



**DISEÑO DE UNA DE LÁMPARA DE FOTOCURADO LED DE ALTA
INTENSIDAD**

Autor: Kathleen Soto

Urb. Yuma II, Calle N° 3, Municipio San Diego

Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA
CARRERA ODONTOLOGÍA

**DISEÑO DE UNA DE LÁMPARA DE FOTOCURADO LED DE ALTA
INTENSIDAD**

**Proyecto de Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para
optar al título de Odontólogo**

Autor:

Kathleen Soto

Tutores

Od. Leonard Bustamante

Od. Graciela Carvallo

Junio, 2017



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
 COORDINACIÓN DE TRABAJO DE GRADO
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
 ESCUELA DE ODONTOLOGÍA

PLANILLA SOLICITUD

DATOS PERSONALES		
Apellidos: Soto Pedemonte	Nombres: Kathleen Veronica	C.I.: 25.091.935
Dirección: San Diego. Urb los Tamarindos casa N 42		Teléfono: 0414-3493707
DATOS ACADÉMICOS		
Escuela: Odontología	Índice Académico: 13,01	
DATOS DEL PROYECTO DE GRADO		
Autor:		
Nombre	Kathleen Soto	Teléfono: 0414-3493707
Título Del Trabajo: DISEÑO DE UNA LAMPARA DE FOTOCURADO LED DE ALTA INTENSIDAD		
Breve Explicación: Proyecto factible que plantea el diseño de una lámpara de fotocurado LED de alta intensidad para la producción y distribución en el territorio Nacional		
Lugar Donde Se Desarrollara El Proyecto: Universidad José Antonio Páez		
Tiempo De Desarrollo: Dos (2) Semestres		
Tutor Académico Propuesto: Od. Leonard Bustamante		

APROBADO: NO APROBADO:

COMITÉ DE EVALUACIÓN, COORDINACIÓN DE PASANTIAS Y TRABAJO DE

<u>Evy Wepper</u>	<u>[Firma]</u>	<u>23/06/2017</u>
NOMBRE	FIRMA	FECHA
<u>Isabel Tibiray Grijó</u>	<u>[Firma]</u>	<u>27/6/17</u>
NOMBRE	FIRMA	FECHA





REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA
CARRERA ODONTOLOGÍA

San Diego, abril de 2017

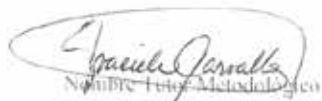
ACTA DE REVISIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado: **"Diseño de una lámpara de fotocurado LED de alta intensidad"** ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.


Nombre Tutor Académico


Firma

04-04-17
Fecha


Nombre Tutor Metodológico


Firma

04-04-17
Fecha



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE CIENCIAS PARA LA SALUD
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA
CARRERA ODONTOLOGÍA

**DISEÑO DE UNA LAMPARA DE FOTOCURADO LED DE ALTA
INTENSIDAD**

ESTUDIANTE

Cédula de Identidad

1. 25.091.935

Nº Nombres y apellidos

Kathleen Soto

Tutor Propuesto: Dr. Leonard Bustamante

Firma: 

Cédula de Identidad ° 13.663.369

COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO


Firma



23/06/2017
Fecha

San Diego, Junio, 2017

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Leonard Bustamante, portador (a) de la Cedula de Identidad N° 13663369, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el(la) ciudadano(a) Kathleen Solo, portador(a) de la Cedula de Identidad N° 25.091.935, titulado "Diseño de una lámpara de fotocurado LED de alta intensidad"

presentado como requisito parcial para optar al título de Odontólogo, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 17 días del mes de 04 del año dos mil dieciséis.



(firma autógrafa)

Nombres y apellidos

C.I. 13663369



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE TRABAJO DE GRADO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA**

ACTA DE APROBACION DEL TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ciencias de la Salud, para la evaluación del trabajo de grado titulado **“DISEÑO DE UNA LAMPARA DE FOTOCURADO LED DE ALTA INTENSIDAD”**, realizado por **Kathleen Soto C.I 25.091.935** . Cursante de la carrera ODONTOLOGIA, hace constar después de analizar su contenido y oír la exposición oral, considera que reúne los méritos suficientes para su aprobación, asignándole la CALIFICACIÓN DEFINITIVA

DE: _____ (_____) PUNTOS.

Tutor academico (coordinador)
Nombre: Leonard Bustamante
C.I.:13.663.369

Jurado
Nombre: Dafne Mata
C.I.:8.464.854

Jurado
Nombre: Ivettmar Gamez
C.I.:9.436.559

Fecha: _____

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pp.
RESUMEN INFORMATIVO.....	V
INTRODUCCIÓN.....	1-2
CAPÍTULO I EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del problema.....	3-6
1.2 Formulación del problema.....	7
1.3 Objetivos.....	7
1.4 Justificación.....	8-9
1.5 Limitaciones.....	10
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes.....	11-16
2.2 Bases teóricas.....	17-31
2.3 Definición de términos.....	32-34
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	
3.1 Tipo y diseño de la investigación	35-36
3.2 Población y muestra.....	37
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	38-38
3.4 Validez del instrumento.....	38
3.5 Confiabilidad del instrumento.....	39
3.6 Análisis de factibilidad económica.....	40
3.7 Diagnóstico o análisis de necesidades.....	40

3.8 Análisis descriptivo del diagnóstico.....	41-54
--	-------

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO

4.1 Conclusión del análisis del diagnóstico.....	55
--	----

CAPÍTULO V LA PROPUESTA

5.1 Presentación.....	56-57
------------------------------	-------

5.2 Objetivos.....	58
---------------------------	----

5.3 Justificación de la propuesta	58-59
--	-------

5.4 Fundamentación teórica de la propuesta	59-62
---	-------

5.5 Actividades y recursos para su ejecución	63
---	----

5.6 Factibilidad de la propuesta	63-64
---	-------

5.7 Metodología.....	65
-----------------------------	----

5.8 Ejecución de la propuesta	65-67
--	-------

5.9 Conclusiones y recomendaciones.....	68-69
--	-------

Referencias bibliográficas.....	70-71
---------------------------------	-------

Anexos.....	72
-------------	----

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Estudio comparativo de Clinicians Report.....	73
Tabla 2.2 Magnitudes básicas de fotometría y radiometría.....	30
Tabla 2.3 Operacionalización de las variables.....	74
Tabla 3.1 Costos de producción.....	75
Tabla 3.2 Instrumento de la investigación.....	76
Tabla 4.1 Importancia de la lámpara de fotocurado en un consultorio dental.....	41
Tabla 4.2 El desempeño de la lámpara de fotocurado de mi consultorio es excelente.....	42
Tabla 4.3 Microfiltración, fractura y despigmentación como consecuencias de la sobrepolimerización.....	43
Tabla 4.4 Incidencia de pacientes con restauraciones con filtración marginal.....	45
Tabla 4.5 Las lámparas de fotocurado representan alto costo de inversión.....	46
Tabla 4.6 Disminución de los costos por producción nacional.....	48
Tabla 4.7 La intensidad de salida debe ser mayor o igual a 300mw/cm ²	49
Tabla 4.8 Disminución de tiempos operatorios.....	50
Tabla 4.9 Disminución de la intensidad respecto al desgaste de las baterías.....	52
Tabla 4.10 Problemática de costos de mantenimiento.....	53

LISTA DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Gráfico 4.1 Distribución porcentual de la importancia de la lámpara de fotocurado en el consultorio dental.....	41
Gráfico 4.2 Distribución porcentual sobre la opinión ante el desempeño de las lámparas de fotocurado.....	42
Gráfico 4.3 Distribución porcentual sobre la opinión de la microfiltración, fractura y despigmentación diferentes como secuencias de la subpolimerización en restauraciones con resinas	44
Gráfico 4.4 Distribución porcentual sobre la incidencia de pacientes con restauraciones con filtración marginal.....	45
Gráfico 4.5 Sobre la opinión del alto costo de las lámparas de fotocurado.....	47
Gráfico 4.6 Distribución porcentual sobre la opinión ante la disminución de los costos de las lámparas de fotocurado al ser estas producidas nacionalmente.....	48
Gráfico 4.7 Distribución porcentual sobre la opinión general ante la intensidad de salida mayor o igual a 300mw/cm ²	49
Gráfico 4.8 Distribución porcentual sobre la opinión general ante la disminución de los tiempos operatorios.....	51
Gráfico 4.9 Distribución porcentual sobre la opinión general ante la disminución de la intensidad respecto al desgaste de las baterías en dispositivos recargables.....	52
Gráfico 4.10 Distribución porcentual sobre la opinión ante la problemática de los costos de mantenimiento en dispositivos que usan fibras de vidrio y baterías.....	53

Figura 5.1 Housing de la pieza de mano.....	77
Figura 5.2 Tarjeta interna.....	77
Figura 5.3 Posicionamiento del LED de 3000mW/cm2.....	78
Figura 5.4 Pieza de mano terminada	78
Figura 5.5 Comparación entre las puntas de una lámpara convencional y la propuesta.....	79



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA
CARRERA ODONTOLOGÍA

DISEÑO DE UNA DE LÁMPARA DE FOTOCURADO LED DE ALTA INTENSIDAD

Tutor(a):

Autor(a): Kathleen Soto

Od. Leonard Bustamante

Od. Graciela Carvallo

Fecha: Junio 2017

RESUMEN INFORMATIVO

El presente estudio está enmarcado en la modalidad de proyecto factible y fundamentado en un diseño de campo no experimental. Consta de una fase diagnóstica para establecer la necesidad de desarrollar una lámpara de fotocurado LED de alta intensidad en el país, considerando una muestra no probabilística, equivalente al 20% de la población estudiada, a la que se le aplicó una encuesta, cuyos resultados arrojaron, inconformidad con las lámparas actuales del mercado dado sus altos costos, poca eficacia y alta incidencia de fracasos en las restauraciones. Posteriormente se realizó tanto la factibilidad de una propuesta así como el diseño de una lámpara de fotocurado LED que brinde solución al problema planteado.

Descriptor: Lámpara de fotocurado, LED.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo e inversión tecnológica en odontología y especialmente en Venezuela es un asunto de vital importancia en los momentos que actualmente se encuentra viviendo el país. La ausencia casi total de empresas nacionales dedicadas al desarrollo, fabricación y comercialización de tecnología representa múltiples obstáculos a la economía, empezando por la dependencia a la importación de estos bienes y en consecuencia la gran demanda y escasa oferta de productos de comprobada excelencia; los altos costos que representan la importación de equipos y materiales medico-odontológicos derivan en un aumento de un mercado que pese al sacrificio de los aspectos de calidad se presentan más asequibles a sus consumidores.

En particular, estos productos usualmente provenientes de países asiáticos presentan notables fallas operacionales o de calidad. Acerca de esto Gordon J. Christensen (2013) en un estudio publicado por Clinitians Report, pone en evidencia el hecho de que lámparas de fotocurado extremadamente económicas están siendo vendidas a través de internet con precios entre 9 y 75 USD lo que representa apenas el 1% del costo de una lámpara de fotocurado Premium, aunque presentando estas numerosos defectos que finalmente repercutirán directamente en la calidad de las restauraciones.

Es un hecho bien conocido que estas lámparas de fotocurado estudiadas por el Dr. Gordon J. Christensen son unas de las más comunes entre los estudiantes e incluso profesionales de la República en los actuales momentos, de allí nace la preocupación y la intención de la investigadora en impulsar el desarrollo e inversión tecnológica para el país.

Vale destacar que la tecnología LED con una alta intensidad y una baja emisión de calor, representa numerosas ventajas que permiten una gran versatilidad en el diseño de este tipo de dispositivos, permitiendo potencialmente disminuir sus costos. Si pensamos en una lámpara de fotocurado como lo que en esencia es: “una lámpara” se vuelve sencillo esquematizar las partes que componen a dicho dispositivo a grosso modo, un bombillo, un botón y una fuente de poder. Claro está que el hecho de que esta “lámpara” sea utilizada en el campo de la medicina-odontológica implica la intervención de aspectos científicos que deben ser cuidadosamente estudiados para lograr una correcta ejecución o ensamblaje de lo que se tiene en mente.

El presente estudio pretende marcar un precedente en esta línea de investigación. Especialmente acerca de estos dispositivos poco estudiados y que en múltiples ocasiones el odontólogo da por sentado sin antes cuestionar los aspectos concernientes a la luz, su espectro, la intensidad, los compuestos fotoactivados, sus componentes y las reacciones que toman lugar en el proceso de fotopolimerización; en conjunto con los aspectos concernientes al diseño, ergonomía, y durabilidad de este tipo de dispositivos que son los aspectos que serán tratados a continuación, la investigación se encuentra estructurada de la siguiente manera:

Capítulo I El Problema, conformado por el Planteamiento del problema, Objetivo general, Específicos, Justificación de la investigación y limitaciones.

Capítulo II Fundamentación Teórica, integrada por los Antecedentes de la Investigación, Bases Teóricas que sustentan el estudio y Definición de Términos empleados.

Capítulo III Metodología, constituido por la descripción del Tipo y Diseño de la Investigación, Población y Muestra, Técnicas de Recolección de la Información y Técnicas de Análisis de los datos recolectados.

Capítulo IV y V conformado por el Análisis de los resultados y finalmente la elaboración de la propuesta con base a la Fundamentación teórica en conjunto con los Análisis de factibilidad.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La degradación de las estructuras dentales va directamente de la mano de cualquier ser vivo que posea dichos tejidos; y es el avance de la tecnología a través del tiempo lo que ha permitido al odontólogo sustituirlos con materiales que puedan cumplir con las necesidades funcionales y estéticas requeridas.

Inicialmente se contaba con las resinas de primera generación que polimerizaban por la reacción química que se daba entre dos pastas (base y catalizador). Más tarde, el desarrollo de composites fotocurables representó un giro totalmente revolucionario para la odontología restauradora, permitiendo una mayor versatilidad y control del tiempo de trabajo del material, esto trajo consigo el desarrollo de distintos dispositivos de fotopolimerización (DF).

No obstante, existen dos grandes problemas con la resina compuesta según lo indican Davidson y Feilzer (1997) en primer lugar, la contracción por polimerización y en segundo lugar, la liberación de monómeros residuales en el medio oral a causa de la sub-polimerización. Estos monómeros residuales pueden entrar en el cuerpo humano a través de la piel, la mucosa oral, la dentina y la pulpa.

Según lo afirma el Doctor Strassler (2013) los dentistas asumen que la activación de una lámpara de fotocurado de manera fiable y previsible, polimerizará el material restaurador en su totalidad; sin embargo, hay muchos factores que deben tenerse en cuenta cuando se usan materiales fotopolimerizables. Aun cuando las apariencias señalen que todas las lámparas de fotocurado son adecuadas, investigaciones recientes han demostrado que no todas son igualmente eficaces.

El mismo autor afirma que todos los dispositivos de curado generalmente emiten luz azul y tienen interruptores de encendido y apagado. Más allá de eso, las diferencias son extensas y sustanciales; aun cuando existen normas que rigen y regulan la fabricación de estos dispositivos, como la ISO 4049 y la ISO 10650-2; existen compañías que introducen al mercado productos de bajos costos pero usualmente deficientes que no cumplen con estas normas y regulaciones dando lugar a la aparición de gran cantidad de dispositivos de fotocurado con pobre desempeño.

Es preciso señalar que con frecuencia se puede encontrar una estrecha relación entre la economía que enfrentan países en vías de desarrollo y la probabilidad de encontrar en gran medida estos productos de bajos costos en el mercado. Ahora bien, cabe destacar que no es una regla general que el costo tenga una relación directa con la calidad; de hecho existe un sin número de productos de excelente calidad cuyos costos no son necesariamente los más altos del mercado. Pero este es un asunto que debe ser cuidadosamente evaluado por el profesional.

Para determinar de forma exitosa la calidad de un producto es necesario conocer las normas que regulan su fabricación, las propiedades y las características que este debe tener para lograr los objetivos que se desean alcanzar; se puede afirmar que no es una cuestión sencilla siendo que el odontólogo utiliza una amplia variedad de materiales e instrumentos.

En consecuencia, existen muchas empresas que toman provecho de esto y ofrecen productos que claman ser funcionales o cumplir los objetivos necesarios cuando realmente dicha premisa no es cierta; y sucede esto así por la simple razón de que representa de algún modo más ganancias para el fabricante.

En este sentido, la potencia o la intensidad de la luz que emiten los DF son factores de alta significancia a la hora de determinar el éxito de una restauración con resinas compuestas, cuando estas se curan, la luz que pasa a través del compuesto se atenúa, lo que significa que las capas más profundas de la resina compuesta son menos curadas; resulta necesario enfatizar que los monómeros libres son citotóxicos, siendo esto un factor irritante para la pulpa.

En esencia, cualquier factor que disminuya la intensidad de la luz que pasa a través del compuesto disminuirá las tasas de conversión de este; y si se consiguen niveles de conversión inadecuados durante la polimerización, se reducen las propiedades mecánicas y la resistencia al desgaste; en otras palabras, con un curado incompleto, la consecuente liberación de los monómeros residuales se convierte en un gran problema de biocompatibilidad a la vez que la estabilidad del color se verá comprometida.

Acerca de este particular Strassler (Op. Cit) afirma que existen evidencias suficientes que indican que las consecuencias de una insuficiente polimerización, resultará en una restauración que tendrá menores propiedades óptimas y pobre desempeño clínico, dando lugar a problemas como lo son: filtraciones asociadas al mal sellado marginal, desgaste del material, fracturas y caries recurrentes; todos estos problemas son encontrados a diario en alto porcentaje en las consultas odontológicas bien sea públicas o privadas.

En la actualidad, el mercado odontológico en Venezuela se encuentra saturado con productos odontológicos provenientes de Asia, sin embargo, no todos estos ofrecen calidad, tal como lo reflejan estudios realizados y divulgados por el Dr. Gordon J. Christensen, en donde se señala que estas lámparas asiáticas pueden presentar diversas fallas operacionales que pueden afectar directamente la calidad de las restauraciones. No obstante, estas lámparas son evidentemente unas de las más adquiridas y usadas por los estudiantes e incluso profesionales de odontología en Venezuela en los actuales momentos por ser estas muy económicas e incluso consideradas una “ganga” tal como lo describe el Dr. Gordon Christensen ya que estas son notablemente económicas, al compararlas con otras marcas de lámparas de fotocurado Premium disponibles en el mercado internacional.

Resulta importante mencionar que es frecuente observar en áreas clínicas de la Universidad José Antonio Páez, pacientes que regresan nuevamente a la consulta luego de haberles realizado restauraciones con resina con fallas como: pigmentación, filtraciones marginales, desprendimiento de la restauración y en el peor de los escenarios, dolor; siendo esto entonces indicativo de un procedimiento endodóntico absolutamente innecesario ya que existe evidencia suficiente que sugiere que estas consecuencias, pueden estar relacionadas directamente a una polimerización incompleta del composite, entre otros aspectos.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Desde esta perspectiva general se formula entonces la siguiente interrogante:
¿Es factible diseñar una lámpara de fotocurado LED de alta intensidad para la producción nacional con fines de abastecer al mercado odontológico Venezolano?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar una lámpara de fotocurado LED de alta intensidad.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la necesidad de desarrollar una lámpara de fotocurado LED de alta intensidad en el país.
- Determinar la factibilidad económica de diseñar y desarrollar una lámpara de fotocurado LED de alta intensidad.
- Diseñar una unidad de fotocurado LED de alta intensidad.
- Elaborar la propuesta de la Lámpara de fotocurado.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La importancia de este proyecto radica en que aproximadamente el 95% de los materiales utilizados en el área de la salud bucal en el país son importados, la razón de esto reside en que actualmente en Venezuela no existen empresas que se dediquen a la fabricación de materiales, equipos e instrumental dental; siendo esto así, el estudiante e incluso el profesional odontológico se ven obligados a adquirir materiales e instrumentos que con frecuencia no son aprobados ni regulados por instituciones, asociaciones, normas o estándares ya que regularmente son estos los más asequibles en cuanto a costos se refiere y son por ende los más habituales en el mercado nacional actual.

Haciendo referencia a las consideraciones anteriores el presente estudio planteó el diseño de una unidad de fotocurado LED de alta intensidad, que pueda ofrecer una adecuada y eficaz polimerización de materiales de restauración fotocurables. Así mismo, la importancia de este estudio radica en los conocimientos que se desarrollaran en el mismo, obtenidos de revisiones bibliográficas actualizadas en relación al tema de resinas y polimerización de las mismas, lo que a su vez servirá como una guía de fácil comprensión para el profesional y el estudiante de odontología sobre los aspectos que influyen en la polimerización de los materiales fotoactivados que a diario se utilizan en los consultorios dentales.

De la misma forma se hace referencia a los aspectos y consideraciones que se deben tener al momento de juzgar las técnicas de polimerización; como fin último se pretende por medio de los conocimientos adquiridos y reflejados en el presente estudio en conjunto con la elaboración de la propuesta, influenciar en la disminución del porcentaje de restauraciones de resina defectuosas o con pobre desempeño clínico causadas primordialmente por el uso inadecuado de las lámparas de fotocurado, lo que servirá positivamente a la comunidad estudiantil, profesional y pacientes de esta área de salud.

En el mismo orden de ideas se destaca que la contracción por polimerización y el estrés de contracción del composite son factores que conllevaran a la restauración a presentar problemas de microfiltración; al mismo tiempo que una insuficiente polimerización representará diversos problemas como la liberación de monómeros, inestabilidad de color, disminuida resistencia al desgaste, entre otros.

Acerca de este particular Davidson y Feilzer (Op. Cit) comentan que como no se ha descrito todavía ningún método para manipular los materiales restauradores adhesivos que garantice una restauración a prueba de microfiltraciones, el clínico debe aceptar el problema de la contracción por polimerización y el estrés de contracción; y sólo una comprensión adecuada de los mecanismos que causan estos problemas y las técnicas que pueden reducir sus efectos permitirá al profesional obtener el máximo beneficio de la aplicación de estos materiales restauradores.

Se destaca que dentro de los alcances que se pretenden con este estudio, se encuentra primordialmente la posibilidad de brindar una solución que aminore los costos de producción nacional y comercialización de este tipo de dispositivos lo cual permite que sea accesible a la comunidad odontológica venezolana en general y por ende a los servicios de salud tanto públicos como privados.

1.5 LIMITACIONES

A este respecto es necesario resaltar principalmente el factor tiempo; es bien sabido que las actuales circunstancias y situaciones vividas en el país recientemente han afectado en gran manera el avance de cualquier actividad bien sea académica o laboral. Por ende el proyecto de investigación que inicialmente pretendía ser llevado a término junto con la elaboración y aplicación de la propuesta, deberá limitarse al análisis del diagnóstico y la elaboración de la propuesta con motivo de dar pie a la continuación de la investigación.

Entre las limitaciones de espacio o territorio cabe mencionar que este estudio ha sido realizado bajo la perspectiva de la evidente necesidad que la población profesional y estudiantil odontológica de la República Bolivariana de Venezuela presenta ante los aspectos económicos que pesan sobre los materiales y equipos utilizados en la actualidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Numerosos trabajos de investigación se han desarrollado al respecto del proceso de fotopolimerización, las consecuencias de una incompleta fotopolimerización, la incidencia y alto porcentaje de dispositivos de fotocurado deficientes a nivel mundial, entre muchos otros trabajos y artículos científicos publicados a este respecto.

Acerca de esto se menciona un estudio publicado por la Revista Colombiana de Investigación en Odontología en el año 2011 Realizado por Olga López, Jorge Acebedo, Luz Joya y Adriana López, titulado **“Evaluación de la intensidad de salida de la luz de las lámparas de fotocurado de una clínica dental”** cuyo objetivo fue determinar la intensidad de salida de la luz de sesenta y cuatro (64) unidades de fotocurado en una clínica odontológica, de acuerdo a las condiciones de integridad del mango y de la parte activa de la fibra óptica.

En este estudio de naturaleza descriptiva se utilizaron radiómetros para medir la intensidad de la luz halógena y la luz emitida por las unidades LED. La recolección de la información incluyó los siguientes datos: tipo de lámpara, intensidad registrada durante 40 segundos, estado de la parte activa de la fibra óptica e integridad del mango o tallo de la fibra óptica.

Se determinó que el 39% de las unidades de fotocurado revisadas no registraron una intensidad de salida de luz suficiente; el 48.43% de las unidades de fotocurado presentaban contaminación en la parte activa de la fibra óptica; la condición de integridad del mango de la fibra óptica no se cumplió en el 6% de las unidades de fotocurado del estudio; en otras palabras solo el 40% de las unidades de fotocurado evaluadas tenían una intensidad de salida adecuada y una integridad total de la fibra óptica; éstas serían las únicas unidades que garantizarían una adecuada polimerización de las resinas compuestas.

Además, los autores señalan que el curado óptimo de la parte profunda de una resina no puede lograrse con una intensidad de 200 mW/cm² y sólo se obtendría después de 120 segundos con una radiación de 300 mW/cm²; puede lograrse con 30 segundos de irradiación a 500m W/cm² y 20 segundos de irradiación a 600mW/cm² en esta investigación sólo el 9% de las unidades de fotocurado cumplirían con este requisito. Unidades de luz con intensidades entre 0 y 299 mW/cm², no deben ser utilizadas en la clínica.

A efectos de diseñar un dispositivo de fotocurado, este estudio muestra el elevado porcentaje de dispositivos deficientes en una clínica y la incidencia de defectos, contaminación y fracturas de la fibra óptica que en consecuencia disminuyen la intensidad de salida, situación que justificaría la necesidad de diseñar un dispositivo que no posea estas características que limitan su desempeño.

Por otra parte Maghaireh G, Alzraikar H y Taha N. En un artículo científico publicado en PubMed en el año 2013 titulado “**Evaluación de la irradiancia suministrada por las unidades de fotopolimerización en oficinas dentales privadas de Jordania**” el objetivo principal fue examinar la irradiancia emitida por los dispositivos de fotocurado en oficinas dentales privadas en Jordania, para esto dos de los autores visitaron 295 consultorios dentales privados y recopilaron la siguiente información sobre las unidades de fotocurado: tiempo de uso, tipo de lámpara, fecha de último mantenimiento, tipo de mantenimiento, última fecha de uso, el número de veces que se utiliza durante el día, la disponibilidad de un radiómetro, el tiempo de exposición utilizado en cada incremento de resina, el tamaño de las puntas de fibra óptica y la presencia de material compuesto a base de resina en las puntas.

Los autores utilizaron un radiómetro para medir la irradiancia, utilizaron regresión lineal con correlación escalonada para el análisis y establecen la irradiancia mínima aceptable a $300\text{mW}/\text{cm}^2$ y sólo 37 de las 141 unidades de cuarzo-tungsteno-halógeno (26,2 %) y 122 de las 154 unidades de diodos emisores de luz (79,2 %) suministraron al menos $300\text{ mW} / \text{cm}^2$. La contaminación con resina en las puntas de los dispositivos de curado tuvo un efecto significativo sobre la irradiación suministrada; la irradiancia de las lámparas disminuyó con el uso; la irradiancia de muchas de las unidades en este estudio fue inferior a $300\text{ mW} / \text{cm}^2$ lo que puede afectar la calidad de las restauraciones de composite a base de resina. Los dentistas deben monitorear el desempeño de los dispositivos de curado en sus oficinas semanalmente.

De la misma forma que el estudio anteriormente mencionado, este estudio demuestra un alto porcentaje de incidencia de unidades de fotocurado deficientes incluso en países del medio oriente; los autores tomaron por valor referencial de irradiancia mínima aceptable 300mW/cm² que es la intensidad mínima establecida en los estándares ISO para la fabricación de estos dispositivos; claro que a esta intensidad se necesita aproximadamente 120 segundos de exposición para que el material restaurador polimerice adecuadamente.

En el mismo año En un estudio publicado por Gordon J. Christensen en Clinicians Report que es un proveedor de Programas de Reconocimientos de Educación Dental Continua reconocido por la ADA titulado “**¿Debería su siguiente lámpara de fotocurado ser una ganga en línea?**” en donde un equipo de científicos evaluaron estas lámparas en sofisticados laboratorios, se pone en evidencia el hecho de que lámparas de fotocurado extremadamente económicas están siendo vendidas a través de internet con precios entre 9 y 75 USD, lo que representa apenas el 1% del costo de una lámpara de fotocurado Premium.

El estudio plantea que a pesar de que las 11 lámparas de fotocurado estudiadas, tenían valores de intensidad de salida sorprendentemente altos aunque poco estables disminuyendo o inclusive aumentando durante su uso; estas presentaban otros defectos como el hecho de que los temporizadores no eran consistentes; sin embargo, estas lámparas se desenvolvían bien en pruebas de polimerización aunque fallando en amplitud deseada de curado, controles, housing y sus componentes eléctricos eran de baja calidad en comparación con las lámparas de fotocurado Premium, además su confiabilidad a largo plazo es dudosa, no poseen certificaciones de seguridad y el soporte de fabricante no se evidenció. (VÉASE TABLA 2.1)

Por otra parte, las puntas o guías de luz son muy pequeñas y largas además de estar pobremente anguladas, lo que dificulta su correcto posicionamiento sobre piezas posteriores. Aun cuando estas lámparas fallaban en estos aspectos, logran demostrar que la tecnología LED trabaja bien y puede ser significativamente menos costosa. Sin embargo, Clinicians Report hace énfasis en que los clínicos deberían utilizar lámparas de fotocurado con seguridad y eficiencia clínica probada. Ya que todos estos aspectos antes mencionados repercuten directamente en la calidad de las restauraciones.

Posteriormente, en un artículo publicado por Dentistry Today que es un proveedor de Programas de Reconocimientos de Educación Dental Continua reconocido por la ADA, realizado en USA por H. Strassler y Richard Price titulado **“Comprendiendo el fotocurado, Parte 1 y 2: Entrega de Restauraciones exitosas y predecibles” (2015)** en donde se plantea como objetivo principal radica en explicar la importancia de la adecuada polimerización de materiales fotocurables y proveer al lector de una guía que le permita conocer y manejar las variables para lograr restauraciones exitosas.

Se hace énfasis en la idea de que la exposición a la luz es esencial para asegurar el éxito de la restauración. Si el adhesivo y los composites no se curan adecuadamente la restauración tendrá un alto riesgo de fallo prematuro; una polimerización insuficiente puede conducir a una resistencia de unión reducida, microinfiltración, sensibilidad postoperatoria, toxicidad pulpar, carencia de la estabilidad del color, mayor desgaste, caries recurrentes y fractura.

Los autores manifiestan que la clave para lograr el éxito clínico de las restauraciones con composites fotocurables reside en el manejo de los 4 conjuntos de variables que ha sido denominada “lista de verificación CORE” (en sus siglas en Inglés CORE denota: las características de la luz de curado, técnica del operador, características de la restauración que incluyen la ubicación, tamaño y profundidad de la cavidad en relación con la posición de la punta de luz y la energía).

La relevancia que representa este estudio radica en que se explican de manera sencilla y comprensible los fenómenos y variables que se involucran en el proceso de polimerización en un composite fotocurable. Resulta indispensable comprender estos factores a la hora de diseñar o incluso simplemente usar dichos dispositivos para asegurar su correcto manejo para así poder realizar restauraciones más adecuadas.

De forma similar R. Price, J. Ferracane y A. Shortall realizan un artículo en USA Publicado por el Journal of Dental Research, Vol. 94(9) 1179 –1186 titulado **“Unidades de fotocurado: una revisión de lo que necesitamos saber” (2015)** Se explica la importancia de un fotocurado adecuado para que las restauraciones de composite activadas por luz alcancen las propiedades deseadas por el fabricante y es un requisito básico para un éxito clínico predecible a largo plazo, pero establecer una relación directa entre la fotopolimerización inadecuada de los composites y el fracaso prematuro de la restauración en un ensayo clínico sería éticamente problemático.

Aunque es lógico pensar que si el composite no recibe la exposición radiante suficiente no alcanzará sus propiedades físicas previstas, esto puede ser la razón por la cual las causas más comunes del fracaso de la restauración incluyen fractura y caries secundarias debido al fallo adhesivo entre el diente y los composites; los perfiles de emisión espectral y de salida radiante de las luces de curado pueden no ser homogéneas, esto puede causar cambios de temperatura no uniformes y una fotopolimerización irregular dentro de la restauración de resina.

Los autores concluyen expresando que si podemos entender mejor qué luz es entregada del dispositivo de fotocurado y usar esta información para mejorar la capacidad del clínico de entregar luz suficiente al composite, entonces estamos abordando el problema de sub-polimerización de ambos lados y mejorando la oportunidad para una restauración exitosa.

2.2 BASES TEÓRICAS

El avance de la tecnología en el ámbito de odontología restauradora trajo consigo la tecnología de las resinas compuestas desarrolladas en 1962, que ha resultado una de las contribuciones más significativas en los últimos años para la odontología. A diferencia de sus antecesores, las amalgamas, estos materiales permiten conservar mayor cantidad de tejido dentario sano gracias a su capacidad de adherencia a este mismo, además de por supuesto, traer consigo una completa revolución al ámbito estético de esta profesión. Estos materiales maleables para la colocación y contorneado deseado se tornan sólidos al momento de polimerizarse.

Antes del desarrollo de los materiales activados por luz, los dos componentes del sistema iniciador para polimerizar una resina compuesta, requerían que dos pastas fueran mezcladas entre sí; luego de efectuada esta mezcla, la restauración debía ser colocada dentro del límite de tiempo de trabajo que proporcionaba el material antes de endurecer (polimerizar). El proceso de mezclado, presentaba la posibilidad de crear una mezcla desigual o inconsistente que pudiera provocar un fracaso prematuro de las restauraciones. A diferencia de los materiales con una reacción química con fotopolimerización; estos dependen de una energía suficiente en la luz y que ésta llegue a todas las áreas de la restauración para iniciar así, la conversión de monómero-polímero.

En consecuencia la aparición de esta tecnología ocasionó el desarrollo de las unidades de fotocurado, inicialmente se trataba solamente de lámparas que emitían una luz de rayos ultravioleta no visibles, pero rápidamente fueron desplazadas por los sistemas de luz azul visible que hoy conocemos.

Actualmente existen las lámparas halógenas, de arco plasmático, laser y Light Emitting Diode (LED) ahora bien; para comprender el funcionamiento de una lámpara de fotocurado es necesario conocer las variables, los compuestos y los fenómenos que intervienen en todo el proceso. Aunque puede resultar engorroso intentar comprender todos estos conceptos, serán a continuación explicados de forma puntual y sencilla.

Resulta imprescindible describir y conceptualizar a las resinas dentales. En cuanto a su composición; estos materiales constan de tres componentes: matriz de resina (contenido orgánico), partículas de relleno (parte inorgánica) y agentes de acoplamiento. La matriz de resina consiste principalmente en Bis-GMA (bisfenol-Aglicidildimetacrilato). Dado que el Bis-GMA es altamente viscoso solo, se mezcla en diferentes combinaciones con monómeros de cadena corta tales como TEGDMA (dimetacrilato de trietilenglicol). Por tanto, después de polimerizados los monómeros pueden liberarse del material restaurador. Una fotopolimerización más larga mejora la velocidad de conversión (encadenamiento de los monómeros individuales) y conduce así a menos liberación de monómeros, comentan Sideriou y Achilias (2005).

Por otra parte, los rellenos están hechos de cuarzo, cerámica y/o sílice. El contenido de relleno de un composite se determina a veces por la forma del relleno. En un estudio con diferentes tipos de resinas compuestas, se demostró que los materiales con rellenos compuestos prepolimerizados tienen el contenido de relleno más bajo y por lo tanto también la menor resistencia a la flexión y dureza. Los compuestos con partículas de relleno redondas tuvieron el mayor contenido de carga, lo que se asoció con mayor dureza y alta resistencia a la flexión. (Kim et al., 2002).

Reseña histórica de las lámparas de fotocurado

Fundamentalmente el desarrollo de estos dispositivos a través de la historia ha sido remarcable, variando en sus diseños para mejorar los aspectos ergonómicos, sus intensidades e incluso espectros electromagnéticos. Inicialmente las primeras unidades de fotopolimerización fueron desarrolladas en los años 1970 y emitían energía ultravioleta (UV) (alrededor de 365nm); aunque distintos problemas con estos dispositivos como su escasa capacidad de penetración, lentitud de fotoactivación y riesgo de dermatosis o lesión ocular ante exposiciones prolongadas desplazaron de forma rápida el uso de esta tecnología.

Posteriormente a mediados de los 80 y 90 la lámpara halógena paso a formar parte del inventario de instrumentos en las oficinas dentales; esta lámpara sufrió una escasa evolución en cuanto a su eficacia y eficiencia durante este período, siendo que los principales esfuerzos científicos se encontraban enfocados en la mejora de la polimerización mediante el desarrollo y la evolución de la composición química de los materiales fotocurables.

Generalmente, estas unidades dependen de la producción de luz proveniente de una bombilla que emite luz visible con una salida de 400–500 nm y depende de un sistema de filtrado para definir su rango exacto; en otras palabras, estas lámparas emitían una luz blanca que al ser filtrada emitía la longitud de onda deseada lo que en consecuencia significaba que gran parte de la radiación se desperdiciaba y se convertía en calor, por lo tanto, debían disponer de sistemas de ventilación para compensar la temperatura. Otro problema que presentan estas lámparas es que el productor de luz, el reflector y el filtro se degradan con el tiempo lo que produce una reducción de la intensidad de luz, afirma Marc Rovira (2006).

Posteriormente se desarrollaron las lámparas de arco de plasma, estos dispositivos generan un potencial eléctrico extremadamente alto entre dos electrodos de tungsteno situados en una cámara con un gas inerte (xenón), que será ionizado y reflejado en el interior de la mencionada cámara, de tal modo que se genera un haz de radiación concentrada de una intensidad que puede llegar a los 2.400 mW/cm². Estas unidades fueron introducidas con el objetivo de acortar los tiempos de exposición y obtener polimerización a niveles más profundos. Estas lámparas concentran su longitud de onda entre 460 y 480 nm.

A pesar de que las lámparas de Xenón proporcionan una intensidad alta (más de 2000 mW/cm²) que en conclusión polimerizan de forma más rápida, en consecuencia el estrés de polimerización aumenta provocando una contracción elevada, el elevado costo y su poca durabilidad en el campo de la odontología representaron desventajas adicionales; aunque estas lámparas estuvieron muy poco tiempo en el mercado, investigaciones de Millar y Nicholson en el año 2001 demostraron que la durabilidad de las restauraciones con resinas compuestas fotopolimerizadas con lámparas halógenas convencionales fue mayor que las realizadas con lámparas de xenón.

Por otra parte Chaple, Montenegro y Rodríguez (2016) afirman que posterior a éstas se encuentran las lámparas laser inventadas en 1986 por Charles W. Hull y llevadas al mercado para su comercio poco antes de entrar en el siglo XXI, esta tecnología desarrolló una longitud de onda que permitía polimerizar los composites, pero producía una contracción de polimerización muy elevada en dichos materiales. Fue una tecnología de muy alto costo para ser utilizada en el ámbito de restauraciones dentales y aún en nuestros días continúa siendo una de las mayores desventajas.

Finalmente la última tecnología de equipos para el fotocurado de resinas compuestas introducido en el mercado fueron las lámparas LED. Las siglas en inglés significan Light Emitting Diode. Estas lámparas generan luz a partir de efectos mecánico-cuánticos; son una combinación de dos semiconductores diferentes del tipo (n-estimulado y p-estimulado).

Según lo explica Marc Rovira (op cit) los semiconductores n-estimulados tienen un exceso de electrones mientras que los p-estimulados requieren electrones, resultando en la formación de espacios libres de electrones. Cuando estos dos tipos de semiconductores se combinan con un voltaje, los electrones del semiconductor n-estimulado se conectan con los espacios libres de electrones creados por el semiconductor p-estimulado. Un haz de luz con una longitud de onda característica es formado y emitido por la terminal LED.

Así pues, la calidad de la polimerización depende del estrecho pico de absorción del sistema iniciador y hace del espectro de emisión un factor clave para la correcta polimerización de las resinas. La banda de absorción de la camforoquinona oscila entre 360 y 520 nm y su pico máximo es de 465nm.

Mientras que en los dispositivos convencionales, la mayoría de fotones son emitidos fuera del espectro óptimo de absorción de la camforoquinona. En contraste el 95 % de los fotones emitidos por el haz azul de luz de las LED se encuentra entre 440 y 500 nm. La mayoría de los fotones emitidos por la LED interaccionan con la camforoquinona, explicando la mayor profundidad de fraguado y el aumento del factor de conversión con respecto a las lámparas de luz halógena, aún funcionando a intensidades de 100 mW/cm², explica Marc Rovira (op cit).

Cabe destacar que con este tipo de lámpara no son compatibles los materiales dentales que utilizan fotoiniciadores con un espectro de absorción fuera del rango de 430-480 nm. Entre las ventajas que ofrecen las lámparas LED se encuentra el hecho de que el dispositivo no requiere filtros, su elevada eficiencia consigue bajas temperaturas y no requiere sistema de ventilación además de un bajo consumo, presenta facilidad de lavado, un largo tiempo de vida y un sistema silencioso.

Fotoiniciadores

Ario Santini (2013) explica que la polimerización en resinas compuestas inicia cuando una unidad de curado activa a un fotoiniciador. Distintos tipos de resina requieren diferentes niveles de energía para curarse apropiadamente; los fabricantes hoy en día están produciendo resinas compuestas con más de un tipo de fotoiniciador y no todos estos serán polimerizados de forma apropiada con luz azules LED. Un problema extra es que los fabricantes no siempre indican el tipo de fotoiniciadores que utilizan en sus materiales.

Es importante hacer notar que la activación del fotoiniciador ocurre en un ancho de onda específico, en otras palabras, la eficiencia óptima es obtenida cuando el pico de absorción del fotoiniciador corresponde con la emisión espectral de la unidad de fotocurado. Comercialmente están disponibles lámparas de fotocurado con diferentes intensidades y fuentes de luz.

Canforoquinona(CQ) / amina terciaria

Desde su invención por Dart y Nemcel en 1972, es el sistema fotoiniciador más común en resinas compuestas. Cuando la Canforoquinona absorbe la luz (rango de absorción máxima: 468nm) ésta es excitada e interactúa con la amina terciaria formando un complejo fotoexcitado.

En ese estado la Canforoquinona extrae un átomo de hidrógeno de la amina terciaria, produciendo radicales libres en ambos (Canforoquinona y amina terciaria) los radicales libres formados atacan las uniones C=C de los monómeros, resultando en la formación de nuevos radicales con cadenas mucho más largas que las anteriores. El mismo proceso ocurre a través de la reacción en cadena hasta que el proceso reacción termina, el pico de sensibilidad de la Canforoquinona es cerca de 470 en el rango azul del ancho de onda.

A este respecto, Ario Santini (Op. Cit) menciona que aun cuando el sistema CQ/TA tiene buena aceptación, presenta algunas desventajas; usada en muy pequeñas cantidades el color amarillo de la CQ influencia en el color del composite. Otro problema mayor es que el grupo

Técnicas de fotopolimerización

El amplio y generalizado uso de resinas en odontología a pesar de poseer numerosas ventajas, posee a su vez desventajas que continúan siendo evidentes; la contracción y el bajo factor de conversión son los principales problemas que se busca minimizar y es por este motivo que se han desarrollado técnicas de polimerización para reducir el estrés inicial del compuesto, lo que en consecuencia disminuye la contracción por polimerización y por consiguiente la microfiltración se verá reducida.

Según lo explica Marc Rovira (op cit) El composite se contrae libremente hacia la superficie debido a la elevada reactividad de la resina en la zona más cercana a la luz. Esta contracción se disipa parcialmente debido a la fluidez y capacidad de reorientación de las moléculas situadas en regiones más profundas debido a la disminución de la intensidad de la luz en estas zonas. Una alta intensidad inicial reduce el tiempo de la fase de conversión molecular, resultando en una menor fluidez y mayor contracción de polimerización. Algunos estudios demuestran que elevadas intensidades de luz provocan mayor estrés de contracción en la polimerización.

Por ende al ocurrir lentamente este proceso se produce menos estrés, lo que le proporciona una mayor fluidez al material; que resultará en consecuencia en una menor contracción de polimerización. Los métodos soft start, pulse delay y ramp cure aparecen para minimizar el estrés de contracción al inicio de la polimerización y se describen a continuación según lo descrito por Harry Albers (2002) en su libro titulado “Tooth Colored Restoratives: Principles and Techniques”

1) Continuo (Continuous curing)

Una luz de constante intensidad es aplicada al composite por un período de tiempo específico. Este es actualmente el método de curado más utilizado.

2) Pulso de alta energía (high pulse energy)

Pulso de alta energía: Esta técnica usa un breve (10 segundos) pulso de energía extremadamente alta (1000-2800 mW/ cm²) lo que es de tres a seis veces la densidad de poder normal. Este tipo de técnica de polimerización no ha sido aun adecuadamente examinada y posee tres aspectos que generan preocupación (1) la rápida aplicación de energía podría resultar en una restauración de resina más débil debido a la formación de polímeros más cortos. (2) es posible que la rápida aplicación de energía pueda reducir la fuerza de tensión diametral y (3) podría haber un nivel límite en el cual la resina posee buenas propiedades y así, altas energías podrían resultar en resinas más frágiles.

3) Soft Start (two-step)

El sistema comienza con una baja intensidad, seguida de una emisión de alta intensidad para asegurar un alto grado de polimerización de la resina, reduciendo la formación de gaps según comentan Feilzer y Davidson, (1993) Algunos estudios han mostrado que composites polimerizados a una baja intensidad inicial tienen una mejor adaptación marginal. Una radiación inicial menor puede permitir una mayor fluidez de la resina antes de que esta llegue al punto de gelificación, disminuyendo el estrés de contracción residual en la restauración adherida, lo que resulta en una mejora de la adaptación marginal.

4) Ramping (Ramp cure)

Esta técnica ha sido diseñada con el mismo objetivo que el soft start, para obtener una lenta y continuada conversión durante la polimerización de las resinas, utilizando un aumento gradual de la intensidad de la luz hasta llegar a los valores convencionales de intensidad de luz. A diferencia del soft start el cambio de intensidad es gradual de 100 a 800 mW/cm² durante los primeros 15-20 segundos seguido de alta intensidad para el resto de la fotopolimerización.

5) Pulse activation (Pulse delay)

Se caracteriza por un intervalo de espera entre la emisión inicial de luz de baja intensidad y la exposición final de alta intensidad. El tiempo de espera es de 2 a 5 segundos, se ha experimentado con intervalos superiores de 3 a 5 minutos demostrando una disminución de la contracción de la resina polimerizada.

Además, en las muestras estudiadas el grado de conversión y la fuerza tensil fue superior usando la técnica pulse activation. Reduciendo la velocidad de polimerización controlando la intensidad de luz durante las fases iniciales, mejora la adaptación marginal, los estudios demuestran que la fuerza tensil y la rigidez de las muestras polimerizadas mediante pulse activation son comparables a los resultados obtenidos usando emisiones de luz continua. Koran P y Kurschner R. (1998).

Consecuencias de un curado incompleto (Subpolimerización)

Según Bargi N, Ernst C, Ferracane J, Price R, Rueggeberg F Shortall A, Strassler (2013) Casi todos los días, los dentistas ven restauraciones de resina compuesta que tienen señales de márgenes astillados o desajustados, fractura, decoloración marginal o en general, pérdida de forma anatómica, falta de retención o caries secundaria.

Existe evidencia considerable de que la entrega de energía inadecuada a la restauración resultará en una restauración que tendrá menos propiedades óptimas y pobre desempeño clínico. Así pues, es importante mantener algunos factores básicos en mente; la razón más común para el reemplazo de restauraciones fotoactivas son caries secundarias y fractura de la restauración. Otras razones incluyen el desajuste de márgenes, manchas, descoloración, muerte pulpar y fractura el diente.

Haciendo referencia a lo anteriormente expuesto, surgen dos incógnitas ¿cuál es la intensidad ideal? Y ¿qué dicen las normas que regulan la fabricación de estos dispositivos? En respuesta a esto, las normas o estándares que regulan la fabricación de dispositivos de fotocurado LED en la actualidad son las normas ISO 10650-2, la ANSI/ADA 48-2 y la ISO 4049; esta última especifica los requisitos para los materiales restauradores a base de polímeros, aunque entre los métodos y pruebas se realizan algunos que son de alta relevancia para los dispositivos de fotocurado.

De acuerdo con R. Price, J. Ferracane, A. Shortall, (2015) estos estándares miden la potencia radiante (Watts) y luego dividen este valor de potencia por el área de la punta de la luz para producir un valor de excitancia radiante (W / cm^2). Los estándares parecen estar enfocados principalmente con la protección del paciente mediante el establecimiento de límites que impiden la exposición perjudicial a la luz ultravioleta y el calor, pero estas normas no evalúan el potencial de curado de luz del DF, ni especifican un valor de excitancia radiante máximo en la región de longitud de onda de 400 nm a 515 nm (azul) que se requiere para activar la canforquinona; por el contrario, simplemente indican que la salida radiante debe coincidir con las especificaciones del fabricante.

Según Strassler, (2013) una evaluación a más de 145 diferentes modelos de dispositivos de fotocurado, los precios de estos dispositivos variaban de entre 27 USD a 4.900 USD, y los valores de irradiancia declarados de los fabricantes oscilaban entre 400 y 5.000 mW/cm² siendo aceptable generalmente que una unidad de fotocurado tenga un mínimo de 600 a 1.000 mW / cm² según lo declarado por las especificaciones del fabricante.

Hasta ahora se ha hecho mención a las palabras “intensidad”, “potencia”, “radiación” Sin haber definido o conceptualizado estos términos. Para comenzar es necesario explicar brevemente la luz, el espectro electromagnético y las magnitudes radiométricas y fotométricas que nos permitirán comprender de forma más completa el tema de fotopolimerización en resinas dentales.

La luz

Se llama luz, a la parte de la radiación electromagnética que puede ser percibida por el ojo humano. En física, el término luz se usa en un sentido más amplio e incluye todo el campo de la radiación conocido como espectro electromagnético, la luz a su vez está formada por partículas denominadas fotones. Siendo la radiación la energía que se transmite por ondas, sin ningún medio de transporte.

El espectro electromagnético

Es el conjunto de longitudes de onda de todas las radiaciones electromagnéticas. Incluye:

-Los rayos gamma: tienen las longitudes de onda más cortas y las frecuencias más altas conocidas. Son ondas de alta energía capaces de viajar a larga distancia a través del aire y son las más penetrantes.

-Los rayos X: tienen longitudes de onda más larga que los rayos gamma, pero menores que la radiación ultravioleta y por lo tanto su energía es mayor que la de estos últimos. Se utilizan en diversas aplicaciones científicas e industriales, pero principalmente utilizan en la medicina como la radiografía.

-La radiación ultravioleta (UV): se define como la porción del espectro electromagnético que se encuentra entre los rayos X y la luz visible.

-La luz visible: es la parte de espectro electromagnético que los ojos humanos son capaces de detectar. Cubre todos los colores del azul a 400 nm al rojo a 700 nm. La luz azul contiene más energía que la roja.

-La radiación infrarroja (IR): es la parte del espectro electromagnético que se encuentra entre la luz visible y las microondas. La fuente natural más importante de radiación infrarroja es el Sol.

-Las ondas radioeléctricas: tienen longitudes de onda largas que varían unos pocos centímetros a miles de kilómetros de longitud. Sus principales usos son en la televisión, los teléfonos móviles y las comunicaciones por radio.

Medición de la luz: radiometría y fotometría

La fotometría es la ciencia que se encarga de la medida de la luz, como el brillo percibido por el ojo humano; es decir, estudia la capacidad que tiene la radiación electromagnética de estimular el sistema visual. Mientras la radiometría es la ciencia que se ocupa del estudio de la medida de la radiación electromagnética. Su campo abarca todas las longitudes de onda del espectro electromagnético, al contrario que la fotometría que solo se ocupa de la parte visible del espectro, la que puede percibir el ojo humano.

Las principales magnitudes fotométricas y radiométricas (Ver tabla 1.) serán brevemente descritas a continuación según lo expresado por el Prof. E. Gómez Gonzales en la “**Guía básica de conceptos de radiometría y fotometría**” ESI- Universidad de Sevilla- 2006.

Tabla 2.2 Magnitudes básicas en radiometría y fotometría.

Magnitud Radiométrica	Símbolo	Unidad	Magnitud Fotométrica	Símbolo	Unidad
Flujo Radiante	Φ_e	W	Flujo Luminoso	Φ_v	lumen (lm)
Intensidad Radiante	I_e	W/sr	Intensidad Luminosa	I_v	lm/sr = candela (cd)
Irradiancia	E_e	W/m ²	Iluminancia	E_v	lm/m ² = lux (lx)
Radiancia	L_e	W m ⁻² sr ⁻¹	Luminancia	L_v	lm m ⁻² sr ⁻¹ =cd/m ²

Fuente: fotometría E. Gómez Gonzales 2006

Magnitudes radiométricas:

-Flujo radiante: Es el flujo de energía radiante por unidad de tiempo. Se mide en vatios (W, 1W=1 J/s).

-Intensidad radiante: Es la densidad de flujo radiante por unidad de ángulo solido/ incidente en/ atravesando/emitado por/ un punto en el espacio propagándose en una dirección específica. Se mide en W/sr.

-Radiancia: Es la densidad de flujo radiante por unidad de área y de ángulo solido/ incidente en/atrasando/emitado por/ un elemento de superficie centrado en un punto en el espacio propagándose en una dirección específica. Se mide en W/(m².sr).

-Irradiancia: Es la densidad de flujo radiante por unidad de superficie que /incide sobre/ atraviesa/ emerge/ de un punto en la superficie especificada. Deben incluirse todas las direcciones comprendidas en el ángulo sólido hemisférico por encima o por debajo del punto en la superficie se mide en: w/m^2 .

-Exitancia: Es la irradiancia saliente de una superficie y tiene las mismas unidades y expresión para su definición que la irradiancia. Se mide en W/m^2 .

Magnitudes Fotométricas

-Flujo luminoso: Es la medida de la potencia luminosa percibida. Se mide en Lumen (lm).

-Intensidad luminosa: Se define como la cantidad de flujo luminoso que emite una fuente por unidad de ángulo sólido. Su unidad de medida en el Sistema Internacional de Unidades es la candela (Cd). $Lm/sr=Cd$.

-Iluminancia: Es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie por unidad de área. Se mide en lux: $1 \text{ lux} = 1 \text{ Lumen}/m^2$.

-Exitancia luminosa: Es la cantidad de flujo luminoso que emite una superficie por unidad de área. La unidad de medida tanto de la emitancia luminosa como de la Iluminancia en el Sistema Internacional es el lux: $1 \text{ lux} = 1 \text{ Lumen}/m^2$.

-Luminancia: Se define como la densidad angular, rectangular y superficial de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada. Alternativamente, también se puede definir como la densidad superficial de intensidad luminosa en una dirección dada. Medida en Nits o candelas por metro cuadrado (cd/m^2).

2.3 Definición de términos

ANSI: El Instituto Nacional Estadounidense de Estándares, más conocido como ANSI (por sus siglas en inglés: American National Standards Institute), es una organización sin fines de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos. ANSI es miembro de la Organización Internacional para la Estandarización (International Organization for Standardization, ISO) y de la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC).

ANSI/ADA: La ADA es una organización de normalización acreditada por ANSI. Los estándares de ADA han sido aprobados como estándares nacionales americanos por ANSI y así se designan como estándares de ANSI / ADA. Además, ANSI es el miembro estadounidense de ISO. El US TAG para ISO / TC 106 determina el voto de EE UU sobre todos los estándares dentales y proporciona esta entrada a ANSI para ISO / TC 106.

ANSI/ADA 48-2 Este estándar especifica los requisitos y los métodos de prueba para activadores de polimerización accionados con diodos emisores de luz (LED) en la región de longitud de onda azul destinada al uso en odontología en la polimerización de materiales restauradores a base de polímeros dentales. Esta norma es una adaptación idéntica de ISO 10650-2: 2007 “Activadores de polimerización accionados por odontología - Parte 2: Lámparas de diodos emisores de luz (LED).”

Canforoquinona: Mayormente en el caso de las resinas es la canforoquinona el fotoiniciador teniendo esta un rango de absorción de 400-550 nanómetros (nm) con un pico de 470 nm.

Espectroscopia: Conjunto de métodos empleados para estudiar en un espectro las radiaciones de los cuerpos incandescentes; en otras palabras es el estudio de la interacción entre la radiación electromagnética y la materia, con absorción o emisión de energía radiante.

Espectroscopio: es un instrumento que sirve para medir las propiedades de la luz en una determinada porción del espectro electromagnético. La variable que se mide generalmente es la intensidad luminosa.

Fotoiniciador: La resina está compuesta por un fotoiniciador que descrito a groso modo, son productos químicos que generan radicales al exponerse a la luz. Una descripción más completa incluiría todas las complejidades inherentes a la naturaleza química de los fotoiniciadores incluyendo el tipo, la concentración y la absorptividad. Todos estos factores deben tenerse en cuenta al optimizar una formulación curable por luz.

ISO: La Organización Internacional de Normalización (del nombre original en inglés, International Organization for Standardization, conocida por las siglas ISO) es una organización para la creación de estándares internacionales compuesta por diversas organizaciones nacionales de estandarización.

ISO 4049: 2009 Especifica los requisitos para los materiales restauradores a base de polímeros, suministrados en una forma adecuada para la mezcla mecánica, la mezcla manual o la activación por energía intra-oral o extra-oral y destinada principalmente a la restauración directa o indirecta de cavidades en los dientes y para el cementado.

ISO 10605-2 Especifica requisitos y métodos de prueba para activadores de polimerización accionados en el 385 nm- 515 nm de longitud de onda destinada al uso en silla en la polimerización de materiales a base de polímeros dentales. Esta Norma Internacional se aplica a las lámparas de cuarzo-tungsteno-halógeno y las lámparas de diodos emisores de luz (LED). Los activadores de polimerización accionados pueden tener una fuente de alimentación interna (batería recargable) o conectarse a una fuente de alimentación externa. Los láseres o los dispositivos de arco de plasma no están cubiertos por esta Norma Internacional.

Julio/Joule: Es la unidad derivada del Sistema Internacional utilizada para medir energía, trabajo y calor. Como unidad de trabajo, el julio se define como la cantidad de trabajo realizado por una fuerza constante de un newton durante un metro de longitud en la misma dirección de la fuerza.

Nanómetro: es una medida de longitud utilizada para medir radiaciones. El símbolo del nanómetro es nm y equivale a una milmillonésima parte de un metro. $1 \text{ nm} = 0.000\ 000\ 001 \text{ m} = 10^{-9} \text{ m}$.

Radiación: Energía que se transmite por ondas, sin ningún medio de transporte.

Radiómetro: es un instrumento para detectar y medir la intensidad de energía radiante.

Polimerización: La polimerización es un proceso químico por el que los reactivos, monómeros (compuestos de bajo peso molecular) se agrupan químicamente entre sí, dando lugar a una molécula de gran peso, llamada polímero, o bien una cadena lineal o una macromolécula tridimensional.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Toda investigación se fundamenta en un marco metodológico, el cual define el uso de métodos, técnicas, instrumentos, estrategias y procedimientos que serán utilizados en el estudio que se desarrolla. Al respecto, Balestrini (2006) define “el marco metodológico como la instancia referida a los métodos, las diversas reglas, registros, técnicas y protocolos con los cuales una teoría y su método calculan las magnitudes de lo real”.

3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:

La presente investigación titulada “Diseño de una lámpara de fotocurado de alta intensidad” se encuentra enmarcada dentro del modelo de proyecto factible; acerca de esto el Manual de Tesis de Grado y Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Libertador, (2003) plantea que el proyecto factible: “Consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos necesidades de organizaciones o grupos sociales que pueden referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos, o procesos. El proyecto debe tener el apoyo de una investigación de tipo documental, y de campo, o un diseño que incluya ambas modalidades” (p. 16).

Con referencia al diseño de la investigación tal como lo plantea Palella y Martins (2006) “se refiere a la estrategia que adopta el investigador para responder al problema, dificultad o inconveniente planteado en el estudio” (p.80).

Bajo esa perspectiva, esta investigación se enmarca dentro del diseño no experimental y bajo la modalidad de Investigación de Campo, por cuanto a través del desarrollo de la misma se propondrán alternativas en torno a la problemática relacionada con los dispositivos de fotocurado clínicamente inadecuados que se encuentran actualmente en uso en clínicas dentales de la República Bolivariana de Venezuela.

Según Palella y Martins (2006) El diseño no experimental “es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable” (p.82). En otras palabras la investigación no experimental es aquella que se realiza bajo la observación de los fenómenos sin hacer variar de forma intencional las variables; esto en el simple motivo de luego analizarlos.

Por otro lado la Universidad José Antonio Páez (UJAP) 2007 en el manual de Normas para la elaboración y presentación de los anteproyectos, proyectos y trabajos de grado señala que “Una investigación de campo se refiere al análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo. Los datos serán recogidos en forma directa de la realidad; en este sentido se trata de investigaciones a partir de datos originales o primarios.”

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Al respecto de población De Barrera, (2008) define el término como: “conjunto de seres que poseen la característica o evento a estudiar y que se enmarcan dentro de los criterios de inclusión” (p.141) Por otro lado, Balestrini, (2006) define la población como: “conjunto finito o infinito de personas, casos o elementos, que presentan características comunes” (p. 137). En este sentido la población en esta investigación se encuentra conformada por los estudiantes de Odontología de la Universidad José Antonio Páez cursantes de pasantías en el período 20171CR. Por ser estos los estudiantes con mayor conocimiento práctico/clínico con un total de 239 personas.

De forma similar, la muestra según Balestrini (1997), se define como: "una parte o subconjunto de la población" (p.130); En la presente investigación se tomará una muestra no probabilística, pues se considera esta selección de tipo informal y derivada de un proceso arbitrario; tomando entonces un porcentaje de la población establecida anteriormente. En este estudio se tomará como muestra un grupo representativo de la población, conformada por 50 estudiantes que representan el 20% de la población estudiada.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Resulta esencial la observación como instrumento en este estudio ya que permitirá detectar el problema, sus causas y la recolección de datos; Arnoldo Claret Véliz, (2009) define la observación como: “Una técnica que debe emplear para relacionar el sujeto de estudio con el objeto, dotando al investigador de una teoría y un método adecuado para que la investigación tenga una orientación correcta y el trabajo de campo arroje datos exactos y confiables” (p. 79).

Por otra parte uno de los instrumentos de los cuales el investigador dispone para recolectar datos es la encuesta, Grasso (2006) La define como un “procedimiento que permite explorar cuestiones que hacen a la subjetividad y al mismo tiempo obtener esa información de un número considerable de personas, así por ejemplo, permite explorar la opinión pública y los valores vigentes de una sociedad, temas de significación científica y de importancia en las sociedades democráticas” (P.13).

En este sentido, la técnica de la encuesta conformada por preguntas cerradas con opciones de respuestas politómicas (muy de acuerdo, de acuerdo, indeciso, en desacuerdo y muy en desacuerdo) se utiliza en este trabajo de investigación con la intención de comprobar la necesidad que pudiese existir en la población estudiada, para el diseño y elaboración de un dispositivo de fotocurado de alta intensidad de producción nacional.

3.4 VALIDEZ DEL INSTRUMENTO

La validez del instrumento se realizará bajo el criterio de juicio de experto, evaluación que Ruiz, (2002) establece que “consiste en la exactitud con que puedan hacerse mediciones significativas y adecuadas con un instrumento, en el sentido de que mida realmente el rasgo que pretende medir” (p. 73). El instrumento que se aplicará será sometido a la prueba de validez usando la técnica del juicio de los expertos. Para ello, la encuesta será sometida a la consideración de tres (3) expertos en metodología de la investigación y odontología, quienes recibirán un cuestionario modelo con el cual validarán el instrumento a aplicar para el acopio de datos.

Para ello la encuesta se sometió a juicio de expertos en la materia, tanto en la parte metodológica como de contenido, de igual manera se evaluaron aspectos tales como pertinencia, coherencia y claridad. Para esta investigación, la validez se logró a través del juicio de tres expertos: un especialista en metodología y dos en el área de estudio.

3.5 CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO

Acerca de esto Tamayo, (2000) refiere que la confiabilidad “se logra cuando aplicada una prueba repetidamente a un individuo o grupo, o al mismo tiempo por investigadores diferentes se obtienen resultados iguales o parecidos” (p.207).

En la investigación, para determinar la confiabilidad del instrumento utilizado como recolección de datos la encuesta que emplea enunciados de objetivos, que los sujetos deben responder en las escalas de Likert. La validez de un instrumento se refiere al grado en que el instrumento mide aquello que pretende medir. Y la fiabilidad de la consistencia interna del instrumento se puede estimar con el alfa de Cronbach ya que éste se adapta al tipo de instrumento seleccionado; se realizó una prueba piloto con 5 estudiantes arrojando esta un resultado de 1,1 correspondiente a una confiabilidad alta.

$$\alpha = \left[\frac{k}{k - 1} \right] \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right],$$

Dónde:

= Coeficiente de Confiabilidad según el método de Alpha de Cronbach.

= Número de ítems que tiene el instrumento.

S_i^2 = Varianza individual de los ítems.

S_t^2 = Varianza de los puntajes totales.

Sustituyendo los valores;

$$A = [10 / (10-1)] \times [1 - (3.6 / 3.6)]$$

$$A = (10 / 9) \times [1-1]$$

$$A = 1.1 \times [0]$$

$$A = 1,1$$

3.6 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL DISEÑO Y ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA

Es evidente que la inversión financiera que requiere la elaboración de este tipo de proyectos resulta relativamente elevada debido no solo a la necesidad de importar materiales para la elaboración del dispositivo, sino también al fenómeno de ensayo y error que este tipo de proyectos acarrea consigo y a la necesidad de contratar personal calificado para determinadas fases de la fabricación de estos dispositivos. Para obtener un monto que represente los costos de producción de una lámpara de fotocurado a nivel nacional, se ha elaborado un presupuesto suministrado por la empresa Kathz Instrumentos C.A en donde se reflejan los costos de cada parte individual y los gastos correspondientes a pago de personal. (VER TABLA 3.1).

Se puede apreciar que los costos de producción de este tipo de dispositivos de forma nacional, representa un aproximado de 40 USD por unidad, siendo que los costos de venta no sobrepasarían el 50% de la inversión inicial; se determina que el precio del dispositivo estaría entre 50-60 USD. Ubicándose así dentro del rango de precios descritos como “Económicos” por Gordon J. Christensen quien afirma que las lámparas vendidas a través del internet con precios entre 9 y 75 USD representan apenas el 1% del costo de una lámpara de fotocurado Premium.

3.7 DIAGNÓSTICO O ANÁLISIS DE NECESIDADES

Resulta fundamental que el proyecto factible desarrolle un diagnóstico de la necesidad, el cual puede basarse en una investigación de campo o en una investigación documental. Así mismo Kauffman (1982, p. 73) define necesidad como “discrepancia entre lo que es (status) y lo que debería ser (estándares) cuando se analizan los resultados”. Según Pérez (1991) el análisis de necesidades es un estudio sistemático de un problema, que se realiza incorporando información y opiniones de diversas fuentes, para tomar decisiones sobre lo que hay que hacer a continuación.

3.8 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL DIAGNÓSTICO

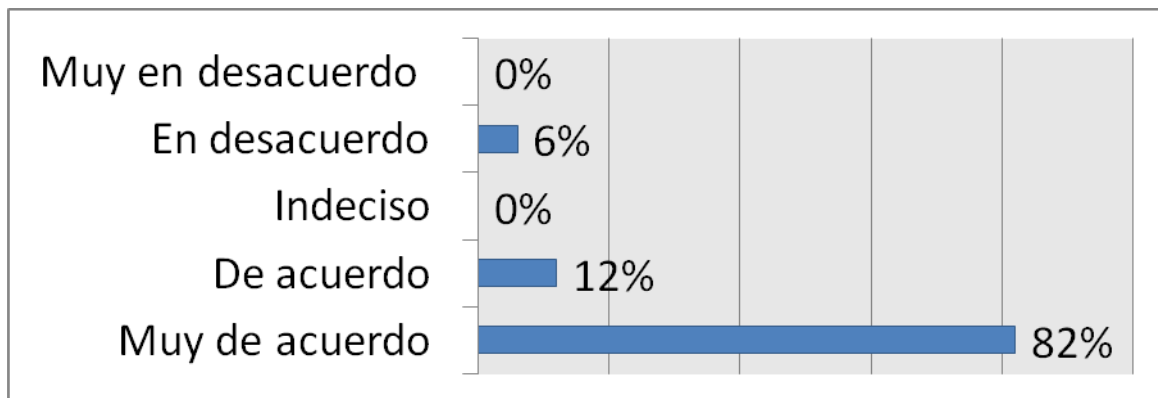
ITEM 1- Una lámpara de fotocurado es imprescindible en un consultorio dental.

Tabla 4.1: Importancia de la lámpara de fotocurado en un consultorio dental

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
5. Muy de acuerdo	41	82%
4. De acuerdo	6	12%
3. Indeciso	0	0%
2. En desacuerdo	3	2%
1. Muy en desacuerdo	0	0%

Fuente: Kathleen Soto (20017)

Gráfico 4.1: Distribución porcentual de la importancia de la lámpara de fotocurado en el consultorio dental.



Fuente: Kathleen Soto (20017)

Análisis e interpretación de datos

Los resultados ilustrados en este gráfico ponen en evidencia la importancia que el profesional le otorga a la lámpara de fotocurado en el consultorio, considerándola imprescindible para el 94% de las personas entrevistadas; la razón de esto radica en el avance de la tecnología en el ámbito de la odontología restauradora que propicia cada vez más el desarrollo de compuestos fotopolimerizables debido a que estos permiten un mayor control del tiempo de trabajo.

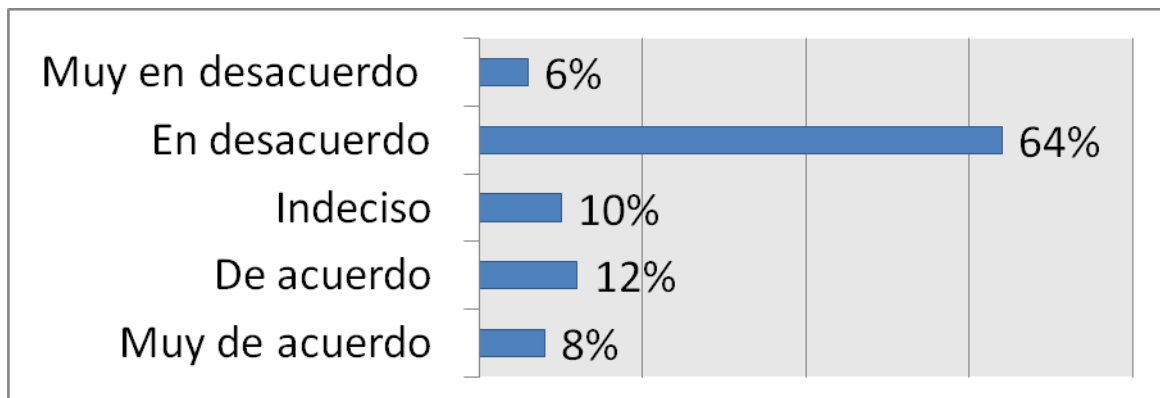
ITEM 2- El desempeño de la lámpara de fotocurado de mi consultorio es excelente. (Estoy absolutamente satisfecho con el desempeño).

Tabla 4.2: El desempeño de la lámpara de fotocurado de mi consultorio es excelente

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
5. Muy de acuerdo	4	8%
4. De acuerdo	6	12%
3. Indeciso	5	10%
2. En desacuerdo	32	64%
1. Muy en desacuerdo	3	6%

Fuente: Kathleen Soto (2017)

Gráfico 4.2: Distribución porcentual sobre la opinión ante el desempeño de las lámparas de fotocurado.



Fuente: Kathleen Soto (2017)

Análisis e interpretación de datos

En esta gráfica se puede observar la diversidad de criterios a la hora de evaluar el nivel de satisfacción respecto a la lámpara de fotocurado que cada quien posee en uso; observándose que solo el 20% de los encuestados se muestran completamente satisfechos; estos resultados en contraste con los que manifiestan no estar completamente satisfechos representando estos el 70% demuestra que los usuarios pueden notar sin la necesidad de utilizar instrumentos especiales y pruebas de laboratorios aspectos poco ideales que evidencian un problema.

En contraste con esto el estudio realizado en Colombia por López et al. (2011) titulado “Evaluación de la intensidad de salida de la luz de las lámparas de fotocurado de una clínica dental” pone en evidencia que solo 40% de las unidades de fotocurado evaluadas tenían una intensidad de salida adecuada y una integridad total de la fibra óptica; éstas serían las únicas unidades que garantizarían una adecuada polimerización de las resinas compuestas. Resultados similares se han obtenido en múltiples estudios acerca de la intensidad de salida de la luz de las lámparas de fotocurado en países sub desarrollados o en vías de desarrollo.

Se destaca el hecho de que estos aspectos nos permiten apreciar la existencia de un problema que bien es claramente apreciado por el clínico a simple vista, y comprobado científicamente al hacer las respectivas mediciones con radiómetros.

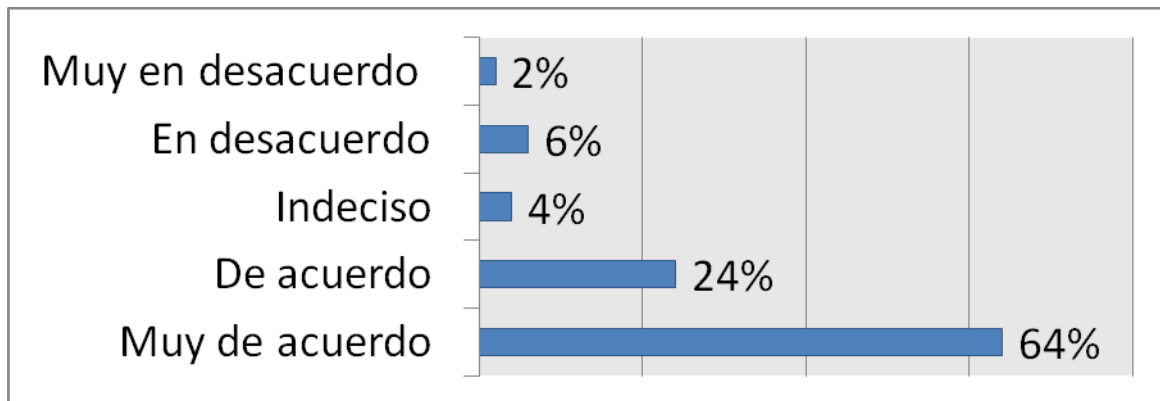
ITEM 3- Filtración marginal, fractura, despigmentación, son problemas que podrían atribuirse a un curado incompleto de la resina.

Tabla 4.3: Microfiltración, fractura y despigmentación como consecuencias de la sobrepolimerización.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
5. Muy De Acuerdo	32	64%
4. De acuerdo	12	24%
3. Indeciso	2	4%
2. En desacuerdo	3	6%
1. Muy en desacuerdo	1	2%

Fuente: Kathleen Soto (2017)

Gráfico 4. 3: Distribución porcentual sobre la opinión de la microfiltración, fractura y despigmentación diferentes como secuencias de la subpolimerización en restauraciones con resinas.



Fuente: Kathleen Soto (2017)

Análisis e interpretación de datos

En esta gráfica puede observarse que la mayoría de los profesionales encuestados reconocen que estos problemas podrían atribuirse a un curado deficiente representando estos el 88%. Esto en concordancia con lo citado por diferentes autores comprueba que los profesionales reconocen que estos problemas están íntimamente relacionados con una inadecuada polimerización de los composites.

Un ejemplo claro de ello es el Estudio realizado en Estados Unidos por H. Strassler y Richard Price “Comprendiendo el fotocurado, Parte 1 y 2: Entrega de Restauraciones exitosas y predecibles” en el 2015 en donde los autores enfatizan la idea de que la exposición a la luz es esencial para asegurar el éxito de la restauración. Si el adhesivo y los composites no se curan adecuadamente la restauración tendrá un alto riesgo de fallo prematuro; una polimerización insuficiente puede conducir a una resistencia de unión reducida, microinfiltración, sensibilidad postoperatoria, toxicidad pulpar, carencia de la estabilidad del color, mayor desgaste, caries recurrentes y fractura.

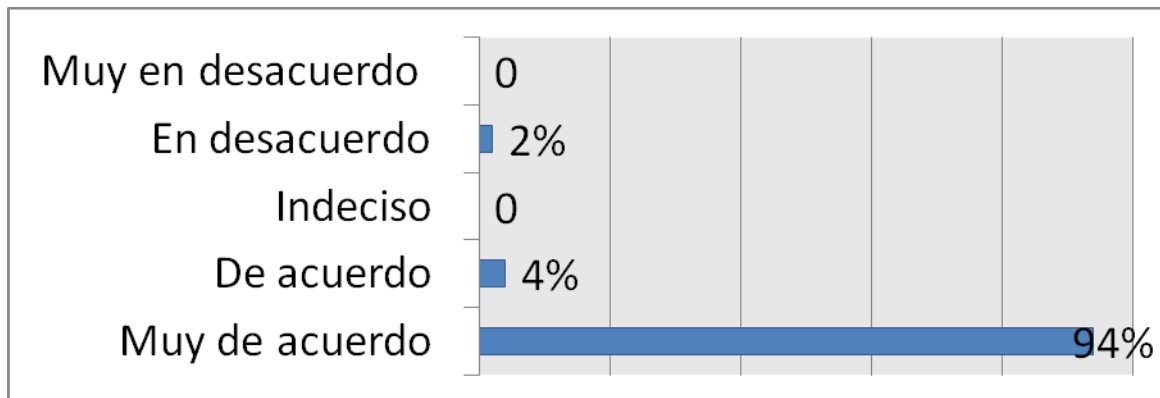
ITEM 4- Existe una alta incidencia de pacientes con restauraciones de resina con filtración marginal.

Tabla 4.4: Incidencia de pacientes con restauraciones con filtración marginal

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
5. Muy de acuerdo	47	94%
4. De acuerdo	2	4%
3. Indeciso	0	0%
2. En desacuerdo	1	2%
1. Muy en desacuerdo	0	0%

Fuente: Kathleen Soto (2017)

Gráfica 4.4: Distribución porcentual sobre la incidencia de pacientes con restauraciones con filtración marginal.



Fuente: Kathleen Soto (2017)

Análisis e interpretación de datos

Esta gráfica se encuentra íntimamente relacionada con la anterior (gráfica 3) ya que se pone en evidencia la alta incidencia de pacientes con restauraciones de resina que presentan filtraciones marginales lo que es reconocido por los profesionales como una de las características que podría sugerir un curado insuficiente. Estos resultados de forma sencilla evidencian el problema más crítico que abarca esta investigación; el hecho de que las restauraciones con composite no están durando tanto como podrían y deberían durar, El profesor R.Price en numerosas investigaciones ha hecho énfasis en esta problemática, señalando que existe evidencia suficiente que indica que esto podría deberse a un fotocurado inapropiado.

Al respecto R. Price et Al. Menciona en un estudio titulado “Unidades de fotocurado: una revisión de lo que necesitamos saber” (2015) que si podemos entender mejor que luz es entregada del dispositivo de fotocurado al composite y usar esta información para mejorar la capacidad del clínico de entregar luz suficiente al composite, entonces estaríamos abordando el problema de sub-polimerización de ambos lados y mejorando la oportunidad para una restauración exitosa.

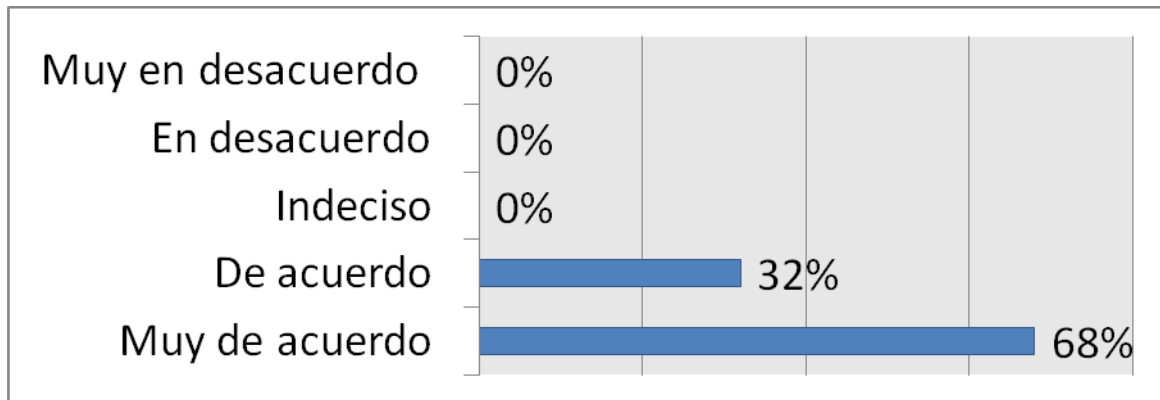
ITEM 5- Las lámparas de fotocurado son dispositivos que representan una inversión de alto costo.

Tabla 4.5: las lámparas de fotocurado representan alto costo de inversión

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
5. Muy de acuerdo	34	68%
4. De acuerdo	16	32%
3. Indeciso	0	0%
2. En desacuerdo	0	0%
1. Muy en Desacuerdo	0	0%

Fuente: Kathleen Soto (2017)

Gráfico 4.5: sobre la opinión del alto costo de las lámparas de fotocurado.



Fuente: Kathleen Soto (2017)

Análisis e interpretación de datos

Los resultados expresados en esta gráfica demuestran que el 100% de los encuestados consideran que estos dispositivos representan una inversión de alto costo. Acerca de esto Gordon J. Christensen en un estudio publicado por Clinicians Report llamado “¿Debería su siguiente lámpara de fotocurado ser una ganga en línea? 2013 pone en evidencia el hecho de que lámparas de fotocurado extremadamente económicas están siendo vendidas a través de internet con precios entre 9 y 75 USD lo que representa apenas el 1% del costo de una lámpara de fotocurado Premium.

En consecuencia esto se refiere a que las lámparas de fotocurado Premium poseen precios de aproximadamente 800-1500USD que representaría un valor que muy pocos profesionales pueden costearse en Venezuela.

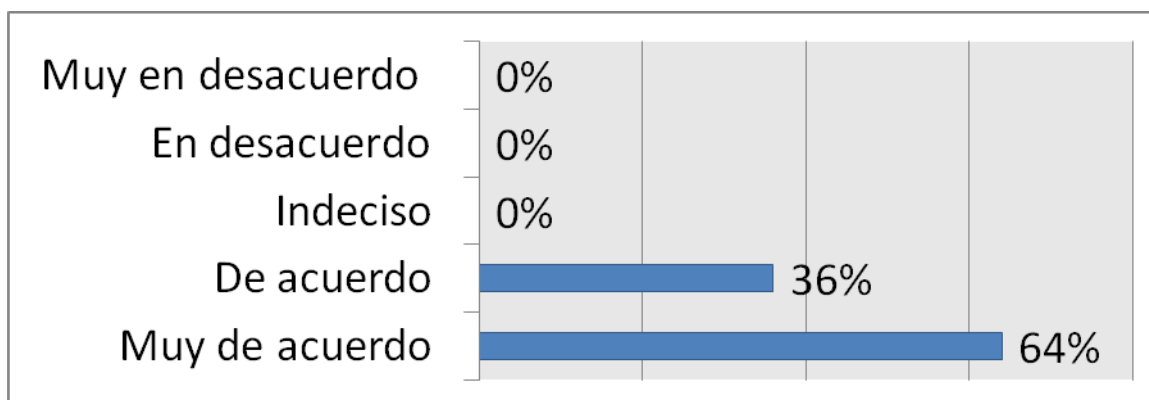
ITEM 6- La producción nacional de estos dispositivos disminuiría considerablemente estos costos

Tabla 4.6: Disminución de los costos por producción nacional

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
5. Muy de acuerdo	32	64%
4. De acuerdo	18	36%
3. Indeciso	0	0%
2. En desacuerdo	0	0%
1. Muy en desacuerdo	0	0%

Fuente: Kathleen Soto (2017)

Gráfico 4.6: Distribución porcentual sobre la opinión ante la disminución de los costos de las lámparas de fotocurado al ser estas producidas nacionalmente.



Fuente: Kathleen Soto (2017)

Análisis e interpretación de datos

En este gráfico se puede evidenciar que el 100% de los encuestados consideran que los costos se verían reducidos al ser producidos los dispositivos dentro del país. Lo que es una afirmación lógica debido a la eliminación de gran parte de los costos de importación evitando así el uso de divisas. Esto fue demostrado por el análisis de factibilidad económica (VER TABLA 3.1) donde es posible apreciar que los costos de producción de este tipo de dispositivos de forma nacional, representa un aproximado de 40 USD por unidad.

Siendo que los costos de venta no sobrepasarían el 50% de la inversión inicial; se determina que el precio del dispositivo estaría entre 50-60 USD. Ubicándose así dentro del rango de precios descritos como “Económicos” por Gordon J. Christensen quien afirma que las lámparas vendidas a través del internet con precios entre 9 y 75 USD representan apenas el 1% del costo de una lámpara de fotocurado Premium.

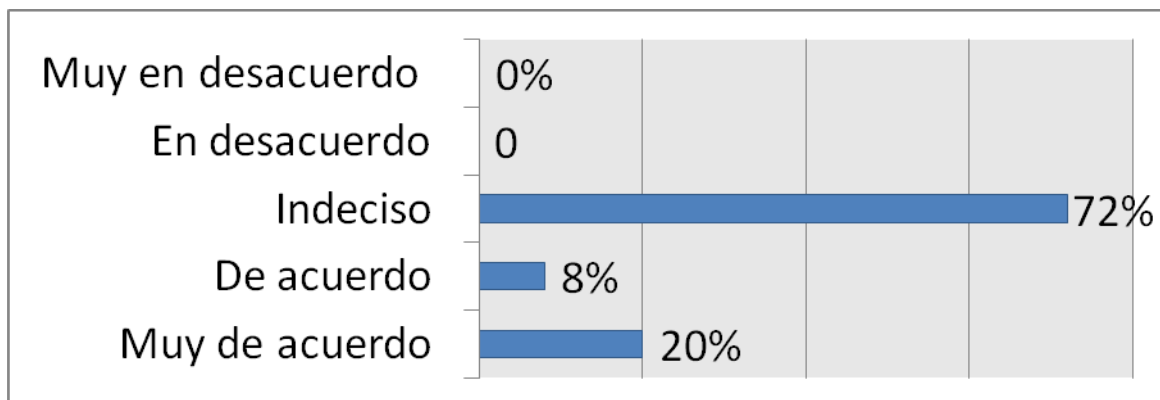
ITEM 7- La intensidad de salida que debe emitir una lámpara de fotocurado debe ser igual o mayor de 300mw/cm².

Tabla 4.7: La intensidad de salida debe ser mayor o igual a 300mw/cm²

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
5. Muy de acuerdo	10	20%
4. De acuerdo	4	8%
3. Indeciso	36	72%
2. En desacuerdo	0	0%
1. Muy en desacuerdo	0	0%

Fuente: Kathleen Soto (2017)

Gráfico 4.7: Distribución porcentual sobre la opinión general ante la intensidad de salida mayor o igual a 300mw/cm²



Fuente: Kathleen Soto (2017)

Análisis e interpretación de datos

En esta gráfica se evidencian dos aspectos de alta importancia, en primer lugar que solo el 28% de los encuestados considera que la intensidad de 300mw/cm2 en adelante es aceptable en contraste con el 72% de encuestados que manifiestan indecisión; acerca de esto Richard. Price, et. Al (2015) menciona que Algunos investigadores y fabricantes miden la intensidad de salida de luz de las lámparas de fotocurado usando las pruebas descritas en los estándares ISO 10650-1 y 10650-2; estos estándares miden la energía radiante (Vatios) y luego dividen este valor por el área de la punta de de la lámpara para producir un valor de exitancia radiante (W/cm2) los estándares parecen estar principalmente centrados en proteger al paciente, estableciendo límites que previenen la exposición dañina a la luz ultravioleta y el calor. Pero estas no especifican un valor de excitancia radiante en el rango de los 400-515nm.

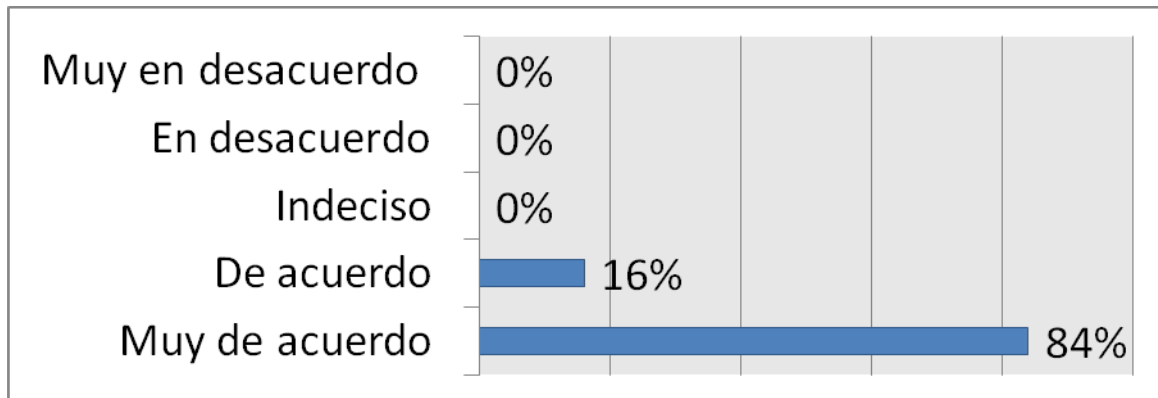
ITEM 8- A mayor intensidad de la luz, menor es el tiempo de exposición que le toma en curar a cada incremento de resina y en consecuencia menor es el tiempo de trabajo, ¿considera que esto sería beneficioso para usted y sus pacientes?

Tabla 4.8 Disminución de tiempos operatorios

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
5. Muy de acuerdo	42	84%
4. De acuerdo	8	16%
3. Indeciso	0	0%
2. En desacuerdo	0	0%
1. Muy en desacuerdo	0	0%

Fuente: Kathleen Soto (2017)

Gráfico 4.8: Distribución porcentual sobre la opinión general ante la disminución de los tiempos operatorios



Fuente: Kathleen Soto (2017)

Análisis e interpretación de datos

En esta gráfica puede observarse que el 100% de las personas entrevistadas consideran beneficioso la reducción del tiempo operatorio al momento de realizar restauraciones con resinas compuestas; esto es posible lograr únicamente con el uso de luces de curado de alta intensidad. Tomando en cuenta que cada incremento de resina requiere de 16 joules para polimerizar por completo.

Como ya se ha mencionado anteriormente para lograr un curado efectivo, lo que representa alrededor de 50% a 60% de la conversión de monómero, un flujo de energía radiante de aproximadamente 16.000 milijoules/cm² (16Joules/cm²) es requerido para una capa de 2mm de grosor de resina, esta puede ser entregada por 40 segundos de exposición con una lámpara que emita 400mw/cm² (40 segundos x 400mw/cm²=16.000milijoules/cm²) el mismo resultado puede ser obtenido por 20 segundos de exposición a una intensidad de 800mW/cm² o 13 segundos a 1200mW/cm² Phillips' Science of Dental Materials(2003).

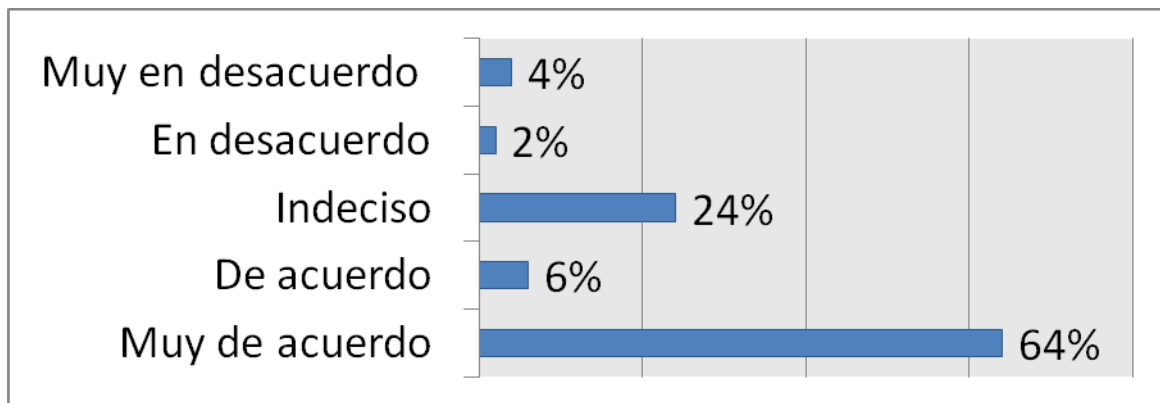
ITEM 9- En los dispositivos recargables la intensidad de la luz irá disminuyendo a medida se va descargando la batería.

Tabla 4.9: Disminución de la intensidad respecto al desgaste de las baterías

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
5. Muy de acuerdo	32	64%
4. De acuerdo	3	6%
3. Indeciso	12	24%
2. En desacuerdo	1	2%
1. Muy en desacuerdo	2	4%

Fuente: Kathleen Soto (2017)

Gráfico 4.9: Distribución porcentual sobre la opinión general ante la disminución de la intensidad respecto al desgaste de las baterías en dispositivos recargables.



Fuente: Kathleen Soto (2017)

Análisis e interpretación de datos

En esta gráfica se pone en evidencia la opinión de los profesionales acerca de la disminución de la intensidad de la luz en las lámparas de fotocurado a medida las baterías se van descargando; la idea de que el dispositivo posea baterías inevitablemente vuelve a este dependiente del constante recambio de estas; debido a que se irán desgastando con el tiempo.

Por otra parte, la carga deberá mantenerse siempre llena o lo más cerca posible de esto para lograr mantener una intensidad estable y constante. Por lo que en situaciones en las que se quiere economizar y garantizar la estabilidad y constancia de la energía que se entrega deberá considerarse ventajosa la idea de dispositivos conectados directamente al tomacorriente.

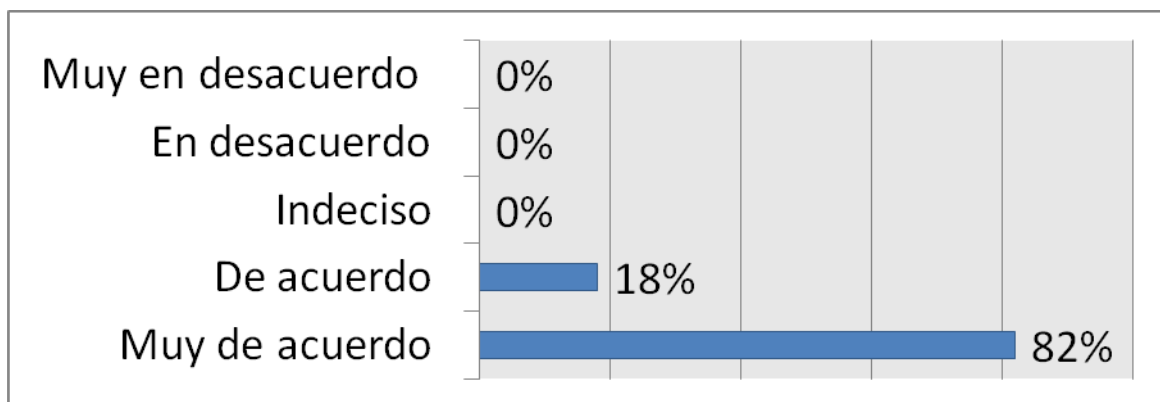
ITEM 10- Los defectos en las fibras de vidrio generan una dispersión no homogénea de la luz, y el reemplazo de estos componentes al igual que el reemplazo de baterías resulta en un costo adicional, ¿le parece necesario resolver esta problemática?

Tabla 4.10: Problemática de costos de mantenimiento

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
5. Muy de acuerdo	41	82%
4. De acuerdo	9	18%
3. Indeciso	0	0%
2. En desacuerdo	0	0%
1. Muy en desacuerdo	0	0%

Fuente: Kathleen Soto (2017)

Gráfico 4.10: Distribución porcentual sobre la opinión ante la problemática de los costos de mantenimiento en dispositivos que usan fibras de vidrio y baterías.



Fuente: Kathleen Soto (2017)

Análisis e interpretación de datos

En esta gráfica, se puede apreciar la incidencia de la opinión favorable en cuanto a la necesidad de resolver la problemática respecto a la fractura de las fibras ópticas que representan un gasto extra del mantenimiento del dispositivo; debido a que estas son muy propensas a romperse.

Posteriormente la problemática de no conseguir la fibra de vidrio adecuada para reemplazar aquellas defectuosas o fracturadas; tomando a lugar el mismo escenario con las baterías que incluso en algunos casos no pueden ser cambiadas como se evidencia en el estudio realizado por Gordon Christensen (2014); una vez que estas fallan el dispositivo ya no es útil ni puede ser reparado.

CAPÍTULO IV

4.1 CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES

Posterior a la aplicación y análisis de los resultados obtenidos tras la aplicación de la encuesta se logró determinar la existencia de una necesidad en la población odontológica tanto profesional como estudiantil en donde se ponen en evidencia principalmente 3 factores de alta importancia:

Una vez obtenido los resultados, correspondientes al objetivo planteado en relación a diagnosticar la necesidad de desarrollar una lámpara de fotocurado LED de alta intensidad en el país, se estableció que:

- La muestra estudiada manifestó una evidente inconformidad ante los elevados costos de las lámparas de fotocurado, por lo que seleccionan las más accesibles del mercado.
- Expresan descontento respecto de la eficacia y/o eficiencia de las lámparas que poseen en uso.
- Revelan la existencia de una alta incidencia de pacientes que regresan a la consulta con filtraciones marginales en las restauraciones con resina.
- Por cuanto se ha determinado que efectivamente existe la necesidad de diseñar y desarrollar tecnologías destinadas al área de odontología de producción nacional que disminuyan los costes de importación por lo que se recomienda la ejecución del diseño, de una lámpara de fotocurado de alta intensidad.
- Se recomienda la ejecución de la propuesta del diseño de una lámpara de fotocurado LED de alta intensidad.

CAPÍTULO V

LA PROPUESTA

5.1 PRESENTACIÓN

Las lámparas de fotocurado son dispositivos que emiten luz en una longitud de onda específica determinada para activar el fotoiniciador encargado de comenzar la polimerización en las resinas y compuestos dentales fotoactivados, actualmente las más utilizadas son las lámparas LED que emiten luz en un rango de 440-490 nm que corresponde al rango de absorción de la canforoquinona (360-520nm con un pico máximo de 465nm).

El Doctor Strassler, (Op. Cit) comenta que los dentistas asumen que la activación de un DF de manera fiable y previsible polimerizará el material restaurador en su totalidad. Hay muchos factores que deben tenerse en cuenta cuando se usan materiales fotopolimerizables; a pesar de las apariencias de que todas las luces de curado son adecuadas, recientes investigaciones han demostrado que no todos los DF son equivalentes. Distintas evaluaciones en lámparas de curado muy económicas han mostrado importantes diferencias operacionales que pueden afectar en gran medida la calidad de la restauración.

Diferentes estudios internacionales ponen en evidencia, el hecho de que existe un alto porcentaje de dispositivos que no emiten una intensidad adecuada; como el estudio realizado en Colombia en el que se evalúa la intensidad de salida de la luz de las lámparas de fotocurado en una clínica dental en donde El 39% de las unidades de fotocurado revisadas no registraron una intensidad de salida de luz suficiente como lo demuestran estudios realizados por Lopez et al. (2011).

Los autores afirman que el curado óptimo de la parte profunda de una resina no puede lograrse con una intensidad de 200 mW/cm² y sólo se obtendría después de 120 segundos con una radiación de 300 mW/cm²; puede lograrse con 30 segundos de irradiación a 500m W/cm² y 20 segundos de irradiación a 600mW/cm² en esta investigación sólo el 9% de las unidades de fotocurado cumplirían con este requisito. Unidades de luz con intensidades entre 0 y 299 mW/cm², no deben ser utilizadas en la clínica.

A pesar de la existencia de las normas ISO4049 y la ISO 10650-2, existen compañías que introducen al mercado productos de bajos costos aunque usualmente deficientes dando lugar a la aparición de gran cantidad de dispositivos de fotocurado con pobre desempeño. La razón de esto radica en los requerimientos mínimos que estas normas plantean como lo expresa Strasler (op. Cit).

Acerca de esto podemos nombrar un estudio publicado por Gordon J. Christensen Clinicians Report 2014 en donde un equipo de científicos evaluaron estas lámparas en sofisticados laboratorios, se pone en evidencia el hecho de que lámparas de fotocurado extremadamente económicas están siendo vendidas a través de internet con precios entre 9 y 75 USD lo que representa apenas el 1% del costo de una lámpara de fotocurado Premium y que a pesar de que estas demuestran poseer altos valores de intensidad, su inestabilidad, entre otros aspectos no favorables (VER TABLA 2.1) podrían repercutir directamente en la calidad de las restauraciones; es por ello que resulta necesario un buen análisis del diseño de los aspectos tanto externos como internos de una lámpara de fotocurado.

5.2 OBJETIVO GENERAL

- Diseño de una lámpara de fotocurado LED de alta intensidad

5.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la viabilidad de la ejecución del proyecto.
- Describir las características ideales de una lámpara de fotocurado, ubicar los componentes eléctricos y partes que componen al dispositivo.
- Evaluar la factibilidad tecnológica y operativa de llevar a cabo la propuesta.
- Elaboración de la propuesta.

5.3 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

La importancia que representa el presente estudio se basa en la necesidad de resolver la problemática principalmente económica que se presenta en nuestro país en las actuales circunstancias al respecto de uno de los instrumentos más utilizados por el odontólogo en su faena diaria; la lámpara de fotocurado. Anteriormente en este estudio se ha señalado que estos dispositivos representan un alto costo de inversión para el profesional por lo que en algunos casos se ve tentado a adquirir dispositivos que lejos de pertenecer a una marca reconocida mundialmente que garantice la eficacia y la efectividad de estos, son al contrario dispositivos cuyas marcas no son conocidas o siquiera existentes usualmente procedentes de países asiáticos cuyos costos significativamente inferiores facilitan su adquisición.

Strassler (op. cit) comenta que distintas evaluaciones en lámparas de curado muy económicas han mostrado importantes diferencias operacionales que pueden afectar en gran medida la calidad de la restauración. En consecuencia podemos observar restauraciones con fallas antes del tiempo de vida útil que estas deberían tener, como lo menciona el National Institute for Dental and Craniofacial Research, 2009 “los composites tienen un tiempo de reemplazo promedio de 5.7 años debido a caries secundaria y fractura de la restauración.” Evidentemente esta problemática en parte podría deberse a un pobre curado de los compuestos fotoactivados.

Es importante mencionar, que existe un incremento en el mercado hacia la compra y ventas de estos dispositivos notablemente económicos; de forma local se podría decir que en Venezuela el problema tiene su origen principalmente en la falta de inversión tecnológica en el país; es decir, actualmente no existen empresas nacionales dedicadas a la fabricación de estos dispositivos. Esto en consecuencia es la razón de ser de este estudio, que pretende el diseño de una lámpara de fotocurado LED de alta intensidad para la producción y distribución Nacional.

5.4 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Punta y ángulacion.

La posición y la orientación de la punta o guía de luz de la lámpara puede tener un impacto significativo en la cantidad de energía entregada a la restauración en áreas difíciles de alcanzar ya que la punta de la lámpara en sí usualmente limita cuanto cerca la luz puede llegar a las superficies de la resina a ser curada. En estos casos el operador debe usar diferentes puntas o lámparas de fotocurado con una cabeza de bajo perfil que le permita mejor acceso a la restauración o fotocurar de forma complementaria en las caras linguales y vestibulares; así comentan R. Price, D. Dickie y H. Strassler (2014).

En ese sentido existen distintos tipos de puntas y angulaciones; siendo estas acrílicas o de vidrio, aunque en algunos casos el LED se encuentra ubicado directamente en la punta, es necesario lograr posicionar la luz en ángulo de 90 grados sobre la superficie a ser curada, ya que resulta ser un factor crítico para la penetración de la energía de la luz, que decae drásticamente cuando la luz es ubicada en un ángulo distinto. Leendert Boksman y Gildo Coelho Santos (2012) afirman que algunos clínicos solo entregan un 20% de la energía alcanzada por otros utilizando la misma unidad de fotocurado por fallar en el posicionamiento de la luz que debe estar lo más cerca de la restauración a 90 grados.

En ese sentido la lámpara de fotocurado aquí propuesta presenta un bajo perfil de 90 grados lo que le permitiría al clínico no solo acceder a la superficie deseada sin importar su ubicación intraoral sino también asegurar mantener un ángulo de 90 grados. (VER FIGURA 5.5).

Intensidad

Acerca de esto Richard. Price, et. Al (2015) menciona que Algunos investigadores y fabricantes miden la intensidad de salida de luz de las lámparas de fotocurado usando las pruebas descritas en los estándares ISO 10650-1 y 10650-2; estos estándares miden la energía radiante (Vatios) y luego dividen este valor por el área de la punta de la lámpara para producir un valor de exitancia radiante (W/cm^2) los estándares parecen estar principalmente centrados en proteger al paciente, estableciendo límites que previenen la exposición dañina a la luz ultravioleta y el calor. Pero estas no especifican un valor de excitancia radiante en el rango de los 400-515nm.

Como ya se ha mencionado anteriormente para lograr un curado efectivo, lo que representa alrededor de 50% a 60% de la conversión de monómero, un flujo de energía radiante de aproximadamente 16.000 milijoules/cm² (16Joules/cm²) es requerido para una capa de 2mm de grosor de resina, esta puede ser entregada por 40 segundos de exposición con una lámpara que emita 400mw/cm² (40 segundos x 400mw/cm²=16.000milijoules/cm²) el mismo resultado puede ser obtenido por 20 segundos de exposición a una intensidad de 800mW/cm² o 13 segundos a 1200mW/cm² según lo explica el libro de texto Phillips' Science of Dental Materials (2003) En ese sentido se pretende que la excitancia radiante alcance valores de 3.000 mW/cm² logrando polimerizar incrementos de 2mm de resina en 5,10 o 20 segundos dependiendo al modo de curado que se seleccione.

Housing

Este término describe esencialmente el espacio en el que se encuentran reclusos los componentes, básicamente describe la carcasa, siendo estas usualmente plásticas o metálicas. Por supuesto ambos elementos poseen claras ventajas y desventajas. En este apartado se hará referencia al housing de la pieza de mano y el housing de la base del dispositivo.

En el caso de los plásticos, entre las ventajas en contraste con los metales se pueden mencionar: que poseen una menor densidad, lo que los hace más ligeros, poseen mejor amortiguación ante los ruidos y vibraciones al mismo tiempo que pueden funcionar como aislamiento eléctrico, permiten mayor libertad en el diseño de la pieza y su producción en serie puede llegar a ser muy económica. Claro que entre sus desventajas respecto a los metales se puede remarcar que presentan una menor resistencia a la temperatura, menores propiedades mecánicas, pueden fracturarse, y por su mayor porosidad representan un mayor desafío al momento de mantener la higiene.

Pieza de mano

Usualmente en forma de lápiz o pistola (Gun or pen style), realmente no existen evidencias de cual representa mejores características, depende de las preferencias del profesional en cuanto al estilo, pero importantes detalles de precisión, ergonomía e higiene se ven involucrados en esta parte del dispositivo.

Base

Típicamente es la parte que se posiciona en las mesas del consultorio e incluye los componentes electrónicos que operan la luz; en unidades inalámbricas su función puede ser tanto de cargador como de base para sujetar la pieza, también en ella puede estar localizado el temporizador, botones de encendido/apagado según comenta Michael Miller (2009).

Baterías

Michael Miller (2009) explica que las baterías Li-ion es el tipo de fuente de poder que la mayoría de las lámparas LED poseen hoy en día, pero algunos modelos más viejos pueden aun tener baterías NiMH (nikel metal hydride) las baterías Li-ion son usualmente más pequeñas y menos pesadas, tienen un mayor voltaje y sostienen la carga por más tiempo pero son más costosas.

El diseño de la propuesta planteada en esta investigación no pretende el uso de baterías, puesto que el continuo uso de estas produce su desgaste, la consecuente inestabilidad de la intensidad de la luz y el gasto adicional de cambio de baterías; bajo esta perspectiva resulta de mayor ventaja que el dispositivo se conecte directamente del tomacorriente, asegurando de esta forma la estabilidad de la intensidad emitida.

5.5 ACTIVIDADES Y RECURSOS PARA SU EJECUCIÓN

Para llevar a cabo esta investigación que cursa con la elaboración del diseño de una lámpara de fotocurado LED de alta intensidad a manera de propuesta bajo una programación de tiempo muy reducido debido a las distintas situaciones y eventualidades vividas en la institución y el país en los momentos actuales, que dictaminaron la reducción del tiempo, por lo que fue necesario que tanto la investigadora como los profesionales que intervinieron en el desarrollo de este proyecto, se apegaran a el estrecho cronograma de actividades lo que representó un desafío, pero se llevo a cabo con éxito.

Al mismo tiempo la inversión financiera que la elaboración de este proyecto representa; aunque relativamente elevada, demuestra que la elaboración de estos dispositivos a mayor escala no representa un gasto de inversión exponencialmente elevado, lo que pone en evidencia el hecho de que los precios de comercialización de estos dispositivos sería significativamente reducido en comparación a los de importación de características similares.

5.6 FACTIBILIDAD DE LA PROPUESTA

Resulta necesario determinar los recursos que se utilizaran en el proceso y desarrollo de la investigación independientemente de la naturaleza de estos, ya que su correcta estructuración permitirá contemplar la posibilidad de realizar el proyecto de investigación de forma eficaz en el tiempo estipulado por el autor.

Recursos humanos

El equipo de trabajo destinado a la elaboración de este proyecto se encuentra compuesto por la investigadora y autora del presente estudio, quien tendrá como misión llevar a cabo la investigación bajo los parámetros y lineamientos legales establecidos correspondientes a este tipo de investigaciones, la tutora metodológica de este trabajo Profesora Graciela Carvallo y el Tutor especialista Leonard Bustamante, brindaran la orientación metodológica y de contenido al desarrollo de esta investigación. Además se contó con el apoyo de asistentes y personal de ingeniería electrónica de la empresa Kathz Instrumentos, C.A.

Recursos institucionales

Representado principalmente por la Universidad José Antonio Páez lugar en cuyas instalaciones se llevó a cabo este estudio en conjunto con la empresa Kathz Instrumentos, C.A la cual prestó la asistencia y asesoría ante los aspectos del desarrollo tecnológico del proyecto.

Factibilidad Operativa

Por su parte la empresa Kathz instrumentos, C.A garantizará el apoyo técnico-administrativo requerido para la elaboración y aseguración de la funcionalidad del dispositivo ya que la empresa cuenta en su objetivo con la ingeniería y reingeniería de equipos médicos. Esto en caso de llevar a cabo el ensamblaje del equipo.

Factibilidad Tecnológica

La propuesta sería llevada a cabo bajo la asesoría y supervisión del equipo de especialistas de ingeniería electrónica de la empresa Kathz Instrumentos, C.A quienes se asegurarían que el dispositivo sea funcional, eficiente, eficaz y posea las características de ergonomía ideales para ser utilizado de forma clínica. Esto en caso de llevar a cabo el ensamblaje del equipo.

5.7 METODOLOGÍA (PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO)

Para describir detalladamente la metodología utilizada para lograr el diseño del dispositivo, este será seccionado en dos partes en este apartado siendo estas la pieza de mano y la base.

La pieza de mano

En condiciones ideales, esta pieza del dispositivo debe poseer cinco características esenciales: Estar hecha de un material altamente resistente, durable, estético, económico y ergonómico debido a que esta pieza es la que el operador deberá manipular constantemente.

La Base

De forma ideal y bajo las mismas consideraciones anteriormente desarrolladas esta debería poseer tres características esenciales: un temporizador, un beeper (sonido), botón de on/off. El housing destinado para este propósito podría estar compuesto por una caja plástica de dimensiones lo más pequeñas posibles y que exteriormente contase con un switch de encendido/apagado, una pantalla que muestre el tiempo en segundos y un beeper que emitirá el sonido al empezar y terminar la exposición de la luz.

5.8 EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA

Con base a la investigación realizada, las características más ideales o convenientes de una lámpara de fotocurado para la distribución Nacional en el país incluyen que esta sea lo más económica posible, al tiempo que pueda ofrecer excelente intensidad y estar fabricada con materiales altamente resistentes y durables; bajo esta perspectiva se ha tomado la decisión de que la pieza de mano de dicho dispositivo sería de acero inoxidable por sus bien conocidas propiedades.

Específicamente se utilizaría una barra hueca de acero inoxidable cuadrada, para conformar el mango; la peculiar forma cuadrada le permite al operador un excelente agarre y estabilidad al momento de posicionar y mantener el dispositivo en una posición determinada, un pequeño agujero sería creado para alojar un pulsador de acero inoxidable que activa o desactiva la luz, lo que facilita igualmente el control del dispositivo. Seguido del mango, se encuentra el cuello que es una prolongación tubular de acero inoxidable que por último lugar se comunica al cabezal de la pieza en donde se alojaría el LED de 3000 mw/cm² confiriéndole a la pieza de mano tres componentes/partes identificables (mango, cuello y cabezal) de acero inoxidable soldados. (VER FIGURA 5.1).

Al tener listo el housing de la pieza de mano se procedería a ubicar una tarjeta interna que representa el circuito del pulsador (VER FIGURAS 5.2 Y 5.3) y el LED con dos cables que viajan desde el mango hacia el cuello y por ultimo al cabezal para conectarse al LED y dos cables que viajan del mango a la base que envía las ordenes.

Por último se instala un conector USB en la base del mango que servirá para conectar un cable que a su vez iría conectado en la base del equipo (VER FIGURA 5.3 y 5.4); la razón de esto radica en que se decidió que el dispositivo no poseería baterías; es decir este sería alimentado directamente del tomacorrientes; con la intención de reducir los costos, debido a que las baterías ideales para mantener una carga que permita proporcionar una intensidad de luz estable representa un alto costo inicial además de un costo extra de mantenimiento por el recambio continuo de estas.

Es por ello que se decide diseñar una base en la cual se encontraría apoyada la pieza de mano, al tiempo que la mayoría de los componentes electrónicos se encontrarían reclusos en esta, lo que en consecuencia disminuye el tamaño y peso de la pieza de mano; la base sería elaborada en plástico; en su cara superior poseería una pantalla que muestra el tiempo en segundos e inmediatamente al lado de esta se encontrará un pulsador que permita ajustar el modo de curado correspondiente a los 5 modos descritos con anterioridad en este trabajo (Ramp cure, Step cure, Continuous, High energy pulse, pulse delay) estos modos podrían ser fácilmente programados con un sistema de arduino nano.

Un bombillo LED de color rojo correspondería a la activación de la luz de curado en su única modalidad o de curado. Un sistema beeper (emisor de sonido) indicaría cuando comienza y termina la activación de la luz. En la cara posterior de la base se encontraría un switch para encender/apagar el dispositivo y la entrada del cable que es conectado finalmente al tomacorrientes.

5.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se puede afirmar que las lámparas de fotocurado, en conjunto con la turbina y piezas de mano representan uno de los equipos más indispensables en un consultorio odontológico. El creciente uso de la tecnología de fotocurado le permite al odontólogo un control superior sobre los materiales utilizados para restaurar. Pero no solo la herramienta hace al artista, el Odontólogo debe poseer un profundo conocimiento acerca de los aspectos que se ven involucrados en el proceso de fotocurado y del instrumento en sí; es precisamente esto lo que en este estudio se desarrolló.

Se logró crear un repertorio condensado que contiene información acerca de todos los aspectos del diseño y procesos de fotopolimerización en resinas compuestas. Lo que le permite al profesional usar de forma más consciente el equipo para entregar a sus pacientes restauraciones que permitan un desempeño más cercano a lo ideal.

Logró concluirse que de forma notable la mayoría de los estudiantes encuestados no se encuentran completamente satisfechos con el desempeño de sus lámparas de fotocurado, además de considerar que estas representan una inversión de alto costo.

Se logró sentar un precedente para promover el avance y la futura continuación de esta línea de investigación en este tema en específico.

Además de lo anteriormente señalado; en este estudio se logró proponer el diseño de una lámpara de fotocurado de alta intensidad que cumpla con las necesidades presentadas por la mayoría de la población profesional de la odontología en Venezuela en los actuales momentos.

Se evidencio la viabilidad que representan este tipo de proyectos tras la elaboración parcial del dispositivo a manera de prototipo funcional lo que pone en evidencia la factibilidad de la realización de este dispositivo a mayor escala para la producción y distribución en el territorio nacional.

Se recomienda el desarrollo y elaboración del dispositivo, la realización de pruebas de profundidad de curado según lo establecido por la ISO4049 para comprobar la correcta funcionalidad del dispositivo entre otras mediciones fométricas que demuestren que este cumple con los parámetros exigidos por los estándares actualmente existentes.

Referencias Bibliográficas

1. Ario Santini photoinitiators in dentistry: a review Primary Dental Journal 2013 Oct;2(4):30-3.
2. Chaple G, Montenegro A, Ojeda,Y, Rodríguez,J Evolución histórica de las lámparas de fotopolimerización. Revista Habanera de Ciencias Médicas v.15 n.1 2016.
- Christensen GJ. Should resin-based composite dominate restorative dentistry today? J Am Dent Assoc. 2010;141:1490-1493.
3. Davidson CL, Feilzer AJ. Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. J Dent. 1997;25(6): 435-440.
4. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. J Dent Res. 1987;66(11): 1636-1639.
5. Ferracane JL. Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. Dent Mater. 2005;21(1):36-42.
6. Ferracane J, Watts DC, Barghi N, et al. Effective use of dental curing lights: a guide for the dental practitioner. ADA Professional Product Review. 2013;8(2):2-12.
7. Hegde V, Jadhav S, Aher GB. A clinical survey of the output intensity of 200 light curing units in dental offices across Maharashtra. J Conserv Dent. 2009;12:105-108.
8. Kim JW, Jang KT, Lee SH, Kim CC, Hahn SH and García-Godoy F. Effect of curing method and curing time on the microhardness and wear of pit and fissure sealants . 2002;18:120-127
9. Macchi, Ricardo. Materiales Dentales, 3ª edición. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires, 2000.

10. Maghaireh GA, Alzraikat H, Taha NA. Assessing the irradiance delivered from light-curing units in private dental offices in Jordan. *J Am Dent Assoc.* 2013;144:922-927.
11. Millar BJ, Nicholson JW. Effect of curing with a plasma light on the properties of polymerizable dental restorative materials. *J Oral Rehabil.* 2001 Jun;28(6):549-52.
12. Price R, Rueggeberg FA, Labrie D, et al. Irradiance uniformity and distribution from dental light curing units. *J Esthet Restor Dent.* 2010;22:86-101.
13. Price R, Strassler HE, Price HL, et al. The effectiveness of using a patient simulator to teach light-curing skills. *J Am Dent Assoc.* 2014;145:32-43.
14. Strassler H. Light-curing guidelines. *Inside Dentistry.* 2012;8:70-74.
15. Strassler H, Felix C. Quantifying clinical implications of ISO standards used in light curing. *J Dent Res.* 2013;92(special issue). Abstract 684
16. Strassler HE. Successful light curing—not as easy as it looks. *Oral Health.* 2013;103:18-27.
17. Sideriou I D, Achilias D S: Elution study of unreacted Bis-GMA, TEGDMA; UDMA, and BisEMA from light-cured dental resins and resin composites using HPLC. *J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater* 74B: 617–626 (2005)
18. Watts DC, Amer O, Combe EC. Characteristics of visible light activated composite systems. *Br Dent J* 1984;156:209-215
19. Watts DC. Comparing laboratory practice with clinical realities of dental light curing. *J Dent Res.* 2013;92(special issue A). Abstract 289

ANEXOS

TABLE 2.1 “Should your next curing unit be an online bargain?”

Photo	Name Company	Online Price	Intensity	2 mm Layer Speed of Cure (seconds)		Consistent and Stable Output	Broad Spectrum Output	Light Guide Diameter and Angle	Typical Width of Cure	User Replaceable Battery	Built-In Radiometer	Initial Durability	Overall Rating	
				Light Shades	Dark Shades									
	A	Cicada CV-215-1 CICADA	\$9.00 (+\$20 shipping)	1770 mW/cm ²	2-5	3-25	No	No	7.4 mm 50°	6 mm	Yes	No	Good	Good-Fair
	B	Cicada CV-215 Unknown	\$29.00	1800 mW/cm ²	2-5	2-20	No	No	6.9 mm 45°	6 mm	Yes	No	Good	Good-Fair
	C	LED Light iScope Corp	\$75.00 (+\$7.99 shipping)	1330 mW/cm ²	2-5	3-30	No	No	7.1 mm 50°	5 mm	Yes	No	Good	Fair
	D	GLY-C240 SANDENT	\$49.80 (+\$20 shipping)	1200 mW/cm ²	2-7	4-30	No	No	6.5 mm 45°	4 mm	Yes	Yes	Poor	Fair
	E	Cicada CV-213 Unknown	\$47.81	1600 mW/cm ²	2-6	3-30	No	No	7.3 mm 50°	5 mm	Yes	No	Good	Fair
	F	Woodpecker LED B Woodpecker	\$35.10	1720 mW/cm ²	1-3	2-20	No	No	6.7 mm 50°	5 mm	No	No	Fair	Fair
	G	LED Curing Light Unknown	\$66.00	1480 mW/cm ²	2-4	2-20	No	No	6.7 mm 40°	5 mm	No	Yes	Poor	Fair
	H	LED Light LY-B200 oGee	\$63.99	1090 mW/cm ²	2-4	3-25	No	No	6.7 mm 45°	5 mm	No	No	Fair	Fair
	I	Unknown Unknown	\$35.99 (+\$4.49 shipping)	1210 mW/cm ²	3-6	3-30	No	No	6.9 mm 40°	5 mm	Yes	No	Poor	Fair
	J	Rainbow LY-A180 Unknown	\$29.35	1180 mW/cm ²	2-6	3-30	No	No	7.0 mm 45°	5 mm	Yes	No	Fair	Fair
	K	M-178 LY-C240 oGee	\$69.99	1090 mW/cm ²	2-7	3-40	No	No	6.9 mm 45°	5 mm	No	No	Fair	Fair
Controls		Valo Cordless Ultradent	\$1,534	2810 mW/cm ²	1-3	2-15	Yes	Yes	9.5 mm 85°	9 mm	Yes	No	Excellent-Good	Clinically proven performance
		Paradigm 3M ESPE	\$826	1520 mW/cm ²	2-5	3-25	Yes	No	9.0 mm 55°	7 mm	No	No	Excellent-Good	
		Previous generation halogen light	N/A	330 mW/cm ²	7-25	9-60	Yes	Yes	10.0 mm 50°	7 mm	N/A	Yes	Fair-Poor	

Fuente: Christensen, G. (2014)

TABLA 2.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Objetivo	Variable	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Diagnosticar la necesidad de desarrollar una lámpara de fotocurado LED de alta intensidad, a bajos costos en Venezuela	Lámpara de fotocurado LED de alta intensidad a bajos costos	El dispositivo	-frecuencia de su uso. -Desempeño del dispositivo que posee.	1 2
		Costo	-Alto costo inicial -costo de mantenimiento	5,6 10
		Intensidad de la luz	-Intensidad del dispositivo. -Intensidad ideal. -inalámbrico/recargable	3,4,7 9
		Tiempo operatorio	-Reducción del tiempo de exposición a mayor intensidad	8

Fuente: Soto, K. (2017)

TABLA 3.1.COSTOS DE PRODUCCIÓN

N°	Descripción	Cantidad	Costos
1	Costos de importación	-	Bs.45.000
2	Housing de acero inoxidable/ pieza de mano	1	Bs.20.000
3	Personal de ingeniería electrónica	2	Bs.50.000
4	Cautín y materiales de soldadura	-	Bs.5.000
5	LED de alta intensidad	1	Bs.30.000
6	Housing plástico/base	1	Bs.20.000
7	Arduino Nano	1	Bs.20.000
8	Temporizador	1	Bs.12.000
9	Termoencojible	1	Bs. 4.500
10	Housing	1	Bs. 3000
11	Componentes Electrónicos : Resistencias, Timer, beeper y pulsadores, etc.	1	Bs. 13.400
		TOTAL	Bs. 222.700

Fuente: Soto, K. (2017)

TABLA 3.2 INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN- ENCUESTA



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
 UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
 ESCUELA DE ODONTOLOGÍA
 CARRERA ODONTOLOGÍA

5-Muy de acuerdo. 4-De acuerdo. 3-indeciso. 2-Desacuerdo 1-Muy en desacuerdo	5	4	3	2	1
1- Una lámpara de fotocurado es imprescindible en un consultorio dental.					
2- El desempeño de la lámpara de fotocurado de mi consultorio es excelente. (Estoy absolutamente satisfecho con el desempeño).					
3- Filtración marginal, fractura, despigmentación, son problemas que podrían atribuirse a un curado incompleto de la resina.					
4- Existe una alta incidencia de pacientes con restauraciones de resina con filtración marginal.					
5- Las lámparas de fotocurado son dispositivos que representan una inversión de alto costo.					
6- La producción nacional de estos dispositivos disminuiría considerablemente estos costos.					
7- La intensidad de salida que debe emitir una lámpara de fotocurado debe ser igual o mayor de 300mw/cm ² .					
8- A mayor intensidad de la luz, menor es el tiempo de exposición que le toma en curar a cada incremento de resina y en consecuencia menor es el tiempo de trabajo, ¿considera que esto sería beneficioso para usted y sus pacientes?					
9- En los dispositivos recargables la intensidad de la luz irá disminuyendo a medida se va descargando la batería.					
10- Los defectos en las fibras de vidrio generan una dispersión no homogénea de la luz, y el reemplazo de estos componentes al igual que el reemplazo de baterías resulta en un costo adicional, ¿le parece necesario resolver esta problemática?					

Fuente: Soto, K. (2017)

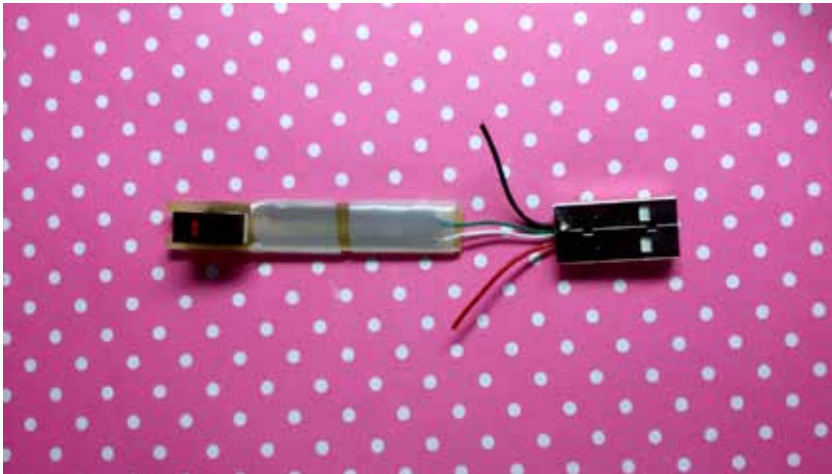
FIGURA 5.1 Housing de la pieza de mano



Fuente: Soto, K. (2017)

La imagen muestra el housing de acero inoxidable vacio de la pieza de mano. Se aprecia un pulsador de acero inoxidable en la cara superior y un dispositivo disipador de calor en el cabezal.

FIGURA 5.2 Tarjeta interna



Fuente: Soto, K. (2017)

La imagen muestra la tarjeta electrónica que representa el circuito del pulsador y el conector USB bajo aislamiento con recubrimiento de teflón.

FIGURA 5.3 Posicionamiento del LED de 3000mW/cm²



Fuente: Soto, K. (2017)

La imagen muestra la posición del LED de alta intensidad dentro del cabezal; nótese que la parte activa del cabezal no corresponde a la cara que posee el pulsador.

FIGURA 5.4 Pieza de mano terminada



Fuente: Soto, K. (2017)

La imagen muestra la pieza de mano ensamblada en su totalidad.

FIGURA 5.5: Comparación entre las puntas de una lámpara convencional y la propuesta



Fuente: Soto, K. (2017)

La imagen muestra la comparación entre el ángulo que se forma entre la cara oclusal de la UD 48 entre una lámpara con fibra óptica y la lámpara propuesta con cabezal. Nótese que la accesibilidad se alcanza con menor apertura bucal.