que en las lámparas halógenas y de plasma se disminuye su densidad lumínica con el uso debido al desgaste de la bombilla y necesitan filtros ópticos para poder obtener la luz azul que también con el uso se desgastan y pierden eficacia; las lámparas de diodos no necesitan filtros y sus bombillas tipo LED no pierden potencia con el tiempo.<sup>10</sup>
5. Costo de reposición de la bombilla: La reposición de una bombilla de plasma es de 10 a 15 veces más caro que el de una bombilla halógena.<sup>10</sup>
6. Mínimo de calentamiento.<sup>10</sup>

7. Cables resistentes a fractura y doblamiento.<sup>1</sup>
8. Alternativas en tiempos de polimerización.<sup>1</sup>
9. Diseño ergonómico: Ligera, pequeña y de fácil manejo, para hacer más cómoda su utilización.<sup>10</sup>
10. Fácil mantenimiento.<sup>1</sup>
11. Silenciosa o sonido no incómodo.<sup>1</sup>
12. Costo razonable.<sup>1</sup>

## **CAPÍTULO 7**

### **MANTENIMIENTO.**

Las fuentes lumínicas para fotopolimerización deben tener ciertos cuidados para que esta permanezca en un óptimo estado, y funcione adecuadamente aún con el uso y el paso del tiempo, estos cuidados deben incluirse en la rutina diaria y se les debe considerar importantes ya que aunque son sencillos se deben realizar con el tiempo y materiales necesarios para poder darle un mayor tiempo y calidad de vida a la fuente lumínica para polimerización que se utilice en el consultorio.

- **Cordón de fibras ópticas:**

Evitar cualquier doblamiento o caída ya que se pueden romper las fibras ópticas causando el deterioro de la calidad de la luz polimerizadora.<sup>1</sup>

- **Lámparas:**

Evitar el supercalentamiento causado por una ventilación inadecuada y el uso intenso de la unidad sin intervalos para enfriarse, se debe mantener limpia y con las entradas y salidas de aire desobstruidas (se puede usar succión y la jeringa de aire).

Dejar intervalos de un minuto por cada tres minutos de uso.

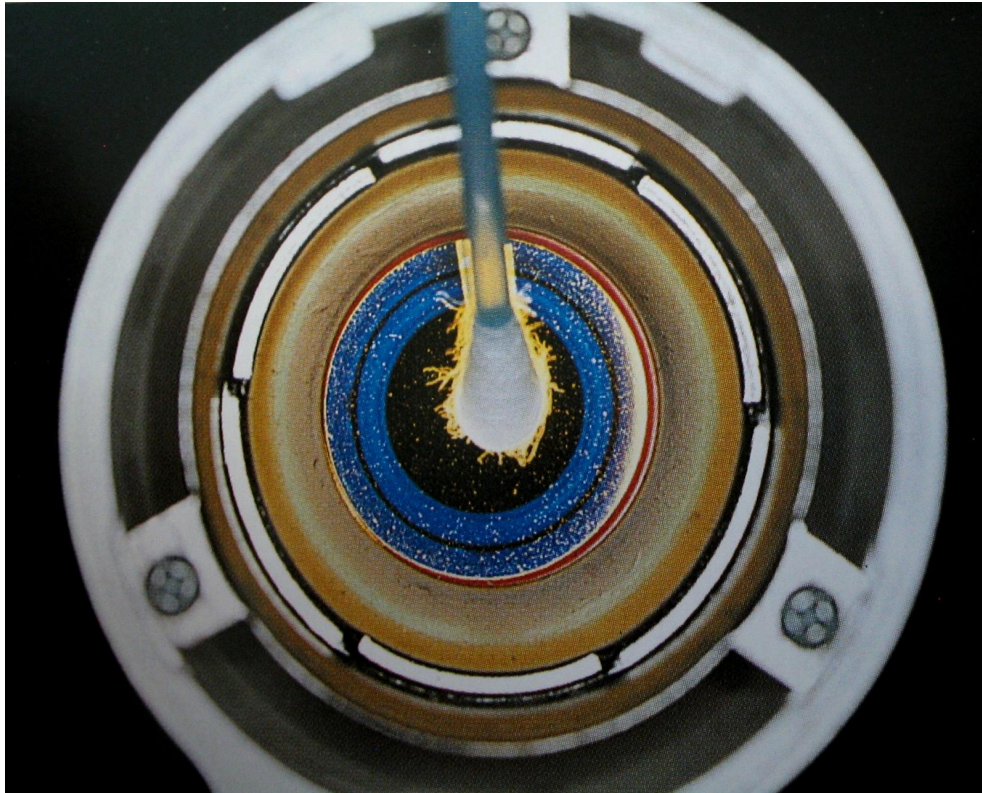
Debe ser verificada por lo menos cada mes y si tiene una baja en la concentración final de luz debe reemplazarse, se debe tener cuidado para no tocar ni el bulbo ni el reflector con la mano, se debe usar un pañuelo o tomar la lámpara por el borde.<sup>1</sup>

- **Filtro óptico:**

Se debe revisar colocándolo contra la luz para observar cualquier ruptura y estrellamiento

Eliminar la acumulación de residuos y limpiar con telas y líquidos que no los dejan, de manera similar en la que se limpia el lente de una cámara.

Si el filtro esta dañado producirá calor en exceso y esto se detecta colocando un dedo en la extremidad de la puntera se activa al aparato por 3 minutos continuos, si se percibe calor el filtro esta dañado y debe remplazarse.<sup>1</sup>



**El filtro debe ser removido cuando sea posible y limpiarse periódicamente.<sup>1</sup>**

**- Regulador de tiempo:**

Verificar cuidadosamente los intervalos de tiempo con reloj o cronómetro ya que algunas unidades no poseen previsoires en este mecanismo y pueden desencadenar errores.<sup>1</sup>

- **Ventilador:**

Para evitar problemas con el ventilador se debe mantener limpio y permitirle una buena circulación del aire; esto se puede hacer con la ayuda de la jeringa triple y una bomba de succión.<sup>1</sup>

## **7.1 Limpieza, esterilización y desinfección.**

La esterilización consiste en un objeto contaminado a un proceso específicamente designado para aniquilar cualquier tipo de vida microscópica.

Los componentes externos de la unidad deben ser limpiados con un trapo suave humedecido con una solución desinfectante de preferencia a base de glutaraldehído ya que solventes a base de petróleo ó yodoformo pueden manchar ó alterar la superficie de la unidad.

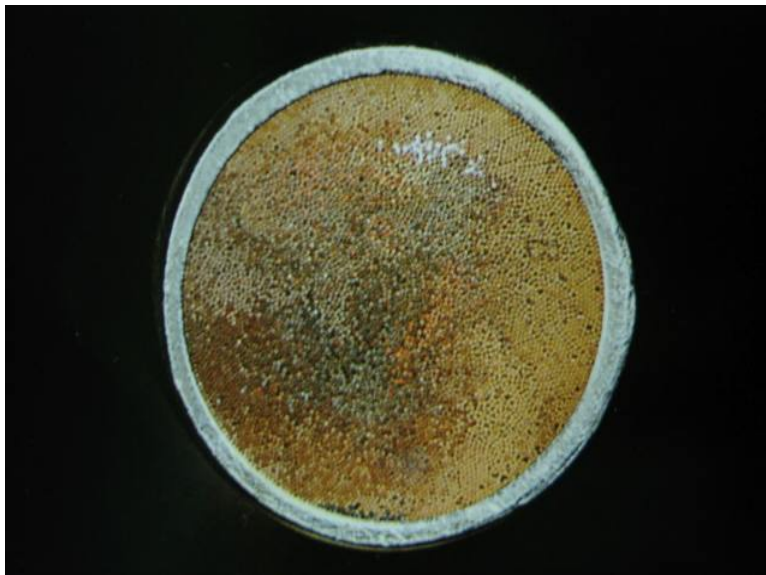
Los residuos materiales adheridos a la superficie de las punteras ópticas se deben remover antes de la esterilización con instrumentos plásticos o de teflón tienen un mecanismo de defensa que corta la luz cuando el ventilador presenta cualquier problema cuando la unidad no tiene este mecanismo se puede detectar la falla del ventilador por el aumento de ruido y la emisión de calor es entonces cuando debe ser reemplazado.<sup>1</sup>

- **Punta de fibras ópticas:**

La punta óptica esta en íntimo contacto con el paciente y aunque no parezca estar contaminada con fluidos y sangre debe ser esterilizada o desinfectada después de su uso, pero lo que las puntas son removibles, para evitar una contaminación cruzada; debe ser sometida a esterilización en autoclave a temperatura de 131/136 °C / 30 psi durante 20 minutos.<sup>1</sup>

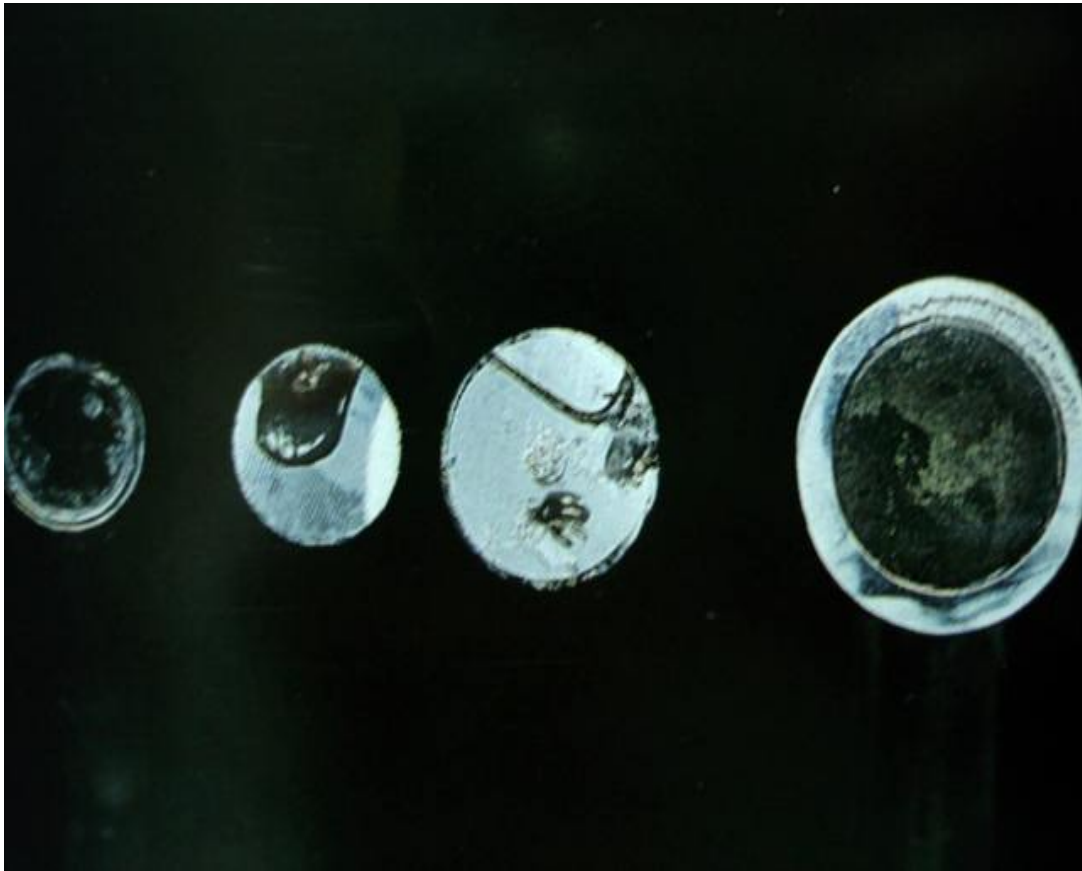
La punta no debe sumergirse en soluciones desinfectantes a menos que se indique por el fabricante.<sup>1</sup>

Se debe usar agua destilada y no corriente por los minerales disueltos que el agua corriente contiene ya que pueden formar depósitos en las terminaciones de las fibras del guía luminoso y reducir la calidad y cantidad de luz final, aún con agua destilada la superficie de las puntas presentan una coloración gris oscura ó café por los depósitos formados durante el ciclo seco de la autoclave; por lo que se recomienda que cada 50 ciclos de esterilización se repula la superficie de vidrio de la puntera óptica; esto por la posibilidad de depósitos pigmentados debido a la evaporación del agua; el repulido debe hacerse con lijas y discos de pulido delicados.<sup>1</sup>

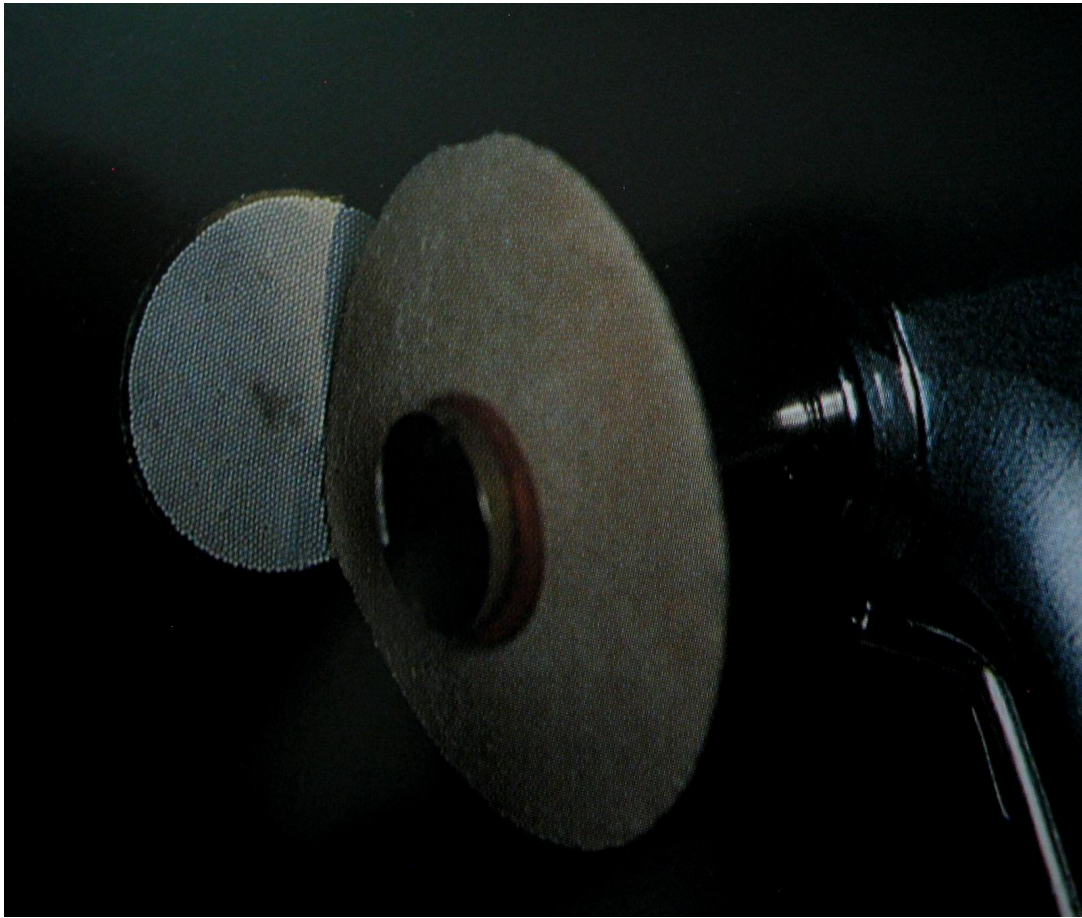


**Extremidad de la punta óptica pigmentada por los depósitos de minerales.<sup>1</sup>**





**Extremidad de puntas ópticas contaminadas y con residuos de adhesivos y composites polimerizados.<sup>1</sup>**



**La superficie de las puntas ópticas deben de ser repulidas después de aprox. 50 ciclos de esterilización en autoclave; solo lijas y discos delicados para pulimiento deben utilizarse en el proceso.<sup>1</sup>**

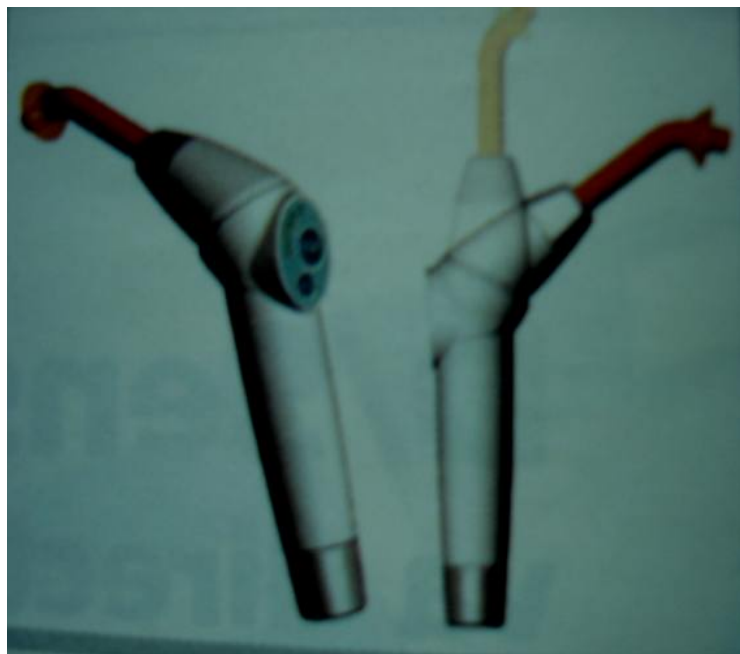
## **CAPÍTULO 8**

### **INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA.**

Probablemente ninguna otra tecnología desarrollada en la última década ha tenido tanto impacto en la odontología general como la lámpara para fotopolimerizar. A continuación se mencionan las lámparas más recientes disponibles en el mercado y sus características.<sup>13</sup>

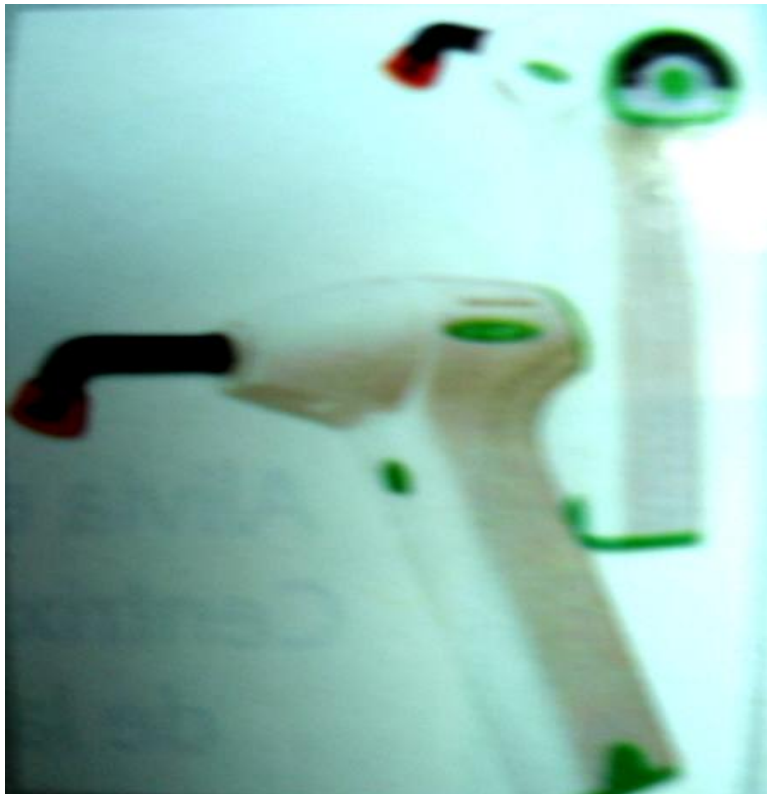
#### **ANTHOS:**

La alta eficiencia de la lámpara para fotopolimerizado T – LED se basa en diodos emisores de luz, en un instrumento sofisticado con un diseño funcional. Una sencilla junta de pivote en el mango del instrumento le permite al usuario cambiarlo de una recta de 180° a un ángulo de 120°. La unidad es de peso ligero y viene completa con 4 programas de tiempo/potencia. Proveedor: Anthos, Italia.<sup>13</sup>



### **GC AMERICA:**

La G – Light es una lámpara LED portátil que polimeriza todos los composites dentales. Esta lámpara usa 2 series diferentes de LEDs en el mismo aparato, lo que le permite operar en las 2 longitudes de onda de 470 a 403 nm. Aunque sin cable, esta lámpara suministra una alta intensidad, es liviana, ergonómicamente diseñada y dotada de una guía de luz turbo de 8 mm. Desde el panel de control se pueden marcar tiempos de polimerización de 5, 10 ó 20 segundos, teniendo además una opción de polimerizado continuo. Un control de longitud de onda permite cambiar entre 470 y 403 nm. La batería recargable tiene un indicador que va desde el verde (carga completa), al amarillo (media carga) y al rojo (descargada) a medida que la batería se va debilitando por el uso. Proveedor: GC América, EUA.<sup>13</sup>



### **3M ESPE:**

La lámpara de fotopolimerizar Elipar™ Free Light 2 LED ofrece un poderoso desempeño de fotopolimerización que reduce en un 50% los tiempos de polimerización recomendados para la mayoría de los productos fotopolimerizables con fotoiniciadores en el rango de 430 a 480 nm. El nuevo espectro de emisión de las unidades LED le da compatibilidad con la canforquinona, el fotoiniciador usado en la mayoría de los materiales dentales, por que la energía se concentra en el rango de absorción máxima.

La lámpara Free Light 2 tiene una potencia pico de salida de aproximadamente 100mw/cm<sup>2</sup> por lo que se reporta que polimeriza al doble de la velocidad que las lámparas convencionales sin poner en peligro los resultados. Otras características de esta unidad son: ausencia del cable, un microprocesador de punta que mantiene constante la salida de luz sin importar la carga de la batería, un diseño ergonómico, 2 modos de polimerizado y fácil mantenimiento.

Proveedor: 3M ESPE, EUA.<sup>13</sup>



**ACTEON GROUP/SATELEC:**

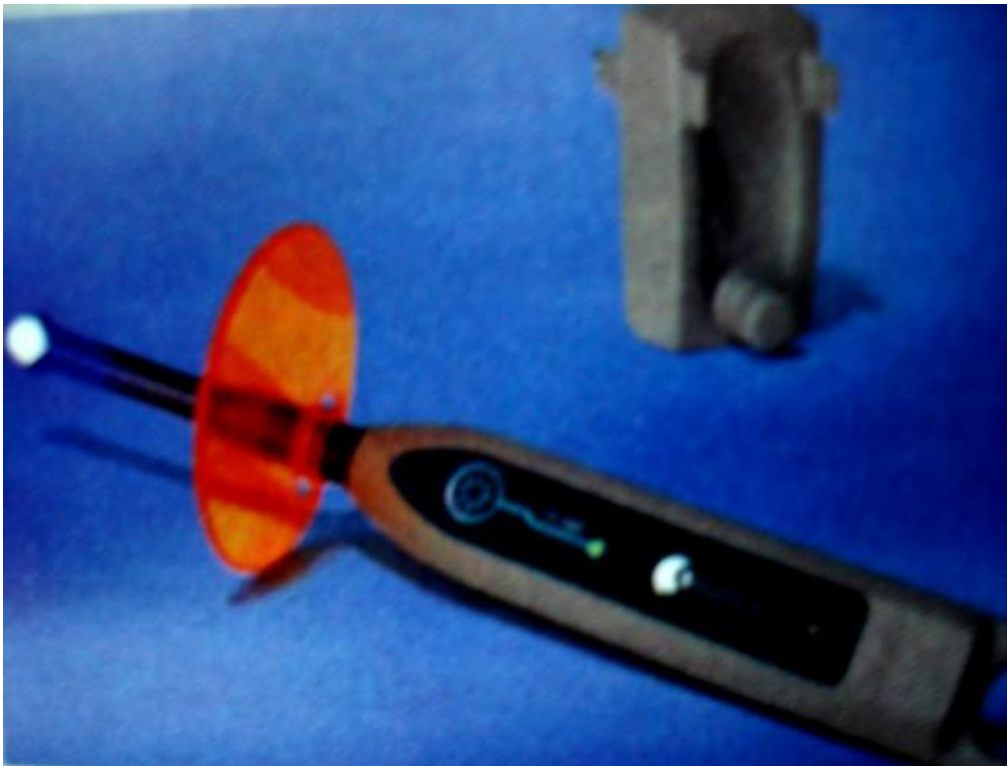
La mini LED Advantage produce 1250 mw/cm<sup>2</sup> sin aumento de temperatura. Emite su luz en la parte más eficiente del espectro adecuándose a los fotoiniciadores de composite más populares: canforquinona (470 nm), ó fenil – propanodiona (430 nm), tiene 3 modalidades de polimerización: rápida/ pulso/ incremental.

Proveedor: Acteon Group (Satelec), Francia.<sup>13</sup>



**DENTSPLY:**

La SmartLite™ PS LED es una lámpara de fotopolimerizar con pieza de mano tipo pluma (estilógrafo) con alta potencia de salida y sin cable, la unidad es ligera y pequeña, con un LED de 5 watts en la punta. Proveedor: Dentsply, México.<sup>13</sup>



### **IVOCLAR VIVADENT:**

La bluephase C5 es una lámpara polimerizadora LED compacta con una intensidad lumínica de más de 500 mw/cm<sup>2</sup>. El diseño está basado en el LED bluephase de alto desempeño y se caracteriza por una pieza de mano liviana. La pieza de mano tiene medidor de luz integrado. Proveedor: Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein.<sup>13</sup>





### **COLTÉNE / WHALEDEDENT:**

La lámpara fotopolimerizadora Coltolux LED esta diseñada para polimerización intra y extra oral de composites iniciados con canforquinona. La unidad es fácil de usar, con su sonda fotopolimerizadora delgada y liviana. Un solo botón controla toda la unidad, que puede dar centenares de fotopolimerizaciones con una sola carga de energía. Proveedor: Colténe / Whaledent, EUA.<sup>13</sup>



#### **IV – TECH:**

La fotopolimerizadora estilo pluma (estilógrafo) TuTu 7 tiene un LED mejorado de alta potencia (1500 mw), espectro amplio de longitud de onda (380 – 480 nm) y 3 modalidades de funcionamiento (resina adhesiva ortodóntica, resina compuesta normal y resina fluida). La unidad es liviana y recargable pudiendo dar hasta 500 ciclos de 15 segundos después de 6 horas de carga. Proveedor: IV – Tech, Corea.<sup>13</sup>



**DENTSPLY:**

La lámpara para fotopolimerizar QHL 75™ Curing Light está diseñada para la fotopolimerización de todos los materiales dentales fotosensibles. El versátil sistema ofrece alta potencia de salida (mínimo de 450 mw/cm<sup>2</sup>) y un suiche de gatillo con capacidad de interrumpir el ciclo. Proveedor: Dentsply, México.<sup>13</sup>



**APOZA:**

La unidad D – 2000 es una lámpara de fotopolimerizar diseñada ergonómicamente con LEDs de 5 w. Su diseño 2 en 1 permite su uso con ó sin cable y su soporte incluye un probador digital para medir la potencia de salida de la luz. La unidad se puede recargar con el cargador incluido. Proveedor: APOZA Enterprice Co. Ltd, Taiwán.<sup>13</sup>



### **ACTEON GROUP / SATELEC:**

La lámpara fotopolimerizadora Mini LED™ esta fabricada en aluminio anodizado y usa tecnología LED de 2ª generación. El espectro de emisión de luz azul cubre el rango de 410 nm a 490 nm. Se entrega con una guía de luz universal, esterilizable en autoclave, de 7.5 mm de diámetro que genera luz para fotopolimerizar de una densidad de 1250 mw/cm<sup>2</sup> (+/- 10%). Como equipo opcional esta disponible una guía de 5.5 mm (Booster Tip) con alto poder polimerizador a 2000 mw/cm<sup>2</sup> (+/-10%). La batería de ión de litio tiene capacidad para dar 300 ciclos de polimerizado en una carga y se recarga completamente en 2 horas en su base. Un radiómetro integrado verifica la potencia de emisión automáticamente.

Proveedor: Action Group (Satelec), Francia.<sup>13</sup>



**ROLENCE:**

La lámpara Cute – lite IILD tiene un LED azul de alta potencia con una densidad de 1000mw/cm2. Es ligera ergonómica y balanceada con un diseño anti – fatiga. La luz de LED coincide con el espectro de absorción de la canforquinona. El LG permite una rotación de 270° que facilita su operación. Proveedor: Rolence Enterprise, Taiwán.<sup>13</sup>



**DIADENT:**

La lámpara Q – Lite ostenta una pieza de mano liviana y durable, sin cable, que disipa rápidamente el calor de la luz de alta intensidad (110 mw/cm<sup>2</sup>). Su rango de longitudes de onda de 430 a 490 nm cubre toda clase de composites. La unidad viene con una batería de ión de litio, una función de apagado automático para asegurar la vida de la batería, y un paquete de baterías removible.

Los tiempos del curado prefijados permiten las modalidades de polimerizado en 2 pasos o curado de arranque – bajo. El conveniente cronoregulador de 4 pasos ofrece tiempos de 5, 10 y 20 segundos. Proveedor: DiaDent Group Internacional, Corea.<sup>13</sup>



**DENTSPLY:**

La lámpara para fotopolimerizar Spectrum 800 es una unidad versátil que ofrece un ajuste de intensidad que le permite repetir su desempeño siempre con la misma calidad, potencia de salida alta (hasta 800mw/cm<sup>2</sup>). Capacidad de interrupción del ciclo, tiempos prefijados de 10 a 60 segundos en incrementos de 10 segundos y un radiómetro integrado en la base de la unidad y una pantalla indicadora LCD en la pieza de mano. Proveedor: Dentsply, México.<sup>13</sup>





**DENTAMERICA:**

La unidad LITEX 395C es una lámpara LED para fotopolimerizar, sin cable, que tiene una intensidad de mas de 1200 mw/cm<sup>2</sup> y pesa solo 150 g. la potencia de la luz LED puede polimerizar 4 mm de composite en solamente 10 segundos mientras la vida útil del LED es 50000 horas. La carga completa de su batería de ión de litio suministra 750 ciclos de curado de 10 segundos.

Proveedor: Dentamerica Inc; EUA.<sup>13</sup>



## **CONCLUSIONES.**

El desarrollo de la tecnología de las fuentes lumínicas para fotopolimerizar en odontología ha sido constante y ha causado gran controversia entre la comunidad odontológica, esto debido a la falta de conocimiento sobre el tema, la mayoría de los odontólogos nos conformamos con saber que se necesita una lámpara para fotopolimerizar determinados materiales dentales sin preocuparnos por conocer las características mínimas indispensables que esta fuente lumínica para fotopolimerización debe tener, además de que debemos considerar el proceso de fotopolimerización en si y la serie de factores que participan en él así como el mantenimiento que se le debe dar a la lámpara para garantizar su funcionamiento al 100% y que la polimerización se de en forma completa y adecuada.

La inmensa cantidad de modelos y marcas hacen cada vez más difícil la selección de una adecuada fuente lumínica para fotopolimerizar; por lo que es de suma importancia conocer los tipos de lámparas para fotopolimerizar existentes en el mercado y sus características y los requisitos que debe cumplir según las necesidades de uso requeridas en el consultorio dental, además de que al utilizarlas no debemos olvidar seguir las instrucciones del fabricante en cuanto al material a fotopolimerizar y el fotoactivador que contiene, esto para poder diferenciar los factores que podrían interferir al momento de la polimerización ya que estos pueden ser ocasionados tanto por la lámpara como por el material que se va a polimerizar o por el inadecuado uso de alguno de ellos que obviamente se complementan; también debemos tener presentes las medidas de protección para el usuario de la lámpara con el fin de evitar daños por la exposición a la luz que esta emite.

Si conocemos y manejamos de manera adecuada todos estos factores podremos elegir una fuente lumínica para fotopolimerización que cubra todas las expectativas necesarias para garantizar el éxito en el proceso de polimerización con cualquier material dental utilizado y en este aspecto asegurar el éxito del tratamiento realizado.

## BIBLIOGRAFÍA.

1. Baratieri N. Estética. Restauraciones Adhesivas Directas en Dientes Anteriores Fracturados. 2ª. Ed. Sao Paulo, Brasil: editorial Santos, 2004. Pp.117 – 133.
2. Guzmán H. Biomateriales Odontológicos de Uso Clínico. 3ª. Ed. Bogota: Ecoe Ediciones, 2003. Pp.227 – 236.
3. Anusavice K. Ciencia de los Materiales Dentales. 10ª. Ed. México: McGraw – Hill Interamericana, 1998. Pp. 144, 222 – 225.
4. Barrancos M. Operatoria Dental. 3ª. Ed. México: Editorial Médica Panamericana, 1999. Pp. 681 – 687.
5. Cabanes G. Fuentes Lumínicas para la Fotoactivación en Odontología.  
[http://www.infomed.es/auvbd/articulos2\\_biblio\\_cont.htm](http://www.infomed.es/auvbd/articulos2_biblio_cont.htm)
6. Portela A. Vasconcelos M. Branco R. Estudio de profundidad de polimerización de resinas compuestas utilizando dos tipos de lámparas para fotopolimerización. <http://www.dentsply.com.mx>

7. Bilbao J. Acosta C. Equipos de fotocurado. (Página del Centro Nacional de Materiales Dentales). 2001. Vol. 39 N° 2. [http://www.actaodontológica.com/39\\_2\\_2001/equipos\\_fotocurado.asp](http://www.actaodontológica.com/39_2_2001/equipos_fotocurado.asp)
8. Sánchez G. Luz Halógena para Fotopolimerización en Odontología: Actualización Sobre Riesgo Visual y Medidas de Control. <http://www.hospitalolavarria.com>
9. Pérez L. Estado actual de las lámparas de polimerización. <http://www.congresoadm2005.com>
10. Requisitos De una lámpara de Fotoactivación. <http://www.blanqueamientodental.com>
11. Saravia M. LED: Luz Emitida Por Diodos Para Fotopolimerización De Resinas Compuestas Usadas En Odontología Restauradora. <http://www.odontología-online.com>
12. Day R. Química Analítica Cuantitativa. 5ª Ed. México: Pearson Educación, 2003. Pp. 460 – 461.
13. Enfoque en tecnología – Lámparas para fotocurar. Noticias Dentales, 2006; 2: 8 – 10.

## GLOSARIO.

**Canforoquinonas:** Fotoiniciadores que contienen algunos materiales dentales fotopolimerizables.

**Dicroica:** Propiedad de algunos cuerpos para presentar 2 coloraciones.

**Disrupción:** Interrupción de un flujo.

**Espectro electromagnético:** Corresponde a todos los tipos de radiación, ordenados de acuerdo con su longitud de onda.

**Fibras ópticas:** Cuerpo sintético, flexible por cuyo interior se propagan rayos luminosos y con un coeficiente de absorción muy pequeño.

**Filamento:** Hilo delgado de cualquier sustancia, hilo metálico destinado a soportar altas temperaturas en las válvulas electrónicas y lámparas de incandescente.

**Intensidad:** Grado de energía de un agente natural o mecánico, de una cualidad, de una expresión, término genérico que se utiliza para expresar el valor de ciertas magnitudes; cantidad de electricidad que atraviesa una sección de un conductor por unidad de tiempo.

**Lámpara:** Aparato para obtener luz artificial

**Longitud de onda:** Dimensión que expresa el valor de una distancia en una vibración periódica, distancia entre dos puntos que se encuentran en el mismo estado de fase.

**mw/cm2:** Mini watt sobre centímetro cuadrado.

**Nanómetro:** (nm) milmillonésima parte de un metro

**Radicales libres:** Principio por el cual mediante un iniciador y un activador, se rompen las moléculas para conformar radicales que inicien la conformación de cadenas poliméricas.

**Reflejar:** Sustancia, aparato o sistema capaz de reflejar energía ó los rayos luminosos a grandes distancias.