



**EVALUACIÓN INSTRUMENTAL COLORIMÉTRICA DE MATERIALES
DENTALES DE RESTAURACIÓN DIRECTA QUE IMITAN DENTINA.**

Alumnos: Leslie Hidalgo
Iván Leiva
Jessie Morales

Docente Guía: Dr. Jaime Sarmiento

Valparaíso - Chile

2017

Dedicatorias

A mi abuelita Susy

Quien me acogió y me acompañó en este camino durante los 6 años de carrera, por haberme apoyado, aconsejado y porque juntas vivimos hasta lo impensado, esto es tanto mío como de ella.

A mis padres y hermanos

Por darme su apoyo y motivación constante, por fomentarme el deseo de superación, y por creer en mi en todo momento.

A Pablo por haberme soportado y apoyado en los momentos más difíciles, por los abrazos infinitos cada vez que algo no salía como estaba planeado, por creer en mi y hacer que yo creyera en mi.

Leslie

A mis Padres

Por ser fuente de apoyo y amor inagotables, darme aliento en cada momento que tuve miedo o debilidad y creer en mis capacidades, sin ellos esto no hubiera sido posible.

A mis Hermanos

Que han sido mi ejemplo de responsabilidad, por su constante preocupación y compañía en este proceso.

Jessie

A mi mujer Fernanda y mis hijos Nicolás y Rafael

Quienes son mi motivación y alegría todos los días

Iván

Agradecimientos

Agradecimientos al Dr. Jaime Sarmiento, por ser nuestro guía, por la motivación y entrega puesta en el presente trabajo. A Ricardo Hidalgo Roldán por ayudarnos con el trabajo de Excel y todo el tema computacional, a la Dra Vesna Sabando por su apoyo en la investigación, al Dr. Eduardo Cáceres por el tiempo dedicado con el trabajo estadístico, a la Dra. Maricarmen Espinoza por su buena voluntad y apoyo en la impresión del presente trabajo.

Índice

Introducción	Pág. 1
I. MARCO TEÓRICO.....	Pág. 2 - 49
1) Color	Pág. 2-30
1.1 Generalidades del color	Pág. 2-3
1.1.1 Dimensiones del color	Pág. 3
-Tono, tinte o matiz	Pág. 3
-Croma, saturación o intensidad	Pág. 3-4
-Valor, brillo o luminosidad	Pág. 4
1.1.2 Percepción de color	Pág. 5
Principios y propiedades ópticas de la luz y el diente	Pág. 5-6
-Reflexión	Pág. 6
-Refracción	Pág. 6
-Absorción	Pág. 7
-Transmisión	Pág. 7
Fenómenos ópticos del diente	Pág. 7-8
-Opacidad y translucidez	Pág. 8-9
-Fluorescencia	Pág. 9-10-11
-Opalescencia	Pág. 11-12
-Metamerismo	Pág. 13
1.2 Sistemas de color	Pág. 14 -17
1.2.1 Sistema Munsell	Pág. 14-15
1.2.2 Sistema Munsell Modificado	Pág. 15
1.2.3 Sistema de color CIELAB	Pág. 15
1.2.4 Sistema Ciel*C*h*	Pág. 16
-Espacio cromático dental	Pág. 16-17
-Valores delta E y su relevancia clínica	Pág. 17-18
1.3 Determinación del color dentario	Pág. 19
1.3.1 Selección visual de color	Pág. 19
A) Visión humana	Pág. 19
- Fuente de luz	Pág. 19
- El observador	Pág. 19-20
- El objeto	Pág. 20
B) Guías de color	Pág. 20-23
- Vita Clásica o Vitalumin	Pág. 21-22
- Chromascop	Pág. 22
- Vitapan 3D master	Pág. 22-23
- Vita 3D master lineal	Pág. 23
1.3.2 Selección instrumental de color	Pág. 23-24
1.3.2.1 Interpretación y aplicación de análisis de datos de color	Pág. 24-25

1.3.2.2 Instrumentos colorimétricos - Espectrofotómetros	Pág. 25-30
a) Cristaleye	Pág. 26-27
b) Vita Easyshade compact	Pág. 27-28
c) Vita easyshade V	Pág. 28-29
d) Shade X	Pág. 29
e) Spectroshade micro	Pág. 29
f) Shadescan	Pág. 29-30
2) Histología dental	Pág. 30-33
2.1 Esmalte	Pág. 30
2.1.1 Propiedades físicas del esmalte	Pág. 30-31
2.2 Dentina	Pág. 31-32
2.2.1 Propiedades físicas de la dentina	Pág. 32-33
3) Resinas compuestas	Pág. 34-50
3.1 Generalidades de la resinas compuestas	Pág. 34-35
3.2 Clasificación de las resinas compuestas	Pág. 35-38
3.3 Propiedades de las resinas compuestas	Pág. 38-39
3.4 Propiedades ópticas de las resinas compuestas	Pág. 39-43
3.5 Efectos del monómero en las resinas compuestas	Pág. 43-45
3.6 Sistemas de resinas compuestas estudiadas	Pág. 45-49
a. Sistema Filtek Z350XT® 3M Espe™	Pág. 45
b. Sistema Miris 2® Coltène™	Pág. 46
c. Sistema Empress Direct® Ivoclar Vivadent™	Pág. 46-47
d. Sistema Opallis® FGM™	Pág. 47
e. Sistema TPH Spectra® Dentply™	Pág. 48
f. Sistema Tetric N Ceram® Ivoclar Vivadent™	Pág. 48
g. Sistema Brilliant EverGlow® Coltène™	Pág. 49

II. MATERIALES Y MÉTODO	Pág. 51-59
1) Pregunta de investigación	Pág. 51
2) Hipótesis	Pág. 51
3) Objetivo general	Pág. 51
4) Objetivos específicos	Pág. 51
5) Diseño del estudio	Pág. 51-52
6) Universo	Pág. 52
7) Tamaño muestral	Pág. 52-53
8) Confección de las muestras	Pág. 54-55
9) Almacenamiento de las muestras	Pág. 55-56
10) Criterios de inclusión y exclusión	Pág. 56
11) Obtención y recolección de datos	Pág. 56-58
12) Mediciones	Pág. 58

13) Variables	Pág.59-60
14) Analisis estadístico	Pág. 61
III. RESULTADOS.....	Pág. 62-67
IV. DISCUSIÓN.....	Pág. 68-72
Limitaciones del estudio	Pág. 72
Conflictos de interés	Pág. 72
V. CONCLUSIONES.....	Pág. 73
VI.SUGERENCIAS.....	Pág. 72
VII.RESUMEN	Pág. 73
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	Pág. 76-85
IX. ANEXOS.....	Pág. 86- 91
Anexo 1: Carta comité revisión Facultad Odontología U.V	Pág. 86
Anexo 2: Certificado de bioseguridad	Pág. 87
Anexo 3: Caja estandarización	Pág. 88-89
Anexo 4: Materiales de apoyo	Pág. 90-91
Anexo 5: Uso de Vita Easyshade V	Pág. 92
Anexo 6: Estudio piloto	Pág. 93-95
Anexo 7: Tabla recolección de datos de la investigación	Pág. 96
Anexo 8: Tabla interacciones marcas de resinas compuesta y tono, en fondo negro.	Pág. 97- 102
Anexo 9: Tabla interacciones marcas de resinas compuesta y tono, en fondo blanco.	Pág. 103- 108

Introducción

Vivimos en una sociedad visual, donde la porción del cuerpo más expuesta a la observación, es la cara o rostro. La expresión facial constituye el elemento más importante en el proceso de la comunicación no verbal.

En la actualidad los pacientes le exigen al odontólogo, que además de rehabilitar la función también le proporcione una mejor estética, la cual se hace posible con la evolución de los materiales y de las técnicas odontológicas.

Uno de los objetivos principales de la odontología estética es lograr restaurar la estructura pérdida de un diente en su forma, función y apariencia original. Este es un proceso complejo que requiere conocimiento de la anatomía dentaria, textura superficial, translucidez y color de la restauración.

Hay algunos reportes en la literatura que estudian los dientes como un todo, pero para un correcto entendimiento del fenómeno que ocurre en esmalte y dentina, ellos deben ser estudiados por separado.¹

Desde una perspectiva clínica, muchos problemas son relacionados a la selección del color dentario. Primero: El tiempo excesivo que habitualmente se requiere para este procedimiento, lo cual no garantiza resultados exitosos. Segundo: La necesidad de realizar restauraciones muchas veces hasta que el paciente esté satisfecho con el resultado, especialmente cuando se trata del sector anterosuperior. Tercero: Nuevos avances en sistemas de restauración. Cuarto: La creciente demanda por parte de los pacientes por restauraciones estéticas.²

El mercado de materiales dentales ofrece una gran diversidad de sistemas de resina compuesta directa no estandarizados en su codificación cromática. Esto genera muchas dificultades para elegir que material usar. Por ello, se necesita un conocimiento profundo del comportamiento físico y óptico tanto de los tejidos dentarios, como el material restaurador. Actualmente los sistemas de resinas compuestas contienen varias jeringas con distintos tintes y distintos grado de translucidez: dentina, esmalte y efectos especiales. De este modo la dentina se reemplaza con una resina compuesta opaca y el esmalte con una resina más translúcida. Así se aplica la técnica de estratificación de resinas compuestas que permite al clínico lograr restauraciones que son prácticamente imperceptibles para el paciente.

A partir de lo expuesto anteriormente, surge la necesidad de determinar si existen diferencias colorimétricas entre las distintas jeringas de resina compuesta directa codificadas con un mismo nombre (sistema Vita) que asemejan a la dentina, para así facilitar la toma de color clínica y así mejorar los resultados estéticos de dichas restauraciones.

I. MARCO TEÓRICO

1.- Color

1.1 Generalidades del color

El color es un proceso físico y neurofisiológico de la visión, asociado con las diferentes longitudes de onda en la zona visible del espectro electromagnético.³

El estudio científico de la luz-color, lo inició Isaac Newton en 1664, quien observó que la luz blanca que pasaba por un prisma se dividía en un patrón ordenado de colores, que actualmente conocemos como espectro.⁴

Newton describió la serie continua de colores como un espectro, y nombró estos colores en el orden siguiente: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo, y violeta. Estas longitudes de onda son percibidas por los tres tipos de receptores de color (llamados conos) en el ojo humano como variaciones de la luz roja, verde y azul. El ojo humano puede percibir sólo estas longitudes de onda de luz; de ahí el término espectro de luz visible. En términos físicos, las longitudes de onda de la luz visible oscila entre aproximadamente 400 y 700 nm. Cada tonalidad se define con precisión por su longitud de onda o frecuencia.⁵

De la serie de colores que componen el espectro visible se pueden diferenciar tres colores primarios y otros, secundarios o complementarios, obtenidos de los primeros. Estos colores primarios constituyen el denominado sistema RGB y son: el rojo, verde y azul. Los colores secundarios se obtienen sumando los primarios, de forma que el amarillo, por ejemplo, es la suma de verde y rojo. Los tres colores primarios juntos dan el color blanco, mientras que la mezcla de los secundarios produce el color negro. Esta es la teoría aditiva del color. Su complemento, corresponde a la teoría sustractiva, en cambio, está basada en restar luz eliminando longitudes de onda determinadas del espectro incidente mediante filtros o bien mediante absorción y dispersión de la luz.⁶

La percepción del color es una respuesta fisiológica a un estímulo físico.⁷ La materia es totalmente incorpórea y lo que hace que un objeto sea percibido con un determinado color responde, por una parte, a las propiedades de la luz incidente en el objeto. Es decir, a las características de la radiación visible necesaria para iniciar todo proceso de visión humana (ya sea cromática o no).

En segundo lugar, a las propiedades químicas de la materia de la que están compuestos los cuerpos, algo que afectará sensiblemente a la interacción de la luz con éstos. Y por último, al sistema visual humano que será el que determine la sensación cromática final percibida por nuestro cerebro, según las ondas de luz transmitidas o reflejadas por el objeto que han penetrado en el ojo humano. Por este

último factor, una determinada muestra de color no es percibida exactamente igual por dos observadores.⁸

Si un objeto parece ser de un color particular, esto significa que la luz que llega a nuestros ojos al ver ese objeto de alguna manera ha sido cambiada por el objeto. En otras palabras, es la interacción de la luz con el objeto lo que permite la percepción del color. Por lo tanto, sin luz, no habría color.⁵

1.1.1 Dimensiones del color

Es importante entender y tener presente que este concepto incluye tres dimensiones que lo determinan en forma clásica. Así, el color es el conjunto del tinte, del valor y de la intensidad. En odontología de los tres componentes, el valor (también llamado luminosidad o brillo) es el más influyente; seguido del croma (también llamado saturación o intensidad) y por último el tono o matiz.⁹

Tono, Tinte o Matiz

Es el estado puro del color, sin el blanco o negro agregados. Se trata de una variable cualitativa que nos permite distinguir una familia de colores de otra, el rojo, el verde del azul y los colores púrpuras. La percepción del matiz está influenciada por factores ambientales. Se escoge con las guías de colores (serán explicadas en detalle más adelante) Hay diferentes guías, que distribuyen los matices con diferentes nombres. En la guía Vita clásica, tienen 2 tintes: marrón con sus variantes A y D; y amarillo con su variante B. El C corresponde a un B con modificaciones adicionales de valor. C es su porción acromática.¹¹



Figura 1: División de colores en escala Vita clásica según tinte.¹¹

Croma, Saturación o Intensidad

El croma o saturación, es la dimensión del color que representa el grado de pureza de un determinado matiz en particular, es decir, la cantidad de pigmento de un determinado matiz. Es una variable cuantitativa.⁵

En la guía Vita, se observan diferentes niveles de saturación para el mismo matiz codificado por números. Dentro del matiz A de la guía vita, tenemos 5 niveles de croma, siendo el A1 el menos saturado de marrón y el A4 el más saturado. En Chromascop, el croma se define por valores numéricos crecientes de 10 (menos saturación) a 40 (más saturación).³ Esta dimensión limita muy bien el tinte y se confunde frecuentemente con el valor. Viene dictada por la dentina y está influenciada por la translucidez y espesor del esmalte. En los dientes, las intensidades más elevadas están en la región cervical, mientras que las más bajas están en la región incisal.¹¹

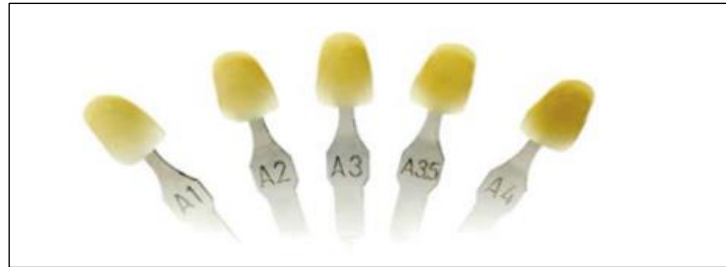


Figura 2: División de colores en escala Vita clásica según saturación en donde A1 es menos saturado y A4 el más saturado.¹¹

Valor o Brillo, Luminosidad o claridad

El valor, brillo o luminosidad es una propiedad acromática que indica la cantidad de gris presente en el diente, basado en la escala que empieza por blanco (valor elevado) y termina en negro (valor bajo). Un valor elevado permitirá a la restauración una prominencia marcada, dando más énfasis a esos dientes y un valor más bajo, los hará menos predominantes. Puede considerarse tal vez como el atributo más importante del color dentario dadas las condiciones de éste de tintes y saturaciones poco variables, ya que dentro de la retina hay alrededor de 100 millones de bastones que son responsables percibir la cantidad de luz y unos 7 millones de conos que son responsables de la percepción del matiz y el croma. Por lo tanto, el observador no podría percibir las pequeñas dispersiones de matiz o croma, sin embargo el ojo humano está mucho más desarrollado para percibir el valor que el matiz o croma.⁶



Figura 3: Escala Vita Clásica ordenada según valor. En donde B1 es el que posee mayor valor y C4 el menor.¹¹

1.1.2 Percepción del color

El ojo humano es un órgano especializado en la captación de imágenes obtenidas a partir de una radiación electromagnética la que llamamos luz visible, y que en realidad corresponde a un estrecho segmento de todo el espectro, situado entre las longitudes de onda de 400 y 800 nm aproximadamente, y que percibimos como los colores llamados "del arco iris", las radiaciones por debajo de dichas longitudes de onda no son visibles y se denominan ultravioletas, y las situadas por encima tampoco lo son, y las denominamos infrarrojas.¹²

La luz visible entra en el ojo a través de la zona transparente de la córnea y es enfocado por el cristalino sobre la retina. La retina se compone de dos tipos de células fotosensibles especializados y es el sistema receptor para la visión. Estas células receptoras especializadas se llaman conos y bastones y contienen pigmentos fotosensibles.¹³

Los conos se concentran en la región cerca del centro de la retina llamada Fóvea, y son los responsables de la visión de color y de la definición espacial, siendo poco sensibles a la intensidad de la luz y proporcionan visión fotópica (visión a altos niveles).³

Los bastones son acromáticos, contiene un solo tipo de pigmento fotosensible de modo que todos responden de igual forma frente a diferentes longitudes de onda de luz visible.³ Los bastones son mucho más sensibles que los conos a la intensidad luminosa, por lo que aportan a la visión del color aspectos como interpretar la saturación y las diferencias de luminosidad.³

Principios y Propiedades ópticas de la luz y el diente.

Cuando un haz de luz incide en el diente, este haz puede interactuar de diferentes formas: puede ser reflejado, dispersado dentro del diente y a continuación reflejado por una capa subyacente como lo es la dentina, o puede ser transmitido de forma difusa a través del diente en dependencia de sus propiedades de translucidez y opacidad, puede ser absorbido en su interior transformando la energía lumínica en otro tipo de energía o re irradiado con un estado de energía menor como por ejemplo fluorescencia.¹⁴

Por lo tanto cuando la luz encuentra un diente, se pueden describir cuatro fenómenos asociados con las interacciones del diente con el flujo de luz. Transmisión especular de la luz a través del diente, reflexión especular en la superficie, la reflexión de la luz difusa en la superficie y la absorción y dispersión de la luz dentro de los tejidos dentales.¹⁴ Estas propiedades serán detalladas a continuación:

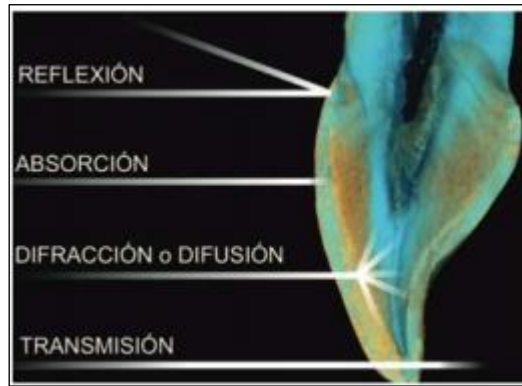


Figura 4: Fenómenos asociados con las interacciones del diente y el flujo de luz.¹⁴

Reflexión

Es el cambio de dirección de un rayo que ocurre en la superficie de separación entre dos medios. Cuando este fenómeno óptico ocurre, el rayo de luz puede reflejarse en la misma dirección en que venía o en otra dirección. La forma en que esto ocurra depende del tipo de superficie con quien la luz choca y el ángulo en que inciden en la superficie. La reflexión de la luz en una superficie plana, se llama especular o reflexión regular, eso es porque el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. En superficies rugosas, la reflexión de la luz se llama reflexión difusa ya que la superficie se comporta como infinitas pequeñas superficies dispuestas de manera irregular reflejando los rayos en distintas direcciones no en forma paralela.¹

En el tejido dentario, debido a la rugosidad de la superficie, esta luz se refleja en todas las direcciones de manera difusa y produce por ello una reflexión difusa. En cambio, si la superficie está pulida y lisa, la luz reflejará nítidamente produciendo una reflexión especular.¹⁵

Refracción

El fenómeno de la refracción se produce por el cambio de dirección de los rayos luminosos que pasan de un medio a otro a diferentes velocidades. Si un haz de luz se dispersa en una superficie translúcida, parte del rayo es reflejado y otra parte es refractado. Específicamente, la luz que penetra el cuerpo translucido va a cambiar de dirección.¹

En el tejido dentario, las distintas estructuras microanatómicas, la arquitectura tubular y la anatomía global de la dentina dan lugar a áreas con diferencias en el índice de reflectancia, dando un reflejo y dispersión no homólogos de los rayos de luz.⁶

Absorción

La luz, además de ser reflejada y refractada también puede ser absorbida por la materia. Esta absorción es causada por una disminución de la radiación de energía luminosa cuando penetra un cuerpo opaco o atraviesa superficies transparentes. Las técnicas de absorción consiste en capturar las diferentes longitudes de onda que componen la luz blanca. En general los cuerpos no absorben todas las frecuencias del espectro de luz con la misma intensidad, es más, se produce una absorción selectiva.¹

En el tejido dentario los haces de luz pueden llegar a reflejar en alguna capa y salir sin llegar a la dentina, y otros vuelven a reflejarse en la superficie interna del esmalte volviéndose hacia la dentina.¹⁴

Transmisión

Transmisión de luz es otra propiedad de la luz y es considerada como doble refracción. Cuando se mira un cristal, es posible ver luz. Primero se produce una refracción inicial cuando pasa del aire al vidrio, después sigue su camino a través del vidrio y vuelve a refractarse cuando llega al aire. En este proceso si el rayo de luz no es desviado de su trayectoria, se dice que la transmisión de luz es regular como en un vidrio transparente. Si la dirección del rayo de luz es en todas direcciones, se dice que ocurre transmisión difusa, es una propiedad típica del vidrio translúcido. Si una dirección predomina sobre otra, se dice que hay transmisión mixta como en vidrio orgánico y cristales con superficies rugosas.¹

Es por eso que se entiende que el comportamiento óptico para cada medio es determinado por varios factores incluyendo el grado de dispersión, refracción, transmisión y absorción de los rayos de luz.¹

Fenómenos ópticos del diente

Los fenómenos ópticos de los dientes se deben a la composición del esmalte y la dentina. El esmalte presenta una estructura prismática mineralizada de bajo contenido orgánico, que le da propiedades de transparencia y opalescencia. En cambio, la dentina posee menor contenido mineral y un mayor contenido orgánico, por lo tanto es menos translúcida, permitiendo una menor transmisión y una mayor reflexión de la luz, siendo la responsable del color que percibimos. También debemos considerar que las propiedades ópticas de un diente difieren dependiendo de la zona que se observe, en incisal es más translúcida por la ausencia de dentina subyacente, en cambio en cervical es menos translúcida debido al menor grosor de esmalte y mayor volumen de dentina.¹⁶

El color de un diente está determinado por una combinación de sus propiedades ópticas. Y éstas a su vez, dependen de la estructura del diente, siendo la capa más externa y dura el esmalte. La dentina es más blanda, con menos minerales y en el centro está la pulpa que contiene el paquete vasculonervioso. Se sabe que las piezas dentarias no son monocromáticas y que el tercio medio es la zona más representativa del mismo. El tercio incisal es muy translucido, por lo que su percepción cromática está afectada por el fondo, mientras que el color del tercio cervical influye la cercanía del margen gingival.⁶

Las características ópticas del diente humano son influenciadas por ser pequeños, curvados, multilaminados, translúcidos, y exhiben transmisión del color en todas las direcciones.⁵

El color natural del diente tiene una complejidad enorme y para conseguir restauraciones similares a los dientes naturales. Necesitamos crear ilusiones ópticas para las cuales, además de los componentes principales, son necesarias otras dimensiones del color. Dichas características son la textura superficial, el grado de translucidez, la opalescencia, la fluorescencia y el metamerismo. Estás, a la vez que exaltan la belleza de una restauración, dificultan la selección del color.⁵

Opacidad y translucidez

Para Munsell es la cuarta dimensión del color. Él mismo, la define como una situación intermedia entre el opaco que bloquea totalmente el paso de la luz y el transparente que permite el paso de luz total.¹

La capacidad de un cuerpo de permitir el paso de luz a través de su interior se llama transmisión de luz. Un medio de transmisión se puede clasificar en 3 categorías que incluyen opaco, transparente y translúcido. Estas características dependen de cómo un material específico o un cuerpo reaccionan a la luz incidente. Los cuerpos y materiales que tienen la habilidad de transmitir luz se dice que son transparentes o translúcidos. Esta última, es la propiedad de una sustancia que permite el paso de luz pero la dispersa, por lo cual los objetos no se pueden ver claramente a través del material, por eso se puede describir como un estado entre opacidad completa y transparencia.¹⁷⁻¹⁻¹⁸

Cuando un material no permite el paso de luz se considera opaco, sólo absorbe o refleja luz pero no tienen la habilidad de transmitirla. Esta propiedad se llama opacidad total.¹⁻¹⁸⁻¹⁹



Figura 5: Ejemplo de opaco, transparente y translúcido.¹⁷

El esmalte posee la propiedad de translucidez especialmente notoria en los bordes incisales donde no existe dentina subyacente. Cabe destacar que cuanto más translúcido sea un cuerpo mayor influencia tendrá el color del fondo sobre éste, teniendo en cuenta que el fondo de la boca tiene un color oscuro, cuanto más translúcidos sean los bordes incisales éstos aparecerán más grises o con menos valor o luminosidad.

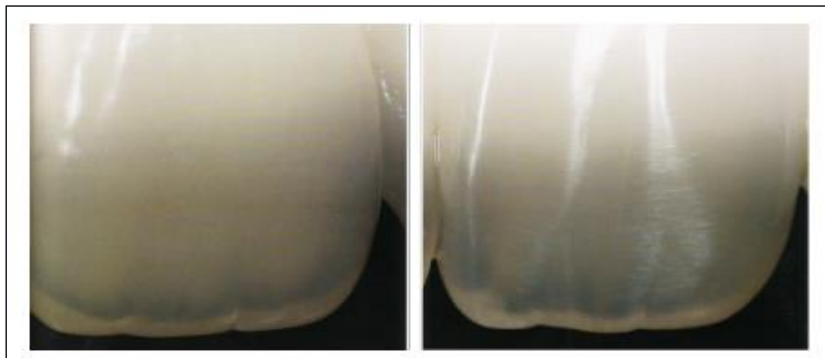


Figura 6: Translucidez apreciada en los bordes incisales.¹⁵

La translucidez de un material normalmente se determina con un parámetro de translucidez (TP). TP se refiere a la diferencia de color entre un material de espesor uniforme, sobre un fondo blanco y negro, lo que corresponde directamente al grado visual de translucidez. Un mayor valor de TP representa mayor translucidez, si el material es completamente opaco el valor tiende a cero.¹⁵⁻¹⁷

En la odontología, la dentina presenta translucidez cromática con una saturación que aumenta con el tiempo. El esmalte, sin embargo, presenta translucidez cromática y acromática. Aún cuando la mayoría de la veces el esmalte tiene poco color, con el tiempo se va volviendo más acromático. De acuerdo a muchos expertos en el tema, el esmalte tiende a tener aspecto blanco amarillento o blanco grisáceo.¹

Cuando se refiere a resinas compuestas, se aplican los mismos principios. Las resinas de esmalte pueden ser pigmentadas presentando translucidez cromática y acromática. Por lo tanto, la elección del pigmento es muy importante porque la

percepción del color de la resina compuesta de dentina va a ser influenciado por el color de la resina compuesta de esmalte seleccionado.¹

Fluorescencia

La fluorescencia es una propiedad óptica de la estructura del diente y por definición es la absorción de luz por una sustancia y la espontánea emisión de luz a una longitud de onda mayor con 10^{-8} segundos de activación.

En odontología, se ha asumido que la fluorescencia es la absorción de luz ultravioleta la cual se codificará desde ahora en adelante como UV (luz negra) por una sustancia y la emisión visible de luz en un espectro de tonos azules.²⁰⁻²¹

Va a depender de la duración de la exposición a la luz UV que puede ocurrir bajo luz día natural o bajo luz artificial como lámpara fluorescentes, flashes fotográficos o luz negra,²² esta última, emite luz UV filtrada de 350 nm a 400 nm que cuando es absorbida por un cuerpo fluorescente resulta en la emisión de una luz azul intensa.²¹

Esta propiedad hace que el diente se vea más blanco y brillante mientras se encuentra expuesta a la luz del día y en una restauración tiende a dar un efecto iridiscente brillante, además, añade vitalidad de la restauración y minimiza el efecto metamérico entre diente y restauración²¹⁻²⁰⁻²³

Es por eso, que elegir el tono adecuado y reproducir los efectos visuales de una estratificación natural de tejido dental es muy difícil ya que las distintas fuentes de luces emiten radiación UV en diferentes intensidades, resultando en diferentes patrones de fluorescencia tanto del diente como de la restauración.²¹

Como característica de la fluorescencia, el fenómeno de luminiscencia empieza y acaba instantáneamente junto con la excitación. No debemos confundirlo con la fosforescencia, donde la luminiscencia, persiste durante un lapso de tiempo después de la excitación.²⁴

En esmalte humano se observan 3 picks lumínicos distintivos entre los rangos de 350-360, 405-410, y 440-450 nm. El espectro fluorescente del esmalte natural tiene la forma de una banda ancha donde el máximo está a los 450 nm y lentamente decrece a los 680 nm. Cuando la dentina es irradiada con luz de 365 nm, el pick de la fluorescencia azul se observa entre los 440+-10 nm.²³

En el diente humano, la dentina presenta mayor fluorescencia que el esmalte, debido a que la dentina contiene mayor cantidad de colágeno el que contiene aminoácidos como triptófano que emite fluorescencia.²¹

Los componentes básicos de las resinas compuestas dentales no tienen fluorescencia. Esta propiedad se adquiere por la incorporación de elementos luminiscentes como europium, cerium e ytterbium (tierras raras). Actualmente algunos fabricantes han dicho que sus resinas compuestas presentan fluorescencia similar a la estructura dentaria, esta propiedad favorece enmascarar las

restauraciones y consecuentemente lograr restauraciones que no se noten bajo iluminación UV.²⁵

Además hay que tener presente que la fluorescencia desaparece tras un envejecimiento acelerado de la resina, es por eso que se deberían crear formas para poder mantener la fluorescencia de las resinas en el tiempo.²⁶ Por todas las razones mencionadas es que se indica que la fluorescencia es una propiedad muy importante en la estética final de la restauración.²⁷

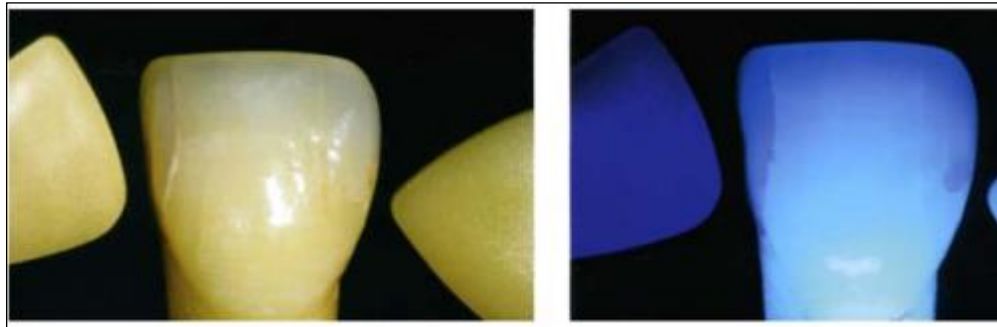


Figura 7: Las imágenes muestran el comportamiento óptico frente a luz natural y luz fluorescente, en donde se observa que las piezas de la derecha tienen similar fluorescencia frente a la de la izquierda que posee mucho menos.²⁵

Opalescencia

El ópalo es un mineral que se compone de esferas de sílica amorfa cementadas entre ellas con más sílica amorfa, por lo tanto, se produce una diferencia de refracción entre las esferas y el espacio entre ellas. Esta condición resulta en el fenómeno óptico de la opalescencia, dando una apariencia azulada bajo luz reflejada y una apariencia naranja café bajo luz transmitida. Esta situación se produce por partículas más pequeñas que la luz visible que se dispersa en un material translúcido de un menor índice de refracción. Cuando el índice de refracción excede 1.1, el material puede emitir opalescencia.²⁸

El efecto de la opalescencia se basa en el comportamiento de la translucidez del esmalte y su forma de interactuar con la luz.

Bajo iluminación directa las longitudes de onda más cortas del espectro visible, es decir, las azules, son reflejadas por el esmalte del diente natural, dando un color azulado en el halo incisal. Sin embargo bajo luz transmitida, son las longitudes de onda largas, es decir, naranja-rojo, las que pasan a través del esmalte siendo absorbidas las longitudes de onda corta. Por esta razón los dientes se observan anaranjados bajo luz transmitida o transiluminación.¹⁵

Los dientes tienen distintos grados de opalescencia, según la distribución de los cristales de hidroxiapatita del esmalte, En los dientes naturales, este fenómeno va a

depender de la cantidad de esmalte sin dentina, de la dentina y el diseño de sus mamelones, de la translucidez, pues cuanto más translúcido sea el esmalte, más perceptible es la opalescencia y por último también va a depender de la inclinación de la cresta incisal en relación al ángulo de reflexión.³⁰

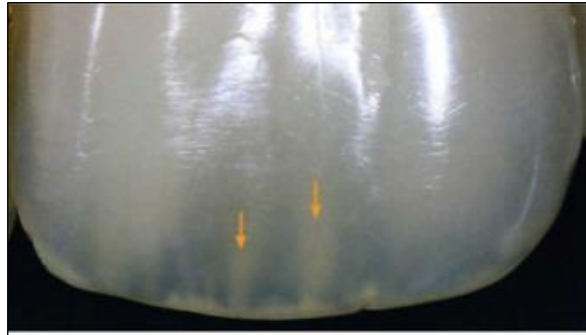


Figura 8: Las flechas señalan pequeñas reflexiones amarillo rojizas en los mamelones de los dientes. Fenómeno óptico que ocurre por el efecto especular acentuado en la región y que es conocido como opalescencia.³⁰

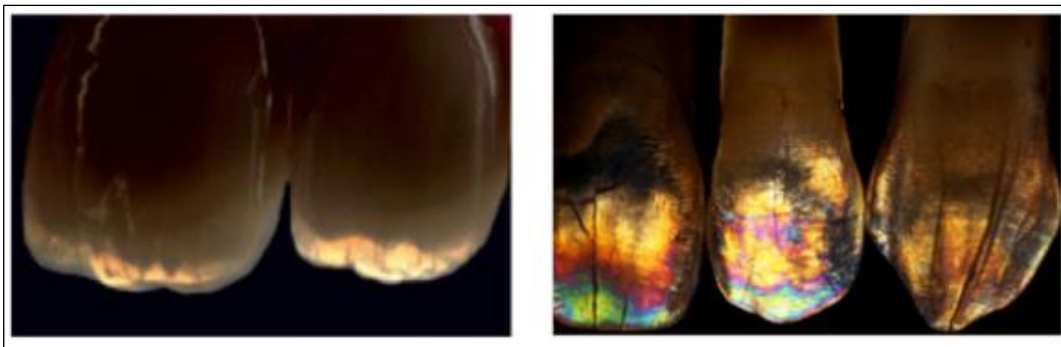


Figura 9: Comportamiento opalescente del diente bajo luz transmitida.³¹

La opalescencia se comenzó a usar para dar vitalidad a la restauración y se incluyó como parámetro adicional a la determinación del color como el croma, matiz, valor y las caracterizaciones.³¹

La opalescencia se introdujo en los materiales dentales para producir el efecto lechoso iridiscente que presentan los dientes naturales. Las restauraciones que no son opalescentes, no pueden simular ese efecto. Para poder mejorar las propiedades ópticas de las resinas compuestas, se adicionaron varios rellenos y pigmentos. La opalescencia se ha obtenido por la adición de óxido de titanio muy fino, alúmina y aditivos de zirconio.³² Entonces las resinas compuestas están formadas por una matriz de resina y distintos rellenos con distintos índices de refracción, es por eso que se ha podido lograr la opalescencia.³³

Metamerismo

El metamerismo se produce cuando la percepción del color de dos objetos es diferente debido a que una de las variables de la tríada de color (objeto, fuente de luz, u observador) se altera, mientras que las otras dos permanecen constantes. Hay dos tipos de metamerismo: metamerismo objeto y el metamerismo observador.³⁴

El metamerismo de objetos se produce cuando los dos elementos aparecen iguales en una condición de iluminación, pero aparecen de manera diferente cuando se cambia la fuente de luz. Para evitar el metamerismo, los objetos deben tener las mismas curvas de reflectancia espectral, ya que sólo los materiales con idénticas curvas de distribución de energía espectral coincidirán con todas las fuentes de luz. La combinación de colores no requiere que la fuente de luz y los objetos tengan el mismo espectro de reflectancia.³⁴

El metamerismo observador ocurre cuando la fuente de luz permanece igual y el observador cambia, causado por estímulo visual humano o estímulo instrumental. Dado que la percepción del color depende de la sensibilidad fisiológica de la respuesta espectral de los conos en la fóvea y la interpretación psicológica del cerebro, se recomienda a un tercer observador.³⁴

Esto sucede muchas veces en odontología restauradora cuando se seleccionan colores bajo una fuente de iluminación determinada. Lo aparentemente correcto se transforma en incorrecto cuando cambia la fuente de luz. El color de la luz emitida por diferentes tipos de fuentes con la misma temperatura color suele ser metaméricos pero es distinguible por observación del índice de rendimiento de color. Los pares metaméricos comparten la misma localización en el diagrama de cromaticidad de la CIE. Por lo tanto, para llevar a cabo una buena elección del color, es necesario observar los objetos bajo mínimo dos sistemas de iluminación diferentes y evitar interpretar colores con bajos niveles de iluminación.³⁵



Figura 10: Ejemplo de cómo diferentes tipos de luz producen diferentes percepciones de color. A la izquierda luz natural exterior, al centro luz incandescente y a la derecha luz fluorescente.³⁵

1.2 Sistemas de color

1.2.1 Sistema de Munsell

El sistema de color propuesto por el artista americano Albert Munsell, conocido como Sistema de Colores de Munsell, es considerado como el mejor de los sistemas basados en principios de percepción. Este autor determinó que, para obtenerse una visualización y descripción del color de forma apropiada, era necesario un sólido tridimensional en lugar de una carta bidimensional, mediante el cual sería posible mostrar la distribución de los colores a lo largo de tres dimensiones y, de esa forma, localizarlos especialmente.³⁰

Estos tres parámetros fueron ordenados por Munsell en un cuerpo tridimensional donde el tinte o matiz se encuentra ubicado en el plano horizontal, dividido por 10 colores de los cuales 5 de ellos son fundamentales: rojo, verde, azul, amarillo y púrpura y 5 intermedios: amarillo-rojo, verde-amarillo, azul-verde, púrpura-azul y rojo púrpura. Cada uno de estos colores principales es el número 5 de una serie de 10 por lo tanto el círculo completo tiene 100 colores diferentes.³⁰

El valor está representado sobre un eje vertical dividido en escala del 1 al 10, correspondiendo el extremo inferior al negro y el superior al blanco.³⁰



Figura 11: Sistema de color Munsell.³⁰

Munsell concibió las relaciones como un árbol cuyo tronco representa el valor, las ramificaciones en varios ángulos los matice y la distancia a lo largo del eje de cada ramificación, el cromatismo.³⁰

Vitapan Clásica de la Vita Zahnfabrik (Bad Sackingen, Germany) es la guía de colores para uso odontológico de mayor uso a nivel mundial hace más de 50 años. En 1998 Vita Zahnfabrik, basándose en el sistema de colores de Munsell, introduce al mercado una nueva guía derivada de la anterior, la Vita 3D Master, en la cual se considera la dimensión valor del color. Estudios avalan que la Guía de color Vita 3D Master presenta mayor coincidencia en la selección del color que la Vitapan Clásica.
36-39

Cuando el color es seleccionado usando el sistema Munsell, el valor es determinado primero.^{37-14 -38} Este es típicamente menor en cervical luego en incisal y mayor en el tercio medio del diente. El valor aumenta yendo de mesial desde los caninos del maxilar hasta el incisivo central.³⁹ Por otro lado el croma es determinado después y el matiz es establecido al último.³⁷⁻³⁸ En las resinas compuestas es identificado por la numeración como la escala Vita del 1 al 4. La selección de la saturación se puede realizar por la comparación con la pieza dentaria o colocando la resina en un espesor apropiado sobre el diente a ser restaurado polimerizándolo ya que las resinas de micropartículas se tornan más claras después de la polimerización y las híbridas más oscuras. Por lo general el área cervical se presenta con un tono más intenso que en el tercio medio e incisal.³⁷

1.2.2 Sistema de Munsell modificado

Si bien la translucidez puede que no esté incluida dentro del análisis del color de Munsell, es uno de los factores más importantes en los resultados de una restauración estética, es la interpretación tridimensional del valor.⁴⁰

El esmalte dental presenta distintos grados de translucidez que varían según la edad del individuo.⁴¹

1.2.3 Sistema de color CIELAB

El sistema de orden de color CIELAB fue desarrollado por la Commission Internationale de l'Eclairage en 1931. Se utiliza generalmente en la investigación y el color se base en la normalización de color de fuentes de luz y de los observadores. Es independiente del dispositivo de salida creando colores coherentes con independencia de los dispositivos concretos, como monitores, impresoras u ordenadores utilizados para crear o reproducir la imagen.¹⁴ El espacio de color CIE $L^*a^*b^*$ es usado comúnmente en estudios perceptuales y para la evaluación del color dental porque cubre visualmente de manera uniforme el espacio de color.⁴²

Se puede identificar cada color de forma precisa mediante sus colores a y b y su brillo L. Los tres parámetros del modelo representan la luminancia del color. Una sombra específica se define por su ubicación dentro del sistema CIELAB usando tres coordenadas: L^* , a^* Y b^* . L^* indica la claridad relativa y es una escala continua de sombras y grises) corre de arriba abajo. El máximo valor para L^* es 100, que representa el blanco perfecto, mientras que $L^*=0$ representa el negro perfecto. Los ejes a^* (tinte en el eje de coordenadas verde/rojo) b^* (tinte, en el eje de coordenadas azul/amarillo) no tienen límites numéricos específicos. Positivo a^* es de color rojo, mientras que el a^* negativa es verde. El b^* positivo es amarillo y el b^* negativo es azul.⁴³⁻⁴⁴

1.2.4 Sistema CIE L*C*h

El sistema de color CIE L*C*H, es semejante al CIE L*a*b, pero es preferido en algunas ocasiones porque se correlaciona mejor con la forma en que el ojo humano percibe el color. El espacio de color CIE L*C*H posee coordenadas cilíndricas en vez de rectangulares, como el CIE L*a*b y los valores de a*b son reemplazados por C y h respectivamente. En este sistema, L indica luminosidad, C representa croma y H es el ángulo del matiz. El valor de color C* es la distancia desde el eje de luminosidad (L*) y comienza a 0 en el centro. El ángulo de matiz comienza en el eje +a* y es expresado en grados (e.j. 0° es +a*, o rojo, y 90° es +b, o amarillo).⁴⁵

Los colorímetros y espectrofotómetros pueden ser usados para describir el color dental usando las tres coordenada en el espacio del color desarrollado por la Comisión Internacional d'Eclairage (CIE) como la estándar internacional.⁴⁵

El espectrofotómetro Vita Easyshade V es un aparato para la medición del color que mide la reflexión espectral de la luz y la convierte en valores cromáticos (valores de triestímulo) o en un valor numérico internacionalmente reconocido, mediante tres coordenadas (triestímulo) del color en el espacio cromático, CIE L*a*b y CIE L*C*H, definida por la Comisión Internacional de Iluminación, o CIE (Commission Internationale d'Éclairage). Garantiza una determinación exacta del color dental en los sistemas cromáticos mundialmente consolidados Vita clásica A1-D4, Vita system3D-Master.⁴⁶

Espacio cromático dental

El espacio cromático dental ocupa una zona de la esfera que conforma el sistema L*a*b*. Esta zona tiene forma alargada similar a una banana. La banana representa aquella zona del espacio cromático en la que se encuentran los colores dentales naturales. La forma del plátano simboliza las relaciones naturales: los diversos colores dentales se distinguen mayormente por su luminosidad, por lo que el espacio cromático dental se extiende verticalmente en relación con el eje de luminosidad, estirándose de forma similar a un plátano. Más arriba se encuentran los dientes más claros; más abajo, los dientes más oscuros. Los colores dentales más intensos se hallan en la curvatura externa del plátano, más alejada del eje central L incoloro; los dientes con un matiz rojizo se orientan hacia el eje a; los dientes con un matiz amarillento, hacia el eje b.⁴⁷

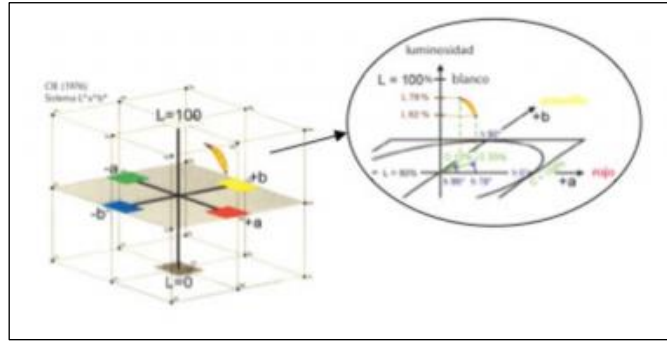


Figura 12: Posición del espacio cromático dental dentro de los espacios cromáticos CIELAB y CIE L*a*b*.⁴⁷

Valores Delta E y su relevancia clínica

La diferencia de color o delta E (ΔE) define la diferencia (visual y/o medible) entre el color obtenido con respecto al color de referencia y se indica como la distancia entre las coordenadas del color obtenido y las coordenadas del color de referencia.⁴⁷

Cuando se utilizan instrumentos para capturar el color de relevancia clínica, es importante definir los parámetros de diferencia de color. Los dos parámetros incluyen la magnitud de diferencia de color (ΔE) que es perceptible y la que es aceptable por los observadores humanos.⁴⁸

En el espacio de color CIELAB, la diferencia de color entre dos objetos con colores $C1 = (L1^*, a1^*, b1^*)$ y $C2 = (L2^*, a2^*, b2^*)$ se define a través del Error Promedio (ΔE), la cual combina matemáticamente las diferencias en L^* , a^* , y b^* de dos materiales.⁴²

$$\Delta E = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

Donde Δ representa la diferencia y E es un derivado de la palabra alemana "empfindung" que significa sensación. Por lo que E literalmente significa "diferencia en la sensación".⁴⁹

Interpretando esta ecuación, vemos que un valor positivo de ΔL^* significa que el segundo color es más luminoso que el primero, y un valor negativo de éste significa que es más oscuro que el primero. Un valor positivo de Δa^* significa que la muestra es demasiado roja, o que la muestra es demasiado verde si Δa^* da un valor negativo. Un valor positivo de Δb^* significa que la muestra es demasiado amarilla, o demasiado azul si Δb^* es negativo.⁴⁷

La perceptibilidad y la aceptabilidad de los umbrales visuales se cuantifican sólo combinando los métodos de medida de color visual e instrumental.⁵⁰ La magnitud de la diferencia de color perceptible y/o aceptable por observadores humanos aún no está bien definida, ni ha sido medido de manera ideal en la investigación del color dental.⁴⁸

A. Perceptibilidad. Se refiere a la detección de la diferencia de color entre un diente y el color de una restauración adyacente.⁴⁸ Cuando la diferencia de color entre dos objetos puede ser observado por el 50% de los observadores (el otro 50% no nota la diferencia), estamos hablando de un umbral de perceptibilidad de 50:50%.⁵¹

En odontología existe coincidencia de color cuando la diferencia de color está en o por debajo del umbral de perceptibilidad.⁵¹

Las diferencias de color perceptibles están en un rango que va de un ΔE de 1⁵² y 2⁵³ en estudios in vitro y de 3,7 en un estudio in vivo.⁵⁴

B. Aceptabilidad. Se refiere a la aceptación del color de la restauración.⁴⁸ Cuando la diferencia de color es considerada aceptable para el 50% de observadores (el otro 50% debería considerarlo inaceptable), esto corresponde a un umbral de aceptabilidad de 50:50%.⁵⁰

Valores ΔE	Interpretación
ΔE menor que 1	La diferencia de color no será percibida por el ojo humano
ΔE entre 1 y 2.	La diferencia de color será percibida por un observador experimentado
ΔE entre 2 y 3	Diferencia evidente entre color de referencia y color obtenido, pero gusta, es aceptable
ΔE entre 3 y 4	Diferencia evidente entre color de referencia y color obtenido, pero no perjudica al trabajo.
ΔE entre 4 y 5	Diferencia evidente entre color de referencia y color obtenido, al límite de la aceptación
ΔE superior a 5	Diferencia evidente entre color de referencia y color obtenido, inaceptables.

Tabla I: Se muestran los valores ΔE y su interpretación.⁵⁶

1.3 Determinación del color dentario

La determinación del color puede ser realizado usando dos enfoques, visual e instrumental.⁵⁵

1.3.1 Selección visual de color

A) Visión Humana.

Los requisitos principales para la percepción del color incluyen tres elementos variables: el objeto, una fuente de luz para la iluminación y un observador.³⁴

Fuente de luz:

La naturaleza de la fuente de luz que ilumine la clínica es esencial, de hecho el espectro de la misma influirá de forma decisiva en la apreciación cromática, la luz ideal para la toma de color clínica será aquella más próxima al espectro de luz de la luz solar diurna, es por ello que una correcta iluminación natural es deseable en el momento de la toma de color, como esto no es siempre posible, ya que no todas las clínicas tienen acceso a esta luz natural ideal, y que a determinadas horas del día, o en determinadas épocas del año, la luz diurna es insuficiente, se debe recurrir a fuentes de luz artificial, en este caso, debe evitarse el empleo de fuentes de luz por incandescencia, como las bombillas corrientes o halógenas, ya que emiten un espectro con mucha proporción de colores próximos al rojo, que puede alterar la apreciación cromática, lo que elimina de entrada la luz quirúrgica del sillón dental, debiendo usar la luz ambiental de la clínica, se recomienda el uso de las denominadas fuentes de luz "día", que son fuentes fluorescentes de luz corregidas, que ofrecen temperaturas de color de 5,000° a 6,500°K, y que se conocen comúnmente como luz día D₅₀ y D₆₅ respectivamente, y que están indicadas para todos los procesos que exijan una correcta percepción cromática.¹²

El observador

La luz entra al ojo a través de la córnea y lente, ésta imagen es enfocada en la retina. La cantidad de luz que entra al ojo es controlada por el iris, el que se contrae o dilata de acuerdo al nivel de iluminación. Los sensores de la retina están posicionados especialmente para enfocar la luz. Entre los bastones y los conos hay una relación de 19 a 1. Estos bastones están distribuidos en toda la retina y reaccionan frente a bajas intensidades de luz. Estos sensores registran sólo luminosidad. En relación a los conos, tenemos tres tipos, sensibles al rojo, al verde o al azul. La distribución de los conos está limitada a la fovea central, que es una pequeña área en el centro de la retina donde no existen bastones. Inmediatamente alrededor de la fovea existe un área mixta de ambos tipos de sensores. Esta área

mixta, que es única para cada individuo, es la responsable de las diferencias en la discriminación de color entre observadores que poseen una visión normal.⁵⁷

El paciente debe estar al mismo nivel de los ojos del observador y a una distancia de 60 cm. Los dientes deben estar húmedos, pues los dientes secos no reflejan bien la luz, además los dientes deben estar limpios y libres de manchas o placa, para que no interfiera en la selección del color; se debe evitar colores fuertes y brillantes en la ropa del paciente, por lo que debemos colocar un campo de color neutro. La selección de color debe ser rápida, esta debe tomar entre 5 a 7 segundos, para evitar el cansancio visual.

El objeto

El color es una propiedad física de la luz que es modificado por el objeto y el aspecto total del material depende de la capacidad del objeto para modificar el color de la luz incidente. El color aparece ya que el material absorbe la luz visible radiante, con la excepción de la longitud de onda reflejada a los ojos del espectador. Un medio transparente permitirá que la luz visible pase a través de casi inalterada. Translúcida de dispersión objeto, transmitir y absorber porciones de longitudes de onda de la luz visible, mientras que los materiales opacos no transmiten, pero reflejan y absorben diferentes longitudes de onda de la luz visible.³⁴

Los fenómenos ópticos de los dientes se deben a la composición del esmalte y la dentina. El esmalte presenta una estructura prismática mineralizada de bajo contenido orgánico, que le da propiedades de transparencia y opalescencia. En cambio, la dentina posee menor contenido mineral y un mayor contenido orgánico, por lo tanto es menos translúcida, permitiendo una menor transmisión y una mayor reflexión de la luz, siendo la responsable del color que percibimos. También debemos considerar que las propiedades ópticas de un diente difieren dependiendo de la zona que se observe, en incisal es más translúcida por la ausencia de dentina subyacente, en cambio en cervical es menos translúcida debido al menor grosor de esmalte y mayor volumen de dentina.⁵⁸

B) Guías de color

Debido a que el color no puede ser correctamente descrito de memoria, fueron formuladas las guías de colores para representar el rango natural de color del diente.

Aunque su uso es altamente subjetivo y con muchas variables, tales como: condiciones de luz, experiencia de los observadores, fatiga del ojo humano y enfermedades ópticas que pueden llevar a inconsistencias y sesgos,⁵⁹ siguen siendo el método más aplicado frecuentemente en la odontología clínica^{59-14- 60}

Se considera que el uso de guías de color es un obstáculo para obtener resultados estéticos aceptables.⁶¹ Ya en la década de 1970, Sproull encontró deficiencias de las

guías disponibles, sugirió que una guía de colores ideal debe consistir en tablas de color que estén bien distribuidas y dispuestas de manera lógica en el espacio de color. Él recomendó una guía de colores basada en el sistema de orden de colores de Munsell.⁴⁷

Más aún, hay estudios que han demostrado que los clínicos no concuerdan en la selección de color dentario de un mismo diente y no pueden duplicar su selección de color en un día diferente.⁶⁴ Paul et al, encontraron que la evaluación del color por 3 dentistas como observadores era 33% menos precisa que la referencia de un espectrofotómetro.⁵⁵

Otro punto a considerar es que existen muchos inconvenientes asociados con estos métodos subjetivos como la naturaleza policromática de los dientes, las guías de color no cubren el rango completo del color dentario⁶⁰⁻⁶²⁻⁶³ Bayandir et al ., 2007). Y el ordenamiento, las guías no son lineales, los colores percibidos entre tablas adyacentes tienen un intervalo inconsistente.⁶³ Ninguna de las guías comercialmente disponibles son idénticas¹⁴; existen tantas guías de color como fabricantes.¹²

Un factor impreciso de las guías de color es que no son representativas del color verdadero y de la translucidez/opacidad de los materiales restaurativos.³⁵

A continuación se detallan las guías de color más usadas por los odontólogos para la selección dentaria.

Vita clásica o Vita lumin (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemania)

La guía de colores Vita clásica está compuesta por 16 colores que se dividen entre A1 – D4. En la familia de colores de Vita clásica los colores se agrupan del modo siguiente:

- A1 - A4 (rojizo-marrónáceo)
- B1 - B4 (rojizo-amarillento)
- C1 - C4 (grisáceo)
- D2 - D4 (rojizo-gris)

Los cuatro grupos se ordenan de acuerdo a croma ascendente .⁵¹⁻⁶⁵

Las dimensiones relativas a luminosidad y saturación, se anotan de 1 a 4.¹² Cuando el valor disminuye el croma aumenta: A1 tiene alto valor y bajo croma, mientras que en A4 es al revés.⁶⁶ Esta guía no está sistemáticamente ordenada, por ejemplo referente al valor⁶⁷ por lo que hay quienes recomiendan reorganizar las guías de color en función de la luminosidad, en vez de la tonalidad, dado que nuestro ojo es más sensible a los cambios de claridad que a diferencias de tonalidad. Así la guía Vita Classical quedaría ordenada de la siguiente manera: B1A1, A2, D2, B2, C1, C2, D4, D3, A3, B3, A3,5, B4, C3, A4, C4.¹²

Uno de sus inconvenientes es que sus variaciones del color no están sistemáticamente distribuidas en el espacio cromático dental.⁶⁸



Figura 13: Muestrario Vitapan clásico⁴⁶

Chromascop (Ivoclar vivadent, Shaan Liechtenstein)

La guía de colores Chromascop es la guía utilizada por Ivoclar Vivadent en sus sistemas cerámicos. Presenta 20 muestras divididas en 5 grupos de matices, según la siguiente numeración 100(blanco), 200(amarillo), 300(marrón claro), 400(gris) y 500(marrón oscuro). Cada grupo posee 4 muestras. Ordenadas en croma creciente, con el número 10 correspondiendo al más bajo y el 40 al más elevado. Se utiliza de forma similar a la Vita Clásica, eligiendo primero el matiz y luego el nivel del croma.⁴⁴

Vitapan 3D Master (Vita Zahnfabrik)

En 1998 Vita Zahnfabrik, basándose en el sistema de colores de Munsell, introduce al mercado un nueva guía derivada de la anterior Vitapan Clásica, la Vita 3D Master, en la cual se considera la dimensión Valor del color.³⁹

El sistema de colores 3D-Master (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemania) fue creado para detener los inconvenientes de las guías dentales convencionales. El sistema de color 3D-Master está formado por 26 colores dentales. Según su fabricante, su ventaja principal es la distribución homogénea y equidistante entre los colores en el espacio de dientes cromáticos y la cantidad de colores, que incluyen la diversidad de dientes naturales. El método Toothguide 3D-Master subjetivo se basa en comparar el color del diente en cuestión y las 26 pestañas de sombra físicas. El color subjetivo debe seleccionarse en el siguiente orden: primer valor o ligereza, luego croma y finalmente matiz. Por consiguiente, cada color está determinado por un número (valor), una letra (tonalidad) y un número (croma), como 4M3, donde 4 representa ligereza, M representa matiz y 3 representa croma.⁴⁵



Figura 14: Guía Vitapan 3D Master⁴⁶

Actualmente se comparó los 2 sistemas de guía de color Vitapan (Clásica y 3D-Master) y se concluyó que 3D-Master demostró un espacio más uniforme de color extendiendo los rangos de colores en la dirección deseada.⁵¹

Guía vita 3D-Master lineal

Una nueva versión de Vita 3D-Master es la guía lineal 3D-Master, que es una modificación de la anterior que contiene exactamente las mismas tablas, pero con una presentación simplificada y un procedimiento de toma de color de 2 pasos: sus contenedores solo tienen 6 tablas (paso uno) y 7 (paso dos) linealmente ordenadas en vez de 29 tridimensionalmente arregladas que requieren 3 pasos.⁵¹

Desde el lanzamiento del Vita System 3D-Master, resulta posible describir con precisión científica todos los colores. El fundamento y elemento esencial del Vita System 3D-Master es el descubrimiento del espacio cromático dental, imaginable dentro del universo cromático como una elipse erguida que abarca todos los colores dentales naturales existentes en el mundo. Este espacio cromático dental, como ya hemos señalado anteriormente, se define en función de tres parámetros: valor, intensidad y tinte.⁵¹

1.3.2 Selección instrumental del color

Actualmente, el avance de la tecnología ha permitido aumentar la objetividad en la selección de color a través de instrumentos, uno de ellos es el espectrofotómetro, que ha sido usado en diversos estudios debido a su exactitud, sensibilidad y reproducibilidad en la selección del color.⁵⁸

La subjetividad del ojo humano y la variabilidad de la iluminación pueden ser eliminadas usando artículos electrónicos en odontología.⁵⁵ Para resultados óptimos, estos aparatos deberían tener la suficiente precisión y lograr alta repetitividad con bajos errores de medida.⁷⁰

Los instrumentos para la toma de color abarcan los espectrofotómetros, espectralradiómetros, colorímetros y sistemas de análisis imagenológicos o una combinación de estos.⁵⁰⁻⁷¹ Los más comunes son los colorímetros y espectrofotómetros. Estos últimos estiman el color de los dientes mediante la medición de la cantidad y la composición espectral de la luz reflejada en la superficie dentaria, en todas las longitudes de onda visibles. Por lo general, los resultados son expresados en la escala CIELAB. Ellos miden la cantidad de energía reflejada por un objeto en intervalos de 1 a 25 nm. a lo largo del espectro de luz visible.³⁹

Hoy en día, instrumentos fotométricos y colorímetros han sido usados extensivamente en la investigación dental.⁵⁵ El principal inconveniente de estos sistemas electrónicos es su precio elevado en algunos casos y en ocasiones de alta complejidad técnica, lo que hace que algunos profesionales desestimen su utilización.¹²⁻⁷²

Los colorímetros y espectrofotómetros pueden ser usados para describir el color dental usando las tres coordenada en el espacio del color desarrollado por la Comisión Internacional d'Eclairage (CIE) como la estándar internacional. Se definió el color como una "característica de la percepción visual que se podía describir a través de los atributos de Matiz, Valor y Croma". La Tonalidad, representada por la coordenada h^* , es la primera dimensión de color y se asocia con la longitud de onda dominante de un color. Marca la diferencia entre las familias de color y se mide en una escala continua que va de 0° a 360° . El valor, representado por la coordenada L^* , está determinado por la cantidad de blanco y negro y está ligado al concepto de ligereza /oscuridad. Se mide en una escala que varía de 0 (negro) a 100 (blanco). El cromata, representado por la coordenada C^* , describe la dominancia del tono en un color determinado.⁴⁵

1.3.2.1 Interpretación y aplicación de análisis de datos de color.

Los dispositivos miden la superficie completa del diente dando un mapa de color de gingival, cuerpo e incisal para la fabricación de restauraciones directas e indirectas. Estos sistemas dan una superposición virtual de color sobre la imagen digital en la pantalla del computador, usando la tabla propuesta de las medidas dentarias para la referencia visual y evaluación por el clínico o técnico. Para la medida de la superficie completa del diente los espectrofotómetros como el Crystaleye y SpectroShade proveen valores de la tabla de designación de color y la respectiva variación de color comparada con valores de la table de color en la

memoria. Sin embargo, estos mapas son bidimensionales y ellos no necesariamente toman en cuenta la forma, textura y grosor de la restauración, el tipo de pilar y los diferentes materiales básicos (metal o cerámica). Además promedian los datos de color sobre la superficie completa del diente o grandes áreas definidas que pueden dar lugar a información inexacta.⁵⁰

Los dispositivos que miden un área limitada lo hacen en áreas de 3 - 5 mm de diámetro. Es por esto que muchas áreas del diente deben ser consideradas para obtener una evolución representativa del color. Un mínimo de áreas de diente debe ser medidas las cuales son gingival, cuerpo e incisal (un total de tres). Deben ser evaluadas y archivadas para el técnico si se prescribe una restauración indirecta.⁵⁰

La precisión de estos métodos depende de la geometría de los instrumentos y las propiedades de la superficie de los objetos. Después de la toma de color, la medición de los sistemas depende de la diferencia de color para generar un valor que se correlaciona con la respuesta visual de los observadores.⁵³

Actualmente todos los instrumentos de medición de color objetivos han sido desarrollados en base a respuesta visual de un observador estándar y estos son buenos sólo si hay concordancia entre ellos. Por lo tanto, la respuesta si se usa un instrumento visual o un método instrumental para la toma de color en odontología es: cuando se posible, use ambos, son complementarios y pueden conducir a un resultado estético predecible.⁵⁰

1.3.2.2 Instrumentos colorimetricos - Espectrofotómetros.

A continuación se muestra una tabla con la lista de instrumentos y software para la toma de color in vivo y sus propiedades.⁵⁰

Producto	Fabricado	Tipo de Dispositivo	Área de medición	Costo Relativo
ClearMatch	Clarity Dental, Salt Lake,Ut	Software de análisis digital de imagen	Imagen completa del diente	Bajo
CrystalEye	Olympus America,Center Valley,PA	Espectrofotómetro de imágenes	Imagen completa del diente	Alto
Easychade Compact	Vident, Brea, CA	Espectrofotómetro	Diámetro de prueba 5-mm	Bajo
Shade-X	X-Rite, Grandville, MI	Espectrofotómetro	Diámetro de prueba 3-mm	Bajo
ShadeVision	X-Rite, Grandville, MI	Colorímetro de imagen	Imagen completa del diente	Moderado
SpectroShade Micro	MHT, Niederhasli ,Switzerland	Espectrofotómetro de imágenes	Imagen completa del diente	Moderado

Tabla II: Instrumento y software para la concordancia de color en odontología: tipos, área de medición y costo relativo (desde US\$ 1000- US \$ 7500).⁵⁰

Además de los instrumentos de la tabla existen muchos productos para la selección dentaria que actualmente se ha retirado del mercado, o son de disponibilidad limitada, o han sido rediseñados. La lista de ellos incluye Chromascan (Sterngold, Stamford, CT, USA), Dental Color Analyze (Wolf Industries, Vancouver, Canadá), Identacolor II (Identa, Holbeck, Dinamarca), Digital Shade Guide DSG4 (A. Reith,

Schorndorf, Alemania)., Ikam (Metalor Techonologies, Attleboro, MA, USA)., ShadeEye NCC Chroma Meter (Shofu Dental, Menlo Park, CA, USA)., ShadeEye NCC Chroma Meter (Shofu Dental, Menlo Park, CA, USA)., Beyond Insight Shade Taking Device (Beyond Dental & Health, Beijing, China)., Shadescan (Cynovad, Montreal, Canada). y Vita Easyshade (Vita Zahnfabrik, Bad Sa'ckingen, Alemania).⁵⁰

Una serie de instrumentos colorimétricos están disponibles comercialmente, tales como ShadeVision (X-Ride, Grand Rapids, MI, EE.UU.), que es un colorímetro, espectrofotómetro que no proporciona imágenes; y SpectroShade Micro (MHT Verona, Italia). Y CrystalEye, que son los espectrofotómetros que también proporcionan imágenes.⁶⁰

Los instrumentos de medición de color pueden ser divididos en dos grupos dependiendo de la medición localizada (un punto) o bidimensional (2D) como colorímetros y espectrofotómetros.⁶⁰

Un Espectrofotómetro tiene una fuente de radiación óptica, un medio de luz dispersa, un sistema de medición óptico, un detector y un medio convertidor de luz que obtiene una señal que puede ser analizada. Los datos obtenidos deben ser manipulados y traducidos para ser útiles en la profesión dental. Las mediciones obtenidas por estos instrumentos son frecuentemente clave para la guías de colores dentarios y convertidas en tablas equivalentes de color.⁵⁰

Una ventaja significativa de los espectrofotómetros es la capacidad de analizar los componentes principales de un espectro y la habilidad de convertir medidas espectrofotométricas a variadas medidas de color.⁶⁹

Frecuentemente vienen adicionados programas computacionales con el aparato de medición espectrofotométrico para facilitar la conversión de reflectancia a los variados parámetros de color.⁶⁹

Los espectrofotómetros, por lo general, tiene mediciones más sistemáticas y precisas que los colorímetros debido a su capacidad para medir la cantidad de luz reflejada por los objetos en toda la gama de espectro visible.⁶⁰⁻⁷³

La medición mediante un espectrofotómetro se asocia con relativamente pocas fuentes de error debido a su fácil manejo y funcionamiento totalmente automatizado. No es sin razón que se describe en la literatura como el instrumento más fiable para la determinación del color del diente.⁷⁴

a) Crystaleye (Olympus America, Center Valley, PA).

Combina los beneficios del tradicional espectrofotómetro con la fotografía digital. A través del desarrollo óptico y de la tecnología del procesamiento de

imágenes, este producto permite al profesional una toma de color dentario más exacta y con una comparación más simple que con el tradicional espectrofotómetro.⁵⁰

La ventaja de este sistema es que usa una tabla virtual de color en base de datos del computador que puede cruzar referencias para hacerlas coincidir y superponerlas visualmente sobre la imagen del diente natural dándole al técnico la capacidad de visualizar correctamente las tablas de color.⁵⁰

Este espectrofotómetro utiliza siete LED (diodos emisores de luz) como una fuente de iluminación, con un ángulo $45^\circ / 0^\circ$.⁶⁰ Lo que da por resultado una descripción del color más precisa que los sistemas convencionales que usan cámara digital.⁵⁰ El instrumento se calibra con una placa de calibración antes de toma de datos. Los datos espectrales son tomados al mismo tiempo que se captura una imagen del diente. La imagen es tomada desde dentro de la cavidad oral y como consecuencia está desprovista de la luz externa que puede causar discrepancias.⁵⁰ El dispositivo también se utiliza para adquirir imágenes de arco completo y toda la cara del paciente. El espectro va desde 380 hasta 700 nm, con intervalos de 1 nm en cada píxel. Los datos son transferidos del espectrofotómetro a un computador personal.⁶⁰



Figura 15: Espectrofotómetro Crystaleye.⁵⁰

b) Vita Easyshade Compact (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemania).

Es un espectrofotómetro de contacto, inalámbrico, pequeño, portable, rentable, que opera con baterías y provee suficiente información para ayudar al análisis de color. Es posible realizar diferentes modos de medidas: diente entero, un área del diente (cervical, media y incisal), verificación de color de restauración (incluido el valor, corama y matiz) y modo de tabla de color (para práctica y entrenamiento).⁵⁰

El espectrofotómetro Vita Easyshade ha demostrado ser el instrumento más fiable tanto in vitro como in vivo. Los espectrofotómetros no se ven afectados por la luz del

día y los contrastes ambientales. Como resultado, logran un aumento de precisión del 33% en comparación con los métodos de medición visual, así como una mejor correspondencia de color del 93,3%. Además, la reproducibilidad es uno de los mayores avances y es del 83,3% según estudios de Paul et al. El Vita Easyshade en particular alcanza una precisión del 92,6% y una repetibilidad del 96,4% según Kim-Pusateri et al. Por lo tanto, se eligió como instrumento de referencia en diversos estudios sobre la determinación del color del diente.⁷⁴



Figura 16: Vita easyshade compact a). Calibración del instrumento, b). Medición del color, c) Valores de la mediciones de color comparadas con su correspondiente en Vitapan Clasico, d) Correspondencia de los valores con Vitapan 3D- Master.⁵⁰

c) VITA Easyshade V

Hoy en día existe en el mercado el nuevo Vita Easyshade V. el cual mezcla un software, unido a la red neuronal Vita vBrain, para lograr una determinación exacta del color dental en los sistemas cromáticos Vita clásica A1-D4, vita system 3d-master, vitablocs y los colores blanqueados según la American Dental Association (ADA). Es ergonómico y fácil de usar⁴⁶

Además presenta las siguientes características:

- Determina el color de los dientes de pacientes para seleccionar materiales CAD/CAM, confeccionar coronas estratificadas, seleccionar dientes protésicos, elegir el material para el tratamiento de obturación directa y planificar correcciones estéticas con carillas.
- Facilita el proceso de planificación de un blanqueamiento profesional.
- Confección de restauraciones estratificadas más fácil utilizando la aplicación para visualizar la transición del color natural de los dientes del paciente de incisal a cervical.⁴⁶



Figura 17: Espectrofotómetro Vita Easyshade V.⁴⁶

d) Shade- X (X-Rite, Grandville, MI).

Es inalámbrico, compacto y su punto de medición es de 3 mm de diámetro y es compatible con la mayoría de las guías de color. Posee dos bases de datos para la coincidencia del color de la dentina (más opaca). y las regiones incisales de los dientes (más translúcidas).⁵⁰

e) SpectroShade Micro (MHT Optic Research, Niederhasli, Suiza).

Es un espectrofotómetro de imagen. Usa una combinación de cámara digital y LED y tiene un computador interno con un software de análisis. El sistema de guía de posicionador dental que se muestra en la pantalla “touch” del LCD es usado durante la toma de color. Los datos de imágenes y espectro pueden ser guardadas en la memoria interna y transferidas a un computador.⁵⁰

f) Shade Scan (Cynovad, Montreal, Quebec, Canada.).

Este sistema genera un representación digitalizada del diente, incluyendo un mapa de color de tono, valor, croma y patrones de translucidez.⁶⁴

De la imagen del diente del paciente tomada con una vídeo cámara computarizada de color digital, el software genera una imagen mejorada del diente, un mapa de color con la opción de tener distintos grados de resolución y un mapa de la translucidez, valor, tono y croma los cuales son usados por el dentista o el laboratorista para describir el color del diente.⁶⁴

Durante la captura de la imagen el diente es iluminado con una luz fría que es controlada por el software para crear un patrón de iluminación uniforme sobre toda la superficie del diente. El mapa de los diferentes colores puede ser hecho de acuerdo a diferentes guías de incluyen Vita Lumin (Vita Zahnfabrik), Vitapan 3D-Master (Vita Zahnfabrik), Chroma-scope (Ivoclar Norte América), Vintage Halo (Shofu). y Esthet-X (Denstply).⁶⁴

2.- Histología dental.

2.1 Esmalte

El esmalte, llamado también tejido adamantino o sustancia adamantina, cubre a manera de casquete a la dentina en su porción coronaria, ofreciendo protección al tejido conectivo del complejo tisular subyacente formado por el isosistema dentino-pulpar.⁷⁵

El el tejido más duro del organismo debido a que estructuralmente, está compuesto por millones de prismas o varillas muy mineralizadas, que lo recorren en todo su espesor, desde la conexión amelodentinaria (CAD) a la superficie externa o libre en contacto con el medio bucal.⁷⁵

Está compuesto por 96% de matriz inorgánica microcristalina, un 3 % de agua y un contenido muy bajo 0,36–1 % de matriz orgánica. Los cristales de Hidroxiapatita constituidos por fosfato de calcio representan el componente inorgánico principal del esmalte.⁷⁵

2.1.1 Propiedades Físicas del esmalte

Dureza: Tiene una dureza que corresponde a 5 en la escala de Mohs (escala de uno a diez que determina la dureza de ciertas sustancias) y equivale a la apatita. La dureza adamantina decrece desde la superficie libre a la conexión amelodentinaria, o sea que está en relación directa con el grado de mineralización.⁷⁵

Elasticidad: muy escasa, debido a su extrema dureza, pues al cantidad de agua y sustancia orgánica que posee es muy reducida.⁷⁵

Color y transparencia: el esmalte es translúcido; su color varía entre un blanco-amarillento y un blanco-grisáceo, pero este color no es propio del esmalte, sino que depende de las estructuras subyacentes, en especial de la dentina. Las zonas de mayor espesor tiene una tonalidad más grisácea y donde es más delgado (cervical) presenta un color blanco-amarillento. La transparencia puede atribuirse a variaciones en el grado de calcificación y homogeneidad del esmalte. A mayor mineralización mayor translucidez.⁷⁵

Permeabilidad: Se ha visto que el esmalte puede actuar como una membrana semipermeable, permitiendo la difusión de agua y algunos iones presentes en el medio bucal. los iones flúor sustituyen a los grupos hidróxilos del cristal de apatita y lo hacen menos soluble a los ácidos, lo que aumenta la resistencia de la superficie externa del esmalte al ataque de la caries.⁷⁵

Radiopacidad: Muy alta en el esmalte, que es la estructura más radiopaca del organismo humano por su alto grado de mineralización.⁷⁵

2.2 Dentina

La dentina también llamada sustancia ebúrnea o marfil, es el eje estructural del diente y constituye el tejido mineralizado que conforma el mayor volumen de la pieza dentaria.⁷⁵

La dentina, como el hueso, está compuesta principalmente por una matriz orgánica de fibras de colágeno y la hidroxiapatita mineral. Se clasifica como primaria, secundaria o terciaria sobre la base del tiempo de su desarrollo y la cromatografía histológica del tejido.⁷⁵

Dentina primaria: La dentina del manto es la primera dentina primaria formada. Se deposita primero en la unión dentina-esmalte y se extiende aproximadamente 150 μm desde la pulpa de unión hasta la zona de dentina interglobular o globular. La dentina del manto se denomina así porque sirve como cubierta o manto sobre el resto de la dentina.

La dentina circumpulpar subyace directamente a la dentina del manto y comprende la mayor parte de la dentina primaria de los dientes.⁷⁶

Las zonas de dentina presentan diferencias estructurales. La dentina del manto se compone de grandes fibras de colágeno, algunos de los cuales son de 0,1 a 0,2 μm de diámetro, en contraste con la matriz de dentina circumpulpar que es de 50 a 200 nanómetros (nm).⁷⁶

El área de la dentina globular normalmente existe sólo en la corona, pero puede extenderse hasta la raíz. La dentina globular contiene áreas hipomineralizadas entre los glóbulos, denominados espacios interglobulares. Los espacios interglobulares no son espacios verdaderos, sino que son áreas menos mineralizadas entre los glóbulos calcificados. Los túbulos dentinarios funcionan sin interrupción a través de esta zona, lo que indica un defecto en la mineralización, no un defecto en la formación de la matriz.⁷⁶

Dentina Secundaria: La dentina secundaria se forma internamente a la dentina primaria de la corona y la raíz. Se desarrolla después de que la corona ha llegado a la función oclusal clínica y las raíces están casi terminadas. Esta dentina se deposita más lentamente que la dentina primaria, y sus líneas incrementales son sólo de 1,0 a 1,5 micrones. Los científicos dentales teorizan que después de que la corona comienza la función clínica, el cerebro envía señales a la dentina para disminuir la velocidad de producción. Los túbulos de la dentina primaria y secundaria son generalmente continuos a menos que la deposición de la dentina secundaria sea desigual.⁷⁶

Dentina Terciaria: La dentina reparativa o terciaria resulta de la estimulación pulpar y se forma sólo en el sitio de activación odontoblástica. La formación es el resultado

de desgaste, abrasión, caries, o procedimientos restauradores, esta dentina se deposita subyacente sólo aquellas áreas estimuladas. Puede depositarse rápidamente, en cuyo caso la dentina resultante aparece irregular con túbulos escasos y retorcidos y posibles inclusiones de células. Odontoblastos, fibroblastos y células sanguíneas se han encontrado en este tipo de dentina.⁷⁶

La dentina se considera el tejido dental de mayor relevancia en relación al color. Desde un punto de vista óptico, la dentina es una estructura menos translúcida con varios tintes y variaciones de saturación.¹

Para los dentistas sigue siendo un punto importante la elección de materiales de resina compuestas al momento de restaurar un diente anterior que requiere más estética, Dietschi postula que las tonalidades de dentina se pueden seleccionar dentro de cualquier sistema restaurador que presente un nivel medio de matiz cromático (normalmente sombras de cromas variable) y un grado de opacidad más cercano a la dentina natural. Como la opacidad puede variar entre los sistemas, seleccionar los que son más adecuados es fundamental para la representación de color / opacidad adecuada.⁷⁷ Además debemos considerar que como no todos los sistemas presentan una amplia gama de cromas para cubrir desde la dentición joven a madura, la creación de un conjunto de tonos de dentina de diferentes marcas podría ser necesario.⁷⁷

2.2.1 Propiedades Físicas de la dentina

Color: presenta un color blanco amarillento, pero puede variar de un individuo a otro y, también, a lo largo de la vida. El color de la dentina puede depender de:

- Grado de mineralización: los dientes primarios presentan un tono blanco azulado por el menor grado de mineralización.
- Vitalidad pulpar: dientes desvitalizados presentan color grisáceo.
- Edad: la dentina se vuelve progresivamente más amarillenta con la edad. A ello contribuye la esclerosis fisiológica de los túbulos o la esclerosis reactiva por depósitos de los calcosferitos intratubulares en las personas de edad avanzada.
- Pigmentos: pueden tener un origen endógeno o exógeno.⁷⁵

Translucidez: La dentina es menos translúcida que el esmalte, debido a su menor grado de mineralización.⁷⁵

Dureza: la dureza de la dentina está determinada por el grado de mineralización. es mucho menor que la del esmalte y algo mayor que el hueso y el cemento.⁷⁵

Radiopacidad: Por su baja radiopacidad, la dentina aparece en las placas radiográficas sensiblemente más oscura que el esmalte.⁷⁵

Elasticidad: tiene una gran importancia funcional, ya que permite compensar la rigidez del esmalte, amortiguando los impactos masticatorios. La elasticidad dentinaria varía en función del porcentaje de sustancia orgánica y al agua que contiene. Los valores medios del módulo elástico de Young oscilan entre 18-25 Gpa.⁷⁵

Permeabilidad: la dentina posee más permeabilidad que el esmalte, debido a la presencia de túbulos dentinarios, que permiten el paso a distintos elementos o solutos. Se ha descrito dos mecanismos de transporte a través de los túbulos: por difusión o presión de los fluidos intersticiales de la pulpa. en este último influye el diámetro y longitud del túbulo.⁷⁵

Las propiedades ópticas son influenciadas por niveles de hidratación y orientación y también por el número y diámetro de los túbulos existentes. En un corte transversal del diente se observa gran cantidad de túbulos dentinarios de gran amplitud orientados perpendicular al corte. Si la luz incide directamente en el centro de un corte horizontal en el tercio oclusal, la luz dentro del túbulo dentinario va a viajar en la misma dirección lo que va a determinar su translucidez.

En una sección longitudinal, la disposición de los túbulos es diferente, y del mismo modo, la percepción de translucidez también es diferente. Debido a la orientación del corte, influye enormemente el estudio del efecto de transmisión de luz a través de la dentina.¹

3.- Resinas compuestas

3.1 Generalidades

En la actualidad hay una gran variedad de resinas compuestas para hacer restauraciones directas.³

Las resinas compuestas son materiales que están formados por 3 diferentes elementos, por una matriz orgánica, que puede ser BIS-GMA o UDMA, entre otros; por plastificantes que sirven para bajar la viscosidad de la matriz orgánica (ej: TEGDMA); rellenos inorgánicos que son partículas con átomos de sílice de diferentes formas y tamaños, como cuarzo, sílice, cristales o vidrios de bario, etc; agentes de enlace que unen la matriz orgánica con los compuestos de relleno; sistema de activación que es un iniciador como el peróxido de benzoilo el cual debe ser activado, en el caso de los activados por luz se utiliza la canforquinona o la lucerina.³

Matriz Orgánica: La matriz orgánica de las resinas compuestas, está constituida básicamente por: un sistema de monómeros mono, di- o tri-funcionales; un sistema iniciador de la polimerización de los radicales libres, que en las resinas compuestas fotopolimerizables es una alfa-dicetona (canforoquinona), usada en combinación con una agente reductor, que es una amina alifática terciaria (4-n,n-dimetilaminofetil alcohol, DMAPE), y en las quimiopolimerizables es un per-compuesto, el peróxido de benzoilo, usado en combinación con una amina terciaria aromática (n,n-dihidroxi-etil-p-toluidina); un sistema acelerador que actúa sobre el iniciador y permite la polimerización en un intervalo clínicamente aceptable (el dimetilamino etilmetacrilato DMAEM, el etil-4-dimetilaminobenzoato EDMAB o el N,N-cianoetil-metil-anilina CEMA); un sistema de estabilizadores o inhibidores, como el éter monometílico de hidroquinona, para maximizar la durabilidad del producto durante el almacenamiento antes de la polimerización y su estabilidad química tras la misma; por último, los absorbentes de la luz ultravioleta por debajo de los 350 nm, como la 2- hidroxí-4-metoxibenzofenona, para proveer estabilidad del color y eliminar sus efectos sobre los compuestos amínicos del sistema iniciador capaces de generar decoloraciones a medio o largo plazo.⁷⁹

Relleno inorgánico: la fase dispersa de las resinas compuestas está integrada por un material de relleno inorgánico del que dependen, fundamentalmente, las propiedades físicas y mecánicas del composite. La naturaleza del relleno, su modo de obtención y la cantidad incorporada determinarán en gran medida las propiedades mecánicas del material restaurador. Las partículas de relleno son incorporadas a la fase orgánica para mejorar las propiedades físico-mecánicas de la matriz orgánica, de ahí que la incorporación del mayor porcentaje de relleno posible, sea un objetivo fundamental. Gracias al relleno se consigue reducir el coeficiente de expansión térmica, disminuir la contracción final de la polimerización, proporcionar radioopacidad, mejorar la manipulación e incrementar la estética.

Existe una gran variedad de partículas de relleno empleadas en función de su composición química, morfología y dimensiones, destacando de forma mayoritaria el dióxido de silicio, así como los borosilicatos y aluminosilicatos de litio. Muchas resinas compuestas reemplazan parcialmente el cuarzo por partículas de metales pesados, como el bario, estroncio, zinc, aluminio o zirconio, que son radioopacos. En la actualidad se buscan materiales, como el metafosfato de calcio, que tengan una dureza menor que los vidrios de modo que sean menos abrasivos con el diente antagonista.⁷⁹

Agentes de enlace: Es importante que las partículas de relleno se unan químicamente a la matriz de resina. Esto permite que la matriz del polímero que es más flexible, transfiera las tensiones a las partículas de relleno, que son más rígidas. Un agente de acoplamiento aplicado en forma adecuada puede impartir propiedades físicas y mecánicas mejoradas y proporcionar estabilidad hidrolítica para prevenir la penetración de agua a través de la interfase relleno-resina. Aunque también se utilizan titanatos y circonatos como agentes de acoplamiento, los agentes que más frecuentemente se usan, son los derivados de los silanos orgánicos, como el γ -metacriloxipropiltrimetoxisilano. En este estado hidrolizado, el silano contiene los grupos silanol que pueden enlazar con silanoles sobre las superficies del relleno, mediante la formación de un enlace 14 de siloxano (S-O-Si). Por otra parte, los grupos metacrilato del componente organosilano forman enlaces covalentes con la resina cuando ésta polimeriza, por lo que se completa el proceso de acoplamiento.⁷⁸

3.2 Clasificación de las resinas compuestas

Existen numerosos sistemas de clasificación para las resinas compuestas. Sin embargo, el más utilizado se basa en el tamaño de las partículas de relleno el cual detallaremos a continuación:

Según el tamaño de las partículas del relleno, las resinas compuestas se pueden clasificar en:

- macro partículas (partículas de aproximadamente 10 μ)
- minipartículas (partículas medianas de 1 a 5 μ)
- micropartículas (partículas pequeñas de 0,1-0,04 μ)
- nanopartículas.

Cuando se mezclan tamaños de partículas se llaman híbridos o microhíbridos. También existen las nano partículas que son combinaciones de partículas muy pequeñas (aprox. 5nm) y algunas partículas formando conglomerado. También existen las resinas compuestas nanohíbridas.⁷⁸

El tamaño de la partícula va a influir en la carga de relleno y en la facilidad de pulido, dureza, resistencia mecánica y en las propiedades ópticas de la resina.³

Resinas convencionales o de macrorelleno: Fueron las primeras en desarrollarse y se han ido modificando lentamente con el tiempo. El relleno más común de estos materiales era el cuarzo. Aunque el tamaño promedio de las partículas era de 8 a 20 μm , también podían haber partículas mayores a 80 μm . La carga de relleno generalmente era de 70 a 80% en peso o 60 a 65% en volumen. Las partículas de relleno expuestas eran grandes y estaban rodeadas de cantidades apreciables de la matriz de resina. Presentaban rugosidad en la superficie como resultado de la abrasión selectiva de la matriz alrededor de las partículas de relleno. El pulido de este tipo de restauraciones dejaba rugosidades en la superficie, dado el diferente patrón de desgaste que tenían la matriz y el relleno, generando además que gruesas partículas de relleno quedarán expuestas haciendo la superficie extremadamente rugosa. Estas restauraciones tendían a pigmentarse, en parte por la susceptibilidad de la textura rugosa de la superficie a retener sustancias que generan manchas.⁷⁹

Resinas de microrelleno: En un esfuerzo por resolver el problema de la rugosidad de la superficie en los compuestos convencionales, se desarrolló un tipo de material que tiene partículas de sílice coloidal como relleno inorgánico. El tamaño promedio de las partículas de relleno oscila entre 0,04 y 0,4 μm . El contenido final del relleno inorgánico es alrededor de 50% en peso (alrededor de 30% en volumen). Por ello, sus propiedades mecánicas y físicas son inferiores a la de los composites convencionales porque casi un 70% en volumen del material de restauración corresponde a resina matriz, y a mayor cantidad de resina comparada con la cantidad de relleno da lugar a mayor sorción de agua, a menor resistencia mecánica, a mayor coeficiente de expansión térmica y a disminución del módulo de elasticidad.⁷⁹

Resinas compuestas rellenas de partículas pequeñas: Se desarrollaron en un intento por mejorar las características de las resinas compuestas de macrorelleno y emular a las de microrelleno. El tamaño promedio de los rellenos es de 1 a 8 μm , pero la distribución del tamaño es muy amplia, lo que facilita una elevada carga de relleno, y los composites con pequeñas partículas generalmente contienen más relleno inorgánico (80% en peso y 60 a 65% en volumen) que los composites convencionales. Algunos composites rellenos de partículas pequeñas usan partículas de cuarzo como relleno, pero muchos incorporan cristales que contienen metales pesados. La resina de la matriz de estos materiales es semejante a la de los composites convencionales y de microrelleno. El tamaño de las partículas de relleno de estas resinas hace posible que se obtengan superficies lisas y puedan ser aplicadas en dientes anteriores, pero no son tan buenas como las resinas compuestas de microrelleno o las resinas compuestas híbridas, por lo que dejaron de utilizarse.⁷⁹

Resinas compuestas híbridas: Se desarrollaron en un esfuerzo por obtener la superficie pulida lisa de las resinas compuestas de microrelleno y la resistencia

mecánica de las resinas compuestas de macrorrelleno. Los rellenos híbridos modernos consisten en sílice coloidal y partículas pequeñas de cristales que contienen metales pesados, constituyendo un contenido de relleno de aproximadamente 75 a 80% en peso. Las partículas de relleno tienen un tamaño que oscila entre 0.04 y 5 μm . En una distribución típica, 75% de las partículas tienen un tamaño superior a 1.0 μm . El sílice coloidal representa 10 a 20% en peso del contenido total de relleno. Las partículas de relleno menores, así como la mayor cantidad de microrelleno, hace que aumente la superficie de contacto, por lo que el contenido total del relleno no es tan alto como el de los composites rellenos de partículas pequeñas. Las propiedades físicas y mecánicas de estos sistemas generalmente se encuentran entre las de composite convencionales y compuestos rellenos de partículas pequeñas.⁷⁹

Resinas compuestas Microhíbridas: Estas resinas compuestas son una mejora de las resinas compuestas híbridas ya que combinan las características físicas de una resina compuesta híbrida y las características estéticas de las resinas compuestas de microrrelleno. El relleno inorgánico de estas resinas está compuesto por partículas cuyo tamaño de grano oscila entre 0,04 y 3 μm . El tamaño promedio de las partículas de relleno oscila entre 0,4 y 0,9 μm dependiendo de la marca. y además contiene partículas de microrrelleno (SiO_2 , YbF_3) cuyo tamaño promedio de grano oscila entre 0,04 y 0,05 μm . Tienen un 65% de relleno en volumen. Estas resinas compuestas son un intento por incorporar una mayor cantidad de relleno inorgánico, lo cual permite mejorar algunas propiedades de las resinas compuestas.⁷⁹

Resinas compuestas de nanorelleno: Este tipo de resinas son un desarrollo reciente, contienen partículas con tamaños menores a 10 nm (0.01 μm), este relleno se dispone de forma individual o agrupados en "nanoclusters" o nanoagregados de aproximadamente 75 nm.

El comportamiento clínico de las resinas compuestas ha sido mejorado considerablemente en los últimos años con la incorporación de nano rellenos para producir una resistencia mecánica y una resistencia al desgaste adecuada mientras se conservan las propiedades estéticas. Se han desarrollado sistemas que estabilizan la polimerización para permitir la estabilidad de color, mejoras para la disminución de la contracción de polimerización para lograr una mejor adaptación marginal, se han incorporado agentes radiopacos y se han mejorado los sistemas adhesivos para mejorar la adhesión de la resina al diente. Una de las grandes mejoras fue la incorporación de la nanotecnología.

Las resinas compuestas con nano relleno muestran un aumento en la resistencia mecánica, superficies más lisas y brillantes, disminución de la contracción de polimerización manteniendo una baja viscosidad. Además muestran una alta translucidez, pulido y mantención del pulido similar a los composite micro relleno pero manteniendo las propiedades físicas y la resistencia al desgaste como los composites microhíbridos.⁸⁰

Los composite nanorelleno e híbridos muestran una mejor estabilidad de color y translucidez en comparación con las resinas que sólo tienen micro relleno. Las resinas híbridas que contienen mezcla de nano y micro relleno en proporción 2:1 son las que muestran mejor estabilidad tanto en color y translucidez. Las resinas nanorelleno mostraron mejor estabilidad de opalescencia que las resinas compuestas híbridas.⁸⁰

3.3 Propiedades de las Resinas compuestas

Las propiedades de las resinas compuestas dependen de muchos factores, como la estructura química, física y mecánica del monómero, de la matriz de polímeros, de los agentes de enlace y de la concentración, tipo, tamaño y distribución de las partículas, además, del proceso de foto-activación incluyendo la naturaleza del fotoiniciador y del activador, su concentración, la intensidad de la lámpara de fotocurado y el tiempo de exposición.⁸¹

Se ha descubierto que el contenido de relleno es el factor más importante en la determinación de las propiedades del composite.⁸¹ Entre los rellenos encontramos el cuarzo, cerámica y sílica. Se hace necesario poder optimizar la morfología del relleno y el rango del tamaño de las partículas teniendo un tamaño promedio más pequeño, se reduce la contracción de polimerización y se mejoran las propiedades estéticas de material.⁸²

Dentro de las características básicas del material de relleno es que debe tener buenas propiedades ópticas y físicas, similares a las del tejido dental, el material debe ser de fácil manipulación y de fácil pulido. Además, el material debe tener una adhesión suficiente al tejido dental, no debe tener sabor y debe ser biocompatible.⁸³

En la actualidad, la mayoría de los composites disponibles son fotopolimerizables, es decir, la reacción de fraguado del material comienza cuando se le suministra energía mediante una fuente de luz visible. A pesar de las indudables ventajas que este tipo de reacción de fraguado aporta al uso clínico del material (posibilidad de controlar el tiempo de manipulación del composite por parte del operador; obtener una polimerización rápida, intensa y fiable y una mayor estabilidad del color de las restauraciones), también presenta algunos inconvenientes. En este sentido, puede ocurrir que el proceso de polimerización se inicie con la luz ambiental o que la lámpara de polimerización no funcione correctamente, por lo que se produce un endurecimiento incompleto del material.⁸⁴

La contracción volumétrica que sufre el composite durante el curado oscila entre el 1,35 y el 7,1% y es junto al estrés de polimerización, lo que produce los fallos cohesivos y adhesivos que, junto al grado de conversión monómero-polímero, son las causas principales del fracaso de las restauraciones con resinas compuestas. La

contracción volumétrica depende solamente de la matriz orgánica y, dentro de ella, del número de reacciones que se produzcan, aumentando con el grado de conversión y disminuyendo con el incremento del peso molecular de los monómeros.⁸⁵

En la reacción de polimerización de los composites fotoactivados podemos hablar de dos fases: una lumínica, que es la que se produce durante el periodo en el que la lámpara de polimerización está encendida, y una fase oscura, que es la que se produce tras el apagado de la lámpara y que transcurre en las primeras 24h tras el comienzo de la reacción.⁸⁶

La capa más externa del composite suele adquirir unas propiedades adecuadas al recibir un suficiente número de fotones para la fotoactivación. Sin embargo, cuando la luz atraviesa la resina se produce una atenuación como consecuencia de los fenómenos de absorción y dispersión que sufre la radiación. Por ello, normalmente se aconseja que para la obturación de las preparaciones cavitarias no se supere una capa de composite de 2 mm.⁸⁴

Los colores más oscuros suelen experimentar un fraguado menos profundo que los más claros. Ello se debe a que los pigmentos que incorporan los composites para conseguir las diferentes tonalidades de los dientes pueden ser un impedimento para el paso de la luz de polimerización.⁸⁴

A mayor porcentaje de relleno y mayor tamaño de partícula, mayor será la profundidad de polimerización, ya que la luz atraviesa mejor el relleno que la resina. Los composites de microrrelleno presentan mayor dificultad de polimerización que los híbridos, por lo tanto, será necesario aumentar el tiempo de exposición para valores iguales de irradiancia.⁸⁷

3.4 Propiedades ópticas de las resinas compuestas:

Cuando el color de una restauración se combina con la translucidez y la fluorescencia apropiada, la restauración puede llegar a ser prácticamente idéntica al diente natural, es por eso que las restauraciones deben reproducir no sólo el color y forma, sino también la translucidez y fluorescencia del diente natural.¹⁷

Varios fabricantes ofrecen líneas de esmalte, dentina y cuerpo con diferentes niveles de opacidad y translucidez. Sin embargo no hay estandarización al respecto de las propiedades ópticas de estas categorías y los resultados pueden ser inesperados o decepcionantes. Reconocer el nivel de translucidez del composite es tan importante que llega a ser comparable en importancia con la elección del tono del composite, es por eso que muchos investigadores han medido la translucidez de resinas específicas con un rango de contraste o con un parámetro de translucidez. Es una

ventaja para el clínico conocer la translucidez de un composite en relación a la estructura del diente natural. Es cierto que para restauraciones pequeñas el uso de un composite que iguale en tono con una opacidad intermedia, es sencillo y da resultados adecuados, sin embargo, en situaciones estéticas de mayor complejidad, se hace necesario aplicar varias capas de composite con diferente translucidez y opacidad para generar una estética óptima lo más parecido posible al diente natural. Tener la información de los grados de translucidez y opacidad de distintos composites en distintos grosores es muy útil para predecir la habilidad del composite para bloquear el paso de luz a la estructura de un diente descolorido o de un fondo oscuro.⁸⁸

Un importante desafío en la clínica es restaurar la forma natural del diente. Esto incluye anatomía, profundidad y translucidez en las típicas condiciones adversas encontradas en las restauraciones dentales. Los clínicos tienen que lograr un contorno perfecto en un área que presenta poco espacio y poco grosor de material y la necesidad de usar materiales opacos en capas muy delgadas. Si se hace de manera incorrecta los resultados pueden ser inexpresivos, restauraciones sin vida porque la translucidez y profundidad son características importantes cuando se quiere replicar la naturaleza.¹

Entre las marcas comerciales no hay acuerdo general en los niveles de translucidez y opacidad de las resinas compuesta o su denominación, por ejemplo el sistema Empress Direct Ivoclar Vivadent poseen sus biomateriales de dentina, esmalte y Effect diferentes niveles de translucidez: Dentina – baja transmisión de luz (7-8%), Esmalte – media transmisión de luz (13-15%) y Effect – alta transmisión de luz (30% y 45%).¹¹² Esto, es avalado por la literatura ya que no hay ningún reporte a la fecha que estandarice estos materiales con respecto a estos temas, además, los fabricantes no entregan o entregan muy poca información al respecto. Sin embargo, hay términos como dentina artificial u opaca que son normalmente sinónimos de resinas compuestas de alta opacidad que presentan opacidad y translucidez similares a la dentina natural. Otros términos como esmalte artificial o body son usados para denominar resinas compuestas que presentan translucidez y opacidad, así como croma, similar al del esmalte natural. También hay resinas de esmalte que se llaman translúcidos o incisales que tienen translucidez más alta que lo normal que ayudan a lograr áreas de alta translucidez.¹

Recientemente se desarrollaron composites que cambian el valor de la resina para alterar el valor de la restauración.¹

Por otro lado, algunos autores dicen que las resinas body son resinas que tienen translucidez intermedia entre esmalte y dentina, esto permite al clínico sustituir ambos esmalte y dentina con una sola capa. Es por esto, que los conceptos de esmalte artificial y dentina artificial se refieren a composites diseñados para

reemplazar las propiedades físicas y mecánicas como también de color y propiedades ópticas del diente.¹

La dificultad más grande aparece al elegir el esmalte artificial, ya que cada fabricante ofrece propiedades individuales específicas y, además, existe una infinita variedad de nombres. Estas resinas normalmente están diseñadas para rellenar un área limitada de la restauración.¹

Estudios recientes han mostrado que el material ideal para reemplazar a la dentina debe tener un tinte y opacidad uniformes, además de eso, una amplia gama de saturaciones. Este principio se basa en un estudio colorimétrico de valores de contraste del esmalte y dentina humanas haciendo innecesario elegir colores distintos al de la escala Vita A (A1 a A4) y B (B1 a B3). Los valores de las fluctuaciones de contraste en el mismo grupo no avalan el uso de diferentes niveles de translucidez y opacidad para dentina (translúcido, regular y opaca).¹

En el mismo estudio, los valores colorimétricos para el esmalte varían de acuerdo a la edad dental, por lo tanto, se debe tener una amplia gama de resinas compuestas de esmalte para reemplazar el tejido dental. En el caso de esmalte joven, la elección de la resina recae en un color blanco lechoso de baja translucidez. En caso de un esmalte adulto, la resina debe tener un color neutro de translucidez media. Para esmalte envejecido, las resinas deben tener alta translucidez y un tinte amarillento.¹⁻⁷⁷

Después de la elección de las resinas correctas es muy importante considerar el grosor del material en cada capa porque a mayor grosor se percibe una mayor intensidad del color y una mayor opacidad. El manejo de estas capas es crucial para obtener la opacidad, la translucidez y el croma deseados.¹

Cuando se aplica un sistema con dos resinas se usa el material más opaco como dentina y el material más translúcido como esmalte.¹

En comparación con esta última técnica, la técnica policromática requiere de efectos de resina que van a dar un aspecto más natural a la restauración. De manera similar, los tintes permiten más caracterización de la restauración.¹

En el tercio incisal, el desafío es aún más complejo ya que los rangos de translucidez y opalescencia son mayores, este fenómeno se ve más en dientes jóvenes y tiende a ser muy translúcida y se esparce desde la línea de los mamelones hasta el halo opaco incisal. Usar un material opalescente normalmente es insuficiente para replicar de manera apropiada este fenómeno en la restauración. Para ello se necesita un análisis detallado del patrón opalescente, es por eso, que cada caso debería ser llevado a cabo usando un acercamiento especial ya que la opalescencia presenta una alta variabilidad. Otra forma recomendada es usar un composite translúcido o

incisal entre las capas de dentina y esmalte para llenar las áreas entre los lóbulos y el halo incisal.¹

El grosor de esta capa se relaciona directamente con el grado de translucidez requerido para el tipo de efecto requerido. A mayor capa de resina translúcida va a aumentar la percepción de profundidad y va a permitir que la restauración se vea más natural.

Las resinas de alta translucidez no se deben usar como capa final de la restauración ya que tienden a reducir el valor de la restauración y pueden modificar el croma.¹

Se debe tener presente que el resultado final de la restauración va a depender de su grosor y de los distintos grados de translucidez y opacidad de las diferentes capas de composite. Al comparar dos discos de resinas compuestas de dentina de 1 y 2 mm de grosor respectivamente, ambos cubiertos por 1 mm de resina de esmalte, se advierte que a más grosor de dentina, se presenta mayor opacidad, croma y valor, sin embargo, al comparar 2 discos de resina de 1 mm de espesor de dentina con 1mm y 2mm de resina de esmalte, el último presentó un valor más bajo y croma más bajo. Por lo tanto, en relación a la última capa de esmalte, es importante no perder de vista que el grosor no debe ser menospreciado ya que las restauraciones con mucha resina de alta translucidez se vuelven grises y con menor valor.¹

Es importante recordar que el espesor del composite determina el límite entre translucidez y opacidad. A medida que el grosor de un composite translúcido cromático aumenta, el valor disminuye y el croma aumenta. Al aumentar el grosor de una resina compuesta opaca, tanto el valor como el croma aumentan. La percepción cromática de las estructuras translúcidas está muy relacionada con el fondo usado para su observación. El mismo cuerpo translúcido va a presentar diferencias cuando se pone sobre un fondo negro y blanco por separado debido a la absorción y reflexión selectiva de las longitudes de onda particulares del fondo.¹

Cuando se compara resinas compuestas sobre diferentes fondos de colores, el fondo blanco tiende a ser la mejor elección de cómo se va a ver en la restauración ya que el blanco resalta la saturación y valor en compensación de cualquier fondo cromático. Los composite translúcidos son más sensibles a un fondo blanco que las resinas opacas ya que el valor y el croma son aumentados. Las resinas de alta opacidad tienen la habilidad de actuar como opacificadores enmascarando un sustrato cromático no deseado y aumentando el valor. Para el mismo material en varios grosores, una muestra delgada del material va a mostrar mucha menos saturación, y presentará una alta translucidez y ocurrirá todo lo contrario que en una muestra gruesa.¹

El nivel de pulido de la superficie también cambia la percepción cromática del composite y es inversamente proporcional a la luminosidad. Mientras más pulida la

superficie, más transmisión de luz y consecuentemente menos luminosidad. Al revés, la falta de pulido causa que la superficie se vuelva más reflectante haciendo que la restauración se vea más luminosa.¹

Otro aspecto importante es la foto-polimerización ya que a medida que se produce el fotocurado, se generan cambios ópticos. Normalmente los composite microrelleno son más translúcidos y poseen un croma más alto antes de la polimerización. Los composites híbridos no polimerizados se ven más opacos y tienen un croma menos intenso, pero una vez polimerizados, el croma y la translucidez aumentan, el valor disminuye y el composite se vuelve levemente más grisáceo, el mismo fenómeno ocurre en superficies húmedas.¹⁻⁸⁹

Se recomienda a los dentistas considerar el color de la dentina subyacente cuando usan resinas de esmalte cromático para así evitar variaciones cromáticas no deseadas. La estratificación de la resina de esmalte cromático translúcido sobre la dentina se hace después de una mezcla de colores subjetiva, el fenómeno resultante de la interacción de luz y la materia son de gran importancia para las restauraciones estéticas ya que permiten una reproducción fidedigna de las propiedades de la dentición natural, sin embargo, un análisis inadecuado del comportamiento óptico de la dentición natural puede llevar a una falla en el proceso restaurativo.¹

Al realizar restauraciones es importante tener claro el concepto de metamerismo que significa que dos muestras de colores idénticos bajo cierta iluminación se pueden observar de distinto color bajo otra fuente de luz.³³

Las resinas compuestas ofrecen un excelente potencial estético a un costo mucho menor y, además, permiten una preparación mínimamente invasiva.⁷⁷

3.5 Efectos del monómero en las propiedades de la resina

El color juega un papel importante en la obtención de estética. La mayor desventaja de las resinas compuestas es su inestabilidad del color, que puede ser causa importante para su reemplazo.

La estabilidad del color de una resina compuesta está relacionada con la matriz de resina, el tamaño de las partículas de relleno, la profundidad de agentes de polimerización y colorantes.⁹⁰

La composición química y la estructura del monómero base influenciaron el grado de conversión, sorción de agua, solubilidad en agua y estabilidad de color. Teniendo en cuenta los resultados generales, es posible afirmar que el monómero de base Bis-ema mezclado con el co-monómero TEGDMA presentó el mejor rendimiento en términos de todos los parámetros ensayados.⁹¹

El grado de conversión del monómero influye en la estabilidad química del material, los enlaces dobles de carbono no convertidos pueden provocar mayor susceptibilidad a la degradación, resultando en cambios de coloración.⁹²

La estabilidad del color se correlacionó directamente con la sorción de agua, y solubilidad en agua que a su vez se relaciona con la formulación del monómero base.⁹¹

Según Nassim I y cols, TPH Spectra mostró una estabilidad de color mejorada en comparación con Filtek Z350. Esto puede atribuirse al hecho de que Spectrum TPH está basado en Bis-GMA modificada, que es una resina muy resistente que da excelentes propiedades de desgaste. Así mismo concluyó que las resinas microhíbrida eran más estables en color que las resinas nanorelleno y microrelleno.⁹⁰

La composición y el tamaño de las partículas de carga afectan a la suavidad de la superficie ya la susceptibilidad para la tinción extrínseca. Por lo tanto, puede esperarse que el nanocompuesto con un tamaño de partícula más pequeño, tenga una superficie más lisa y retenga menos manchas superficiales. Sin embargo, en el estudio de Nassim y cols en 2010 concluyeron que Filtek Z 350 (una resina nanocompuesta) era menos estable de color. Esto podría ser debido a la naturaleza de la matriz de resina y la posible porosidad en las partículas de carga agregadas, así como la porosidad de las cargas de vidrio.⁹⁰

Estudios previos que concluyeron que los compuestos con los contenidos más bajos de la carga tenían mala estabilidad del color. El trifluoruro de yterbium, que contribuye a la liberación del fluoruro, es un componente soluble en agua y libera después de la inmersión en una solución. Esto podría haber afectado la estabilidad del color.⁹⁰

Se ha encontrado que factores como el relleno, el índice refractivo de la matriz polimérica, el tipo de monómero, el tipo de relleno, y el contenido del relleno, pueden tener influencia directa en la transmitancia de luz de la resina. La translucidez y el color de los materiales estéticos restaurativos están determinados no únicamente por fenómenos macroscópicos como la matriz y el relleno, sino también por la adición de pigmentos menores y potencialmente por todos los demás componentes químicos del material. La diferencia entre los índices refractivos de la matriz orgánica y el del relleno también influye en las propiedades de la resina, y si estos índices de refracción se logran nivelar, se obtendrán mejores propiedades de transmitancia que también van a influir en la profundidad de polimerización de la luz. Por lo tanto, para obtener una restauración estética, es importante que la resina se complemente con diferentes matices, tintes, tonos, saturaciones, para asociar diferentes colores de resina y así poder reproducir acertadamente las características estéticas del diente a restaurar.⁹⁰

Si se toma como referencia la matriz orgánica del material, podemos expresar que el porcentaje de Bis-GMA tiene una correlación linear y un efecto significativo en la translucidez del relleno de sílica (SiO₂) que contiene la resina, existen pequeñas deferencias en cuanto al índice de refracción de los diferentes monómeros utilizados en los sistemas de resina que pueden llegar a ser significativos para obtener la opacidad o translucidez deseados. Es decir, el índice de refracción de Bis-GMA es de 1463, muy similar es el de TEGDMA que se encuentra en 1460, mientras que UDMA posee un índice de refracción más elevado, llegando a 1484. Si se comparan los sistemas resinosos que tienen carga de bario y sílica, pero con matrices diferentes como: Bis-GMA/TEGDMA o UDMA/TEGDMA, se observa que el sistema Bis-GMA/TEGDMA presenta una menor dispersión de la luz puesto que el índice refractivo en el momento de la polimerización está más cercano a este sistema que al sistema UDMA/TEGDMA, por lo tanto es necesario tener en cuenta la relación existente entre el índice refractivo de la matriz orgánica con el porcentaje de transmitancia.⁹⁰

3.6 Sistema de Resinas compuestas estudiadas

A. Sistema Filtek Z350 XT® 3MEspe™

Es un resina fotoactivada diseñada para ser utilizada en restauraciones anteriores y posteriores. La resina está disponible en un amplio rango de colores para dentina, esmalte, cuerpo y translúcidos. Viene en presentación de jeringas y en cápsulas monodosis.¹⁰⁴

Composición: Este sistema de resinas fue levemente modificado frente a la resina universal original Filtek Z250 y de la resina universal Filtek Supreme. La resina contiene Bis-GMA, UDMA, TEGDMA y bis-EMA. Para controlar la contracción una porción de TEGDMA fue remplazada por una porción de PEGDMA en el material restaurador Filtek™ SupremeXT.¹⁰⁴

Tamaño de partícula: Los colores para dentina, esmalte y cuerpo (DEB)3 tienen un tamaño promedio de las partículas del clúster de 0.6 a 10 micrones. Los colores translúcidos tienen un tamaño promedio de las partículas del clúster de 0.6 a 20 micrones. La carga de relleno inorgánico es aproximadamente de 72.5% por peso (55.6% por volumen) para los colores translucidos y 78.5% por peso (63.3% por volumen) para el resto de colores.¹⁰⁴

El sistema consiste de cuatro opacidades, dados a continuación en orden descendente de opacidad: dentina (el más opaco), cuerpo, esmalte y después el translúcido (muy transparente).¹⁰⁴

B. Sistema Miris 2® de Coltène™

Está compuesto por 1 solo color de dentina y 8 niveles de saturación, desde el grado 0 para restaurar dientes blanqueados, hasta el grado 7 para restauraciones cervical de dientes oscuros de pacientes más mayores. El set cuenta con 5 tonos de esmalte con opalescencia natural y sutiles variaciones ópticas inspiradas en dientes naturales. Los esmaltes existen en 3 colores básicos: blanco, neutro y marfil, y están disponibles en 3 grados de translucidez: bajo para los esmaltes blanqueados y blancos, medio y alto para los esmaltes neutros y medio para el esmalte color marfil.¹⁰⁵

El color que se percibe de la restauración está influenciado por el tomo del núcleo de la dentina y el cromatismo, además de por la translucidez y el tono de la capa superior de esmalte. En Vita A1, los colores se consiguen con cualquier color de dentina combinado con el color blanco regular o neutro del esmalte (Miris blanco regular y neutro regular), mientras que un tono más amarillento (como los colores Vita B1) se obtiene seleccionando el esmalte marfil (MIRIS Marfil Regular). De forma parecida, el tinte gris (como los colores Vita C1) se consigue con un esmalte más translúcido (Miris neutral trans). Este concepto representa una verdadera simplificación en la reproducción de los tonos de los dientes naturales.¹⁰⁵

Composición: Está compuesto por metacrilato vidrio de bario silanizado, ácido silico amorfo hidrofobizado.¹⁰⁵

Tamaño promedio de partículas 0.6 µm, distribución de las partículas de relleno 0.02-2.5 µm porcentaje de relleno 65% en volumen y 80% en peso.¹⁰⁵

C. Sistema Empress Direct® de Ivoclar Vivadent™.

IPS Empress Direct es un material de obturación nanohíbrido para procedimientos de restauración estética directa. Está compuesto por 32 colores y 5 grados de translucidez.¹⁰⁶

Como la dentina natural, los colores IPS Empress Direct Dentin presentan una mayor opacidad y un croma más opaco y saturado que los materiales Enamel. Estos soportan el color básico de la estructura dental desde el interior. La translucidez de los colores IPS Empress Direct Enamel se ha ajustado, para proporcionar una profundidad natural a la restauración y difuminar los sustratos dentinales.¹⁰⁶

IPS Empress Direct presenta una distribución uniforme de las partículas de relleno que permiten un duradero pulido a alto brillo. IPS Empress Direct, tiene características de pulido similares a las de IPS Empress Esthetic e IPS Empress CAD.¹⁰⁶

La fluorescencia se produce por pigmentos especiales, que absorben la energía de la luz UV e inmediatamente la emite como luz visible. Estos pigmentos se encuentran en la dentina natural y se ha calibrado el sistema IPS Empress para reproducir este efecto de fluorescencia.¹⁰⁶

Composición: dimetacrilato de uretano, Bis-GMA, trifluoruro de iterbio, tricyclodocane dimethanol dimethacrylate¹⁰⁷ Relleno de vidrio de bario.

Tamaño de partículas: desde 0.4 µm a 150 nm.

D. Sistema Opallis® FGM™

Es una resina microhibrida con nanoparticulas para dientes anteriores y posteriores. El sistema de composite dispone de cuatro niveles distintos de translucidez: esmalte, esmalte de efecto (extra-opacas y translúcidas), dentina y valor, distribuidos en treinta y cinco colores, siendo que los colores de esmalte y dentina siguen la escala Vita. Opallis también ofrece colores específicos para dientes blanqueados. Viene en presentación de jeringas y posee nanoparticulas que le brindan una mayor estética y resistencia.¹⁰⁸

Dentro de su panel de colores consta con 10 jeringas de esmalte, 10 jeringas de dentina, 8 efectos (divididas en Translúcidas y Opacas) , 4 bleach y 3 valores.¹⁰⁸

Tamaño de partículas: El pulido duradero y brillo son gracias al desarrollo de un relleno con partículas de 40 nanómetros a 2 micrómetro. Cuenta con propiedades de fluorescencia y Opalescencia para asemejarse aún más al diente natural. Opallis tiene partículas de carga de dimensiones entre 40nm a 3,0 micras para los colores de dentina, El tamaño medio de partículas es de 0,5 micras, el contenido total de carga en peso es de 78,5 a 79,8% y volumen 57,0 a 58,0% de carga inorgánica. La distribución del tamaño de las partículas permite un relleno adecuado de la resina contribuyendo para su elevada resistencia mecánica y al desgaste, características necesarias para restauraciones en dientes posteriores, y el reducido tamaño medio de las partículas trae facilidad de pulimento generando una restauración con superficie lisa y de alto brillo.¹⁰⁸

Composición Básica: Monómeros de Bis-GMA (Bis-Fenol A di-Glicidil Metacrilato), Bis EMA (Bis- Fenol A di-Glicidil Metacrilato etoxilado), TEGDMA (Trietileno glicol dimetacrilato), UDMA (Uretano dimetacrilato), canforquinona, co-iniciador y silano. Ingredientes inactivos: Vidrio de Bario-alumino silicato silanizado, pigmentos y silicas. La implantación de un innovador y eficiente proceso de silanización de las partículas de las cargas de Opallis trajo como beneficio mayor dispersión y mayor interacción entre carga y monómeros, llevando a una consistencia más suave y mayor estabilidad reológica (estabilidad de la consistencia) .¹⁰⁸

E. Sistema TPH Spectra® Dentsply™

Es un compuesto restaurador de fotocurado y radiopaco que se utiliza para restauraciones anteriores y posteriores y la aplicación de carillas cosméticas. Este sistema cuenta con dos consistencias diferentes para resinas que imitan dentina y para aquellas que imitan esmalte.¹⁰⁹

Composición: Esta compuesto por resina Bis-GMA modificada con uretano; dimetacrilato de trietilenoglicol TEGDMA; resina de dimetacrilato polimerizable; fotoiniciador canforquinona (CQ); fotoacelerador de etil-4-dimetil amino benzoato; butil-hidroxi-tolueno (BHT); estabilizador de luz ultravioleta; vidrio de borosilicado de bario aluminio tratado con silano; dióxido de silicón; agente fluorescente; pigmentos de óxido de hierro inorgánico y sintético; dióxido de titanio.¹⁰⁹

Tamaño de partícula: Posee tamaño de partículas entre 0.04 a 5nm

F. Sistema Tetric N Ceram® Ivoclar Vivadent™

Tetric N-Ceram es una resina modelable, fotopolimerizable y radiopaca nano-híbrida basado en la tecnología de nano-optimizada desarrollada para los procedimientos restauradores directos. Tetric N-Ceram está disponible en 16 tonos - 10 de esmalte, 2 dentinas, 1 incisal y 3 colores bleach. Disponible en jeringas y Cavifiles¹¹⁰

Composición: Dimetacrilato de uretano Bis-GMA, Bis-EMA etoxilado, Trietilenoglicol dimetacrilato, Vidrio de bario, trifluoruro de iterbio, óxidos mezclado, dióxido de silicio, Pre-polímero, Aditivos, estabilizadores, catalizadores y pigmentos

Los nano-pigmentos integrados son característicos de la tecnología utilizada en Tetric N-Ceram. En conjunto con la translucidez natural del material, ellos crean un efecto camaleón. Los nano-pigmentos presentan una estructura esférica. Al estar uniformemente distribuidos en el composite, ellos son responsables de la mejora y al adaptación del tono de la restauración al diente natural.¹¹⁰

Tamaño de partículas: Al utilizar un microrrelleno de vidrio con un tamaño principal de partícula de 0.6 µm, se pudo mejorar la resistencia a la abrasión de Tetric N-Ceram¹¹⁰

G. Brilliant EverGlow® Coltène™

El sistema de composite está compuesto de 12 tonos, donde cada tono abarca dos tonalidades vita. Es un composite submicrónico de vidrio de bario que aseguran un pulido excelente y la conservación del brillo, donde los rellenos prepolimerizados de BRILLIANT EverGlow reducen la contracción del volumen y mejoran la modelabilidad de la resina sin mermar su pulido ni su conservación del brillo gracias a su sofisticada composición, perfectamente adaptada a la del composite.¹¹¹

Composición: contenido de relleno por peso 79%, contenido de relleno inorgánico 74%, incluye metacrilato, vidrio dental, silicio amorfo y óxido de zinc, TEGMA Bis-GMA.¹¹¹

Tamaño de partículas: Esta resina posee partículas de 20nm

Resina	Matriz	Relleno inorgánico	% inorgánico	Tamaño de partícula	Clasificación	Lote de fabricación
Filtek Z350	Bis-GMA Bis-EMA UDMA TEGMA	Silica no aglomerada/ nano aglomerados de zirconia / silica 5 a 20nm	59,60%	0.6	Nanoparticulada	N78182
TPH Spectra	Bis-GMA modificada con uretano; dimetacrilato de trietilenoglicol TEGDMA; resina de dimetacrilato polimerizable	Pó de Vidro, Silica, Hidrófobo Coloidal, Benzofenona III, EDAB, Concentrado FluBlau, Canforoquinona, BHT – Hidroxitolueno Butilado, Oxido de Hierro y Dióxido de Titanio	57%	0.04-5nm	Nanohíbrida	2367221
Brilliant Everglow	TEGMA Bis-GMA óxido de zinc recubierto	Metacrilato, vidrio dental, silicio amorfo y óxido de zinc.	74%	20nm	Microhíbrido o Híbrido submicrónico	H46895
Opallis	Monómeros de Bis-GMA (Bis-Fenol A di-Glicidil Metacrilato), Bis EMA (Bis- Fenol A di-Glicidil Metacrilato etoxilado), TEGDMA (Trietileno glicol dimetacrilato), UDMA (Uretano dimetacrilato)	Vidrio de Bario-alumino silicato silanizado, pigmentos y silicas.	57%	40nm-30 micras	Microhíbrida	120916
Empress Direct	TEGMA	dimetacrilato de uretano, Bis-GMA, trifluoruro de iterbio, tricyclodocane dimethanol dimethacrylate Relleno de vidrio de bario	77,5-79	550nm	Nanohíbrida	T39379
Tetric N-Ceram	Dimetacrilato de uretano Bis-GMA, Bis-EMA etoxilado Trietilenoglicol dimetacrilato	Vidrio de bario, trifluoruro de iterbio, óxidos mezclado, dióxido de silicio, Pre-polímero, Aditivos, estabilizadores, catalizadores y pigmentos	63.5	0.6nm	Nanohíbrida	T47205
Miris 2	Bis-EMA UDMA TEGDMA	Metacrilatos, relleno vidrio de bario silanizado, ácido silico amorfo hidrofobizado	80	0,6 µm	Nanohíbrida	H20080

Tabla N° III: Resumen de características de resinas compuestas usados en la investigación.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

1) Pregunta de investigación

¿Existe una correcta correlación entre las características colorimétricas (CIELAB) para resinas compuestas directas que simulan dentina en color A3 y A2 o su equivalente codificada en escala Vita Clásica, otorgadas por las marcas comerciales Filtek Z350XT, Miris 2, Empress Direct, Opallis, TPH Spectra Tetric N ceram, Brilliant Everglow y la propia escala Vita Clásica?

2) Hipótesis

Las resinas compuestas directas Filtek Z350XT, Miris 2, Empress Direct, Opallis, TPH Spectra Tetric N ceram, Brilliant Everglow que simulan dentina, codificada A3 y A2 o equivalentes en escala Vita Clásica, cumplen las mismas características colorimétricas bajo el sistemas CIELAB (ΔE), que dicta la escala Vita Clásica propiamente tal.

3) Objetivo General

Determinar si las marcas comerciales, Filtek Z350XT, Miris 2, Empress Direct, Opallis, TPH Spectra Tetric N ceram, Brilliant Everglow que simulan dentina, codificada en A3 y A2 o equivalente en escala Vita Clásica, cumplen con las características colorimétricas CIELAB (ΔE) establecidas por la escala Vita Clásica.

4) Objetivos Específicos

- Determinar de manera cuantitativa la diferencia de color (ΔE) con la escala vita
- Determinar qué marcas comerciales presentan los valores extremos de ΔE
- Comparar los valores ΔE entre las marcas estudiadas.
- Determinar translucidez de las diferentes marcas y valores extremos.
- Establecer si la translucidez varía entre marca de resina compuesta y tono.

5) Diseño del estudio

El estudio corresponde a un estudio descriptivo in vitro sin muestras biológicas, basado en la elaboración y observación de muestras de resina compuesta que simulan dentina de la gama de color A3 y A2 o equivalentes.

Según el estudio realizado por H. Osman Elamin et al., "Identifying the tooth shade in group of patients using Vita Easyshade"⁹⁷ el color de diente más frecuente en la población de estudio es A3 seguido del A2.

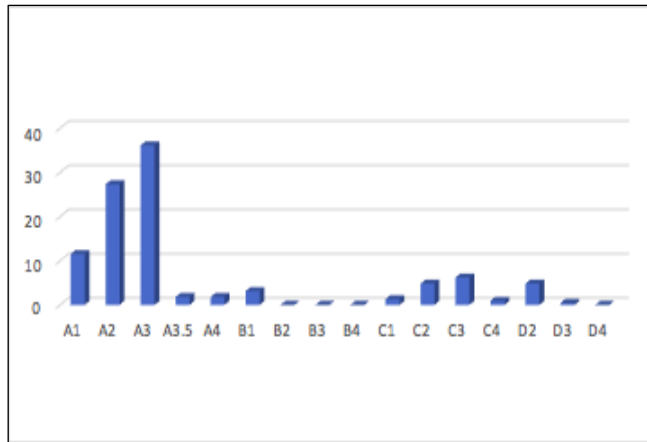


Gráfico 1: Color dentario más frecuente en la población.⁹⁷

6) Universo

El universo corresponde a los biomateriales de resinas compuestas de simulación de dentina de los sistemas de compañías fabricantes para técnica de restauración directa.

7) Tamaño muestral

La obtención del tamaño muestral se realizó en dos etapas, la primera etapa correspondió a establecer la cantidad de cuerpos de prueba por marca comercial y la segunda etapa a determinar la cantidad de mediciones que se deben realizar a cada cuerpo de prueba.

Para establecer la cantidad de cuerpos de prueba, en primer lugar se estableció que el instrumento de medición utilizado Vita Easyshade V posee una precisión de medición del 80%⁹³. Basados en la metodología utilizada en los estudios “Influence of the thickness of a composite resin used for layering technique, in the expression of its final color”⁹⁵ y “Use of standardized digital photography and a computer software as a means of measuring dental color”⁹⁶, se realizó un estudio piloto (Anexo 6) el cual consistió en confeccionar 5 cuerpos de prueba de cada marca comercial, siguiendo el protocolo descrito en el punto “Confección muestras”, y se realizó la medición según se explica en el punto “Obtención y recolección de datos”.

Se utilizó la proporción de coincidencia de la muestra completa es decir, considerando todos los composite:

Tamaño de muestra estimado para la comparación de proporciones de una muestra al valor hipotético

Test Ho: $p = 0.2200$, donde p es la proporción en la población
Entonces asumiendo:

$\alpha = 0.0500$ (two-sided)

power = 0.8000

alternative $p = 0.7500$

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2}$$

Resultado del tamaño estimado de muestras: $n=5$

En la segunda parte se seleccionó dos cuerpos de prueba al azar de seis marcas comerciales a los cuales se le realizaron 5 mediciones y se calculó su Delta E. Además se seleccionó al azar un cuerpo de prueba de entre todas las marcas comerciales y fue sometido a 60 mediciones. (Anexo 6). Se realizó un estudio de mediciones repetidas (repeated measurements) para analizar si el hacer 5 mediciones por cada muestra, indica alguna diferencia. Es decir, se buscó saber si necesario necesario hacerlas para tener confianza en las mediciones realizadas. El test estadístico no rechaza la hipótesis nula (El hacer 5 mediciones en cada muestra no muestra diferencias). En el gráfico 2 se muestra que realizar más de una medición no cambia el resultado del parámetro ΔE .

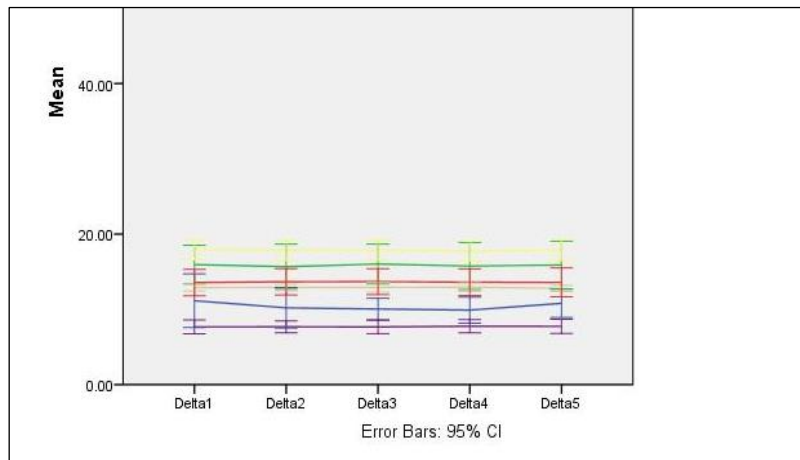


Gráfico 2: Se muestra la distribución de las mediciones realizadas en el estudio piloto.

Por lo tanto se determinó utilizar un tamaño muestral de $n=5$ por marca comercial, con una sola medición por cuerpo de prueba. Esto nos da un total de 35 cuerpos de prueba para cada tono.

Se establece que el estudio piloto para determinar tamaño muestral se corresponde con el estudio definitivo de la presente tesis.

8) Confección de las muestras

Los cuerpos de prueba fueron confeccionados en forma de disco, sobre una matriz plástica construida en impresora 3D, con 10 mm de diámetro y 2 mm de grosor. La confección de la matriz en impresora en 3D aseguro obtener el diámetro y grosor de las muestras constante. Se midió y corroboró el grosor de cada disco mediante un calibrador de metales Germany CE Inox (Anexo 4). Existe una relación entre el grosor y la profundidad del fotocurado, por lo cual la profundidad de polimerización, en una técnica en bloque, no deberá ser mayor a 2 mm para garantizar la óptima polimerización en su interior.⁹⁵

La aplicación de las resinas compuestas sobre el conformador fue homogénea, este procedimiento se realizó utilizando una espátula de composite y en un solo incremento, con el fin de limitar la posibilidad de incorporación de burbujas de aire que alteren las lecturas proporcionadas por el espectrofotómetro. La matriz fue previamente cubierta con vaselina para luego poder retirar la resina de una manera más sencilla. Se situó una matriz de cinta celuloide sobre la muestra y, para ejercer presión sobre la muestra, se utilizó una platina de vidrio de 7x7 cm.

La polimerización fue realizada en función de una unidad de fotocurado Led modelo Valo® de Ultradent™ (Anexo 4), a intensidad extra de 3.200 mW/cm², durante el tiempo indicado por el fabricante.

Las muestras se retiraron cuidadosamente del conformador para no dañarlas, una vez obtenidas las muestras se midieron con calibrador de metales Germany CE Inox para corroborar su espesor, se incluía en el estudio aquellas que tuvieran una diferencia no mayor a +/- 0,1 mm respecto del espesor y diámetro definido.

No se utilizaron técnicas de pulido en esta fase, se prestó gran atención en obtener cuerpos de prueba lo más parecidos entre sí. Se debe considerar además que la técnica de pulido puede modificar la superficie de la muestra.⁹⁸

Las muestras fueron denominadas de la siguiente manera y se almacenaron con dicha nomenclatura en bolsas plásticas transparentes:

	A2	Lote	A3	Lote	Fecha Vencimiento
Filtek Z350XT	ZaA2	N798115	ZaA3	N781829	05-2019
Miris 2	MiS2	H20080	MiS3	H20080	09-2019
Empress Direct	EmA2	T41181	EmA3	T39379	08-2018
Brilliant	BrA2	H49515	BrA3	H46895	01-2019
Tetric N ceram	TeA2	T50300	TeA3	T47205	12-2018
Opallis	OpA2	120916	OpA3	120916	09-2019
TPH Spectra	SpA2	2374501	SpA3	2367221	09-2019

Tabla IV: Rotulación y almacenamiento cuerpos de prueba de resinas compuestas que simulan dentina del estudio.

La confección de las muestras fue realizada por un solo operador, previamente calibrado. Se utilizaron los materiales descritos anteriormente, respetando los tiempos operatorios y las medidas estipuladas para cada muestra, se utilizaron todas las barreras de seguridad correspondientes para no contaminar las muestras (uso de guantes de nitrilo, mascarilla, lentes de protección, gorro clínico y traje clínico).

El procedimiento fue realizado en el Preclínico de la Universidad de Valparaíso de Chile

9) Almacenamiento de muestras

Antes de realizar el registro mediante el sistema Vita Easyshade V, los cuerpos de prueba fueron almacenadas durante una semana a temperatura ambiente, en un sitio oscuro. Cada cuerpo de prueba fue almacenado en bolsas plásticas individuales rotuladas con la denominación mencionada anteriormente, separadas en una bandeja plástica con compartimentos.



Figura 18: Almacenamiento individual y grupal de los cuerpos de prueba.

10) Criterios de inclusión y exclusión

El muestreo fue seleccionado por conveniencia, quedaron fuera de este estudio todas aquellas resinas compuestas que simulan dentina que ya no se encuentran disponibles en el mercado, las marcas comerciales que no utilizan la nomenclatura de Vita Clásica. Se incluyeron solamente las marcas comerciales donadas para este estudio.

Se seleccionaron sólo los cuerpos de prueba que en su superficie se encontraran indemnes (sin irregularidades en su conformación) y aquellos cuerpos de prueba que tuvieran una diferencia no mayor a $\pm 0,1$ mm respecto del espesor y diámetro definido.

Se excluyeron todos los cuerpos de prueba que resultaron fracturadas o con algún daño en su superficie.

11) Obtención y recolección de datos

Para la obtención de datos se utilizaron los siguientes elementos, un espectrofotómetro marca Vita Easyshade V (Modelo D-79713, Bad Säckingen, Alemania) encargado de la toma de color, un portamuestra (Anexo 4) y una caja (Anexo 3) especialmente diseñados por los investigadores para mantener las condiciones de estandarización del estudio.

El procedimiento comienza con la colocación del cuerpo de prueba en el portamuestra, el cual es introducido en la caja en una única posición que es

reproducibile de manera idéntica en cada medición. El diseño de la medición mantuvo las condiciones ideales establecidas por el fabricante para la correcta toma de color del espectrofotómetro marca Vita Easyshade V (Anexo 5). Una vez colocado el espectrofotómetro en su posición correcta reproducible y estandarizada para cada medición, se procedió a realizar la toma de color siguiendo las instrucciones otorgadas por el fabricante (Anexo 5).

Para este estudio se utilizó el modo de “Determinación del color medio” del espectrofotómetro (Anexo 5).

La ventaja del método “Medición del color medio” es que el propio aparato entrega un promedio de las mediciones realizadas en una muestra.

En nuestra investigación se analizaron cinco cuerpos de prueba por marca comercial obteniendo el promedio de 5 disparos (se utilizó el término disparo en reemplazo del término medición, ya que al promedio de los 5 disparos otorgado por el espectrofotómetro fue denominado medición, para evitar conflictos de comprensión y posterior análisis), obteniendo así una medición para cada cuerpo de prueba de las diferentes marcas comerciales estudiadas. Ejemplo : Se tomo el cuerpo de prueba número 1 del sistema Tetric denominado TeA3 (1), al cual para obtener la medición se le realizaron cinco disparos, y el promedio otorgado por el espectrofotómetro de estos disparos fue denominado “Medición”, repitiendo este proceso para cada uno de los cinco cuerpos de prueba de cada marca comercial. Entre cada medición se procedió a la calibración automática del espectrofotómetro, según indicaciones del fabricante (Anexo 5).

Primero se llevo a cabo la medición de las muestras en fondo negro y luego en fondo blanco, Recolectando los datos del mismo disco medido en ambos fondos de forma ordenada.

La medición se realizó una semana después de la confección de las muestras, en el mismo ambiente (Preclínico de la Universidad de Valparaíso de Chile), por un solo examinador capacitado, obteniendo y registrando resultados mediante escala CIELAB.



Figura 19: Posicionamiento del espectrofotómetro en la caja (abierta).



Figura 20: Toma de medición, caja cerrada.

El registro y recolección de los datos obtenidos fue llevado a cabo en una ficha computacional tipo tabla Excel® Office 365® versión 2016 de Microsoft™ especialmente creada para esta labor. (Anexo 7)

12) Mediciones

Mediciones de color:

Se realizó una medición de color en todos los cuerpos de prueba con el espectrofotómetro Easy Shade® V de Vita, sobre un fondo negro. Para el cálculo de la diferencia de color de CIE L*a*b (E*) entre los valores obtenidos de cada cuerpo de muestra y la Escala Vita Classical, se utilizó los valores CIELab®™ de dicha escala correspondientes al año 2016.⁹³

$$\Delta E^* = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2}$$

Donde Δ son las diferencias matemáticas entre L*, a* y b* de los diferentes productos en cada tono. Para definir la relación entre las diferencias entre rangos colorimétricos y las diferencias de percepción visual de color, se consideraron los rangos establecidos en la Tabla (I).⁵⁶

13) Variables

Variables Independientes

Las variables independientes del estudio son las diferentes marcas comerciales de resina compuesta que simulan dentina codificadas en tono A3 o su respectiva equivalencia.

- a) Valores CIE L*a*b correspondientes a cada marca

Definición conceptual: Clasificación de color de manera tridimensional, donde el eje *L es de valor o brillo que va de 0 a 100 donde 0 es negro y 100 es blanco. El eje *a representa a la variación rojizo verdoso, donde los valores positivos del eje a corresponden a coloración rojiza y los valores negativos a coloración verdosa y el eje *b al amarillento azulado, donde los valores positivos corresponden al color amarillo y los valores negativos al color azul. En el caso que estos ejes sean 0 es porque son acromáticos.

Definición operacional: valores L* a* y b* del sistema CIE L*a*b obtenidos por medio de un colorímetro digital para cada muestra.

Variables Dependientes

1. Diferencia de color

Definición conceptual: Bajo condiciones naturales, la luz que ilumina un objeto es luz blanca, la cual es la mezcla de todos los colores del espectro visible. Un objeto presenta un color cuando su superficie es capaz de absorber cierta longitud de onda específica de la luz incidente. Cuando una o más longitudes de ondas son reflejadas, un objeto se reconoce como de un color específico.

Definición operacional: Son las diferencias matemáticas entre los valores de L*, a* y b* de los diferentes productos en cada tono. Se calcula con los promedios de los valores L*a*b* de las muestras mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta E^* = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2}$$

2. Fondo

Definición conceptual: Parte interior más baja de una cosa.

Definición operacional: Soporte donde se ubican y luego miden los tonos de resinas

3. Translucidez (Variable cuantitativa continua)

Definición conceptual: Es la propiedad de una sustancia de permitir el paso de la luz de manera dispersa de tal modo que los objetos no pueden ser vistos de manera clara a través del material, por lo tanto, se puede describir como un estado entre completa opacidad y transparencia.

Definición operacional: La translucidez de un material normalmente se determina con el parámetro de translucidez TP que se refiere a la diferencia de color entre un material de espesor uniforme, sobre un fondo blanco y negro, lo que corresponde directamente al grado visual de translucidez. Un mayor valor de TP representa mayor translucidez, si el material es completamente opaco el valor tiende a cero.

El parámetro de translucidez se obtiene calculando la diferencia de color de las muestras sobre fondo blanco y negro con la siguiente fórmula:

$TP = \{(LB^* - LW^*)^2 + (aB^* - aW^*)^2 + (bB^* - bW^*)^2\}^{1/2}$ se refiere a las coordenadas de color sobre fondo negro y W sobre fondo blanco, en relación a la escala de CIE L*a*b*.

Variable	Tipo	Escala de medición
Diferencia color	Dependiente cuantitativa continua	Valor obtenidos en CIELAB aplicados a fórmula ΔE
Valores CIELAB de cada marca	Independiente, cuantitativa continua	Valores L* a* b* obtenidos por medio de un espectrofotómetro para cada marca.
Fondo	Independiente - Binario	nominal
Translucidez	Dependiente cuantitativa continua	Valores TP se refiere a las coordenadas de color sobre fondo negro y W sobre fondo blanco, en relación a la escala de CIE L*a*b*.

Tabla N° V: Resumen variables presentes en el estudio.

14)Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo de los datos y un análisis estadístico para probar la hipótesis nula. Para el análisis estadístico se realizó un test de ANOVA de 2 factor (Marca y tono) con un test de significancia de un 0.05 ($p=.05$). El test estadístico se realizó con el programa IBM SPSS (V2; IBM Corp. Armonk, NY).

III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este estudio se presentan en la siguiente tabla donde vemos la media y las desviación estándar respectivas de los distintos materiales en los dos fondos utilizados.

Marca	Color	FONDO	NEGRO	FONDO	BLANCO
		Promedio	Desviación Std	Promedio	Desviación Std
Tetric	A3	4.2880	.89374	6.4160	.54358
	A2	5.0500	.30635	3.5200	.23917
Opallis	A3	15.2320	.69686	22.0240	.71689
	A2	15.9220	.72637	22.0080	.58743
Spectra	A3	1.8800	.31914	9.6720	.42334
	A2	1.0280	.19032	9.7080	.82093
Brilliant	A3	5.2100	.35391	9.8180	.54412
	A2	6.0380	.77147	11.4180	.47499
Empress	A3	14.2800	.47917	19.5400	.76495
	A2	15.9740	.75497	21.7180	.24874
Miris	A3	9.1780	.34120	15.5720	.68755
	A2	8.4500	.22661	13.8160	.42747
Z350	A3	69.3160	.50451	15.2440	.96197
	A2	3.6440	.32176	14.5020	.80335

Tabla VI: Se muestra cada marca su media y su desviación estándar en ambos fondos.

El análisis de datos se realizó separando ambos fondos para buscar la interacción que existe entre el Material y el color.

Ambos análisis parten con el análisis de Levene para establecer la homogeneidad de datos. En ambos casos se rechaza la hipótesis nula del estudio siendo aprobada el requisito del análisis ANOVA.

Levene's Test of Equality of Error Variances^{a,b}

Dependent Variable: Delta E

F	df1	df2	Sig.
1.015	13	56	.450

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Fondo = Blanco

b. Design: Intercept + Material + Color + Material*

Color

Levene's Test of Equality of Error Variances^{a,b}

Dependent Variable: Delta E

F	df1	df2	Sig.
1.382	13	56	.197

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Fondo = Negro

b. Design: Intercept + Material + Color + Material*

Color

Tabla VII y VII: Análisis Levene fondo Blanco y Negro.

Tests of Between-Subjects Effects^a

Dependent Variable: Delta E

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^c
Corrected Model	19152.754 ^b	13	1473.289	5043.338	.000	.999	65563.396	1.000
Intercept	10998.836	1	10998.836	37651.036	.000	.999	37651.036	1.000
Material	8356.055	6	1392.676	4767.385	.000	.998	28604.313	1.000
Color	1430.038	1	1430.038	4895.281	.000	.989	4895.281	1.000
Material * Color	9366.661	6	1561.110	5343.967	.000	.998	32063.802	1.000
Error	16.359	56	.292					
Total	30167.949	70						
Corrected Total	19169.113	69						

a. Fondo = Negro

b. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .999)

c. Computed using alpha = .05

Tabla IX: Test Anova Fondo Negro

Tests of Between-Subjects Effects^a

Dependent Variable: Delta E

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^c
Corrected Model	2258.288 ^b	13	173.714	445.444	.000	.990	5790.768	1.000
Intercept	13577.014	1	13577.014	34814.579	.000	.998	34814.579	1.000
Material	2209.973	6	368.329	944.479	.000	.990	5666.877	1.000
Color	.910	1	.910	2.333	.132	.040	2.333	.323
Material * Color	47.406	6	7.901	20.260	.000	.685	121.559	1.000
Error	21.839	56	.390					
Total	15857.141	70						
Corrected Total	2280.127	69						

a. Fondo = Blanco

b. R Squared = .990 (Adjusted R Squared = .988)

c. Computed using alpha = .05

Tabla X: Test Anova Fondo Blanco

Donde se concluye que existe una interacción de Material y Color estadísticamente significativa en ambos fondos, lo que quiere decir que, dependiendo del material, el color presentará un Delta E distinto. La interacción se puede apreciar en los siguiente gráficos de barras.

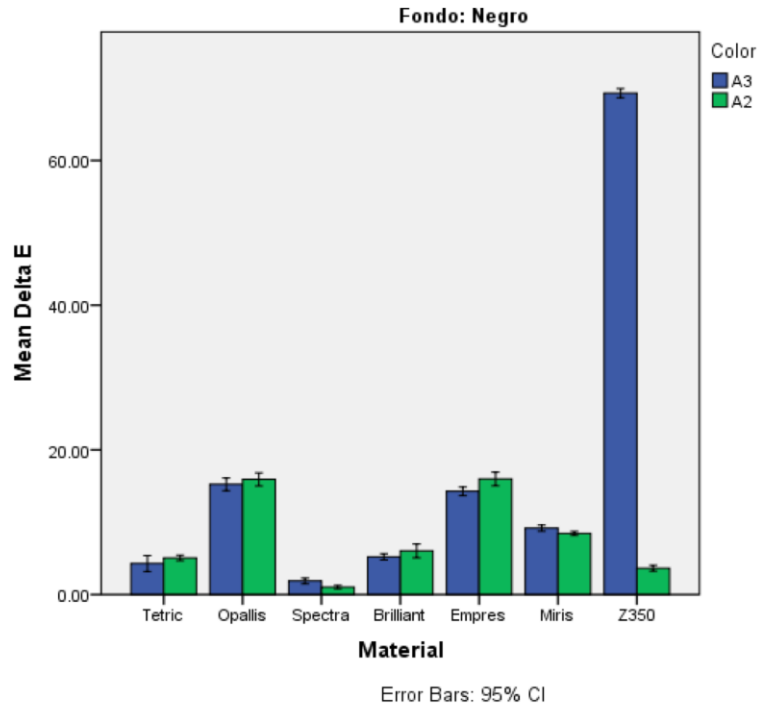


Gráfico 3: Interacción entre marca y tono en Fondo Negro

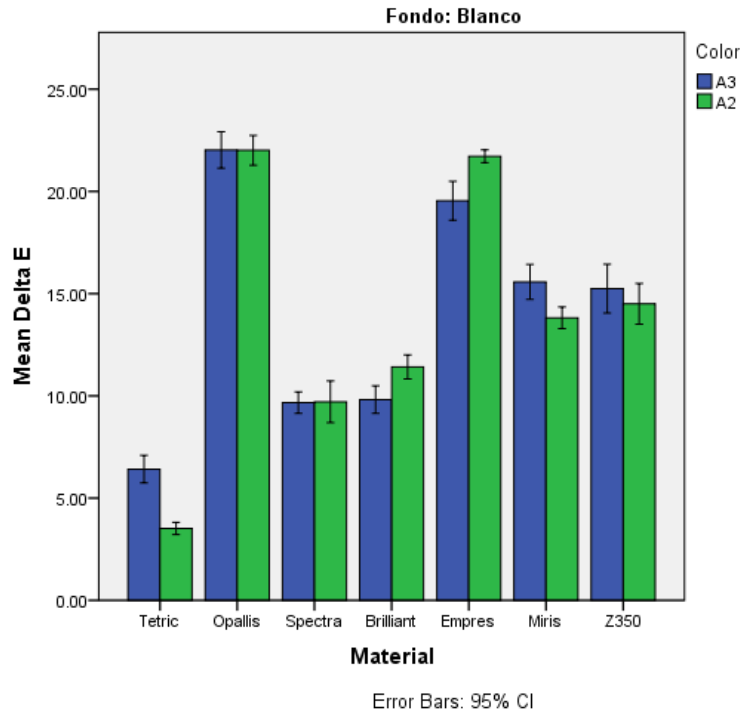


Gráfico 4: Interacción entre marca y tono en Fondo Blanco

Para buscar aquellos Materiales que difieren del resto dependiendo del color se realiza una codificación de datos y un posterior análisis que termina mostrando un estudio post-hoc donde se analizan las diferencias de la interacción. A continuación se muestra una tabla resumen con las interacciones encontradas.

	FONDO	NEGRO	FONDO	BLANCO
MARCA-TONO	Marca-tono	Significancia	Marca-tono	Significancia
Tetric A3	Brilliant A3	.308	-	-
	Tetric A2	.611		
	Z350 A2	.826		
Opallis A3	Empress A3	.262	Opallis A2	1.00
	Opallis A2	.750	Empress A2	1.00
	Empress A2	.651		
Spectra A3	Spectra A2	.431	Brilliant A3	1.00
			Spectra A2	1.00
Brilliant A3	Tetric A3	.308	Spectra A3	1.00
	Tetric A2	1.00	Spectra A2	1.00
	Brilliant A2	.478	Brilliant A2	.011
Empress A3	Opallis A3	.262	-	-
Miris S3	Miris S2	.678	Z350 A3	1.00
			Z350 A2	.301
Z350 A3	-	-	Miris S3	1.00
			Miris S2	.037
			Z350 A2	.829
Tetric A2	Tetric A3	.611	-	-
	Brilliant A3	1.00		
	Brilliant A2	.213		
Opallis A2	Opallis A3	.750	Opallis A3	1.00
	Empress A2	1.00	Empress A2	1.00
Spectra A2	Spectra A3	.431	Spectra A3	1.00
			Brilliant A3	1.00
Brilliant A2	Brilliant A3	.478	Brilliant A3	0.11
	Tetric A2	.213		
Empress A2	Opallis A3	.651	Opallis A3	1.00
	Opallis A2	1.00	Opallis A2	1.00
Miris S2	Miris S3	.678	Z350 A3	.037
			Z350 A2	.893
Z350 A2	Tetric A3	.826	Miris S3	.031
			Z350 A3	.829
			Miris S2	.893

Tabla XI: Análisis comparativo entre los diferentes sistemas de resina compuesta estudiados, mostrando similitudes estadísticamente significativas.

Se evaluó translucidez de los diferentes marcas de resinas compuesta y sus dos tonos. Los resultados se muestran en la siguientes tablas.

Marca	Tono	Promedio	Desviación Std.
Tetric	A3	10.3894	.86651
	A2	7.8524	.49687
Opallis	A3	7.9528	.72667
	A2	6.8189	.80084
Spectra	A3	7.8868	.19530
	A2	9.0080	1.05667
Brilliant	A3	8.4480	.52845
	A2	8.1291	1.24178
Empress	A3	5.6503	.90425
	A2	6.1337	.99592
Miris	A3	6.6316	.50689
	A2	5.6349	.54088
Z350	A3	8.7590	1.26575
	A2	11.6193	.44578
Total	A3	7.9597	1.59510
	A2	7.8852	2.04931

Tabla XII: Promedios y desviaciones estándar translucidez.

Se puede observar una interacción entre material y color. A continuación se grafica en un gráfico de barras con el 95% de intervalos de confianza.

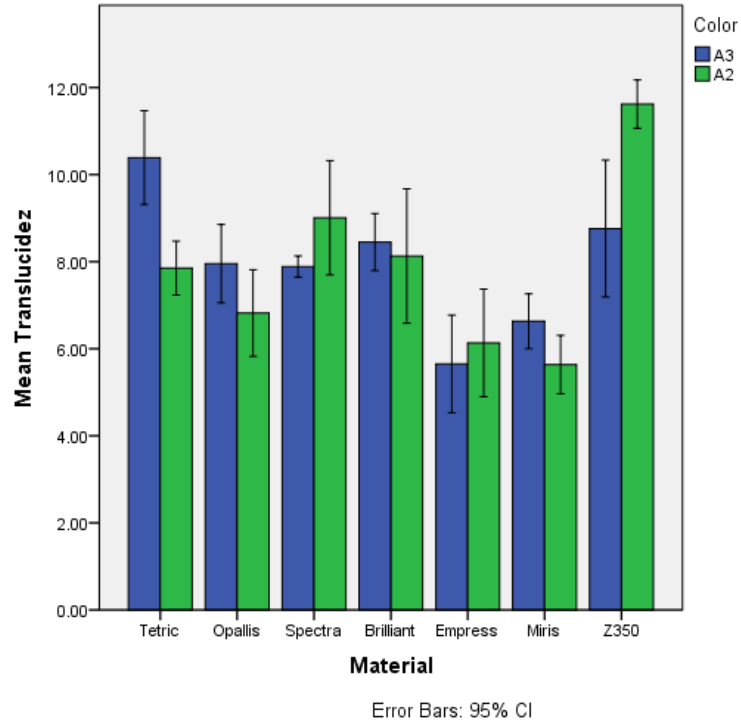


Gráfico 5: Interacción translucidez entre material y color.

IV. DISCUSIÓN

A partir de los ΔE obtenidos y contrastados con la escala Vita Clásica en nomenclatura CIELAB. Se obtiene que en fondo negro 71,4 % de todas las muestras y en fondo blanco 92.8% están sobre un ΔE 5 por lo tanto existe diferencia entre color de referencia (Vita) y color de cada fabricante, lo que se considera inaceptable clínicamente.⁵⁶ De los que si cumplieron tenemos que en sólo un 14,2 % (Spectra en tono A2 y A3) la diferencia de color será percibida por un observador experimentado, siendo evaluado en fondo negro. ⁵⁶ En un 7.1 % (Z350 A2) de la muestra evaluada en fondo negro, encontramos que existe diferencia entre el tono de referencia y el obtenido que no perjudica el trabajo, traduciendo en que un operador no entrenado, no percibirá la diferencia de color. ⁵⁶

Por su parte en fondo blanco obtenemos que solo el 7.1% (Tetric A2) esta bajo un ΔE 5, encontrándose en el rango de ΔE 3-4, lo que se traduce en que existe diferencia entre el tono de referencia y el obtenido que no perjudica el trabajo.⁵⁶

Al igual que en nuestra investigación, en el estudio de Browning y cols en 2009⁹⁴, se concluyó que las diferencias de color CIELAB (ΔE) de sus muestras oscilaron entre 3.9 y 22.8 por lo que ninguna de las marcas utilizadas demostró, una aceptable combinación de colores CIELAB a cualquiera de los tonos probados.

Se observa que las resinas Filtek Z350 en tono A3 fueron las que mayor diferencia presentaron con la referencia Vita obteniendo un ΔE promedio de 69.31. En contraste con el estudio de Valdivieso Arias y colaboradores en 2016⁹⁵, en donde las resinas Filtek Z350 fueron las que coincidieron con la escala vita, medidas sobre un fondo negro en el mismo espesor. Yu y Lee el 2008⁹⁹, explicaron que los parámetros L^* a^* y b^* disminuyeron cuando se tomaron los registros sobre fondo negro, esto indica que el fondo negro no sólo influye en la luminosidad de la restauración sino que también en el croma, por lo tanto obtendremos ΔE mayores a los aceptables clínicamente.

Ardu S. Y cols en 2013¹¹³, quienes realizaron un estudio in vivo donde comparaban los valores CIELab obtenidos con un espectrofotómetro para la medición del color de un diente, mediante la utilización de un fondo negro, uno blanco, uno gris 50% y sin la utilización de ningún fondo; obteniendo los resultados más semejantes, a la medición sin fondo, cuando utilizaban el fondo negro y, por tanto, recomendándolo para la realización de estudios in vitro. Los hallazgos de Ardu S. Y cols.¹¹³ también coinciden con los de Lee YK. Y cols en 2005¹¹⁴ quienes también estudiaron el efecto del color de fondo en el color final de la una restauración, utilizando 5 sistemas de composite comerciales en un mismo color y espesor, comparando un fondo blanco con lo que ellos llamaron "light trap" (trampa de luz), tratándose de un fondo negro que además era antireflectante. Los resultados que obtuvieron manifestaron una mayor variabilidad en la luminosidad sobre fondo blanco que sobre fondo negro, semejante a lo obtenido en nuestro estudio.

De tal forma que concluyeron que era más adecuado utilizar el fondo negro antireflectante para investigaciones in vitro, ya que este elimina la reflexión de la luz, reduciendo las interacciones que produce el fondo sobre el color observado.¹¹⁴

En el presente estudio la recolección de datos, permitió comparar los ΔE entre las diferentes marcas. Obteniendo similitudes estadísticamente significativas entre:

- Tetric N Ceram A3 y Brilliant A3, Tetric A2, Filtek Z350 A2 fondo negro
- Tetric N Ceram A2 y Tetric N Ceram A3, Brilliant A2 y A3 fondo negro
- Opallis A3 y Empress A3, Opallis A2, Empress A2 fondo negro
- Opallis A2 y Empress A2 fondo negro
- Spectra A3 y Spectra A2 fondo negro
- Miris S3 y Miris S2 fondo negro
- Opallis A2 y Opallis A3 y Empress A2 fondo blanco
- Opallis A3 y Opallis A2, Empress A2 fondo blanco
- Spectra A3 y Brilliant A3, Spectra A2 fondo blanco
- Brilliant A3 y Brilliant A2, Spectra A2-A3 fondo blanco
- Miris A3 y Filtek Z350 A2- A3 fondo blanco
- Filtek Z350 A3 y Miris A2- A3 fondo blanco
- Filtek Z350 A2 y Miris S3-S2, Filtek Z350 A3 fondo blanco

Las propiedades ópticas de las resinas están muy influenciadas por otros factores aparte del espesor, que son, por ejemplo, la composición de la matriz de resina, la composición del relleno, la cantidad de relleno, los pigmentos y otros aditivos.⁹⁹

Las resinas Filtek Z350XT en tono A3 con un ΔE promedio de 69,31 en fondo negro no presentaron ninguna similitud con las otras marcas. En fondo blanco las resinas Tetric A2 (ΔE 3,52) – A3(ΔE 6.41) y Empress A3 (ΔE 19.54) son las únicas en presentar diferencias estadísticamente significativas con los otros sistemas de resina compuesta estudiados.

Los cambios de color encontrados pueden estar relacionados con la naturaleza de la matriz de resina, de hecho se sabe que la absorción de agua por TEGDMA es mayor que por UTDMA⁹⁸. La presencia TEGDMA en la matriz de resina induce la sorción de agua y, en consecuencia el cambio de color en la resina, lo que podría explicar los valores obtenidos por todas las marcas de resina, siendo Empress Direct, Opallis y Filtek Z350, quienes poseen los valores ΔE más alejados, por poseer este compuesto en mayor cantidad. Esto podría ser explicado ya que se mantuvo una semana las muestras almacenadas antes de realizar las mediciones de color.

Según Nassim y cols⁹⁰, Spectra mostró una estabilidad de color mejorada en comparación con Filtek Z350. Esto puede atribuirse al hecho de que Spectra está

basado en BisGMA modificada, que es una resina más resistente que da excelentes propiedades de desgaste.

Sarac Duygu en 2006¹⁰⁰ concluyó que todos los grupos de resinas compuestas nanohíbridas y microhíbridas eran significativamente diferentes entre sí en términos de diferencia de color ($p < 0,001$). En concordancia con nuestro estudio donde las resinas compuestas nanohíbridas como Spectra es diferentes a Opallis siendo esta microhíbrida, también se observa diferencia significativa entre Empress y brilliant, Tetric y Opallis; y Miris con Brilliant y Opallis en ambos fondos evaluados.

Los resultados de nuestro estudio, concuerdan con los datos obtenidos por Cattaruzza quien ya en el 2002¹⁰¹ afirmaba lo siguiente: “No existe correspondencia entre el color del composite y la escala Vita. Los composites de la escala Vita presentan generalmente un valor menor y un croma menor”.

Sarkis y col. en el 2012¹⁰², evaluaron las diferencias entre las resinas compuestas pulidas y no pulidas y determinaron que existe mayor pigmentación con las resinas que no estaban pulidas, en nuestro estudio no fue considerada esta variable, ya que los cuerpos de prueba no fueron pulidos, se conoce que existe una relación entre pulido y la percepción del color.¹⁰⁰ Así mismo otro estudio de Garoushi et al. estudió la influencia de pulir las muestras de resina compuesta con una base química similar a las que probamos, concluyendo que no existe diferencia entre muestras pulidas y aquellas sin pulir.¹¹⁵

Es importante recalcar que Alghazali y cols. en 2011¹⁰³, señalaron que el instrumento Vita Easyshade no es el adecuado para medir muestras de composite con el sistema CIE L*a*b*, porque sus resultados son estadísticamente distintos a los entregados por un espectrofotómetro de laboratorio. Los valores entregados por EasyShade tienen diferencias mucho mayores a las clínicamente aceptables. Se cree que estas diferencias al medir con Vita Easyshade se pueden deber a que mantener la punta activa del instrumento con la muestra de resina en 90° es muy complicado, por lo tanto, cualquier desviación va a generar un ángulo que va a modificar la entrada de luz y cambiaría la toma de color, esto se trató de minimizar al confeccionar una caja de estandarización con las características ya explicadas anteriormente y detalladas en el Anexo 3.

Además, Vita Easyshade usa sólo un calibrador de color, lo cual puede no ser suficiente para obtener una medición exacta. Por estas razones, se llegó a la conclusión que Vita Easyshade no es un instrumento adecuado para obtener mediciones exactas de color en parámetros CIELAB.¹⁰³

Sin embargo en el estudio de Igiel C. y cols, en 2017 se concluyó que el sistema Vita EasyShade exhibió una fiabilidad significativamente mejor en comparación con la selección visual del color.¹⁰⁴

Se considera conveniente recomendar a los clínicos hacer, cuando sea posible, una prueba de color con la resina polimerizada ya que éstas cambian de color y translucidez una vez que son foto-curadas.⁸⁸

En relación a la translucidez obtuvimos que la diferencia entre el promedio de las diferentes marcas de resina compuesta en tonos A3 y A2 es mínimo, lo que podría explicarse primero ya que entre las marcas comerciales no hay acuerdo general en los niveles de translucidez y opacidad de las resinas compuesta o su denominación. Esto, es avalado por la literatura ya que no hay ningún reporte a la fecha que estandarice estos materiales con respecto a estos temas, además, los fabricantes no entregan o entregan muy poca información al respecto. Sin embargo, hay términos como dentina artificial u opaca que son normalmente sinónimos de resinas compuestas de alta opacidad que presentan opacidad y translucidez similares a la dentina natural.¹ Segundo ya que trabajamos por materiales que simulan dentina, donde está característica óptica del diente no es tan relevante, como lo es en aquellos materiales que imitan esmalte.

Es importante destacar que según la literatura, el tamaño de partícula influye en la translucidez, ya que si el diámetro de partícula aumenta, por lo general, la translucidez disminuye, al igual como ocurre en nuestro estudio.

De acuerdo con nuestros resultados y estudios similares, la coincidencia de color basada en la tecnología tiene ventajas sobre la visual, porque es un método objetivo que proporciona datos cuantificados y reproducibles sin la influencia del entorno y las condiciones de iluminación. Los muestrarios, producidos por el mismo fabricante, pueden variar en los parámetros observados dentro y entre varias guías que, una vez más, prueban la falta de precisión y la no uniformidad de un método convencional. Se pueden encontrar motivos para un gran factor de influencia humana en la producción de guías de color. Por lo tanto, es necesario utilizar algunos de los métodos instrumentales para la selección de colores o para cambiar la tecnología de producción de guías de colores.¹¹⁶

De acuerdo a lo señalado, la selección de color de un material restaurador implica un proceso complejo y sensible, se debe tener en cuenta que el código de color Vita no siempre concuerda con el rótulado establecido por el fabricante. Además se debe considerar que el fondo donde el material estará apoyado y el espesor del incremento influirán en su opacidad/translucidez y la capacidad final que tenga este material de lograr el color de fábrica.

Limitaciones del estudio

Una limitación del estudio fué debido a razones económicas y de tiempo, ya que sólo se pudo utilizar un lote de las resinas compuestas ya mencionadas. Sería interesante comparar diferentes lotes, para saber si existe diferencia entre ellos mismos.

Otra limitación del estudio fue la necesidad de utilizar grandes cantidades de resina compuesta, para la elaboración de los cuerpos de prueba.

Conflictos de interés

Tanto el equipamiento de trabajo, medición y evaluación, como los biomateriales empleados, fueron gestionados como préstamo y/o donación, sin compromiso asociado, por el docente guía.

El grupo de investigación, no tuvo contacto alguno con representantes de las marcas involucradas en el estudio.

V. CONCLUSIONES

De la presente investigación que incluyó las resinas compuestas directas Filtek Z350XT, Miris 2, Empress Direct, Tetric N ceram, Opallis, TPH Spectra, Brilliant Everglow que simulan dentina, codificadas en Escala Vita Clásica se concluye que:

En fondo negro el 71.4% de las resinas codificadas en tono A3 no cumple con las características colorimétricas bajo el sistema CIELAB (ΔE), a si mismo en tono A2 un 71.4% no cumple con las características establecidas por la escala Vita Clásica.

En fondo para el ojo de un observador no entrenado la marca TPH Spectra en su tono A2-A3 y Filtek Z350XT en su tono A2, presentarían el mismo comportamiento colorimétrico que la escala Vita Clásica. Mientras que para el ojo de un observador entrenado solo la marca Spectra en tonos A2-A3, cumpliría con lo establecido por la escala Vita Clásica.

Las resinas Filtek Z350XT en tono A3 medidas en fondo negro, no presentaron ninguna similitud con las otras marcas.

En fondo blanco el 100% de las muestras estudiadas en tono A3 no cumple con las características colorimétricas bajo el sistema CIELAB (ΔE) establecidas por la escala Vita Clásica, en cambio en tono A2 obtenemos que un 85.7% no cumplen.

En fondo blanco las resinas Tetric A2 – A3 y Empress A3 son las únicas en presentar diferencias estadísticamente significativas con los otros sistemas de resina compuesta estudiados.

En fondo blanco para el ojo de un observador no entrenado la marca Tetric en su tono A2, presentaría el mismo comportamiento colorimétrico que la escala Vita Clásica. Mientras que para el ojo de un observador entrenado ninguna marca del presente estudio cumpliría con lo establecido por la escala Vita Clásica.

Por lo tanto se concluye que los datos son estadísticamente significativos (p valor $< 0,05$) para nuestro estudio, resultando en que los tonos de las resinas estudiadas son distintos a los de la escala Vita clásica medidas en sobre un fondo negro y sobre fondo blanco.

La resina Spectra posee un ΔE menor al resto y por su parte Filtek Z350XT muestra un ΔE mayor, siendo estos 2 los valores extremos encontrados en el estudio, considerando Tono y Fondo estudiado.

El resto de sistemas de resina compuesta, mostraron similitudes entre sí, en su comportamiento colorimétrico respecto la escala Vita Clásica

En cuanto a resultados de translucidez la resina compuesta que presenta mayor translucidez es el Filtek Z350 en tono A2 y dentro de los menos translúcidos encontramos las resinas Empress A3 y Miris S2. Se puede observar que el promedio de translucidez para los tonos A2 fue de 7.88 y para los tonos A3 fue de 7.95.

VI. SUGERENCIAS

El presente estudio establece normas para trabajos futuros que deben evaluar otras marcas de resinas compuestas. Pueden realizarse trabajos adicionales para extender una tabla en relación a tonalidades coincidentes entre sistemas, ya que los clínicos se enfrentan con frecuencia a combinar diferentes materiales.

Por otro lado sería interesante incluir diferentes grosores de material para poder cuantificar la influencia de este en la determinación instrumental del color. Así mismo el uso de otros fondos para contrastarlo con los resultados ya obtenidos y ampliar el conocimiento.

VII. RESUMEN

Título: EVALUACIÓN INSTRUMENTAL COLORIMÉTRICA DE MATERIALES DENTALES DE RESTAURACIÓN DIRECTA QUE IMITAN DENTINA

Introducción: El mercado de materiales dentales ofrece una gran diversidad de sistemas de resina compuesta directa no estandarizados en su codificación cromática. Esto genera muchas dificultades para elegir que material usar. surge la necesidad de determinar si existen diferencias colorimétricas entre las distintas jeringas de resina compuesta directas codificadas con un mismo nombre (sistema Vita) que asemejan a la dentina.

Objetivos: Determinar si las marcas comerciales, Filtek Z350XT, Miris 2, Empress Direct, Opallis, TPH Spectra Tetric N ceram, Brilliant Everglow que simulan dentina, codificada en A3 y A2 o equivalente en escala Vita Clásica, cumplen con las características colorimétricas CIELAB (ΔE) establecidas por la escala Vita Clásica.

Material y Método: Se utilizaron 7 marcas de resinas compuestas (N 35) en dos tonos A3 y A2, se realizaron discos de 10 mm de diámetro y 2 mm de grosor, fueron medidos en 2 fondos (blanco y negro) con el instrumento Vita Easyshade V. Se analizaron los valores obtenidos en CIELAB obteniendo un ΔE . Se realizó un test ANOVA de 2 factores ($\alpha 0,05$)

Resultados: El ΔE más cercano a la escala vita fue dado por Spectra A2 ($1.02 \pm .69$), el ΔE mayor fue de Filtek Z350 A3 ($69.31 \pm .50$). el promedio de translucidez para los tonos A2 fue de 7.88 y para los tonos A3 fue 7.95

Conclusiones: En fondo negro más marcas mostraron cumplir las características de escala vita, a un ojo no experto. (28.6%). Entre ambos fondos el tono A2 presento mayor semejanza. La mayor translucidez la presento e tono A2 en filtek Z350.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- 1) Villarroel M, Fahl N, De Sousa AM, De Oliveira OB Jr. Direct esthetic restorations based on translucency and opacity of composite resins. J Esthet Restor Dent 2011; 23(2):73-87.
- 2) Raidrodski, A., Aoshimo, H.: Efficacy of a computerized shade selection system in matching the shade of anterior metal-ceramic crowns- A pilot study. Quintessence International, 2005 vol. 37: 793-802
- 3) Steenbecker. O : Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética adhesiva. Editorial Universidad de Valparaíso. Capítulo VII: Propiedades ópticas-color. Valparaíso-Chile, 2006 pp. 201-247.
- 4) Maynero 2004
- 5) Chu, S., Trushkowsky, R., Paravina, R.: Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. Journal of color and appearance in dentistry 2010. 38 s: e2-e16.
- 6) Soldevilla M. Evaluación de la concordancia de tres métodos de registro de color dental: guía dentaria, luz polarizada y espectrofotometría 2014.
- 7) Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E. : The repeatability of an intraoral dental colorimeter. J Prosthet Dent 2002. 88: 585-90
- 8) Alsaleh S, Labban M, Alhariri M, Tashkandi E. : Evaluation of self shade matching ability of dental students using visual and instrumental means. J Dent.2012 ; 40 (Suppl 1):82- 7.
- 9) Herrero Tajada MP. Carillas estéticas. Revista Gaceta Dental 2010 ; 217:160-175.
- 10) Della Bona, A., Barret, A., Rosa, V., Pinzetta, C, (2009): Visual and instrumental agreement in dental shade selection: Three distinct observer populations and shade matching protocols. Dental Materials, 25: 276 – 281.
- 11) Mejía Gutierrez A, Ballinas Solís A, Ledesma Montes C. Aspect some to influence for dental color matching. Órgano oficial de la Asociación Dental Americana 2009 ;3:44-49

- 12) Moscardó, A., Camps Alemany, I. : Odontología estética: apreciación cromática en la clínica y en el laboratorio. *Med oral Patol Oral Cir. Bucal* 2006; 11: e363-368.
- 13) Chu SJ. Precision shade technology: Contemporary strategies in shade selection. *Pract Proced Aesthet Dent* 2002; 14(1):79-83.
- 14) Joiner, A.: Tooth color: a review of the literature. *Journal of Dentistry* 2004. 34, 3-12.
- 15) Vanini L, Mamgali F. : Determination and communication of color using the five color dimensions of teeth. *Pract Proced Aesthet Dent*. 2001 Jan-Feb;13(1):19-26; quiz 28.
- 16) Valenzuela-Aránquiz et al. : Selección de color dentario: comparación de los métodos visual y espectrofotométrico. *Rev Clin Periodoncia Implantol Rehabil Oral*. 2016 9(2):163-167.
- 17) Yu. B., Lee, Y.: Differences in color, translucency and fluorescence between flowable and universal resin composites. *Journal of Dentistry* 2008 36: 840-846.
- 18) Kaizer Mda R., Diesel P., Mallmann A., Jacques L.: Ageing of silorane based and methacrylate-based composite resins: effects on translucency. *J Dent*. 2012, 40: 64-71.
- 19) Horie K, Nakajima M, Hosaka K, Kainose K, Tanaka A, Foxton RM, Tagami J. Influences of composite-composite join on light transmission characteristics of layered resin composites. *Dent Mater* 2012; 28(2):204-11.
- 20) Yu B., Lee Y.: Translucency of varied brand and shade of resin composites. *Am J Dent*. 2008, 21: 229-32.
- 21) Takahashi MK., Vieira S., Rached RN., de Almeida JB., Aguiar M, de Souza EM.: Fluorescence intensity of resin composites and dental tissues before and after accelerated aging: a comparative study. *Oper Dent*. 2008, 33: 189-195.
- 22) Lefever D., Mayoral J., Mercade M., Basilio J., Roig M.: Optical integration and fluorescence a comparison among restorative materials with spectrophotometric analysis. *Quintessence Int*. 2010, 41: 837-44.
- 23) Lim YK., Lee YK.: Fluorescent emission of varied shades of resin composites. *Dent Mater* 2007, 23: 1262-1268.

- 24) Bazos P: Bioemulation, biomimetically, emulating nature utilizing a histoanatomic approach visual synthesis. *The international journal of esthetic dentistry* 2014, 9(3): 330-52
- 25) SantAnna Aguiar Dos Reis R., Casemiro LA., Carlino GV., Lins EC., Kurachi C., Bagnato VS., Pires-De-Souza Fde C., Panzeri H.: Evaluation of fluorescence of dental composites using contrast ratios to adjacent tooth structure: a pilot study. *J Esthet Restor Dent.* 2007, 19: 199-206.
- 26) Lee Y., Lu H., Powers JM. : Effect of surface sealant and staining on the fluorescence of resin composites. *J Prosthet Dent.* 2009, 93: 260-6.
- 27) Lia Mondelli R., Apayco L., Trentino A., Wang L., Ishikiriyama S.: Challenges of restoring an anterior maxillary tooth the impact of fluorescence and the mock up. *Quintessence Int.* 2012, 43: 859-62.
- 28) Lee Y., Lu H., Powers JM.: Measurement of opalescence of resin composites. *Dent Mater.* 2005, 21: 1068-74.
- 29) Yong-Keun Lee y cols.: Criteria for clinical translucency evaluation of direct esthetic restorative materials. Review article. 2016 22: 34-76.
- 30) Sidney K, Bruguera A. *Invisible: Restauraciones estéticas cerámicas.* Brasil: Artes médicas. 2008
- 31) Lee Y., Lu H., Powers JM.: Influence of fluorescent and opalescent properties of resin composites on the masking effect. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2006, 76: 26-32.
- 32) Yu B., Ahn J., Lim J., Lee Y.: Influence of TiO₂ nanoparticles on the optical properties of resin composites. *Dent Mater.* 2009, 25: 1142-7.
- 33) Lee Y., Powers JM.: Metameric effect between resin composite and dentin. *Dent Mater.* 2005, 21: 971-6.
- 34) Agrawal V, Kapoor S. Color and shade management in esthetic dentistry. *Univ Res J Dent.* 2013; 3:120-7.
- 35) Kim, J; Yu, B; Lee, Y: Correlations between Color Differences based on three color-difference formulas using dental shade guide tabs. *Journal of Prosthodontics* 2009, 18: 135-140.

- 36) Prieto Letelier M.: Evaluación y comparación de la efectividad del blanqueamiento in office de dos geles blanqueadores con distinto pH, medido visualmente por muestrario vita Bleach gate 3D master. Facultad de odontología Universidad de Chile 2014.
- 37) Park, J; Lee; Y; Lim, B. : Influence of illuminants on the color distribution of shade guides. The journal of prosthetic dentistry, 2006, 96: 402-410.
- 38) Cho, B; Li, Y; Lee, Y.: Comparison of the color of natural teeth measured by colorimeter and shade Vision System. Dental material 2007, 23: 1307-1312.
- 39) Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. Int J Periodontics Restorative Dent; 2007, 23: 467-79.
- 40) Chu, S., Galip Gurel: The Science and Art of Porcelain Laminate Veneers, Quintessence books Quintessence Publishing Co. Ltd., 2003 Capítulo 5, Color. Oklahoma-USA, pp. 157-206.
- 41) Henostroza H.: Estética en Odontología Restauradora. Editorial médica Ripano. Capítulo II: La luz, el color y su percepción. 1º Edición. Madrid-España, 2006; pp. 53-74.
- 42) Analoui M, Papkosta E, Cochran M, Matis B. Designing visually optimal shade guides. J Prosthet Dent 2004; 92: 371-6.
- 43) Lee YK, Yu B, Lim HN. Vitapan 3D-master shade guide showed no fluorescence emission. Indian J Dent Res 2012 ;23:742-6.
- 44) Rey KA, deRijk WG. Variations of L*, a*, b*, values among Vitapan Classical Shade Guides. J Prosthodont 2007 ; 16: 352-356
- 45) Gomez-Polo C. Gomez-Polo M. Clinical Study of the 3D-Master Color System among the Spanish Population. 2007
- 46) [Internet]. 2017 [citado 06 Junio 2017]. Disponible en: https://www.vita-zahnfabrik.com/pdb_GG2G50G200_es,27568,86036.html
- 47) Yuan, J; Brewer, J; Monaco, E; Davis, E: Defining a natural tooth color space base on a 3-dimensional shade system. The journal Prosthetic Dentistry 2007; 98: 110-119.
- 48) Wee AG, Lindsey DT, Kuo S, Johnston WM. Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. Dent Mater 2006; 22:553–9.

- 49) Paravina, R; Westland, S; Kimura, M; Powers, J; Imai, F.: Color interaction of dental materials: blending effect of layered composites. *Dental materials* 2006; 22: 903-908.
- 50) Chu, S; Ddevigius, A; Paravina, R; Mieleszko, A.: *Fundamentals of color, Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry*. Editado por Michelle Road Quintessence Books, Quintessence Publishing Co. Ltd: segunda edición, China. Capítulo 7: Selección del material, 2006; pp. 81-96.
- 51) Paravina, R.: Performance assessment of dental shade guides. *Journal of color and appearance of dentistry* 2009; 37: e 15- e 20.
- 52) Kuehni RG, Marcus RT. An experiment in visual scaling of small color differences. *Color Res Appl* 1979; 4:83-91.
- 53) Seghi RR, Hewlet ER, Kim J. Visual and instrument colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *J Dent Res* 1989;68:1760-4.
- 54) Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989; 68(5):819-22.
- 55) Douglas, R; Steinhauer, T; Wee, A : intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *The journal of prosthetic dentistry* 2007; 97:200-208.
- 56) Zafra Vallejo M.: Estudio experimental, in vitro, sobre la estabilidad cromática de los composites amaris® (voco) Universidad Complutense de Madrid. 2012.
- 57) Sikri, V. K. Color: Implications in dentistry. *Journal of Conservative Dentistry* : 2010; JCD, 13(4), 249–255.
- 58) Valenzuela-Aranguez V., Bofill-Fonbote S., Crisóstomo - Muñoz J., Pavez-Ovalle F., Brunet-Echavarría J., Selección de color dentario: comparación de los métodos visual y espectrofotométrico. *Rev Periodoncia Implantol Rehabil Oral*. 2016; 9 (2): 163-167.
- 59) Li, Q; Yu, H; Wang, N.: In vivo spectroradiometric evaluation of colour matching errors among five shade guides. *Journal of oral rehabilitation* 2009; 36; 65-70.
- 60) Ishikawa – Nagai, S., Yoshida, A., Da Silva, J., Miller, L.: Spectrophotometric analysis of tooth color reproduction on anterior all-ceramic crowns: Part1:

Analysis and interpretation of tooth color. J Esthet Restor Dent 2010; 22: 42-52.

- 61) Gokce, H. Piskin, B., Ceyhan, D., Gokce, S., Arisan, V. : Shade matching performance of normal and color vision-deficient dental professional with standard daylight and tungsten illuminants. The journal of prosthodontics 2010; 103: 139-147.
- 62) Dozic, A., Voit, N., Zwartser, R., Khasharyar, G. Aartman, I.: Color coverage of a newly developed system for color determination and reproduction in dentistry. Journal of color and appearance in dentistry 2010; 38: 50-56.
- 63) Smith, R., Collins, L., Naeeni, M., Joiner, A., Philpotts, C., Hopkinson, I., Jones, C., Lath, D., Coxon, T., Hibbard, J., Brook, A. : The in vivo and in vitro validation of a mobile non-contact camera-based digital imaging system for tooth color measurement. Journal of dentistry, 2008 vol 36, supplemento 1: 15-20
- 64) Raidrodski, A., Aoshimo, H.: Efficacy of a computerized shade selection system in matching the shade of anterior metal-ceramic crowns- A pilot study. Quintessence International, 2005 vol. 37: 793-802.
- 65) Ahn, J., Lee, Y.: Color distribution of shade guide in the value, chroma and hue scale. The journal of prosthetic Dentistry 2008; 100: 18-28.
- 66) Jarad, F., Moss, B., Youngson, C., Russell, M.: The effect of enamel porcelain thickness on color and the ability of a shade guide to prescribe chroma. Dental Materials 2007; 23: 454 – 460.
- 67) Cocking, C; Cevirgen, E; Helling, S; Oswald, M; Corcodel, N, Rammselsberg, P; Reinelt, G; Hassel, A.J. (2009). Journal of oral rehabilitation 36, 848-855.
- 68) Hassel A., Grossmann A., Schmitter M., Balke Z. y Buzello A. Interexaminer Reliability in Clinical Measurement of L*a*b* Values of Anterior Teeth Using a Spectrophotometer. Int J Prosthodont 2007; 20(Suppl 1):79-84.
- 69) Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. J Dent Res 1989; 68(5):819-22.
- 70) Lehmann, K., Igiel, C., Schemidtmann, I., Scheller, H.: Four color-measuring device compared with a spectrophotometric reference system. Journal of color and appearance in dentistry 2010; 38: 65-70.
- 71) Lagouvardos, P., Fougia, A., Diamantopoulou, S., Polyzois, G.: Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching

- and measuring tooth color. *The journal of prosthetic dentistry* 2007; 101: 40-45.
- 72)Schropp, L.: Shade matching assisted by digital photography and computer software. *Journal of prosthodontics* 2009; 18: 235-241.
- 73)Da Silva, J., Park, S., Weber, H., Ishikawa-Nagai, S. : Clinical performance of newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction. *The journal of prosthetic dentistry* 2008; 99: 361-367.
- 74)Brant J. shirley N, cols. In vivo study for tooth colour determination—visual versus digital. 2017
- 75)Gomez de Ferrari. *Histología y embriología bucodental*. Editorial Médica Panamericana. 2009
- 76)James K. Avery.: *Essentials of Oral Histology and Embryology: A Clinical Approach*, 4th Edition. Editorial. 2006.
- 77)Dietschi D.: Shading concepts and layering techniques to master direct anterior composite restorations: an update. *British dental journal* 2016; volume 221 no 12
- 78)Macchi R: *Libro Materiales dentales*. Cuarta edición. Editorial Panamericana. 2007 Pp 157-170.
- 79)Phillips *ciencia de los materiales dentales* Elsevier España, 2004.
- 80)Yu B., Lim HN., Lee YK.: Influence of nano and micro filler proportions on the optical property stability of experimental dental resin composites. *Materials and Design* 2010; 31: 4719-4724
- 81)Rastelli A., Jacomassi D., Faloni A., Queiroz T., Rojas S., Bernardi M., Bagnato V., Hernandez A.: The filler content of the dental composites resins and their influence on different properties. *Microsc Res Tech*. 2012; 75: 758-65.
- 82)Leprince J., Palin W., Müller T., Devaux J., Vreven J., Leloup G.: Investigating filler morphology and mechanical properties of low-shrinkage resin composite types. *J Oral Rehabil*. 2010; 37: 364-76
- 83)Zimmerli B., Strub M., Jeger F., Stadler O., Lussi A.: Composite materials: composition, properties and clinical applications. A literature review. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*. 2010; 120: 972-86.

- 84) Saleh A. Influencia de la fuente de fotoactivación, y del espesor sobre la variación del color y la translucidez de nuevos composites. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. Facultad de Ciencias. Departamento de Óptica. 2006
- 85) Hervás García A, Martínez Lozano MA y cols : Resinas compuestas. Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. Med Oral Patol Oral Cir Bucal 2006.
- 86) Shin DH, Ralph Rawlsb H. Degree of conversion and color stability of the light curing resin with new photoinitiator systems. Dent Mater. 2009
- 87) Zafra M. Estudio experimental, in vitro, sobre la estabilidad cromática de los composites amarillos (voco). Universidad Complutense de Madrid 2012.
- 88) Ryan EA., Tam LE., McComb D. : Comparative Translucency of esthetic composite resin restorative materials. J Can Dent Assoc 2010; 76:a84.
- 89) Ostervemb N., Jorgensen JN., Horsted-Bindsley P. : A new approach to compare the esthetic properties of different composite materials. J Esthet Restor Dent 2010; 23: 238-249.
- 90) Nassim I. Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins—An in vitro study, journal of dentistry. 2010; 38 e 137 – e 142).
- 91) Fonseca ASQS, et al. Effect of monomer type on the C C degree of conversion, water sorption and solubility, and color stability of model dental composites. Dent Mater. 2017.
- 92) Mundim, F . Color stability, opacity and degree of conversion of pre- heated composites, Journal of color and appearance of dentistry 2011; 38: e 137 - e 142
- 93) K Yuan, X Sun, F Wang, H Wang, J Chen. In Vitro and In Vivo Evaluations of Three Computer-Aided Shade Matching Instruments. Operative Dentistry, 2012.
- 94) Browning W., Contreras R., Brackett M., Brackett W. Color differences: Polymerized composite and corresponding Vitapan Classical shade tab. Journal of dentistry 2009.
- 95) Josefa Valdivieso Sastre, Roque Arias Fredes, Camila Corral Nuñez, Eduardo Fernández Godoy, Juan Estay Larenas, Cristian Bersezio Miranda, Pablo Angel Aguirre, Marcelo Ferrarezi De Andrade, Osmir Batista De Oliveira Jr.

Influence of the thickness of a composite resin used for layering technique, in the expression of its final color. *Revista Dental de Chile*. 2016.

- 96) Pablo Angel Aguirre, Roque Arias Fredes, Cristian Salgado González, Javier Martín Casielles, Alexandra Jiménez Armijo, Soledad Araya Olivares, Hernán Lizama García. Use of standardized digital photography and a computer software as a means of measuring dental color. *Revista Dental de Chile*, 2016.
- 97) Habab Osman Elamin,¹ Neamat Hassan Abubakr,² and Yahia Eltayib Ibrahim¹: Identifying the tooth shade in group of patients using Vita Easyshade. *Eur J Dent*. 2015 Apr-Jun; 9(2): 213–217.
- 98) Alessandro Vichia, Marco Ferrara, Carel Leon Davidson. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dental Materials* 2004.
- 99) Lee Y.: Influence of filler on the difference between the transmitted and reflected colors of experimental resin composites. *Dent Mater*. 2008; 24: 1243-7.
- 100) Duygu Sarac, Y. Sinasi Sarac, Safak Kulunk, Cagri Ural, DDS, d and Tolga Kulunk,; The effect of polishing techniques on the surface roughness and color change of composite resins; 2006
- 101) Cattaruzza, M. Il Colore. En: *Odontoiatria conservativa Restauri Adesivi Diretti Fondamenti sul colore e sue Applicazioni*. Italia : Promoden, 2002; pp.112-189
- 102) Sarkis E. Color change of some aesthetic dental materials: Effect of immersion solutions and finishing of their surfaces. *Saudi Dent J*. 2012; 24(5): 85-9
- 103) Alghazali N., Burnside G., Smith R., Preston A., Jarad F. (2011): Performance assessment of vita easy shade spectrophotometer on colour measurement of aesthetic dental materials. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 19: 168-74
- 104) 3M ESPE: Catálogo Filtek Z350, Ficha técnica (2014)
- 105) Coltene, Whaledent .: *Catalogo Miris 2, "Realidad artificial"*, Suiza, 2006; pp. 1-22.

- 106) Ficha técnica IPS Empress Direct: 2011
- 107) Ficha de datos de seguridad: IPS Empress Direct; 2005.
- 108) Perfil Técnico Opallis FMG; 2010.
- 109) Instrucciones de uso TPH Espectra Densply; 2014
- 110) Documentación Científica Tetric N de Abril 2007
- 111) Ficha Técnica Brilliant Everglow 2016.
- 112) Documentación Científica IPS Empress Direct, 2010.
- 113) Ardu S, Braut V, Di Bella E, Lefever D. Influence of background on natural tooth colour coordinates: an in vivo evaluation. *Odontology*. 2014 Jul;102(2):267---71. doi: 10.1007/s10266---013---0126---1.
- 114) Lee YK, Lim BS, Kim CW. Difference in the colour and colour change of dental resin composites by the background. *J Oral Rehabil* 2005;32(3):227---33.
- 115) Garoushi S, Lassila L, Hatem M, Shembesh M, Baady L, Salim Z, Vallittu P. Influence of staining solutions and whitening procedures on discoloration of hybrid composite resins. *Acta Odontol Scand*. 2013;71:144–50.¹
- 116) Ana Todorovi , Aleksandar Todorovi , Aleksandra Špadijer Gostovi , Vojkan Lazi , Biljana Mili i , Slobodan Djuriši Reliability of conventional shade guides in teeth color determination *Vojnosanit Pregl* 2013; 70(10): 929–934.
- 117) Reliability of visual and instrumental color matching. Igiel C, et al. *J Esthet Restor Dent*. 2017

IX. ANEXOS

ANEXO 1: Carta comité revisión Facultad Odontología U.V

**UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
Comité de Revisión
Proyectos de Investigación**

Valparaíso, 28 de noviembre de 2016

**Sr.
Prof. Dr. Jaime Sarmiento
Presente**

De nuestra consideración:

Se realizó la evaluación de su Proyecto de Investigación titulado “Estandarización In Vitro de Selección de Color de Resinas Compuestas Directas que imitan tejido dentinario”, no encontrándose reparos desde el punto de vista metodológico. Su Proyecto no necesita evaluación bioética adicional, pero ésta Comisión considera que debe ser revisado por el Comité de Bioseguridad de la Universidad antes de iniciar la investigación.

Atentamente,

Prof. Dr. Ricardo Moreno Silva
Presidente
Comité de Revisión
Proyectos de Investigación
Facultad de Odontología

ANEXO 2: Certificado de bioseguridad



Dirección de Investigación
Comité de Bioseguridad

CERTIFICADO DE BIOSEGURIDAD

BS041/2016

I. El Comité de Bioseguridad de la Universidad de Valparaíso, declara que en su sesión del 15 de diciembre de 2016, evaluó el protocolo experimental del proyecto "Estandarización In Vitro de Selección de Color de Resinas Compuestas Directas que imitan tejido dentinario", presentado por el Dr. Jaime Sarmiento C. de la Facultad de Odontología.

II. Para su evaluación el Comité de Bioseguridad revisó los antecedentes presentados por el interesado en relación a los riesgos y medidas preventivas de las actividades planteadas en el proyecto referido, en aquellas actividades que se realizarán en el Laboratorio de Biomateriales Dentales de la Facultad de Odontología.

III. En la valoración de bioseguridad del proyecto, el Comité consideró apropiados el control de riesgos, las medidas preventivas, la gestión de residuos y el resguardo de la comunidad y del medio ambiente.

IV. Por lo anterior, el Comité de Bioseguridad de la Universidad de Valparaíso certifica que este protocolo experimental contempla las medidas de bioseguridad definidas en el Reglamento de Higiene y Seguridad de la UV y en el Manual de Bioseguridad de CONICYT.

V. Se extiende este certificado para ser presentado a la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso.

Chita Guisado
Presidente
Comité de Bioseguridad
Universidad de Valparaíso



Valparaíso 20 de diciembre de 2016.

ANEXO 3: Caja estandarización

Caja para medición

Material: Terciado marino

Dimensiones: 15 cm alto, 30 cm largo, 10 cm ancho.

Caja de estructura sólida, revestida en su interior con goma eva negra, con un piso de color gris que funcionara como fondo para muestra. Su cara superior cuenta con una base y perforación para la fijación del espectrofotómetro. Su cara anterior cuenta con dos bisagras que le permiten poder abrir la caja y proceder a la fijación del portamuestra. En el interior posee una base en la cual se fija el portamuestra. El diseño de la caja está confeccionado con el fin de poder reproducir las mismas condiciones de obtención de medición entre cada cuerpo de prueba (punta activa del instrumento con la muestra de resina en 90°, misma condición lumínica y fondo) logrando una estandarización.

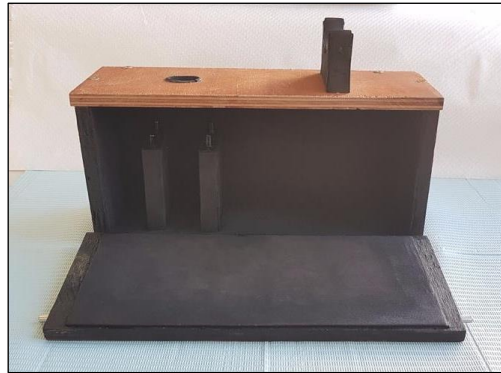


Figura 21: Caja en la cual se midieron los cuerpos de prueba.

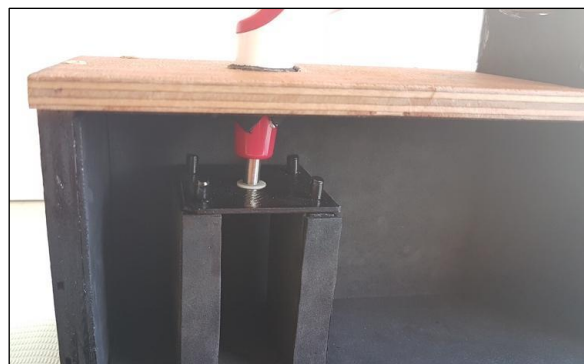


Figura 22: Vita Easyshade V posicionado en la caja sobre cuerpo de prueba.



Figura 23: Se muestra el Vita Easyshade correctamente posicionado listo para medir.

ANEXO 4: Materiales de apoyo

Instrumento para confeccionar muestra

Polímero plástico confeccionado en impresora 3D
Dimensiones: 50mm x 50mm x 2 mm

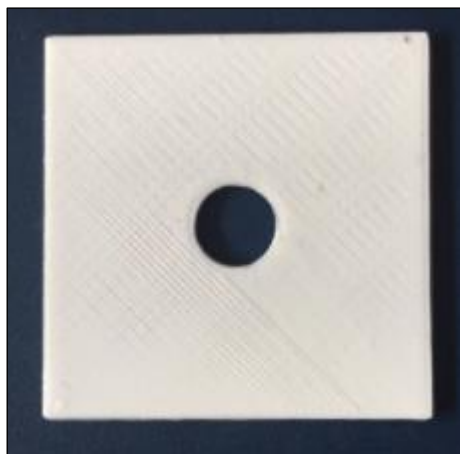


Figura 24: Matriz de confección para cuerpos de prueba

Porta Muestra

Polímero plástico confeccionado en impresora 3D
Dimensiones: 50mm x 50mm x 2 mm

Fondo Negro

Fondo Blanco

Ranuras en cada esquina que aseguran la misma posición entre cada medición

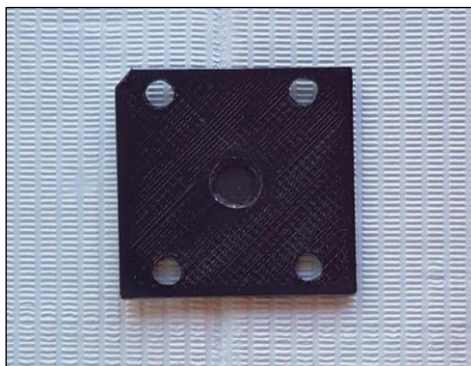


Figura 25: Porta muestra fondo negro

Calibrador de metales Germany CE Inox



Figura 26: Calibrador de metales utilizado.

Lampara de fotocurado Led modelo Valo® de Ultradent™



Figura 27: Modelo de lámpara de fotocurado utilizada

ANEXO 5: Uso de Vita Easyshade V

Calibración Vita Easyshade V

Después de encender el aparato, colóquelo en la unidad de carga de forma que la punta quede enrasada con el bloque de calibración. Pulse el botón de medición. El espectrofotómetro Easyshade® V detecta el bloque de calibración y ejecuta el equilibrio de blancos automáticamente. El final del equilibrio de blancos se indica mediante dos breves señales acústicas. Una vez finalizado correctamente el equilibrio de blancos, aparecerá el menú principal y el aparato estará listo para su uso. El último modo de medición utilizado se activa automáticamente.⁴⁶

Medición correcta del color dental

Se asume que las muestras deben ser operadas manteniendo las mismas condiciones que un diente natural. El aparato se puede utilizar para medir el color en la zona central del diente (Medición del color básico), en varios puntos por todo el diente (Medición del color medio”), o la zona cervical, la zona central y la zona incisal (Medición de zonas dentales), en nuestro caso utilizaremos “Medición del color medio”.

- Con esta medición se calcula el color dental básico medio a partir de varias mediciones del color básico.
- El color dental promediado se visualizará en los sistemas de colores Vita clásica A1–D4 y Vita system 3D-Master. Se recomienda realizar 4 mediciones (disparos), como mínimo.
- El número de mediciones (disparos) promediadas se mostrará en la parte inferior de la pantalla.

El procedimiento según fabricante es realiza de la siguiente manera, entendiendo que no fue realizado en pacientes sino que en cuerpos de prueba de manera in vitro:

- Punta de medición en contacto y perpendicular al diente (disco), luz ambiental homogénea entre cada medición, y condiciones de manipulación de muestra según el protocolo básico
- Pídale a su paciente que se siente y que apoye la cabeza para mantenerse en una posición estable y obtener así una medición precisa. Observe primero la transición del color del diente a medir para localizar correctamente el centro de la dentina. Después debe apoyar la punta de medición en la zona de la superficie de esmalte y dentina subyacente (zona central hasta cervical). Por último, asegúrese de que la punta de medición queda enrasada con la superficie del diente. Mientras mantiene la punta de medición apoyada contra el centro de la dentina del diente, pulse el botón de medición. Mantenga la punta de medición apoyada contra el diente hasta que suenen dos tonos seguidos que indican que ha finalizado el proceso de medición. Función: “Activación automática de la medición”.⁴⁶

ANEXO 6: Estudio Piloto

Estudio Piloto para tamaño muestral

Marca Comercial	Nomenclatura	L	a	Medición	
				b	ΔE
TETRIC A3	TeA3 (1)	52,8	-0,1	14,4	10,86
	TeA3 (2)	64,8	-3,7	8,8	14,64
	TeA3 (3)	51,9	-1	12,6	12,92
	TeA3 (4)	62	-0,6	15,2	7,06
	TeA3 (5)	56	-0,8	12,9	10,25
				PROMEDIO	11,15
OPALLIS A3	OpA3 (1)	64	0,1	33	12,29
	OpA3 (2)	73,4	-1,3	32,4	17,23
	OpA3 (3)	73,5	-1,3	30,9	16,39
	OpA3 (4)	74,4	-1,2	30,9	17,09
	OpA3 (5)	73,2	-1,3	31,8	16,71
				PROMEDIO	15,94
SPECTRA A3	SpA3 (1)	73	-0,9	17,3	13,42
	SpA3 (2)	72,7	-0,6	17,4	13,04
	SpA3 (3)	71,7	-1,2	16	12,82
	SpA3 (4)	70,3	-1,7	14,6	12,51
	SpA3 (5)	71,8	-1,1	16,6	12,64
				PROMEDIO	12,89
BRILLIANT A3	BrA3 (1)	67,1	-1,4	18	8,24
	BrA3 (2)	65,3	-1,6	16,9	7,64
	BrA3 (3)	64,7	-1,2	18	6,43
	BrA3 (4)	64,6	-1,9	15,7	8,20
	BrA3 (5)	63,8	-1,9	15,7	7,85
				PROMEDIO	7,67
EMPRES A3	EmA3 (1)	78,3	-0,5	28,5	19,23
	EmA3 (2)	77	-0,5	27	17,51
	EmA3 (3)	77,6	-0,5	27,9	18,37
	EmA3 (4)	76	-0,6	26,4	16,41
	EmA3 (5)	77,3	-0,6	28	18,14
				PROMEDIO	17,93
MIRIS 2 S3	MiS3 (1)	74,6	0	19,7	14,24
	MiS3 (2)	72,5	-0,4	18,6	12,49
	MiS3 (3)	71,6	-0,4	18,4	11,69
	MiS3 (4)	74,7	0,1	20,1	14,28
	MiS3 (5)	75,6	0,2	20,8	15,11
				PROMEDIO	13,56
Z350 A3	Z3A3 (1)	59,7	2,8	22,7	63,93
	Z3A3 (2)	59,9	2,7	22,7	64,11
	Z3A3 (3)	60,2	2,9	23,2	64,58
	Z3A3 (4)	59,4	2,8	22,9	63,72
	Z3A3 (5)	59,4	2,7	22,6	63,61
				PROMEDIO	63,99

Tabla N° XIII: Resumen excel utilizado para análisis de datos.

Datos para justificación de cantidad de mediciones por cuerpo de muestra.

Marca Comercial	Nomenclatura	Medición 1			Medición 2			Medición 3			Medición 4			Medición 5							
		L1	a1	b1	ΔE1	L2	a2	b2	ΔE2	L3	a3	b3	ΔE3	L4	a4	b4	ΔE4	L5	a5	b5	ΔE5
TETRECA3	TeA3(1)	52.8	-0.1	14.4	10.86	55.3	-0.3	14	9.57	54.3	-0.2	14.6	9.71	58.1	-0.8	13.7	8.77	53	-0.1	14.2	10.95
	TeA3(2)	64.8	-3.7	8.8	14.64	53.7	-1.2	11.8	12.44	57.7	-1.3	11.2	11.51	58.9	-1.8	11.3	11.61	57	-1.8	11.2	11.67
				PROMEDIO	12.75			PROMEDIO	11.01			PROMEDIO	10.61			PROMEDIO	10.79			PROMEDIO	11.28
OPALLUS A3	OpA3(1)	64	0.1	35	12.29	60.2	0.4	32.6	11.39	62.2	0.4	33.4	12.27	60.7	0.4	32.5	11.29	61.2	0.4	32.6	11.40
	OpA3(2)	73.4	-1.3	32.4	17.23	73.7	-1.3	32.2	17.33	73.5	-1.4	32.4	17.33	73.6	-1.4	32.3	17.34	73.6	-1.3	32.2	17.25
				PROMEDIO	14.76			PROMEDIO	14.36			PROMEDIO	14.80			PROMEDIO	14.31			PROMEDIO	14.32
SPECTRAA3	SpA3(1)	73	-0.9	17.3	13.42	73	-0.9	17.2	13.45	73.4	-0.9	17.3	13.79	73.2	-1	17.1	13.69	72.8	-1	17.2	13.30
	SpA3(2)	72.7	-0.6	17.4	13.04	72	-0.9	16.9	12.65	71.7	-1	16.5	12.56	72.3	-0.7	17.3	12.73	72	-0.9	17	12.61
				PROMEDIO	13.23			PROMEDIO	13.05			PROMEDIO	13.17			PROMEDIO	13.21			PROMEDIO	12.95
BRILLIANT A3	BaA3(1)	67.1	-1.4	18	8.24	67.1	-1.3	18.1	8.16	67.2	-1.3	18.2	8.20	67.1	-1.4	17.8	8.33	67.2	-1.3	18.1	8.24
	BaA3(2)	65.3	-1.6	16.9	7.64	65.3	-1.6	17	7.58	65.4	-1.7	17	7.70	65.6	-1.6	17.1	7.71	65.6	-1.6	17	7.77
				PROMEDIO	7.94			PROMEDIO	7.87			PROMEDIO	7.95			PROMEDIO	8.02			PROMEDIO	8.00
EMPRES A3	EmA3(1)	76.3	-0.5	28.5	19.23	76.3	-0.5	28.6	19.26	76.2	-0.5	28.5	19.14	76.2	-0.5	28.6	19.17	76.5	-0.5	28.3	19.34
	EmA3(2)	77	-0.5	27	17.51	76.6	-0.5	26.3	17.0	76.8	-0.5	26.8	17.26	76.6	-0.5	26.8	17.07	77	-0.5	26.9	17.48
				PROMEDIO	18.37			PROMEDIO	18.18			PROMEDIO	18.20			PROMEDIO	18.22			PROMEDIO	18.41
MRS 253	Mrs3(1)	74.6	0	19.7	14.24	74.5	0	19.6	14.16	75.1	0.1	19.8	14.71	75	0	19.7	14.64	74.8	0.1	19.7	14.42
	Mrs3(2)	72.5	-0.4	18.6	12.49	72.6	-0.4	18.5	12.61	72.6	-0.4	18.5	12.80	72.5	-0.4	18.5	12.51	72.6	-0.4	18.5	12.61
				PROMEDIO	13.37			PROMEDIO	13.38			PROMEDIO	13.75			PROMEDIO	13.57			PROMEDIO	13.51

Tabla XIV: Excel resumen de datos estudio piloto para cantidad de mediciones por cuerpo de prueba (5 mediciones)

	Medición	L	a	b		Medición	L	a	b
Disco X	1	65,9	0,9	19,7	Disco X	31	58,8	2,1	20,8
	2	63,1	1,4	20,1		32	58	2,1	20,5
	3	71,3	-0,3	18,5		33	59,3	2,1	21
	4	64,9	1,2	20		34	58,1	2,1	20,6
	5	65,3	0,9	19,8		35	57,5	2,1	20,3
	6	58,1	2,1	20,7		36	58,4	2,1	20
	7	58,2	2,1	20,6		37	57,7	2,1	20,5
	8	58	2,1	20,6		38	58,6	2,1	20,7
	9	57,9	2,1	20,5		39	58,4	2,1	20,7
	10	58,3	2,1	20,5		40	58,5	2,1	20,6
	11	58,4	2,1	20,7		41	58,6	2,1	20,9
	12	58	2,1	20,4		42	59,7	2,1	21
	13	57,1	2,1	20,2		43	58,1	2,1	20,6
	14	58,1	2,1	20,5		44	58,2	2,1	20,6
	15	57,5	2,1	20,2		45	59,4	2,1	20,9
	16	57,4	2,1	20,4		46	59,2	2,1	20,9
	17	57,5	2,2	20,3		47	59,2	2,1	20,9
	18	57,5	2,2	20,3		48	59,6	2,1	21
	19	57,5	2,2	20,2		49	59,3	2,1	21
	20	58	2,1	20,1		50	58,1	2,1	20,5
	21	59,1	2,1	20,9		51	59	2,1	20,8
	22	57,7	2,1	20,5		52	58,9	2,1	20,7
	23	58,6	2,1	20,7		53	58,7	2,1	20,9
	24	57,4	2,2	20,2		54	58,5	2,1	20,7
	25	57,7	2,1	20,4		55	59,6	2	20,9
	26	58	2,1	20,1		56	59,1	2,1	20,8
	27	59	2,1	20,7		57	58,5	2,1	20,7
	28	57,9	2,1	20,4		58	58,8	2,1	20,7
	29	57,5	2,1	20,3		59	58,7	2,1	20,7
	30	57,9	2,1	20,4		60	59,3	2,1	20,8

Tabla N° XV: Excel de 60 mediciones a un cuerpo de prueba elegido al azar.

ANEXO 7: Tabla recolección de datos de la investigación

Marca	Nomenclatura usada	L1	a1	b1	$\Delta E1$
TETRIC A3	TeA3N2 (1)	59.3	1.5	18.9	3.03
	TeA3N2 (2)	58.1	1.5	18.8	3.80
	TeA3N2 (3)	56.3	1.7	19.3	4.93
	TeA3N2 (4)	56.2	1.6	18.8	5.26
	TeA3N2 (5)	56.8	1.8	19.4	4.42
				PROMEDIO	
OPALLIS A3	OpA3N2 (1)	62.6	0.9	36.5	15.29
	OpA3N2 (2)	62.8	1.1	36.4	15.20
	OpA3N2 (3)	64.6	0.5	36.1	15.33
	OpA3N2 (4)	62.5	1	35.4	14.19
	OpA3N2 (5)	64.1	0.8	37.1	16.15
				PROMEDIO	
SPECTRA A3	SpA3N2 (1)	61.9	2.6	22.5	1.64
	SpA3N2 (2)	62	3	23	2.13
	SpA3N2 (3)	61.7	2.7	22.4	1.44
	SpA3N2 (4)	62.3	2.6	22.7	2.07
	SpA3N2 (5)	62.6	2.6	22.3	2.12
				PROMEDIO	
BRILLIANT A3	BrA3N2 (1)	57.4	3.5	25	4.97
	BrA3N2 (2)	57.1	3.5	25.2	5.31
	BrA3N2 (3)	57	3.7	25.5	5.63
	BrA3N2 (4)	56.8	3.6	25	5.40
	BrA3N2 (5)	57.2	3.4	24.5	4.74
				PROMEDIO	

Tabla XVI: Excel resumen de los datos recolectados para el estudio

Anexo 8: Tabla interacciones marcas de resinas compuesta y tono, en fondo negro.

Multiple Comparisons^a

Dependent Variable: Delta E

Tukey HSD

(I) Codificacion	(J) Codificacion	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Tetric A3	Opallis A3	-10.9440 [*]	.34183	.000	-12.1421	-9.7459
	Spectra A3	2.4080 [*]	.34183	.000	1.2099	3.6061
	Brilliant A3	-.9220	.34183	.308	-2.1201	.2761
	Empress A3	-9.9920 [*]	.34183	.000	-11.1901	-8.7939
	Miris S3	-4.8900 [*]	.34183	.000	-6.0881	-3.6919
	Z350 A3	-65.0280 [*]	.34183	.000	-66.2261	-63.8299
	Tetric A2	-.7620	.34183	.611	-1.9601	.4361
	Opallis A2	-11.6340 [*]	.34183	.000	-12.8321	-10.4359
	Spectra A2	3.2600 [*]	.34183	.000	2.0619	4.4581
	Brilliant A2	-1.7500 [*]	.34183	.000	-2.9481	-.5519
	Empress A2	-11.6860 [*]	.34183	.000	-12.8841	-10.4879
	Miris S2	-4.1620 [*]	.34183	.000	-5.3601	-2.9639
Z350 A2	.6440	.34183	.826	-.5541	1.8421	
Opallis A3	Tetric A3	10.9440 [*]	.34183	.000	9.7459	12.1421
	Spectra A3	13.3520 [*]	.34183	.000	12.1539	14.5501
	Brilliant A3	10.0220 [*]	.34183	.000	8.8239	11.2201
	Empress A3	.9520	.34183	.262	-.2461	2.1501
	Miris S3	6.0540 [*]	.34183	.000	4.8559	7.2521
	Z350 A3	-54.0840 [*]	.34183	.000	-55.2821	-52.8859
	Tetric A2	10.1820 [*]	.34183	.000	8.9839	11.3801
	Opallis A2	-.6900	.34183	.750	-1.8881	.5081
	Spectra A2	14.2040 [*]	.34183	.000	13.0059	15.4021
	Brilliant A2	9.1940 [*]	.34183	.000	7.9959	10.3921
	Empress A2	-.7420	.34183	.651	-1.9401	.4561
	Miris S2	6.7820 [*]	.34183	.000	5.5839	7.9801
Z350 A2	11.5880 [*]	.34183	.000	10.3899	12.7861	
Spectra A3	Tetric A3	-2.4080 [*]	.34183	.000	-3.6061	-1.2099
	Opallis A3	-13.3520 [*]	.34183	.000	-14.5501	-12.1539
	Brilliant A3	-3.3300 [*]	.34183	.000	-4.5281	-2.1319

	Empress A3	-12.4000 ⁺	.34183	.000	-13.5981	-11.2019
	Miris S3	-7.2980 ⁺	.34183	.000	-8.4961	-6.0999
	Z350 A3	-67.4360 ⁺	.34183	.000	-68.6341	-66.2379
	Tetric A2	-3.1700 ⁺	.34183	.000	-4.3681	-1.9719
	Opallis A2	-14.0420 ⁺	.34183	.000	-15.2401	-12.8439
	Spectra A2	.8520	.34183	.431	-.3461	2.0501
	Brilliant A2	-4.1580 ⁺	.34183	.000	-5.3561	-2.9599
	Empress A2	-14.0940 ⁺	.34183	.000	-15.2921	-12.8959
	Miris S2	-6.5700 ⁺	.34183	.000	-7.7681	-5.3719
	Z350 A2	-1.7640 ⁺	.34183	.000	-2.9621	-.5659
Brilliant A3	Tetric A3	.9220	.34183	.308	-.2761	2.1201
	Opallis A3	-10.0220 ⁺	.34183	.000	-11.2201	-8.8239
	Spectra A3	3.3300 ⁺	.34183	.000	2.1319	4.5281
	Empress A3	-9.0700 ⁺	.34183	.000	-10.2681	-7.8719
	Miris S3	-3.9680 ⁺	.34183	.000	-5.1661	-2.7699
	Z350 A3	-64.1060 ⁺	.34183	.000	-65.3041	-62.9079
	Tetric A2	.1600	.34183	1.000	-1.0381	1.3581
	Opallis A2	-10.7120 ⁺	.34183	.000	-11.9101	-9.5139
	Spectra A2	4.1820 ⁺	.34183	.000	2.9839	5.3801
	Brilliant A2	-.8280	.34183	.478	-2.0261	.3701
	Empress A2	-10.7640 ⁺	.34183	.000	-11.9621	-9.5659
	Miris S2	-3.2400 ⁺	.34183	.000	-4.4381	-2.0419
	Z350 A2	1.5660 ⁺	.34183	.002	.3679	2.7641
Empress A3	Tetric A3	9.9920 ⁺	.34183	.000	8.7939	11.1901
	Opallis A3	-.9520	.34183	.262	-2.1501	.2461
	Spectra A3	12.4000 ⁺	.34183	.000	11.2019	13.5981
	Brilliant A3	9.0700 ⁺	.34183	.000	7.8719	10.2681
	Miris S3	5.1020 ⁺	.34183	.000	3.9039	6.3001
	Z350 A3	-55.0360 ⁺	.34183	.000	-56.2341	-53.8379
	Tetric A2	9.2300 ⁺	.34183	.000	8.0319	10.4281
	Opallis A2	-1.6420 ⁺	.34183	.001	-2.8401	-.4439
	Spectra A2	13.2520 ⁺	.34183	.000	12.0539	14.4501
	Brilliant A2	8.2420 ⁺	.34183	.000	7.0439	9.4401
	Empress A2	-1.6940 ⁺	.34183	.001	-2.8921	-.4959
	Miris S2	5.8300 ⁺	.34183	.000	4.6319	7.0281
	Z350 A2	10.6360 ⁺	.34183	.000	9.4379	11.8341

Miris S3	Tetric A3	4.8900 ⁺	.34183	.000	3.6919	6.0881
	Opallis A3	-6.0540 ⁺	.34183	.000	-7.2521	-4.8559
	Spectra A3	7.2980 ⁺	.34183	.000	6.0999	8.4961
	Brilliant A3	3.9680 ⁺	.34183	.000	2.7699	5.1661
	Empress A3	-5.1020 ⁺	.34183	.000	-6.3001	-3.9039
	Z350 A3	-60.1380 ⁺	.34183	.000	-61.3361	-58.9399
	Tetric A2	4.1280 ⁺	.34183	.000	2.9299	5.3261
	Opallis A2	-6.7440 ⁺	.34183	.000	-7.9421	-5.5459
	Spectra A2	8.1500 ⁺	.34183	.000	6.9519	9.3481
	Brilliant A2	3.1400 ⁺	.34183	.000	1.9419	4.3381
	Empress A2	-6.7960 ⁺	.34183	.000	-7.9941	-5.5979
	Miris S2	.7280	.34183	.678	-.4701	1.9261
	Z350 A2	5.5340 ⁺	.34183	.000	4.3359	6.7321
Z350 A3	Tetric A3	65.0280 ⁺	.34183	.000	63.8299	66.2261
	Opallis A3	54.0840 ⁺	.34183	.000	52.8859	55.2821
	Spectra A3	67.4360 ⁺	.34183	.000	66.2379	68.6341
	Brilliant A3	64.1060 ⁺	.34183	.000	62.9079	65.3041
	Empress A3	55.0360 ⁺	.34183	.000	53.8379	56.2341
	Miris S3	60.1380 ⁺	.34183	.000	58.9399	61.3361
	Tetric A2	64.2660 ⁺	.34183	.000	63.0679	65.4641
	Opallis A2	53.3940 ⁺	.34183	.000	52.1959	54.5921
	Spectra A2	68.2880 ⁺	.34183	.000	67.0899	69.4861
	Brilliant A2	63.2780 ⁺	.34183	.000	62.0799	64.4761
	Empress A2	53.3420 ⁺	.34183	.000	52.1439	54.5401
	Miris S2	60.8660 ⁺	.34183	.000	59.6679	62.0641
	Z350 A2	65.6720 ⁺	.34183	.000	64.4739	66.8701
Tetric A2	Tetric A3	.7620	.34183	.611	-.4361	1.9601
	Opallis A3	-10.1820 ⁺	.34183	.000	-11.3801	-8.9839
	Spectra A3	3.1700 ⁺	.34183	.000	1.9719	4.3681
	Brilliant A3	-.1600	.34183	1.000	-1.3581	1.0381
	Empress A3	-9.2300 ⁺	.34183	.000	-10.4281	-8.0319
	Miris S3	-4.1280 ⁺	.34183	.000	-5.3261	-2.9299
	Z350 A3	-64.2660 ⁺	.34183	.000	-65.4641	-63.0679
	Opallis A2	-10.8720 ⁺	.34183	.000	-12.0701	-9.6739
	Spectra A2	4.0220 ⁺	.34183	.000	2.8239	5.2201
	Brilliant A2	-.9880	.34183	.213	-2.1861	.2101

	Empress A2	-10.9240 ⁺	.34183	.000	-12.1221	-9.7259
	Miris S2	-3.4000 ⁺	.34183	.000	-4.5981	-2.2019
	Z350 A2	1.4060 ⁺	.34183	.009	.2079	2.6041
Opallis A2	Tetric A3	11.6340 ⁺	.34183	.000	10.4359	12.8321
	Opallis A3	.6900	.34183	.750	-.5081	1.8881
	Spectra A3	14.0420 ⁺	.34183	.000	12.8439	15.2401
	Brilliant A3	10.7120 ⁺	.34183	.000	9.5139	11.9101
	Empress A3	1.6420 ⁺	.34183	.001	.4439	2.8401
	Miris S3	6.7440 ⁺	.34183	.000	5.5459	7.9421
	Z350 A3	-53.3940 ⁺	.34183	.000	-54.5921	-52.1959
	Tetric A2	10.8720 ⁺	.34183	.000	9.6739	12.0701
	Spectra A2	14.8940 ⁺	.34183	.000	13.6959	16.0921
	Brilliant A2	9.8840 ⁺	.34183	.000	8.6859	11.0821
	Empress A2	-.0520	.34183	1.000	-1.2501	1.1461
	Miris S2	7.4720 ⁺	.34183	.000	6.2739	8.6701
	Z350 A2	12.2780 ⁺	.34183	.000	11.0799	13.4761
Spectra A2	Tetric A3	-3.2600 ⁺	.34183	.000	-4.4581	-2.0619
	Opallis A3	-14.2040 ⁺	.34183	.000	-15.4021	-13.0059
	Spectra A3	-.8520	.34183	.431	-2.0501	.3461
	Brilliant A3	-4.1820 ⁺	.34183	.000	-5.3801	-2.9839
	Empress A3	-13.2520 ⁺	.34183	.000	-14.4501	-12.0539
	Miris S3	-8.1500 ⁺	.34183	.000	-9.3481	-6.9519
	Z350 A3	-68.2880 ⁺	.34183	.000	-69.4861	-67.0899
	Tetric A2	-4.0220 ⁺	.34183	.000	-5.2201	-2.8239
	Opallis A2	-14.8940 ⁺	.34183	.000	-16.0921	-13.6959
	Brilliant A2	-5.0100 ⁺	.34183	.000	-6.2081	-3.8119
	Empress A2	-14.9460 ⁺	.34183	.000	-16.1441	-13.7479
	Miris S2	-7.4220 ⁺	.34183	.000	-8.6201	-6.2239
	Z350 A2	-2.6160 ⁺	.34183	.000	-3.8141	-1.4179
Brilliant A2	Tetric A3	1.7500 ⁺	.34183	.000	.5519	2.9481
	Opallis A3	-9.1940 ⁺	.34183	.000	-10.3921	-7.9959
	Spectra A3	4.1580 ⁺	.34183	.000	2.9599	5.3561
	Brilliant A3	.8280	.34183	.478	-.3701	2.0261
	Empress A3	-8.2420 ⁺	.34183	.000	-9.4401	-7.0439
	Miris S3	-3.1400 ⁺	.34183	.000	-4.3381	-1.9419
	Z350 A3	-63.2780 ⁺	.34183	.000	-64.4761	-62.0799

	Tetric A2	.9880	.34183	.213	-.2101	2.1861
	Opallis A2	-9.8840 ⁺	.34183	.000	-11.0821	-8.6859
	Spectra A2	5.0100 ⁺	.34183	.000	3.8119	6.2081
	Empress A2	-9.9360 ⁺	.34183	.000	-11.1341	-8.7379
	Miris S2	-2.4120 ⁺	.34183	.000	-3.6101	-1.2139
	Z350 A2	2.3940 ⁺	.34183	.000	1.1959	3.5921
Empress A2	Tetric A3	11.6860 ⁺	.34183	.000	10.4879	12.8841
	Opallis A3	.7420	.34183	.651	-.4561	1.9401
	Spectra A3	14.0940 ⁺	.34183	.000	12.8959	15.2921
	Brilliant A3	10.7640 ⁺	.34183	.000	9.5659	11.9621
	Empress A3	1.6940 ⁺	.34183	.001	.4959	2.8921
	Miris S3	6.7960 ⁺	.34183	.000	5.5979	7.9941
	Z350 A3	-53.3420 ⁺	.34183	.000	-54.5401	-52.1439
	Tetric A2	10.9240 ⁺	.34183	.000	9.7259	12.1221
	Opallis A2	.0520	.34183	1.000	-1.1461	1.2501
	Spectra A2	14.9460 ⁺	.34183	.000	13.7479	16.1441
	Brilliant A2	9.9360 ⁺	.34183	.000	8.7379	11.1341
	Miris S2	7.5240 ⁺	.34183	.000	6.3259	8.7221
	Z350 A2	12.3300 ⁺	.34183	.000	11.1319	13.5281
Miris S2	Tetric A3	4.1620 ⁺	.34183	.000	2.9639	5.3601
	Opallis A3	-6.7820 ⁺	.34183	.000	-7.9801	-5.5839
	Spectra A3	6.5700 ⁺	.34183	.000	5.3719	7.7681
	Brilliant A3	3.2400 ⁺	.34183	.000	2.0419	4.4381
	Empress A3	-5.8300 ⁺	.34183	.000	-7.0281	-4.6319
	Miris S3	-.7280	.34183	.678	-1.9261	.4701
	Z350 A3	-60.8660 ⁺	.34183	.000	-62.0641	-59.6679
	Tetric A2	3.4000 ⁺	.34183	.000	2.2019	4.5981
	Opallis A2	-7.4720 ⁺	.34183	.000	-8.6701	-6.2739
	Spectra A2	7.4220 ⁺	.34183	.000	6.2239	8.6201
	Brilliant A2	2.4120 ⁺	.34183	.000	1.2139	3.6101
	Empress A2	-7.5240 ⁺	.34183	.000	-8.7221	-6.3259
	Z350 A2	4.8060 ⁺	.34183	.000	3.6079	6.0041
Z350 A2	Tetric A3	-.6440	.34183	.826	-1.8421	.5541
	Opallis A3	-11.5880 ⁺	.34183	.000	-12.7861	-10.3899
	Spectra A3	1.7640 ⁺	.34183	.000	.5659	2.9621
	Brilliant A3	-1.5660 ⁺	.34183	.002	-2.7641	-.3679

Empress A3	-10.6360 [*]	.34183	.000	-11.8341	-9.4379
Miris S3	-5.5340 [*]	.34183	.000	-6.7321	-4.3359
Z350 A3	-65.6720 [*]	.34183	.000	-66.8701	-64.4739
Tetric A2	-1.4060 [*]	.34183	.009	-2.6041	-.2079
Opallis A2	-12.2780 [*]	.34183	.000	-13.4761	-11.0799
Spectra A2	2.6160 [*]	.34183	.000	1.4179	3.8141
Brilliant A2	-2.3940 [*]	.34183	.000	-3.5921	-1.1959
Empress A2	-12.3300 [*]	.34183	.000	-13.5281	-11.1319
Miris S2	-4.8060 [*]	.34183	.000	-6.0041	-3.6079

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .292.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Fondo = Negro

Tabla XVII: Interacciones fondo Negro

Anexo 9: Tabla interacciones marcas de resinas compuesta y tono, en fondo blanco.

Multiple Comparisons^a

Dependent Variable: Delta E

Tukey HSD

(I) Codificacion	(J) Codificacion	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Tetric A3	Opallis A3	-15.6080 [*]	.39496	.000	-16.9923	-14.2237
	Spectra A3	-3.2560 [*]	.39496	.000	-4.6403	-1.8717
	Brilliant A3	-3.4020 [*]	.39496	.000	-4.7863	-2.0177
	Empress A3	-13.1240 [*]	.39496	.000	-14.5083	-11.7397
	Miris S3	-9.1560 [*]	.39496	.000	-10.5403	-7.7717
	Z350 A3	-8.8280 [*]	.39496	.000	-10.2123	-7.4437
	Tetric A2	2.8960 [*]	.39496	.000	1.5117	4.2803
	Opallis A2	-15.5920 [*]	.39496	.000	-16.9763	-14.2077
	Spectra A2	-3.2920 [*]	.39496	.000	-4.6763	-1.9077
	Brilliant A2	-5.0020 [*]	.39496	.000	-6.3863	-3.6177
	Empress A2	-15.3020 [*]	.39496	.000	-16.6863	-13.9177
	Miris S2	-7.4000 [*]	.39496	.000	-8.7843	-6.0157
Z350 A2	-8.0860 [*]	.39496	.000	-9.4703	-6.7017	
Opallis A3	Tetric A3	15.6080 [*]	.39496	.000	14.2237	16.9923
	Spectra A3	12.3520 [*]	.39496	.000	10.9677	13.7363
	Brilliant A3	12.2060 [*]	.39496	.000	10.8217	13.5903
	Empress A3	2.4840 [*]	.39496	.000	1.0997	3.8683
	Miris S3	6.4520 [*]	.39496	.000	5.0677	7.8363
	Z350 A3	6.7800 [*]	.39496	.000	5.3957	8.1643
	Tetric A2	18.5040 [*]	.39496	.000	17.1197	19.8883
	Opallis A2	.0160	.39496	1.000	-1.3683	1.4003
	Spectra A2	12.3160 [*]	.39496	.000	10.9317	13.7003
	Brilliant A2	10.6060 [*]	.39496	.000	9.2217	11.9903
	Empress A2	.3060	.39496	1.000	-1.0783	1.6903
	Miris S2	8.2080 [*]	.39496	.000	6.8237	9.5923
Z350 A2	7.5220 [*]	.39496	.000	6.1377	8.9063	
Spectra A3	Tetric A3	3.2560 [*]	.39496	.000	1.8717	4.6403
	Opallis A3	-12.3520 [*]	.39496	.000	-13.7363	-10.9677
	Brilliant A3	-.1460	.39496	1.000	-1.5303	1.2383

	Empress A3	-9.8680 ⁺	.39496	.000	-11.2523	-8.4837
	Miris S3	-5.9000 ⁺	.39496	.000	-7.2843	-4.5157
	Z350 A3	-5.5720 ⁺	.39496	.000	-6.9563	-4.1877
	Tetric A2	6.1520 ⁺	.39496	.000	4.7677	7.5363
	Opallis A2	-12.3360 ⁺	.39496	.000	-13.7203	-10.9517
	Spectra A2	-.0360	.39496	1.000	-1.4203	1.3483
	Brilliant A2	-1.7460 ⁺	.39496	.003	-3.1303	-.3617
	Empress A2	-12.0460 ⁺	.39496	.000	-13.4303	-10.6617
	Miris S2	-4.1440 ⁺	.39496	.000	-5.5283	-2.7597
	Z350 A2	-4.8300 ⁺	.39496	.000	-6.2143	-3.4457
Brilliant A3	Tetric A3	3.4020 ⁺	.39496	.000	2.0177	4.7863
	Opallis A3	-12.2060 ⁺	.39496	.000	-13.5903	-10.8217
	Spectra A3	.1460	.39496	1.000	-1.2383	1.5303
	Empress A3	-9.7220 ⁺	.39496	.000	-11.1063	-8.3377
	Miris S3	-5.7540 ⁺	.39496	.000	-7.1383	-4.3697
	Z350 A3	-5.4260 ⁺	.39496	.000	-6.8103	-4.0417
	Tetric A2	6.2980 ⁺	.39496	.000	4.9137	7.6823
	Opallis A2	-12.1900 ⁺	.39496	.000	-13.5743	-10.8057
	Spectra A2	.1100	.39496	1.000	-1.2743	1.4943
	Brilliant A2	-1.6000 ⁺	.39496	.011	-2.9843	-.2157
	Empress A2	-11.9000 ⁺	.39496	.000	-13.2843	-10.5157
	Miris S2	-3.9980 ⁺	.39496	.000	-5.3823	-2.6137
	Z350 A2	-4.6840 ⁺	.39496	.000	-6.0683	-3.2997
Empress A3	Tetric A3	13.1240 ⁺	.39496	.000	11.7397	14.5083
	Opallis A3	-2.4840 ⁺	.39496	.000	-3.8683	-1.0997
	Spectra A3	9.8680 ⁺	.39496	.000	8.4837	11.2523
	Brilliant A3	9.7220 ⁺	.39496	.000	8.3377	11.1063
	Miris S3	3.9680 ⁺	.39496	.000	2.5837	5.3523
	Z350 A3	4.2960 ⁺	.39496	.000	2.9117	5.6803
	Tetric A2	16.0200 ⁺	.39496	.000	14.6357	17.4043
	Opallis A2	-2.4680 ⁺	.39496	.000	-3.8523	-1.0837
	Spectra A2	9.8320 ⁺	.39496	.000	8.4477	11.2163
	Brilliant A2	8.1220 ⁺	.39496	.000	6.7377	9.5063
	Empress A2	-2.1780 ⁺	.39496	.000	-3.5623	-.7937
	Miris S2	5.7240 ⁺	.39496	.000	4.3397	7.1083
	Z350 A2	5.0380 ⁺	.39496	.000	3.6537	6.4223

Miris S3	Tetric A3	9.1560 ⁺	.39496	.000	7.7717	10.5403
	Opallis A3	-6.4520 ⁺	.39496	.000	-7.8363	-5.0677
	Spectra A3	5.9000 ⁺	.39496	.000	4.5157	7.2843
	Brilliant A3	5.7540 ⁺	.39496	.000	4.3697	7.1383
	Empress A3	-3.9680 ⁺	.39496	.000	-5.3523	-2.5837
	Z350 A3	.3280	.39496	1.000	-1.0563	1.7123
	Tetric A2	12.0520 ⁺	.39496	.000	10.6677	13.4363
	Opallis A2	-6.4360 ⁺	.39496	.000	-7.8203	-5.0517
	Spectra A2	5.8640 ⁺	.39496	.000	4.4797	7.2483
	Brilliant A2	4.1540 ⁺	.39496	.000	2.7697	5.5383
	Empress A2	-6.1460 ⁺	.39496	.000	-7.5303	-4.7617
	Miris S2	1.7560 ⁺	.39496	.003	.3717	3.1403
	Z350 A2	1.0700	.39496	.301	-.3143	2.4543
Z350 A3	Tetric A3	8.8280 ⁺	.39496	.000	7.4437	10.2123
	Opallis A3	-6.7800 ⁺	.39496	.000	-8.1643	-5.3957
	Spectra A3	5.5720 ⁺	.39496	.000	4.1877	6.9563
	Brilliant A3	5.4260 ⁺	.39496	.000	4.0417	6.8103
	Empress A3	-4.2960 ⁺	.39496	.000	-5.6803	-2.9117
	Miris S3	-.3280	.39496	1.000	-1.7123	1.0563
	Tetric A2	11.7240 ⁺	.39496	.000	10.3397	13.1083
	Opallis A2	-6.7640 ⁺	.39496	.000	-8.1483	-5.3797
	Spectra A2	5.5360 ⁺	.39496	.000	4.1517	6.9203
	Brilliant A2	3.8260 ⁺	.39496	.000	2.4417	5.2103
	Empress A2	-6.4740 ⁺	.39496	.000	-7.8583	-5.0897
	Miris S2	1.4280 ⁺	.39496	.037	.0437	2.8123
	Z350 A2	.7420	.39496	.829	-.6423	2.1263
Tetric A2	Tetric A3	-2.8960 ⁺	.39496	.000	-4.2803	-1.5117
	Opallis A3	-18.5040 ⁺	.39496	.000	-19.8883	-17.1197
	Spectra A3	-6.1520 ⁺	.39496	.000	-7.5363	-4.7677
	Brilliant A3	-6.2980 ⁺	.39496	.000	-7.6823	-4.9137
	Empress A3	-16.0200 ⁺	.39496	.000	-17.4043	-14.6357
	Miris S3	-12.0520 ⁺	.39496	.000	-13.4363	-10.6677
	Z350 A3	-11.7240 ⁺	.39496	.000	-13.1083	-10.3397
	Opallis A2	-18.4880 ⁺	.39496	.000	-19.8723	-17.1037
	Spectra A2	-6.1880 ⁺	.39496	.000	-7.5723	-4.8037
	Brilliant A2	-7.8980 ⁺	.39496	.000	-9.2823	-6.5137

	Empress A2	-18.1980 ⁺	.39496	.000	-19.5823	-16.8137
	Miris S2	-10.2960 ⁺	.39496	.000	-11.6803	-8.9117
	Z350 A2	-10.9820 ⁺	.39496	.000	-12.3663	-9.5977
Opallis A2	Tetric A3	15.5920 ⁺	.39496	.000	14.2077	16.9763
	Opallis A3	-.0160	.39496	1.000	-1.4003	1.3683
	Spectra A3	12.3360 ⁺	.39496	.000	10.9517	13.7203
	Brilliant A3	12.1900 ⁺	.39496	.000	10.8057	13.5743
	Empress A3	2.4680 ⁺	.39496	.000	1.0837	3.8523
	Miris S3	6.4360 ⁺	.39496	.000	5.0517	7.8203
	Z350 A3	6.7640 ⁺	.39496	.000	5.3797	8.1483
	Tetric A2	18.4880 ⁺	.39496	.000	17.1037	19.8723
	Spectra A2	12.3000 ⁺	.39496	.000	10.9157	13.6843
	Brilliant A2	10.5900 ⁺	.39496	.000	9.2057	11.9743
	Empress A2	.2900	.39496	1.000	-1.0943	1.6743
	Miris S2	8.1920 ⁺	.39496	.000	6.8077	9.5763
	Z350 A2	7.5060 ⁺	.39496	.000	6.1217	8.8903
Spectra A2	Tetric A3	3.2920 ⁺	.39496	.000	1.9077	4.6763
	Opallis A3	-12.3160 ⁺	.39496	.000	-13.7003	-10.9317
	Spectra A3	.0360	.39496	1.000	-1.3483	1.4203
	Brilliant A3	-.1100	.39496	1.000	-1.4943	1.2743
	Empress A3	-9.8320 ⁺	.39496	.000	-11.2163	-8.4477
	Miris S3	-5.8640 ⁺	.39496	.000	-7.2483	-4.4797
	Z350 A3	-5.5360 ⁺	.39496	.000	-6.9203	-4.1517
	Tetric A2	6.1880 ⁺	.39496	.000	4.8037	7.5723
	Opallis A2	-12.3000 ⁺	.39496	.000	-13.6843	-10.9157
	Brilliant A2	-1.7100 ⁺	.39496	.004	-3.0943	-.3257
	Empress A2	-12.0100 ⁺	.39496	.000	-13.3943	-10.6257
	Miris S2	-4.1080 ⁺	.39496	.000	-5.4923	-2.7237
	Z350 A2	-4.7940 ⁺	.39496	.000	-6.1783	-3.4097
Brilliant A2	Tetric A3	5.0020 ⁺	.39496	.000	3.6177	6.3863
	Opallis A3	-10.6060 ⁺	.39496	.000	-11.9903	-9.2217
	Spectra A3	1.7460 ⁺	.39496	.003	.3617	3.1303
	Brilliant A3	1.6000 ⁺	.39496	.011	.2157	2.9843
	Empress A3	-8.1220 ⁺	.39496	.000	-9.5063	-6.7377
	Miris S3	-4.1540 ⁺	.39496	.000	-5.5383	-2.7697
	Z350 A3	-3.8260 ⁺	.39496	.000	-5.2103	-2.4417

	Tetric A2	7.8980 ⁺	.39496	.000	6.5137	9.2823
	Opallis A2	-10.5900 ⁺	.39496	.000	-11.9743	-9.2057
	Spectra A2	1.7100 ⁺	.39496	.004	.3257	3.0943
	Empress A2	-10.3000 ⁺	.39496	.000	-11.6843	-8.9157
	Miris S2	-2.3980 ⁺	.39496	.000	-3.7823	-1.0137
	Z350 A2	-3.0840 ⁺	.39496	.000	-4.4683	-1.6997
Empress A2	Tetric A3	15.3020 ⁺	.39496	.000	13.9177	16.6863
	Opallis A3	-.3060	.39496	1.000	-1.6903	1.0783
	Spectra A3	12.0460 ⁺	.39496	.000	10.6617	13.4303
	Brilliant A3	11.9000 ⁺	.39496	.000	10.5157	13.2843
	Empress A3	2.1780 ⁺	.39496	.000	.7937	3.5623
	Miris S3	6.1460 ⁺	.39496	.000	4.7617	7.5303
	Z350 A3	6.4740 ⁺	.39496	.000	5.0897	7.8583
	Tetric A2	18.1980 ⁺	.39496	.000	16.8137	19.5823
	Opallis A2	-.2900	.39496	1.000	-1.6743	1.0943
	Spectra A2	12.0100 ⁺	.39496	.000	10.6257	13.3943
	Brilliant A2	10.3000 ⁺	.39496	.000	8.9157	11.6843
	Miris S2	7.9020 ⁺	.39496	.000	6.5177	9.2863
Z350 A2	7.2160 ⁺	.39496	.000	5.8317	8.6003	
Miris S2	Tetric A3	7.4000 ⁺	.39496	.000	6.0157	8.7843
	Opallis A3	-8.2080 ⁺	.39496	.000	-9.5923	-6.8237
	Spectra A3	4.1440 ⁺	.39496	.000	2.7597	5.5283
	Brilliant A3	3.9980 ⁺	.39496	.000	2.6137	5.3823
	Empress A3	-5.7240 ⁺	.39496	.000	-7.1083	-4.3397
	Miris S3	-1.7560 ⁺	.39496	.003	-3.1403	-.3717
	Z350 A3	-1.4280 ⁺	.39496	.037	-2.8123	-.0437
	Tetric A2	10.2960 ⁺	.39496	.000	8.9117	11.6803
	Opallis A2	-8.1920 ⁺	.39496	.000	-9.5763	-6.8077
	Spectra A2	4.1080 ⁺	.39496	.000	2.7237	5.4923
	Brilliant A2	2.3980 ⁺	.39496	.000	1.0137	3.7823
	Empress A2	-7.9020 ⁺	.39496	.000	-9.2863	-6.5177
Z350 A2	-.6860	.39496	.893	-2.0703	.6983	
Z350 A2	Tetric A3	8.0860 ⁺	.39496	.000	6.7017	9.4703
	Opallis A3	-7.5220 ⁺	.39496	.000	-8.9063	-6.1377
	Spectra A3	4.8300 ⁺	.39496	.000	3.4457	6.2143
	Brilliant A3	4.6840 ⁺	.39496	.000	3.2997	6.0683

Empress A3	-5.0380 [*]	.39496	.000	-6.4223	-3.6537
Miris S3	-1.0700	.39496	.301	-2.4543	.3143
Z350 A3	-.7420	.39496	.829	-2.1263	.6423
Tetric A2	10.9820 [*]	.39496	.000	9.5977	12.3663
Opallis A2	-7.5060 [*]	.39496	.000	-8.8903	-6.1217
Spectra A2	4.7940 [*]	.39496	.000	3.4097	6.1783
Brilliant A2	3.0840 [*]	.39496	.000	1.6997	4.4683
Empress A2	-7.2160 [*]	.39496	.000	-8.6003	-5.8317
Miris S2	.6860	.39496	.893	-.6983	2.0703

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .390.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Fondo = Blanco

Tabla XVIII: Interacciones fondo blanco.