



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA IBEROAMERICANA S. C

INCORPORADO A LA UNAM

CLAVE DE INCORPORACIÓN 8901-22

CARRERA DE CIRUJANO DENTISTA

**“IMPORTANCIA DE LA TOMA DEL COLOR PARA EL ÉXITO EN UNA
REHABILITACIÓN ODONTOLÓGICA”**

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO DE

CIRUJANO DENTISTA

PRESENTA

P.C.D. ITZEL PAMELA RAMÍREZ VARA

ASESOR DE TESIS

C.D.E.P.M EDGAR RUBÉN ORTIZ VILCHIS

XALATLACO, MÉXICO, MARZO 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIAS

A mis padres por su esfuerzo, dedicación, confianza y apoyo.

A mis hermanas por su cariño y motivación.

A Dios por darme las facultades necesarias para culminar un sueño.

AGRADECIMIENTOS

Al concluir un compromiso tan arduo y lleno de dificultades como el desarrollo de una tesis es inevitable que te aborde un muy humano egocentrismo que te lleva a concentrar la mayor parte del mérito en el aporte que has hecho. Sin embargo, el análisis objetivo te muestra inmediatamente que la magnitud de ese aporte hubiese sido imposible sin la participación de personas que han facilitado las cosas para que este trabajo llegue a su término. Por ello, es para mí un placer utilizar este espacio para ser justo y consecuente con ellas, expresándoles mis agradecimientos

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Y por supuesto el agradecimiento más profundo va para mi familia. Sin su apoyo colaboración e inspiración habría sido imposible culminar con esta etapa de mi vida.

Le doy gracias a mis padres Jesús y Patricia por apoyarme en todo momento, de forma emocional, económica y por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanas por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar. A ellas, Nancy y Andrea por ser un ejemplo de anhelos que requiero en mi vida personal, por llenar mi vida de alegrías y amor cuando más lo he necesitado.

Por ellos y para ellos.

Agradezco de manera especial al Doctor Edgar R. Ortiz Vilchis el maestro de la clínica de prótesis fija y prótesis parcial removible de la Universidad Tecnológica Iberoamericana por permitir que esta tesis se desarrollara correctamente. Por su amabilidad y disposición en el proceso, en el cual tuve todo el soporte profesional y logístico para alcanzar los objetivos.

Agradezco a Oscar por ser un apoyo incondicional en todas mis actividades clínicas y darme la confianza que necesitaba para ser mejor profesionalmente.

Itzel Ramírez

INDICE

CAPITULO 1 INTRODUCCION	1
1.1 CONCEPTO DEL COLOR.....	2
1.2 HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL COLOR.....	3
1.3 PLANTEAMIENTO TEÓRICO DE LA PERCEPCIÓN DEL COLOR	5
1.3.1 TEORÍA TRICROMÁTICA: Síntesis aditiva y síntesis sustractiva	5
1.3.1.1 COLOR-LUZ. SÍNTESIS ADITIVA	6
1.3.1.2 COLOR-PIGMENTO. SÍNTESIS SUSTRACTIVA	7
1.3.2 TEORÍA DE LOS POLOS OPUESTOS U Oponentes.....	8
1.3.3 TEORÍA INTEGRADA DE LA PERCEPCIÓN DEL COLOR	9
CAPITULO 2 GENERALIDADES DEL COLOR	10
2.1 PERCEPCIÓN DEL COLOR	11
2.1.1 PRINCIPIOS DE LA PROPIEDAD DE LA LUZ	12
2.1.2 PRINCIPIOS Y PROPIEDADES DEL OBJETO	18
2.1.3 EL OBSERVADOR	19
2.2 DIMENSIONES DEL COLOR.....	20
2.2.1 MATIZ.....	21
2.2.2 CROMA	22
2.2.3 BRILLO	23
2.3 FENÓMENOS ÓPTICOS	25
2.3.1 TRANSLUCIDEZ	25
2.3.2 OPALESCENCIA.....	26
2.3.3 FLUORESCENCIA	27
2.3.4 METAMERISMO.....	28
2.3.5 ESTRUCTURAS INTERNAS	28
2.3.6 TINCIONES INTERNAS Y EXTERNAS	30
2.4 ORGANIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN CROMÁTICA	30
2.4.1 SÓLIDO MUNSELL	31
2.4.2 SÓLIDO OSTWALL	33
2.4.3 CUBO DE ALFRED HICKETHLER	34

2.5 SISTEMA CROMÁTICO CIE Yxy (Triángulo CIE o sistema CIE xyz)	35
2.5.1 SISTEMA CROMÁTICO CIELab (1976)	37
2.5.2 SISTEMA CROMÁTICO CIELCh	38
2.5.3 ESPACIO CROMÁTICO DENTAL	39
2.6 EVALUACIÓN DEL COLOR. Diferencia de color o ΔE (Delta E)	40
CAPITULO 3 REGISTRO DEL COLOR	42
3. REGISTRO DE COLOR	43
3.1 MÉTODOS SUBJETIVOS	44
3.1.1 GUÍAS DE COLORES	44
3.1.2 FILTRO POLARIZADO	47
3.2 MÉTODOS OBJETIVOS	48
3.2.1 ESPECTROFOTÓMETROS	48
3.2.2 COLORÍMETROS	49
3.3 FACTORES PRINCIPALES Y CONDICIONES IDEALES PARA LA TOMA DEL COLOR	50
3.4 REQUISITOS BÁSICOS DE UN INSTRUMENTO DE MEDIDA	53
CAPITULO 4 COMPOSITES	55
4.1 COMPOSICION	56
4.2 MATRIZ ORGANICA	56
4.3 RELLENO INORGANICO	59
4.4 FASE DE ENLACE	63
4.5 OTROS COMPONENTES	63
4.6 CLASIFICACION DE RESINAS COMPUESTAS	64
4.6.1 RESINAS COMPUESTAS DE MACRORRELLENO	64
4.6.2 RESINAS COMPUESTAS DE MICRORRELLENO	64
4.6.3 RESINAS COMPUESTAS HÍBRIDAS	65
4.6.4 NANOCOMPOSITES	65
4.7 REACCION A LA FOTOPOLIMERIZACION	65
4.8 FACTORES QUE CONDICIONAN LA EFICACIA DE LA REACCIÓN DE FOTOPOLIMERIZACIÓN	66
4.9 FACTORES QUE DEPENDEN DEL MATERIAL	66
4.10 COLOR DE LA RESINA COMPUESTA	66
4.11 TIPO DE RELLENO INORGÁNICO	67
4.12 CONCENTRACIÓN DEL INICIADOR	67
4.12.1 ESPECTRO DE EMISIÓN	67
4.12.2 IRRADIANCIA	68
4.12.3 TIEMPO DE EXPOSICIÓN	68
4.12.4 EFICACIA DEL FOCO DE LUZ	68

4.13 PROPIEDADES ÓPTICAS DE LAS RESINAS COMPUESTAS	68
CAPITULO 5 CERAMICAS.....	72
5.1 GENERALIDADES.....	74
5.2 CERAMICAS	75
5.3 PORCELANA DENTAL	76
5.3.1 REFUERZO CON CRISTALES.....	76
5.4 PROPIEDADES GENERALES DE LAS RESTAURACIONES CERÁMICAS.....	77
5.5 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS TOTALMENTE CERÁMICOS.	78
5.5.1 CLASIFICACIÓN POR LA COMPOSICIÓN QUÍMICA	78
5.5.2 CERÁMICAS FELDESPÁTICAS.....	79
5.5.3 CERÁMICAS ALUMINOSAS	81
5.5.4 CERÁMICAS INFILTRADAS CON ÓXIDO DE ALUMINIO	81
5.5.5 CERÁMICAS CIRCONIOSAS.....	82
5.5.4.1 ZIRCONIO MONOLÍTICO.....	86
5.6 COLOR	87
5.6.1 SENTIDO DE LA VISTA	87
5.6.2 DIMENSIONES DEL COLOR	88
5.6.3 MATIZ.....	89
5.6.4 CHROMA, SATURACIÓN O INTENSIDAD.....	89
5.6.5 VALOR O LUMINOSIDAD	89
5.6.6 FENÓMENOS DE LUZ	90
5.6.7 TRANSMISIÓN, ABSORCIÓN Y REFLEXIÓN DE LA LUZ.....	91
5.6.8 ESPECTROFOTOMETRÍA Y ESPECTROFLUOROMETRÍA	92
5.7 FENÓMENOS DE LUZ Y TEJIDO DENTAL.....	92
5.8 CIEL*A*B.....	94
5.9 CLASIFICACIÓN POR LA TÉCNICA DE CONFECCIÓN.....	98
5.9.1 CONDENSACIÓN SOBRE MUÑÓN REFRACTARIO.....	98
5.9.2 SUSTITUCIÓN A LA CERA PÉRDIDA	98
5.9.3 TECNOLOGÍA ASISTIDA POR ORDENADOR.....	98
5.10 CRITERIOS DE SELECCIÓN	99
5.10.1 RESISTENCIA A LA FRACTURA	99
5.10.2 PRECISIÓN DE AJUSTE MARGINAL	100
5.10.3 ESTÉTICA	101
ANEXOS.....	102
DESCRIPCIÓN DE LA FICHA TÉCNICA – SELECCIÓN DE COLOR	103

CAPITULO 1 INTRODUCCION

1.1 CONCEPTO DEL COLOR

A lo largo de la historia, el ser humano se ha preocupado por obtener una apariencia física agradable. Nos hallamos inmersos en un creciente proceso de culto a la estética dental y, por este motivo, día a día se incrementa la demanda de tratamientos que, además de rehabilitar morfofuncionalmente al diente, le devuelven su aspecto natural o incluso lo mejoran.

(Llena C. Lozano E, 2011)

La necesidad actual de tener sonrisas estéticamente agradables, ha motivado el desarrollo de técnicas cuya finalidad es el mejorar el aspecto de los dientes, incluyendo su color.

El color es un ingrediente esencial en nuestro ambiente y está asociado con ciertos sentimientos, emociones y significados. Estas asociaciones están definidas tanto por la cultura como por nuestras propias experiencias. El color transmite emoción y afecta a la energía produciendo un impacto emocional que puede deleitar o angustiar.

Aunque el color es solamente uno de los muchos aspectos necesarios para lograr un buen resultado estético en una restauración, un esquema de color discordante puede ser mucho más devastador al efecto global que muchos otros factores involucrados. Es por esta razón que se ha invertido mucho tiempo investigando las propiedades de reproducción del color y hoy en día, sigue siendo un reto para los profesionales clínicos y técnicos protésicos.

La selección del color del diente no debe considerarse como un aspecto teórico o mecánico, es más, se trata de un proceso racional. Debe tenerse siempre en cuenta el hecho de que la dentina combina varios colores y grados de opacidad y que el esmalte puede ser translúcido y opaco.

Se trata de un concepto extremadamente complicado por ser al mismo tiempo, una característica de las ondas electromagnéticas (factor objetivo) y una sensación que percibe el observador (respuesta subjetiva). La sensación percibida por el ojo humano es susceptible a múltiples variaciones y es allí donde aparece la ilusión óptica. El cerebro humano no percibe los colores como son o como están relacionados con su alrededor, eso significa que el intelecto no interpreta correctamente el sentido de la visión. Sin embargo algunas veces el mecanismo óptico es directamente el responsable de la ilusión, es decir, ninguna de las percepciones visuales son los suficientemente adecuadas pero afortunadamente muchas de ellas son satisfactorias para propósitos prácticos. Como longitud de onda, el color es perfectamente cuantificable por métodos objetivos. Sin embargo, el color es un fenómeno subjetivo debido a que el ojo no

funciona como una máquina de análisis espectral. Por lo tanto son muchas las variables que pueden influir en la percepción del color y aunque esto puede llegar a estar en contra del operador a la hora de seleccionar un color en boca, puede también estar a favor cuando hablamos de ilusión y de imitar lo natural. La literatura describe diferencias por sexo y edad, además de diferencias culturales y étnicas, en la respuesta a la estimulación por un color.

De acuerdo con la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE), el color percibido se define como el aspecto de la percepción visual mediante el cual un observador puede distinguir entre dos campos del mismo tamaño, forma y textura basándose en las diferencias en la composición espectral de las radiaciones relacionadas con la observación. Esta misma organización en el año 2001, definió el color como la característica de la percepción visual que puede ser descrita por los atributos de tinte o tono, valor o luminosidad e Intensidad, saturación o croma.

(A., 2004)

De estas definiciones, se deduce, que el fenómeno del color es un fenómeno producido por los rayos luminosos que impresionan los órganos visuales y que depende de la longitud de onda. Además del objeto físico, la luz, y del fisiológico, el ojo, hay un tercer elemento que es el conocimiento, la experiencia y la sensibilidad de la persona que lo percibe y que cambiará sustancialmente la calidad, la percepción y la transmisión de lo que se ve.

Hace ya casi ochenta años Clark escribió: “El color, como la forma, tiene tres dimensiones, pero ellas no son de uso general. Muchos de nosotros ni siquiera conocemos sus nombres, ni sus escalas de medida. En otras palabras, nosotros como dentistas no hemos sido educacionalmente equipados para enfrentar el problema del color.

(Khurana R, 2007)

El conocimiento del correcto uso de los sistemas convencionales de toma de color es cada día más necesario si pretendemos satisfacer la demanda de estética actual. La paulatina entrada y perfeccionamiento de los sistemas electrónicos de colorimetría, han reducido los fracasos estéticos, incrementando la calidad de las restauraciones.

1.2 HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL COLOR

Gracias al legado pictórico de las pinturas rupestres, se sabe que el color ha existido en la vida del hombre desde su aparición sobre la tierra. Las características tan especiales de los antiguos pintores han conseguido que los colores hayan perdurado a través de los siglos.

El filósofo Aristóteles (384-322 AC) escribió en su obra *De Coloribus*, que el color era una propiedad de la luz y que los objetos aparecían coloreados debido a que absorbían la luz. Propuso que los colores básicos eran los de los elementos de tierra, fuego, agua y cielo. El resto de tonos, los consideraba variaciones de éstos por combinaciones de luz y oscuridad.

Siglos más tarde, Leonardo da Vinci (1452-1519) quien también consideraba al color como propio de la materia, hizo algunas consideraciones en las que definió la siguiente escala de colores básicos: primero el blanco como principal ya que permite recibir a todos los demás colores, después, en su clasificación, seguía el amarillo para la tierra, verde para el agua, azul para el cielo, rojo para el fuego y negro para la oscuridad, ya que es el color que nos priva de todos los otros.

En 1665, Isaac Newton (1642- 1519) aportó los primeros conocimientos científicos sobre el color estudiando la desviación de la luz mediante un prisma. Descubrió que la luz del sol, podía ser dividida en varios colores haciéndola pasar a través de diferentes prismas. Esto producía un espectro, que va desde el rojo, pasando por el naranja, amarillo, verde y azul hasta el violeta. Estableció una base científica, suficiente para rechazar la teoría del color de Aristóteles, aún vigente en aquella época. Newton validó su teoría colocando unos prismas en una habitación oscura, dejó penetrar un haz de luz a través de un agujero en la pared y cuando el rayo, pasó a través del prisma se generó el espectro de color. De este modo se demostró que la luz es la fuente de todos los colores. Redireccionando el espectro de color hacia otro segundo prisma, se produjo luz blanca y así, se vio que la luz blanca es un componente de todos los colores del espectro. Tras sucesivas experiencias, Newton, teorizó que el color de un objeto, era producto de la reflexión selectiva de los rayos de luz y que esta consta de energía con diferentes longitudes de onda.

(A., 2004)

En oposición a la teoría de Newton, Goethe (1749-1832) analizó el color no como un fenómeno de naturaleza estrictamente físico, sino desde un punto de vista diametralmente opuesto ya que para él las impresiones visuales son realizadas por un observador. Para Newton el fenómeno es objetivo, para Goethe subjetivo.

Durante los siguientes cincuenta años, el interés por el color fue considerable, de forma que numerosas teorías fueron enunciadas por Brewster, Grassmann y sobre todo por Helmholtz. En 1855 Maxwell realizó las primeras medidas visuales para comprobar la validez de la hipótesis tricromática, comprobó su exactitud y unificó las teorías de la época sobre la visión de los colores. Poco antes, Grassman estableció las leyes fundamentadas que ponen las bases de la estructura matemática para la medida del color, y que todavía hoy perduran. Los resultados de Maxwell condujeron a representar los colores por tres números y, por consiguiente, poder localizarlos como un punto en un espacio geométrico.

(A., 2004)

1.3 PLANTEAMIENTO TEÓRICO DE LA PERCEPCIÓN DEL COLOR

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. Ésta es la teoría aditiva del color. 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.

1.3.1 TEORÍA TRICROMÁTICA: Síntesis aditiva y síntesis sustractiva

En el año 1802 Young propuso esta teoría sosteniendo que la percepción del color es el resultado de la interacción de tres mecanismos receptores que poseen diferentes sensibilidades espectrales, es decir, que son sensibles a distintas longitudes de onda. La existencia en la retina de dos tipos de fotorreceptores especializados, los conos (responsables de la distinción de los colores) y los bastones (especializados en la discriminación de la intensidad de la luz) permitió indicar un patrón de comportamiento de los conos. Se estableció que estos estarían divididos en tres grupos cada uno de ellos especializados en la visión de una de las tres longitudes de onda principales en las que se descompondrá la luz blanca, la del rojo (longitudes de onda larga), la del verde (longitudes de onda medias) y la del azul (longitud de onda corta), pudiéndose

ver todos los demás colores por la suma y combinación de las estimulaciones de estos receptores.

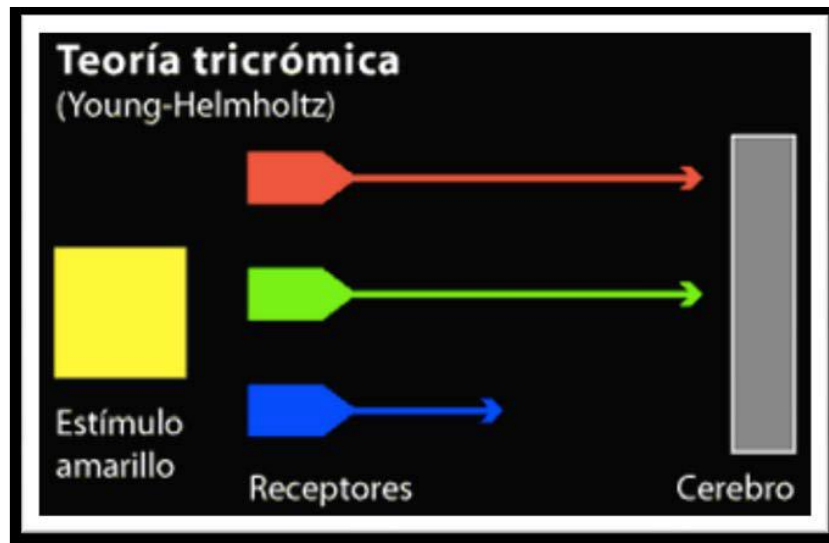


Figura 1

Los conocimientos de la época en física y neurofisiología permitieron que la teoría tricromática se convirtiera en la base teórica para la explicación del color, dando como resultado el desarrollo de los conceptos de síntesis aditiva y substractiva.

1.3.1.1 COLOR-LUZ. SÍNTESIS ADITIVA

La síntesis aditiva del color-luz es la luz blanca, y su mejor expresión probablemente sea la luz solar, la cual reúne de forma equilibrada todos los matices de colores-luz existentes en la naturaleza. Cuando se descompone, la luz blanca presenta una a una, aisladamente, en la forma de luces monocromáticas, los llamados colores-luz no descomponibles, los cuales son el rojo, el verde y el azul violeta. De esa forma, esos tres colores se denominan colores-luz primarios y, cuando son combinados en proporciones variables, producen todos los colores del espectro visible. No obstante, no hay como obtener esos tres colores mediante cualquier combinación de colores del espectro, y la síntesis aditiva de la mezcla de esos colores primarios es la luz blanca. Por ello, si vemos un objeto amarillo es porque absorbe la luz roja y la verde.

Este tipo de mezclas recibe este nombre ya que en cada mezcla añadimos luces hasta llegar a la blanca, que es la adición de todas las luces de color.

(A. S. K., 2008)

COLORES LUZ MEZCLA ADITIVA		
PRIMARIOS	SECUNDARIOS	SUMA
Rojo	Magenta = Rojo + Azul	Blanco
Azul	Cian = Azul + Verde	
Verde	Amarillo = Verde + Rojo	



Figura 2: Color-luz primarios: rojo, verde y azul-violeta. La mezcla de esos colores primarios obedece al sistema aditivo de luz y tiene como resultado el blanco.

1.3.1.2 COLOR-PIGMENTO. SÍNTESIS SUSTRACTIVA

En contraposición a la mezcla aditiva de los colores luz, tenemos los colores pigmento y la mezcla o síntesis sustractiva. Se llama síntesis sustractiva al principio, por el que, debido a la capacidad de absorción de tres filtros juntos, se puede obtener la diversidad del espacio de colores. Este fenómeno se produce al ocupar pigmentos donde el color final de una zona va a depender de las longitudes de onda de la luz incidente reflejadas por los pigmentos de color de la misma. Por eso, los colores resultantes de una mezcla sustractiva son llamados colores pigmento.

(A. S. K., 2008)

Cuando la luz solar choca contra la superficie de un objeto, este absorbe diferentes longitudes de onda de su espectro total, mientras que refleja otras. Estas longitudes de onda reflejadas son precisamente las causantes de los colores de los objetos, colores que por ser producidos por filtrado de longitudes de onda, se denominan colores sustractivos. Dicho de otra manera, la producción de colores por sustracción se da siempre que a una energía de radiación existente se le sustrae algo de su absorción. Los colores pigmentos o sustractivos son los colores basados en la luz reflejada de los pigmentos aplicados a las superficies. Esta síntesis sustractiva está formada por el color magenta, el cian y el amarillo como colores pigmentos primarios. La mezcla de estos pigmentos a partes iguales no produce el color blanco, sino el negro.

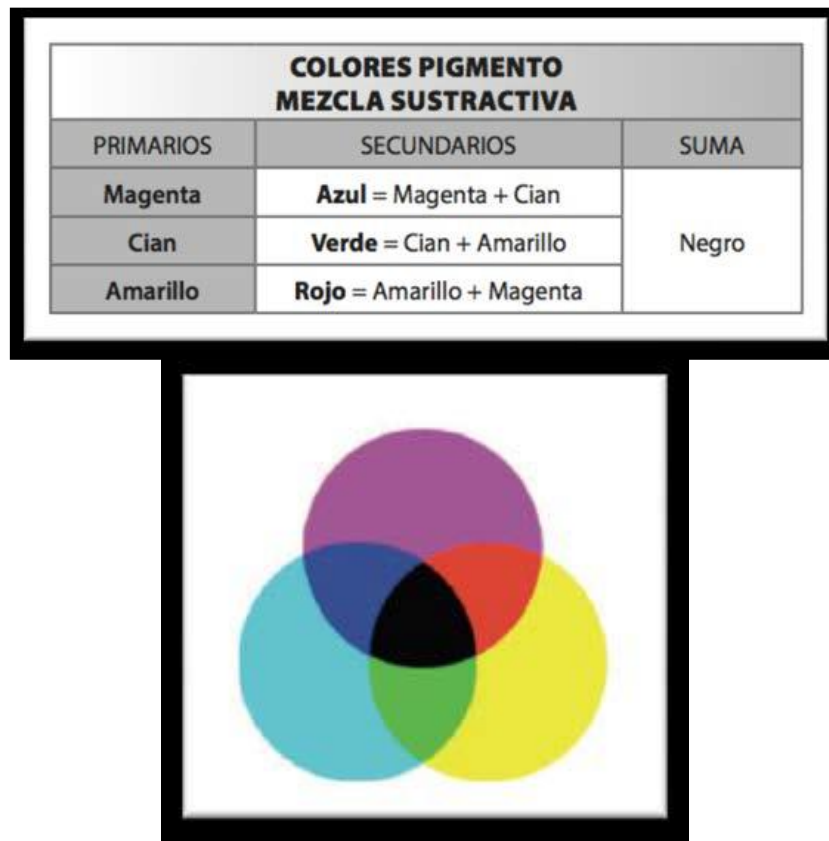


Figura 3: Colores-pigmento translucidos primarios: magenta, amarillo y cian. Se observa que al revés de los colores-luz, los colores pigmento opacos y translúcidos son regidos por el sistema de resta de luz. Como resultado, la mezcla de los colores primarios resulta en gris neutro o negro.

1.3.2 TEORÍA DE LOS POLOS OPUESTOS U Oponentes

Desarrollada por Hering en el siglo XIX, establece que en la percepción visual del color hay experiencias cromáticas que se oponen como son blanco y del negro. La experiencia del azul y el amarillo, y la experiencia del rojo y el verde.

Esta incompatibilidad fenoménica puede verse en las expresiones de color más cotidianas. Para Hering, la base fisiológica sería la existencia de en la retina de tres sustancias que responderían sintetizándose o descomponiéndose en función de la naturaleza de la luz que le llega. Esta teoría, ante la solidez de la teoría tricromática, careció de aceptación hasta bien entrado el siglo XX donde determinados estudios permitieron comprobar su validez.

(M., 2006)

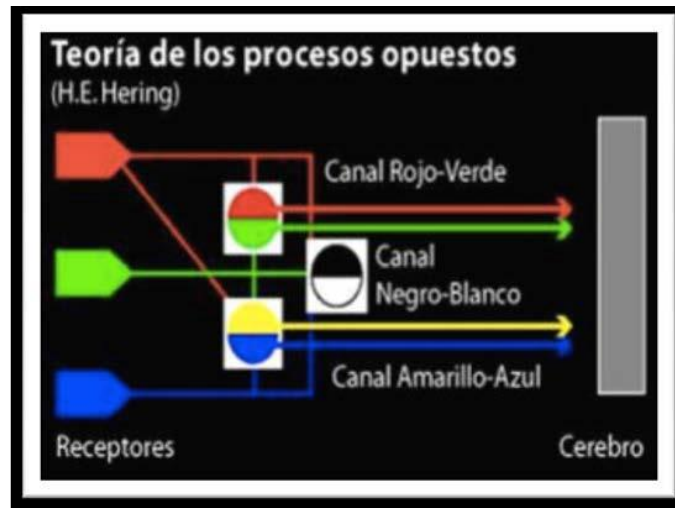


Figura 4

1.3.3 TEORÍA INTEGRADA DE LA PERCEPCIÓN DEL COLOR

Los últimos estudios en percepción del color tienden a establecer una teoría de integración en la cual se propugna una fase inicial de codificación tricromática en los fotorreceptores y una serie de fases, que se iniciarían en los núcleos geniculados laterales y continuarían en las áreas corticales, que daría como resultado un procesamiento de la información representado mediante funciones de oponentes. Siguiendo este planteamiento se construyen los algoritmos de conversión para integrar los datos de espacios tricromáticos (CIE XYZ) y los espacios de los oponentes (CIE Lab, CIE lch).

(M., 2006)

En el siglo XX, a partir de la primera reunión de la Comisión Internationale de Eclairage (CIE) en 1924, en París, las investigaciones y los descubrimientos se suceden sin interrupción y hombres como Judd y MacAdam en USA, Le Grand en Francia y Wright en Inglaterra han permitido que el color alcance su estado actual.

CAPITULO 2 GENERALIDADES DEL COLOR

2.1 PERCEPCIÓN DEL COLOR

La percepción del color es una respuesta fisiológica a un estímulo físico. 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 formados los cuerpos, algo que afectará sensiblemente a la interacción de la luz con estos últimos 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.

Estas tres variables, que se describen a continuación, están íntimamente relacionadas de forma que se puede tener luz y un objeto que recoja ésta, pero si no hay observador no habrá percepción; de la misma forma que puede haber luz y un observador, pero si no hay objeto no habrá percepción cromática.

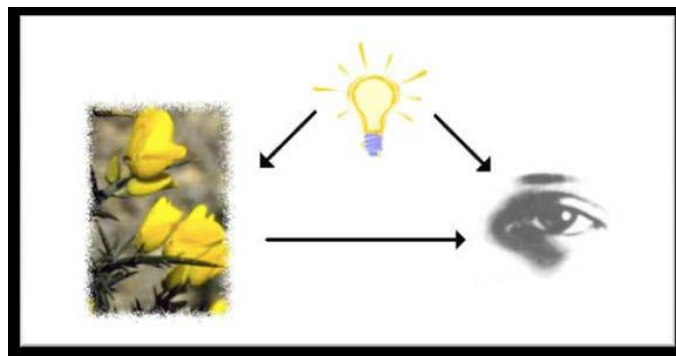


Figura 5

La interpretación de los datos visuales captados por el ojo la realiza el cerebro. Esta interpretación se elabora aplicando una serie de mecanismos (leyes perceptivas), comparando lo que vemos con lo que conocemos y realizando un juicio sobre lo que creemos que está condicionado por nuestras características psicológicas y culturales. En el proceso de percepción visual, intervienen elementos físicos externos al observador como son los objetos que nos rodean, la luz que ilumina y las condiciones en que se realiza la observación.

El cerebro también elabora una interpretación de esos datos que es el resultado de un proceso psicológico interno relacionado con el conocimiento de los hechos y de las cosas, así como de las características propias del observador.

2.1.1 PRINCIPIOS DE LA PROPIEDAD DE LA LUZ

Cuando observamos un color nos percatamos de que su tono varía, en función de la iluminación y de los objetos que rodean a este y es que, la iluminación cambia el color debido a que el color está en la luz. La oscuridad absoluta carece de color y solamente podemos ver el color real de un objeto cuando está iluminado por luz natural. La retina es sensibilizada por esas longitudes de onda y ese estímulo es posteriormente comunicado al córtex, la parte del cerebro que permite distinguir un color de otro. Para conocer cómo influye la luz en la toma del color, es necesario conocer su mecanismo de acción.

(SF., 2008)

Algunos tipos de energía precisan para propagarse un medio natural llamado conductor, este es el caso de la energía eléctrica o mecánica. Pero también existe otro tipo de energía, como la luminosa, que se transporta sin necesidad de un conductor, por medio de radiaciones electromagnéticas.

Las radiaciones electromagnéticas se propagan en forma de dos ondas vectoriales mutuamente acopladas y perpendiculares entre sí. Según la teoría ondulatoria, la luz se propaga en forma de ondas que viajan en el espacio libre con una velocidad constante $c=3 \times 10^8$ m/s. Para esta teoría se considera fuente de luz a toda una radiación electromagnética cuya longitud de onda varía o esté comprendida entre los 380 nm y los 780 nm, o cuya frecuencia oscile entre los $3,2 \times 10^{14}$ Hz y $7,7 \times 10^{14}$ Hz.

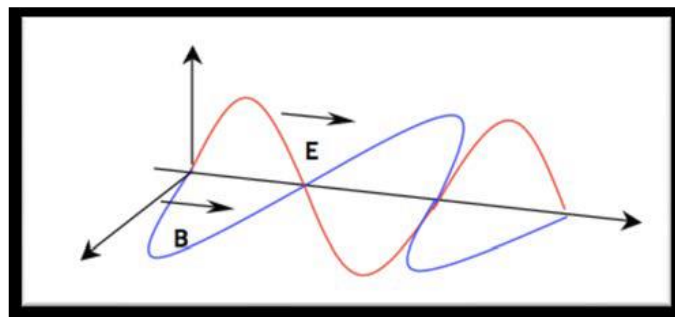


Figura 6 Radiación electromagnética

Fue el propio Isaac Newton quien evidenció como la luz blanca (luz procedente del sol) se podía descomponer en una serie de haces luminoso de colores diferentes cuando atravesaba un prisma óptico. Con este experimento, Newton describió el espectro de la luz diurna mediante el fenómeno conocido como dispersión de la luz o dispersión cromática cuya explicación física escapaba a su teoría corpuscular. Mediante la teoría ondulatoria se sabe que cada color es en realidad una onda electromagnética de frecuencia o longitud de onda determinada y que, al penetrar en el prisma óptico, se desvía en una dirección diferente debido a que el índice de refracción de este material varía con la frecuencia de la onda penetrante, con lo que el haz diurno (luz blanca) se expande de tal forma que las radiaciones monocromáticas que este incluye pueden ser distinguidas y observadas por el ojo humano.

(A. J. , 2004)



Figura 7: Dispersión cromática de la luz.

El ojo humano es sensible a las radiaciones electromagnéticas cuya longitud de onda está comprometida entre 380 nm y 780 nm, aproximadamente. Este pequeño segmento de radiaciones se conoce como espectro visible o luz. La radiación infrarroja está presente junto a la luz roja, mientras que la radiación ultravioleta se puede observar junto al color violeta.

(Pascual Moscardó, 2006)

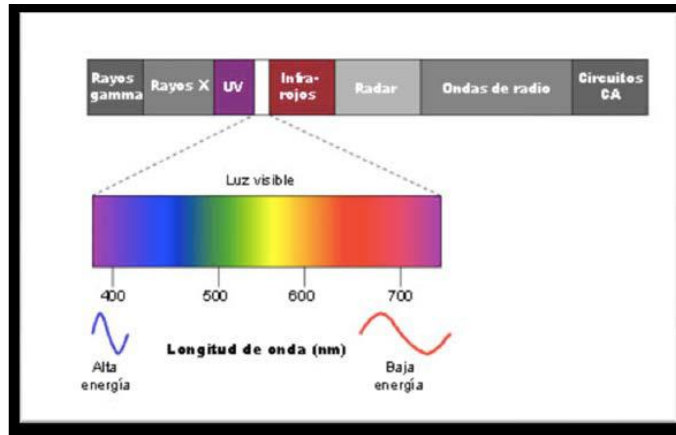


Figura 8: Dispersión cromática.

El espectro visible tiene numerosos colores que son distinguidos por la longitud de onda. El ser humano puede llegar a distinguir hasta aproximadamente 10000. La combinación de todas las radiaciones de luz produce la luz blanca, como la procedente del sol.

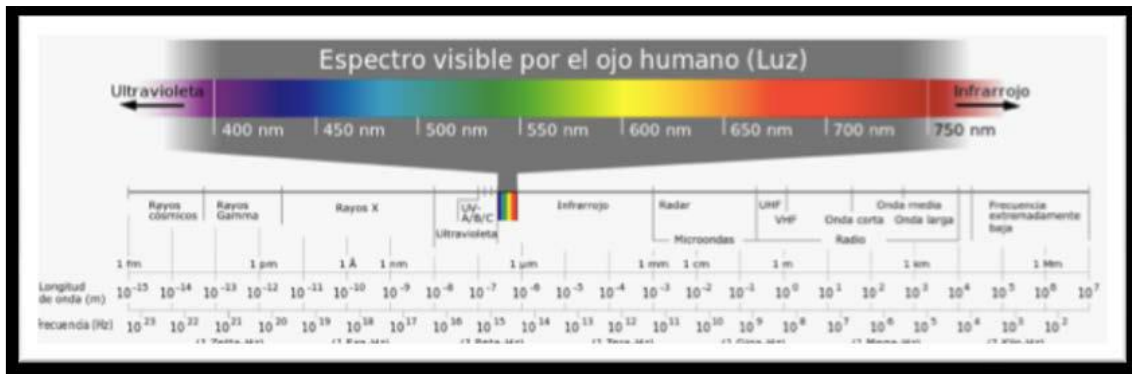


Figura 9 Espectro visible por el ojo humano.

La luz diurna ha sido y seguirá siendo durante mucho tiempo una luz de referencia, utilizada como elemento de comparación y evaluación subjetiva para cualquier otra fuente luminosa diferente. Sin embargo, las condiciones ambientales y horarias hacen que esta fuente luminosa varíe su composición inaceptablemente para que pueda ser empleada como fuente en colorimetría. Es necesario, pues, definir una radiación que represente a una luz diurna normalizada, una distribución espectral constante para la medida del color, para ello la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) propuso el uso de iluminantes o blancos de referencia.

Es importante hacer referencia a las diferencias entre los conceptos de fuente de luz e iluminante. Fuente de luz hace referencia a la emisión de radiación electromagnética visible y el Iluminante es la especificación de una fuente de luz concreta. Es una construcción matemática que no puede realizarse físicamente en forma de fuente de luz.

Dado que la calidad de la fuente de luz incidente influye en la percepción del color de un objeto dado, en 1964 la CIE recomendó el uso de una serie de iluminantes en todos aquellos procesos que exijan una correcta percepción cromática. Entre ellas, las denominadas fuentes de luz día, que son fuentes fluorescentes de luz corregidas, que ofrecen temperaturas de color de 5000oK a 6500oK, y que se conocen comúnmente como luz día D50 y D65 respectivamente. Este concepto de temperatura de color se define como la relación entre la temperatura de un cuerpo (cantidad de energía que emite) y el color que percibimos. De tal manera que, cuanto más alta es la temperatura del objeto, tanto más amplio se hace el espectro de radiación que emite y, por tanto, se modifica el color que percibimos. Asimismo, también hay que tener en cuenta que diferentes temperaturas de color de la luz dentro de un mismo ambiente pueden variar la percepción del objeto a examinar.

La percepción del color por el ojo humano varía según las condiciones de iluminación. La intensidad de iluminación necesaria para que el ojo humano perciba cómodamente el color depende de la temperatura cromática de la luz. La luz perfectamente neutra da una temperatura de color de 5500oK. Por ello, hoy se admite que entre 5500oK - 6500oK es la temperatura cromática real de la luz blanca percibida por el ojo humano como blanca, y es la que debería usarse como fuente de luz (CIE D65) para igualar colores en odontología.

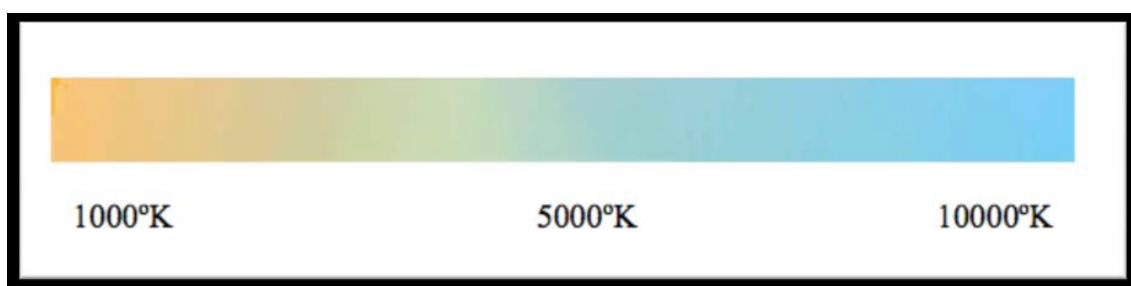


Figura 10

Según la temperatura del color, los blancos de referencia estandarizados y recomendados por la CIE son los siguientes:

1. Iluminante A: Corresponde a la luz emitida por una lámpara de filamento de wolframio. Equivale a la luz emitida por el cuerpo negro a una temperatura de 2.856°K.

2. Iluminante B: Corresponde a la luz solar de mediodía. Su temperatura de color es de 4.874°K.

3. Iluminante C: Luz del día en el hemisferio norte sin Sol directo (sin radiación ultravioleta). La temperatura para este iluminante es de 6.774°K.

4. Iluminante D: Mezcla de luz solar y cielo nublado (con presencia ultravioleta). Temperatura de color de 6.500°K. Es el adoptado actualmente como blanco de referencia para la televisión en color.

(Pascual Moscardó, 2006)

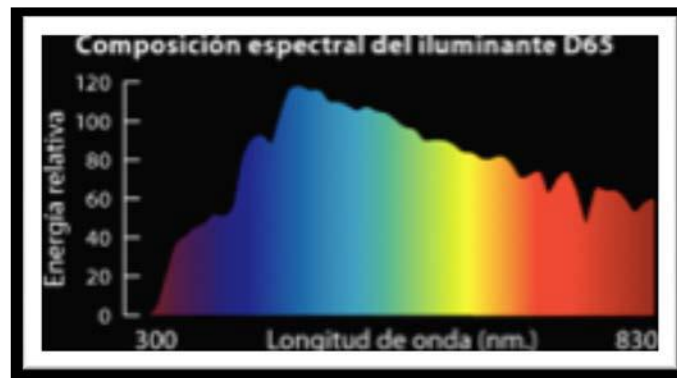


Figura 11

5. Iluminante E: Es el blanco equienergético y representa al blanco que se obtiene al estar presentes todas las longitudes de onda del espectro visible con igual energía. Su temperatura de color es de 5.500°K. Esta es la temperatura de color ideal.

La lámpara incandescente de equipo dental tiene una temperatura de color de 3800°K. No está recomendada la toma de color con la luz del equipo dental ya que la mayoría de ellas son incandescentes y emite mucha luz en el espectro rojo-amarillo y poco en el extremo del azul.

Los fenómenos más importantes en la relación luz-diente son la reflexión, refracción, absorción y difracción.

Reflexión: todos los cuerpos reflejan una parte de la luz que les llega. Se necesita que se les ilumine para que la podamos ver. Sin embargo, en la mayoría de los casos, debido a la rugosidad de la superficie, esta luz se refleja en todas las direcciones de manera difusa y produce por ella una reflexión difusa. En cambio, si la superficie está pulida y lisa, la luz reflejará nítidamente produciendo una reflexión espectacular.

Refracción: es el cambio de dirección que sufre la luz al penetrar un cuerpo translúcido o transparente a menos que la luz incida en forma perpendicular. Debido a que el diente posee pocas capas de distinta opacidad se refracta de diferente manera en cada una de ellas.

Absorción: los cuerpos que reciben la luz, ya sean oscuros, claros o incluso transparentes, impiden que una parte de los rayos lumínicos regresen al medio del que proceden. Este principio es el que ocasiona el fenómeno de la visión. Así según la inclinación de 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.

Difracción: el efecto de la difracción da una imagen de la dentina mayor de lo que es en forma de sombra que se conoce como penumbra. En otras palabras, la manera en que se perciben los mamelones y otros efectos atrapados en el esmalte bajo distintas condiciones lumínicas son la anatomía de una ilusión.

(A. J. , 2004)

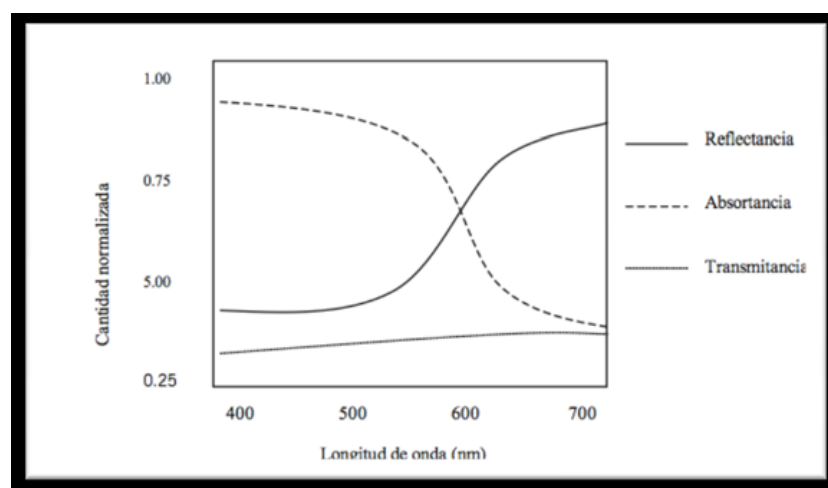


Figura12

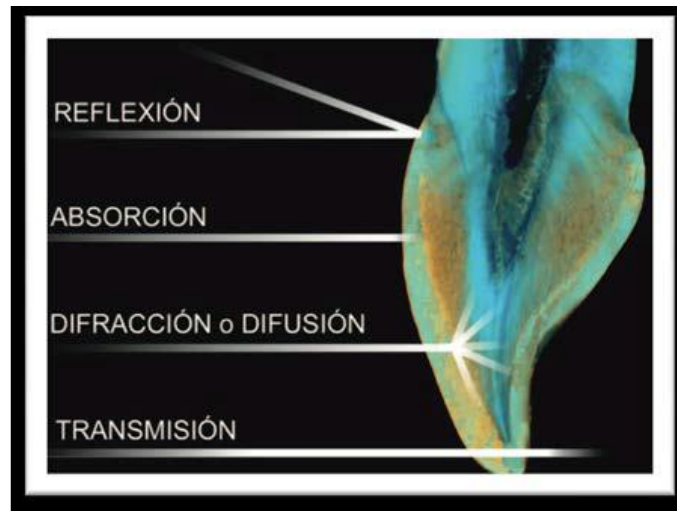


Figura 13

2.1.2 PRINCIPIOS Y PROPIEDADES DEL OBJETO

El color de los objetos se caracteriza, desde un punto de vista físico, por la reflectancia espectral difusa, que nos indica qué fracción de luz de una determinada longitud de onda es reflejada por el cuerpo. La parte de luz que no se refleja puede absorberse, transmitirse o dispersarse.

Las propiedades ópticas del diente dependen de su estructura, siendo la capa más externa y dura el esmalte.

(J. F. , 2003)

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.

Distinguimos tres factores determinantes del color del diente, estos son, el color específico del diente, el color tonal que se produce con las variaciones producidas por los efectos de luz y sombra y el color reflejado o ambiente que es la influencia que tienen los colores reflejados por los cuerpos más próximos por los que está rodeado.

Es por esto por lo que la ropa del paciente y el maquillaje del mismo pueden alterar la percepción del color.

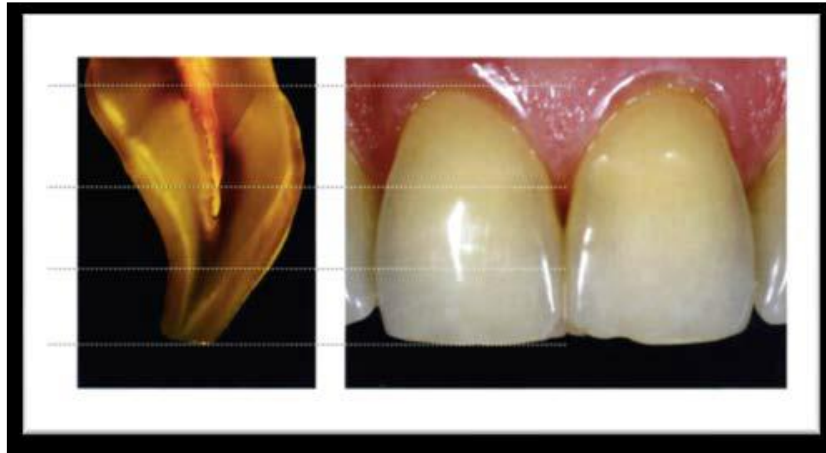


Figura 14: Es común observar en las estructuras dentales saturaciones más altas en el tercio cervical (más espeso) con una reducción gradual para saturaciones más bajas en el tercio incisal (más fino).

2.1.3 EL OBSERVADOR

El ojo humano consta de unas células receptoras del color que son los llamados conos y bastones. La función de los primeros consiste en dar color a la visión en niveles normales de iluminación (visión diurna) y perciben los colores primarios. La función de los bastones es la de dar visión monocromática en niveles bajos de iluminación (visión nocturna) y perciben luminosidad. Estos fotoreceptores, localizados en la retina, recogen parte del espectro visible y lo transforman en impulsos eléctricos, que son enviados al cerebro, donde dicha información es procesada y, junto con los recuerdos de experiencias cromáticas anteriores, constituyen nuestra percepción del color.

La percepción del color por el sistema visual resulta de la existencia de los conos. Existen tres tipos, que se diferencian según la longitud de onda para la que son sensibles dentro del espectro de luz visible. Así los conos S tienen un pico de sensibilidad que aparece a los 420 nm, 530 nm para los conos M, y 560 nm para los conos L.

Un 65% de estos fotoreceptores son sensibles al color rojo, un 33% al verde y aproximadamente un 2% al azul. Esto último explica que la sensibilidad cromática del ojo humano esté basada en el sistema rojo-verde-azul (Sistema RGB).

Nuestro ojos constan de más células especializadas en trabajar con las longitudes de onda correspondientes al rojo que a ningún otro color, por lo que cuando el entorno en que nos encontramos nos envía demasiado rojo se produce una saturación de información en el cerebro de este color, originando una sensación de irritación en las personas.

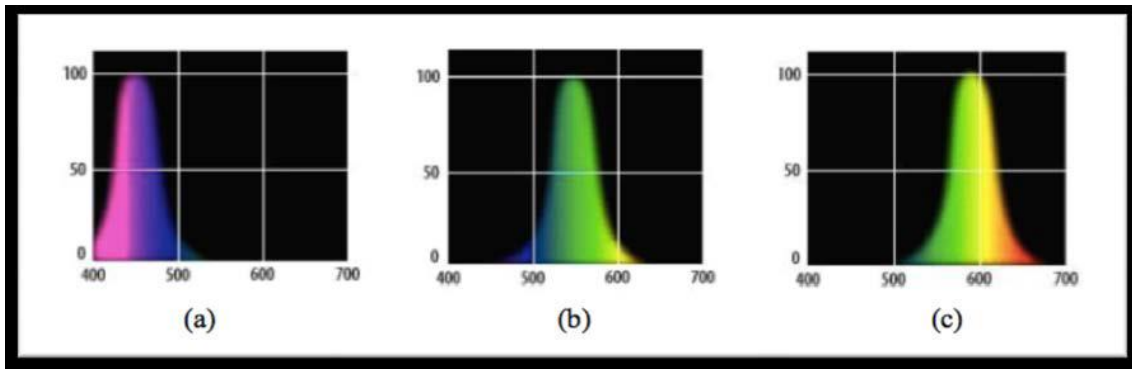


Figura 15: Los conos perciben el rojo, el verde, el azul y todas sus combinaciones. Los bastones perciben los grises o el valor.

La elección del color depende de numerosos factores dependientes del observador como el subjetivismo y el cansancio visual.

Cuanto más tiempo se observa un objeto, menos sensibilidad se tiene para advertir diferencias en el color dentro de él, ya que se produce saturación de los receptores nerviosos perdiéndose sensibilidad para el amarillo-anaranjado. Para recuperarla hay que mirar un objeto o fondo de color gris neutro complementario. Se recomienda no hacer mediciones de más de 5 segundos, siendo la primera elección la mejor.

Muchos individuos padecen alguna forma de ceguera, ya que tienen incapacidad para distinguir algunos colores. Está bien documentado el hecho que las deficiencias en la visión del color son más común en los hombres que en las mujeres.

2.2 DIMENSIONES DEL COLOR

Antes de realizar un análisis detallado del color de una pieza dentaria, hay que tener en cuenta algunas nociones fundamentales sobre los componentes del color, el conocimiento de los fenómenos ópticos que se dan en los dientes naturales y el estudio de las estructuras internas de los dientes considerando las propiedades y estructura del esmalte y de la dentina.

En 1931, Bruce Clark fue el primero en someter a los dientes naturales a medición y análisis científico del color y manifestó la importancia de las dimensiones del color. Es importante entender y tener presente que este concepto incluye tres dimensiones que lo determinan. Así, el color es el conjunto del tinte, del valor y de la intensidad. De los tres componentes, el valor (también llamado luminosidad o brillo) es el más influyente, seguido del croma (también llamada saturación o intensidad) y por último el tono o matiz.

(A. S. K., 2008)

2.2.1 MATIZ

Corresponde a la primera dimensión del color y a la más sencilla de comprender. Es la sensación por la cual observamos la longitud de onda de la luz reflejada de los objetos y que, normalmente, llamamos color. 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.

No tiene una importancia crítica debido a la escasa y parecida gama que tienen los colores que presentan los dientes. No obstante la percepción del matiz está influenciada por factores ambientales.

Los tres colores primarios (rojo, azul y verde) representan los tres matices primarios, y mezclando estos, se pueden obtener los demás matices o colores.

Dos colores son complementarios cuando están uno frente a otro en el círculo de matices (círculo cromático). Se escoge con las guías de colores. Hay diferentes guías, que distribuyen los matices con diferentes nombres.

En la guía vita, tienen cuatro, A (marrón), B (amarillo), C (gris), D (rosa) y en la guía Chromascop los colores, están divididos en 5 matices y descritos en valores numéricos, 100(blanco), 200 (amarillo), 300(naranja), 400(gris), 500(marrón).³ La fuente primaria del color dentario es la dentina y su tonalidad se encuentra en el intervalo del amarillo o amarillo-rojo.

(Mejía Gutierrez A, 2009)

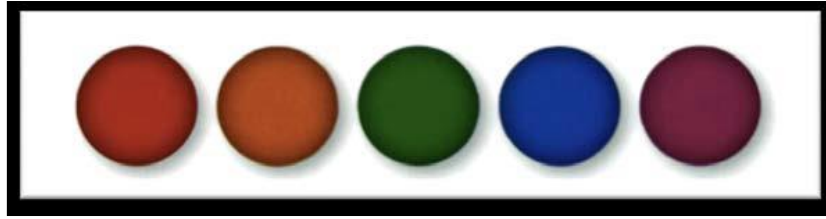


Figura 16: El matiz es la calidad que distingue una “familia” de colores de otra. Es el nombre del color.

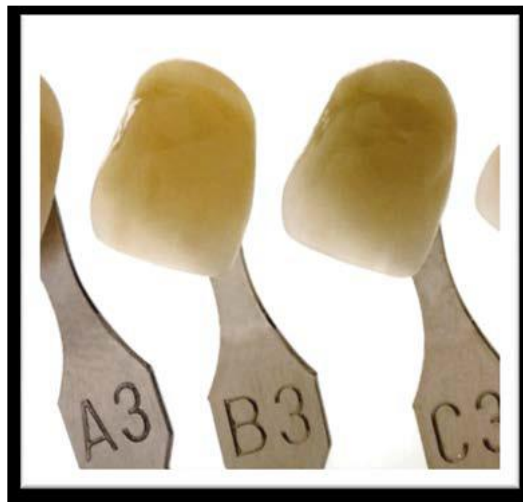


Figura 17: La escala de tonos Lumin Vacuum (Vita), trabaja con cuatro matices: A (marrón), B (amarillo), C (gris), D (rosa).

2.2.2 CROMA

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. 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). 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.

(Mejía Gutierrez A, 2009)

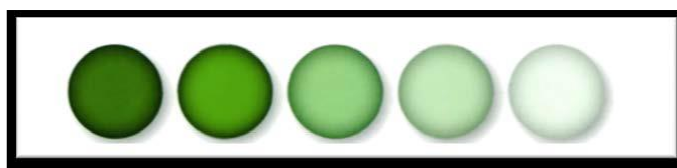


Figura 18: Cromo o saturación, corresponde a la cantidad de pigmento de un determinado matiz. En la figura, grados diferentes de saturación del matiz verde.

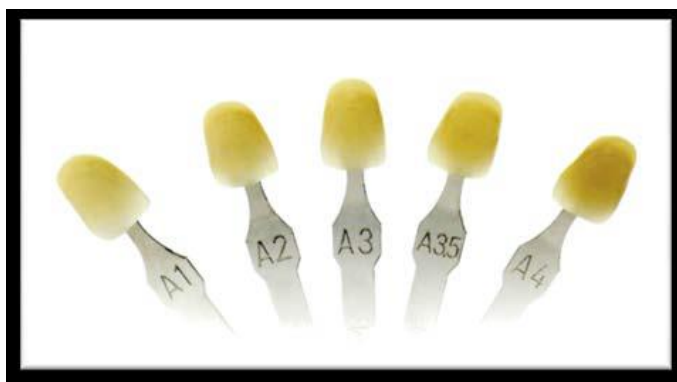


Figura 19: En la escala Lumin Vacuun (Vita) los colores se dividen en familias de matiz con diferentes niveles de croma. A corresponde con el matiz (marrón) y los números (1, 2, 3, 3.5 y 4) sus niveles de saturación.

2.2.3 BRILLO

El 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. Si es correcto, el observador no podría percibir las pequeñas dispersiones de matiz o croma.

El ojo humano está mucho más desarrollado para percibir el valor que el matiz o croma. Dentro de la retina hay alrededor de 100 millones de bastones que son los responsables de la percepción de la cantidad de luz y unos 7 millones de conos que son los responsables de la percepción del matiz y del croma. Una restauración odontológica con matiz e intensidad correctos pero con un bajo valor, hará que el diente luzca más apagado, por el contrario, si el valor es alto, lucirá notoriamente más blanco y plano.

Hablar de alto valor blanco o bajo valor tendencia al gris es pertinente cuando trabajamos con resinas y cerámicas. La guía vita, viene ordenada en función de matiz/saturación. En la guía Chromascop, los valores del 10 al 40, no solo indican el aumento de la saturación, sino que también, la disminución de la luminosidad. El valor se ve afectado sobre todo por la calidad y transparencia del esmalte.

Los valores pueden determinarse clínicamente entornando los ojos y comprobando la cantidad de luz que llega a la retina. Los bastoncillos solo transmiten una señal gris o blanca, este mecanismo de los bastoncillos proporciona un medio para determinar con cierto grado de certeza la dimensión del valor.

(Mejía Gutierrez A, 2009)

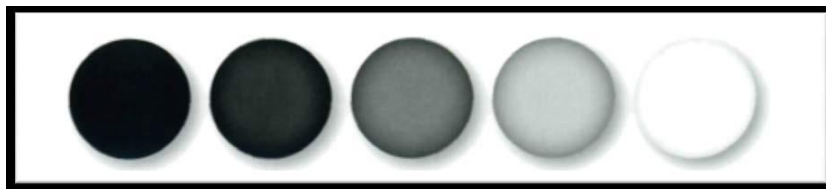


Figura 20: Valor o luminosidad es la dispersión que va desde el blanco hasta el negro, intermediado por varios tonos de gris. Es la propiedad que distingue los colores claros de los oscuros.

Este último, puede que sea el componente más importante del color y en el momento del registro de este tendrá prioridad sobre los otros componentes. Además, está íntimamente correlacionado con la textura superficial.

Generalmente, el tercio medio es el más brillante. Seguido por el tercio cervical.

El tercio incisal tiene con frecuencia el valor más bajo, hecho que se explica por la mayor transparencia y absorción de la luz que existe en esta zona.

Podemos usar el brillo para crear efectos de tamaño y posición, los dientes más brillantes, en general, aparentan ser más grandes y estar más cercanos.

El valor y el croma (brillo y saturación) están inversamente relacionados. Un incremento en el croma provoca una disminución del brillo. Esto ocurre principalmente en el tercio cervical, comparándolo con el tercio medio, por la presencia de dentina radicular.

(Mejía Gutierrez A, 2009)

2.3 FENÓMENOS ÓPTICOS

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. Estas, a la vez que exaltan la belleza de una restauración, dificultan la selección del color.

(J., Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies, 2003)

2.3.1 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. Se dice que un cuerpo es más translucido cuando el pasaje de luz es mayor y se considera menos translúcido cuando ocurre lo contrario.

La morfología de la superficie influye en la reflexión de la luz, jugando un papel importante en la percepción del color. Si la luz incide en un objeto liso y los rayos reflejados son paralelos, esto crea una reflexión de luz con efecto de espejo; mientras que si incide en una superficie irregular como en el caso de los dientes, los rayos reflejados son dispersos en varias direcciones dando como resultado una reflexión de luz difusa y por tanto la translucidez del mismo.

El esmalte de un diente nuevo no es muy translúcido, y la dentina resulta muy opaca. El esmalte de un diente más viejo se hace más fino y translúcido incluso transparente. La dentina se vuelve más opaca pero más saturada. Las guías de colores sólo proporcionan una translucidez estándar generalmente inferior a la de los dientes naturales, por lo tanto, estas nunca pueden dar la información correcta sobre la translucidez de un diente que depende mayoritariamente del esmalte.



Figura 21



Figura 22

2.3.2 OPALESCENCIA

Se define como el fenómeno de refracción, difusión e interferencia luminosa simultáneas en una suspensión, emitiendo coloraciones brillantes y vivas, variables según la incidencia de la luz. Cuando la luz se refleja por un objeto aparece de un color diferente al que resulta cuando la luz se transmite a través de él. 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.³ Los dientes tienen distintos grados de opalescencia, según la distribución de los cristales de hidroxapatita del esmalte.

(Choi JH, 2010)

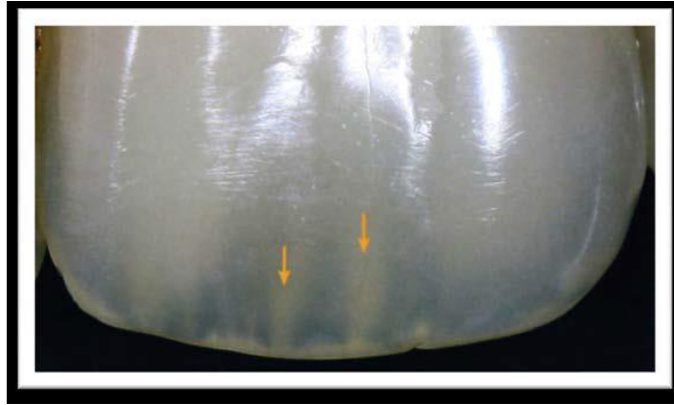


Figura 23: Las pequeñas reflexiones amarillo-rojizas que señalan las flechas en los mamelones de los dientes es un fenómeno óptico que ocurre por el efecto especular acentuado de esa región y es conocido como opalescencia.

2.3.3 FLUORESCENCIA

Se define como la capacidad de absorber la energía luminosa y remitirla en una longitud de onda diferente. Es la emisión de luz visible que ocurre cuando cuerpos fluorescentes son expuestos a rayos excitantes tales como los rayos ultravioleta. Este fenómeno es importante porque, dependiendo de la luz incidente en las estructuras, su luminosidad puede ser aumentada por el fenómeno de la luminiscencia. Así una sonrisas variará su luminosidad dependiendo de la luz que la ilumine y esto es necesario tenerlo en cuenta en la elección del color y para evitar errores por metamerismo.

La fluorescencia es un parámetro complementario que hemos de considerar puesto que hace que el diente se vea más brillante y blanco con la luz del día.

(J. F. , 2003)

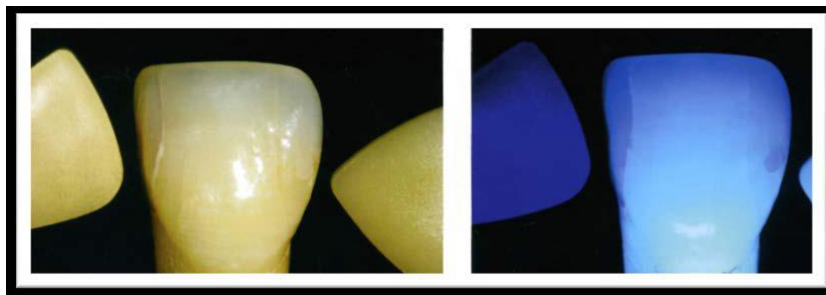


Figura 24: Los dientes bajo luz de Wood muestran la fluorescencia del diente natural. Se observa que las piezas de la derecha tienen similar fluorescencia frente a la de la izquierda que tiene mucha menos.

2.3.4 METAMERISMO

Es un fenómeno psicofísico que produce un cambio en el aspecto del color. Se produce cuando tenemos dos muestras de color que, al verlas bajo un iluminante, tienen el mismo aspecto visual pero cuando cambiamos la luz, la igualdad entre las muestras se rompe, pudiéndose apreciar diferencias entre ellas.

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.

(Mejía Gutierrez A, 2009)

2.3.5 ESTRUCTURAS INTERNAS

El diente está constituido por tres tejidos, el esmalte, la dentina y la pulpa, y su color natural depende del grosor, composición y estructura de estos tejidos que, en definitiva, son los responsables de su complejidad desde el punto de vista óptico. Estos tres parámetros evolucionan considerablemente a lo largo de la vida, influyendo en el color del diente. Cada uno de estos tejidos presenta propiedades ópticas distintas.

La macro y micro estructura anatómica de la dentina produce áreas de alta y baja saturación por lo que la dentina es la principal responsable de la tonalidad y el cromatismo del diente. La mayoría de la literatura científica describe que la tonalidad predominante está en el rango amarillo-rojo, pero varía en la cuantificación del mismo, siendo entre 76% y 86%, con el porcentaje restante tirando hacia el rango amarillo.

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.

Esto da lugar a áreas de opacidad densa y de saturación del color, confiriendo a la dentina un efecto policromático. Vanini en 1996 estudió este efecto y definió el término “bandas cromáticas” a los efectos policromáticos. El cromatismo está más saturado en el área cervical, gradualmente disminuyendo a través del tercio medio hasta el tercio incisal, que posee el cromatismo más bajo. Vanini demostró que, incluso dentro de las tres bandas generales, existen áreas de opacidad densa y de cromatismo saturado mezclado con áreas de menos saturación, dando lugar a una verdadera apariencia policromática. Los pigmentos orgánicos presentes dentro de la microestructura de la dentina son responsables de los efectos de fluorescencia, dando áreas iridiscentes azules o blancas.

El color observado de un diente se logra a través de los efectos combinados del esmalte y de la dentina. La dentina opaca, exhibiendo los atributos de tonalidad y cromatismo, tiene la tendencia de reducir el valor del esmalte, cambiando así el color global hacia el gris.



Figura 25

Las disposiciones organizadas inorgánicas de los prismas de esmalte, la variación en el espesor del esmalte sobre los contornos de la dentina y la presencia de pigmentos proteicos orgánicos permiten que la luz se refleje, refracte y transmita.

Las características translúcidas y opalescentes del esmalte confieren valor, además de áreas de color intenso y/o efectos opalescentes a la dentina subyacente, proporcionando brillo y vitalidad al diente. Cuanto más grueso es el esmalte, más luz se refracta y refleja, incrementando así la luminosidad y, por lo tanto, el valor, dando una apariencia más blanca.

Si el esmalte es muy delgado y la dentina muy saturada (como en el área cervical) entonces la tonalidad de la dentina domina la percepción global. A medida que el esmalte se espesa y la dentina incrementa en densidad (tercio medio) también se incrementa el valor del esmalte, tendiendo a un efecto más blanco. Una cuidadosa observación del diente muestra que la naturaleza policromática de la dentina ejerce efectos similares sobre el valor, dando lugar a un patrón de variación de valor del esmalte que coincide con el patrón policromático de la dentina.

(A. J. , 2004)

2.3.6 TINCIONES INTERNAS Y EXTERNAS

El color de los dientes está influenciado por una combinación de su color propio y la presencia de manchas intrínsecas y extrínsecas. El color intrínseco del diente está asociado con las propiedades de dispersión y absorción de la luz del esmalte y de la dentina, siendo las propiedades de esta muy importantes en la determinación del color general del diente.

Una mancha intrínseca puede ser causada por compuestos químicos como fluoruros y antibióticos, defectos en el desarrollo como dentinogénesis o amelogénesis imperfecta, desórdenes hematológicos o traumas. Una mancha extrínseca se puede deber a varios factores: fuerzas atractivas como la electrostática, Van der Waals, de hidratación y fuerzas dipolo - dipolo, así como interacciones hidrofóbicas e hidrofílicas y enlaces de hidrógeno.

Las manchas extrínsecas tienen tendencia a formarse en las áreas de los dientes que son menos accesibles para el cepillado de dientes y a la acción abrasiva de la pasta de dientes y son promovidas por el tabaquismo, la ingesta dietética de alimentos ricos en taninos (vino tinto) y el uso de ciertos agentes catiónicos tales como clorhexidina y sales de metales de estaño y hierro.

2.4 ORGANIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN CROMÁTICA

A lo largo de la historia muchos investigadores y artistas han intentado clasificar el color de varias maneras. La forma más conocida en que estos teóricos plantearon el estudio racional de la interacción entre los colores son los llamados círculos cromáticos. El círculo cromático es el resultado de distribuir alrededor de un círculo, los diferentes colores que conforman el segmento de la luz visible del espectro solar, descubierto por Newton.

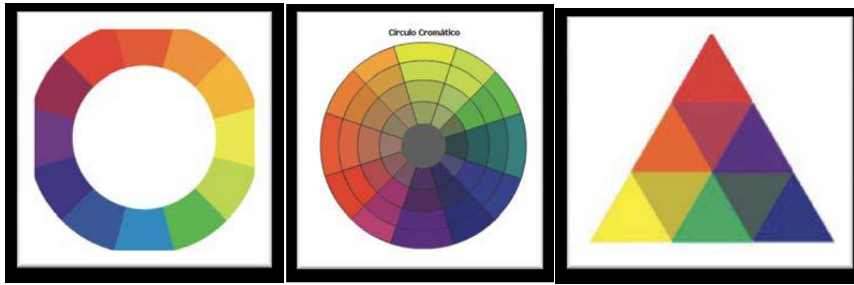


Figura 26: Círculo cromático y Triángulo de Goethe.

Además de este círculo, existen otros tipos de clasificación. Se trata de sistemas que se basan en dimensiones perceptibles de colores como brillo, matiz y otros elementos, describiendo los colores mediante palabras que son fácilmente aplicables en nuestra profesión. Lamentablemente estos sistemas trabajan con dimensiones subjetivas que, aunque son excelentes para describir cualitativamente el color, son destituidos de la precisión del rigor matemático, exigiendo mucho entrenamiento y calibración para su comunicación.

2.4.1 SÓLIDO 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.

Debido a su formación artística, Munsell estableció tres dimensiones para clasificar el color. El matiz o tono es el atributo de un color que permite distinguir entre las diferentes familias de color, por ejemplo, rojos, verdes y azules. Este parámetro está directamente relacionado con la longitud de onda de la radiación lumínica. El valor indica la luminosidad de un color y se corresponde con las tonalidades de gris comprendidas entre un valor de 0 (para tonos negros) a 10 (tonos blancos). El cromatismo es el grado de saturación y describe la intensidad o viveza de un color.

(A. J. , 2004)

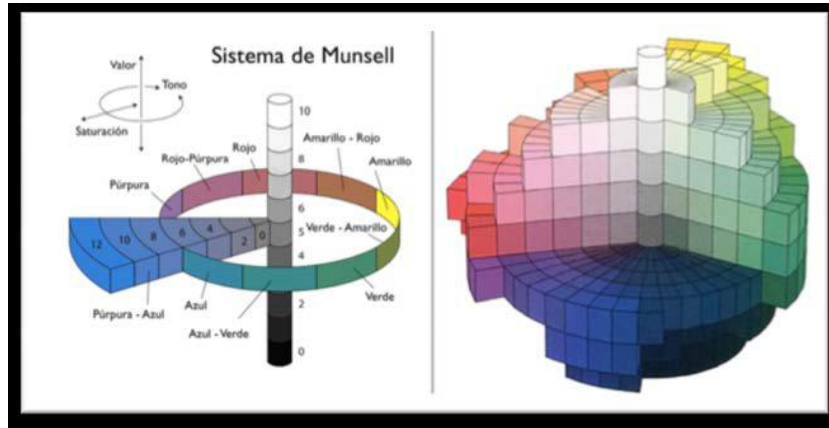


Figura 27: Munsell concibió las relaciones como un árbol cuyo tronco representa el valor, las ramificaciones en varios ángulos los matice y la distancia a lo largo del eje de cada ramificación, el cromá.

El sólido tiene un eje principal que es el lugar donde se representan los colores que van desde el blanco hasta el negro (extremo superior e inferior respectivamente), su simetría polar en el eje horizontal indica, mediante el módulo del radio vector la saturación (cromá) del color, cuyo tono está dado por el ángulo de ese radio vector con el eje de coordenadas. Se divide en 10 sectores que contienen los matices principales incluyendo los matices fundamentales y los matice intermedios (rojo, amarillo-rojo, amarillo, verde- amarillo, verde, azul-verde, azul, púrpura-azul, púrpura y rojo-púrpura). Cada matiz principal se divide en diez partes, ocupando este el centro de la partición.

En los límites entre la partición de dos principales se sitúan los matrices secundarios. La expresión de los matices principales y secundarios se realiza mediante letras. En la denominación del color, la letra indica el sector tonal o matiz, el número que le acompaña indica el subsector o tonalidad. El primer número que sigue indica el valor o luminosidad. La siguiente cifra señala la saturación o cromá.

(A. S. K., 2008)

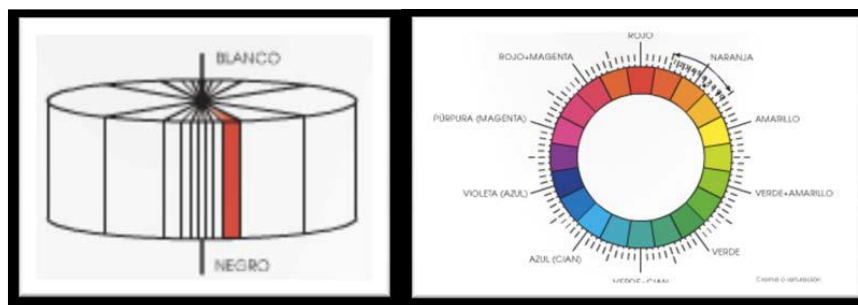


Figura 28

2.4.2 SÓLIDO OSTWALL

Este sistema se basa en colores marginales y sus combinaciones. Está constituido por dos conos unidos por su base. El corte de un plano meridiano del sólido de colores, da un triángulo equilátero cuyo eje vertical representa la escala de grises que va desde el negro (vértice inferior) al blanco (vértice superior), extendiéndose en el plano horizontal hasta el vértice que representa el color puro o “franco”, como lo denomina Ostwald.

(Álvarez C, 2008)

El círculo se divide en ocho colores diferenciados: rojo, púrpura, ultramarino, turquesa, verde mar, verde hoja, amarillo y naranja. Cada uno está dividido a su vez en tres sectores, por lo que cada círculo tiene 24 tonos reseñados por dos cifras. Una de las principales ventajas de este sistema es su determinación, es muy sencilla, la indicación numérica establece el tono, la primera letra indica el contenido del blanco de ese tono y la segunda letra indica el contenido de negro de ese tono.

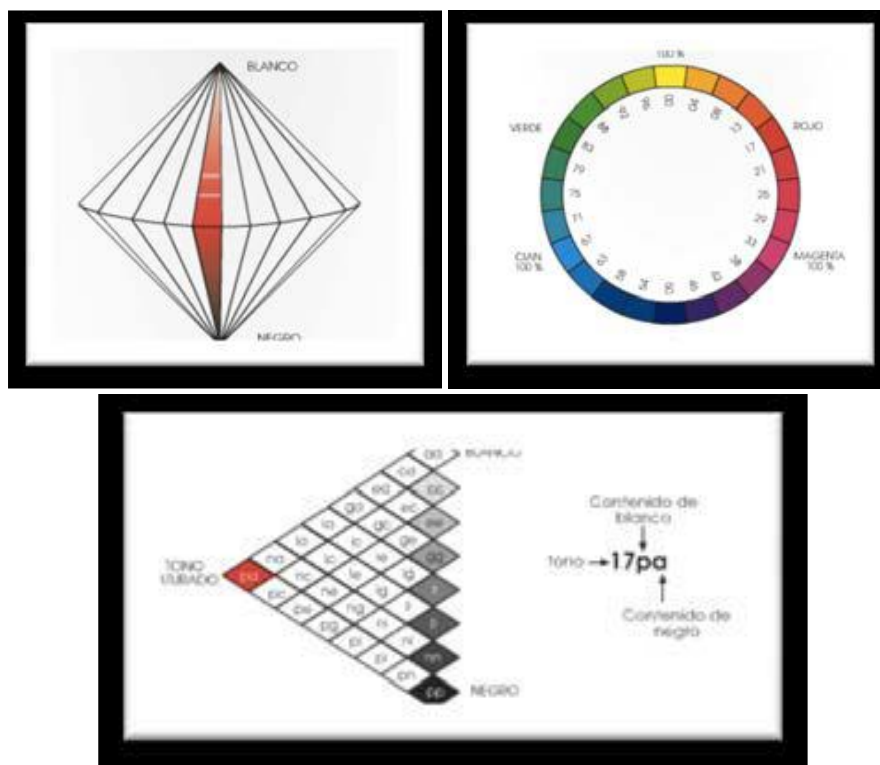


Figura 29

2.4.3 CUBO DE ALFRED HICKETHLER

El sólido es un cubo regular que se apoya sobre uno de los vértices. Los colores base (cian, magenta y amarillo) están en el extremo de las aristas que parten del blanco. Los colores que se originan de su mezcla (azul, verde y rojo) están en el extremo de las aristas que salen del negro. Cada arista está dividida en diez partes ortogonales perpendiculares a ellas mismas y numeradas de 0 al 9, esto supone una división del sólido en 1000 partes.

La diagonal que une el vértice de apoyo con su opuesto constituye la escala de gris, estando el negro abajo (vértice de apoyo) y el blanco arriba (vértice opuesto). A su vez cada vértice de color tiene en su opuesto, su no color, originando en el centro del cubo y por unión de todos los vértices opuestos un tono gris neutro (50%). Cada color queda determinado por tres cifras.

La primera indica el grado de amarillo, la segunda establece el grado de magenta y la tercera expresa la cantidad de cian contenida en la mezcla.²⁷

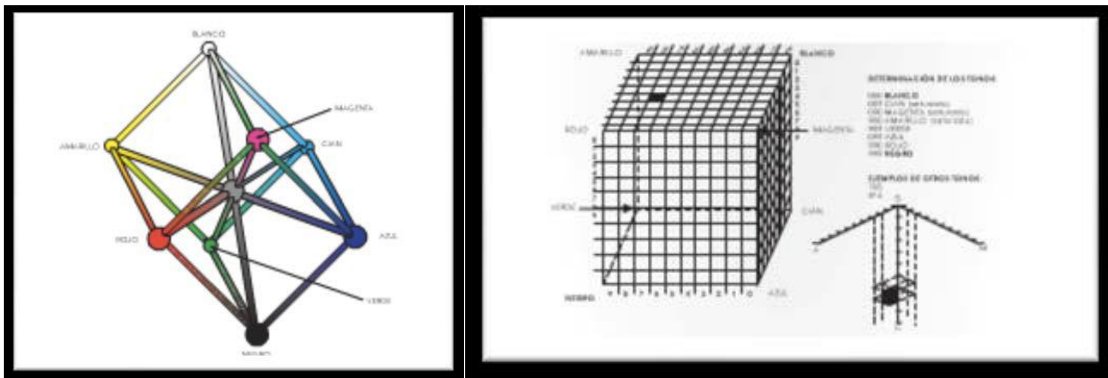


Figura 30

SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL COLOR NUMÉRICOS

Para simplificar el proceso de selección del color fueron creados aparatos como el espectrofotómetro que miden el reflejo espectral de un color y lo traduce en valores numéricos reconocidos internacionalmente. En realidad, la representación matemáticamente exacta de un color implicaría la especificación de su distribución espectral, pero el color también puede ser representado mediante una terna de valores que son las coordenadas matemáticas del espacio del color. Puede pensarse en él como un espacio tridimensional en el que cada punto color puede representarse por sus coordenadas. Existen diversos métodos para establecer la correspondencia entre la distribución

espectral del color y una terna de valores. Los más usuales en los estudios colorimétricos de física son: CIE Yxy , CIELab y CIELCh.

La Comisión Internacional de Iluminación (usualmente conocida como CIE por las iniciales de su designación en francés: Comisión Internationale de l'Éclairage) fue fundada en 1931. Es la principal autoridad internacional en el campo de la luz y la iluminación.

Es una organización dedicada a la cooperación internacional y al intercambio de información entre sus países miembros sobre todas las materias relacionadas con la ciencia y el arte de la iluminación. Desde su creación hace más de 90 años las normas y las recomendaciones técnicas desarrolladas por la CIE son unánimemente aceptadas en todo el mundo. La CIE es reconocida como la más alta autoridad en todos los aspectos de la luz y la iluminación. Como tal, ocupa una posición importante entre las organizaciones internacionales. La CIE es única, como organización mundial, para intercambio de información en la ingeniería de la iluminación, radiometría, fotometría y colorimetría y en el desarrollo de patrones internacionales, recomendaciones y procedimientos de trabajo. La CIE ha sido reconocida por la Organización Internacional para la Normalización (ISO) como una corporación de normalización internacional. La Resolución 10/89 del Consejo de la ISO establece que la CIE es la corporación de normalización internacional sobre “aspectos fundamentales de evaluación metrológica y aplicaciones de la luz y el color, incluyendo otros aspectos de la energía radiante en el rango óptico del espectro”.

En la década de los treinta quedaron establecidos como estándares mundiales el conjunto de funciones (a partir de los valores triestímulo: tinte, valor e intensidad) mediante los cuales el ojo humano reconoce la coincidencia de un color. Esto supuso la posibilidad de utilizar la medición fotométrica para especificar colores.

Los miembros de la CIE son los llamados “Comités Nacionales” que representan áreas geográficas (usualmente países reconocidos), que cuentan con la representatividad y la cooperación de todas las entidades interesadas en las materias de luz e iluminación dentro de su correspondiente territorio. En la actualidad la CIE cuenta con 37 Comités Nacionales. En el caso concreto de España, la representación en la CIE viene ostentada por el “Comité Español de Iluminación” (CEI), que en 1987 se constituyó como entidad independiente de la Sociedad Española de Óptica.

(Da Silva JD, 2010)

2.5 SISTEMA CROMÁTICO CIE Yxy (Triángulo CIE o sistema CIE xyz)

Establecido en 1931 por la Comisión Internacional de Iluminación, como un sistema de valoración de los colores basado en una reelaboración matemática del sistema RGB. Con este nuevo sistema se pretendía facilitar los cálculos, ya que en el primitivo sistema RGB al estar basado en posiciones físicas de las longitudes de onda, resultaba más complejos. Las variables matemáticas se indicaban como “x” (valor matemático del rojo), “y” (valor matemático del verde) y “z” (valor matemático del azul-violeta).

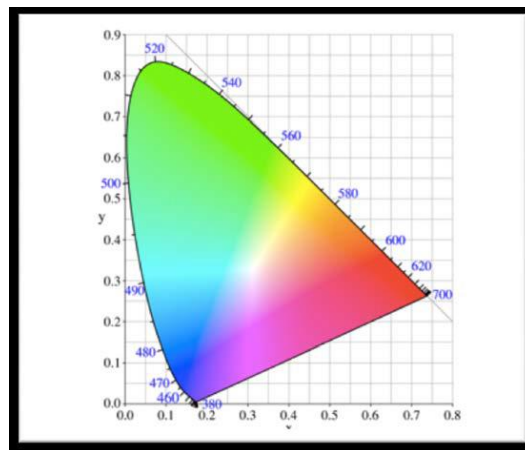


Figura 31: Diagrama de cromaticidad CIE xyY.

Tono o tinte: la composición de un tono viene dada por los valores triestímulos x, y, z; según la siguiente ecuación $x+y+z=1$, la cual no es sino la conversión matemática de la ecuación utilizada en el espacio RGB ($R+G+B=W$). Como la curva espectral está encerrada en un triángulo equilátero, se establece sobre un sistema de coordenadas, donde el eje X indica el valor del rojo y el eje Y indica el valor del verde; el cálculo del componente violeta (azul) se realiza mediante la siguiente ecuación: $Z=1-(X+Y)$.

(A. J. , 2004)

Saturación o intensidad: la pureza de un color, definida como pureza de excitación se establece con un máximo de saturación en el perímetro y un mínimo en el punto E. Este punto se establece como el punto donde las energías de las tres longitudes de onda primarias son idénticas; originando la recomposición de la luz blanca: $x(0,33) + y(0,33) + z(0,33) = 1$. La pureza de excitación (PE) indica el porcentaje de saturación de un tono, siendo 100% si está en el perímetro y 0% si está en el blanco.

(A. J. , 2004)

Luminosidad o valor: se corresponde con el parámetro Y. Para su indicación es necesario desarrollar una representación tridimensional del triángulo. La parte superior indica el blanco en el centro y el mayor valor de los colores y en la parte inferior indica el negro (ausencia de luz).

2.5.1 SISTEMA CROMÁTICO CIELab

Siguiendo el planteamiento de la teoría de los opuestos, el espacio cromático se construye en torno a tres ejes. El eje amarillo-azul (violeta), el eje verde-rojo y en el centro la escala de grises, establecida por el eje blanco-negro. Siendo como expresión volumétrica una esfera.

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.

(A. J. , 2004)

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.

(Lee Yk, 2012)

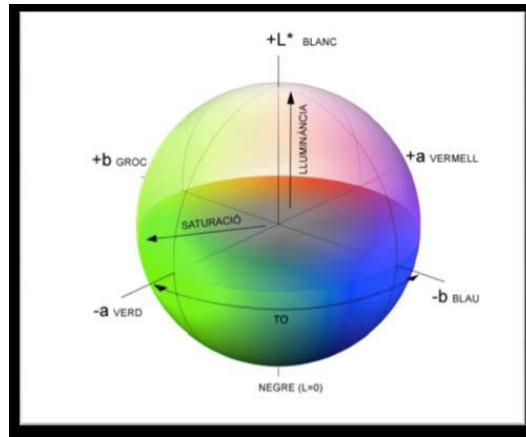


Figura 32: El espacio cromático CIE Lab con el eje de luminosidad vertical L (value) y los ejes horizontales de color a y b. Estos últimos definen el plano del color, en que la intensidad cromática aumenta radialmente hacia fuera a partir de la ausencia de color central. Los colores se hallan en forma de mezclas pasando del azul al rojo, amarillo y verde en el plano del color en torno al eje central incoloro. En los planos cromáticos más altos los colores aparecen más claros, en los planos más bajos, más oscuros.

Es el modelo de color más completo. Se usa habitualmente para describir todos los colores que puede ver el ojo humano. Las diferencias de color que se perciben como iguales en este espacio de color tridimensional, tienen distancias iguales entre ellas. Esta diferencia se expresa mediante el valor delta-E (AE).

2.5.2 SISTEMA CROMÁTICO CIELCh

En la actualidad junto con los valores CIE Lab suele aparecer la conversión de estos al sistema CIELCh, debido a que establece una forma más intuitiva.

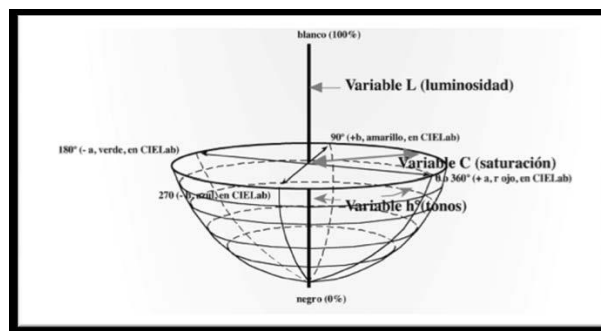


Figura 33: Espacio cromático CIE Lab.

L: indica el valor y se corresponde con el establecido en el sistema CIEL*a*b* con la fórmula Adams-Nickerson.

C: marca la saturación, establecida por la distancia entre el punto acromático y el tinte. Conversión de datos desde CIEL*a*b*.

H: indica el tinte establecido como un ángulo de color. Se convierten los ejes CIEL*a*b* a los siguientes ángulos: +a* (rojo) 0° a 360°; +b* (amarillo) 90°, -a* (verde) 180° y -b* (azul) 270°.

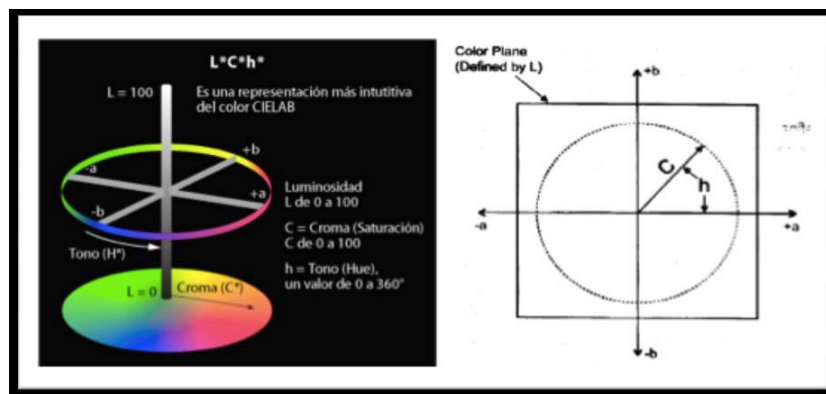


Figura 34: Espacio cromático CIE L*C*h* y representación del cromata C* y el ángulo de tono h°, respectivamente.

2.5.3 ESPACIO CROMÁTICO DENTAL

Para su mejor comprensión por parte de los clínicos, la zona del espacio cromático correspondiente a los dientes naturales se ha descrito como un subespacio cromático con forma de plátano en los sistemas CIELab y CIE L*C*h*. Este espacio cromático dental está situado entre el rojo claro y el amarillo claro; tiene forma alargada y se extiende paralelamente al eje de luminosidad. Los valores extremos de este subespacio cromático, es decir, los del diente más claro existe en la naturaleza y los del diente más oscuro, son, en el sistema CIELab los valores de 78/1/12 y 62/6/31, respectivamente.

En el sistema CIE L*C*h* estos valores son de 78/12/86 y 62/32/78, respectivamente.

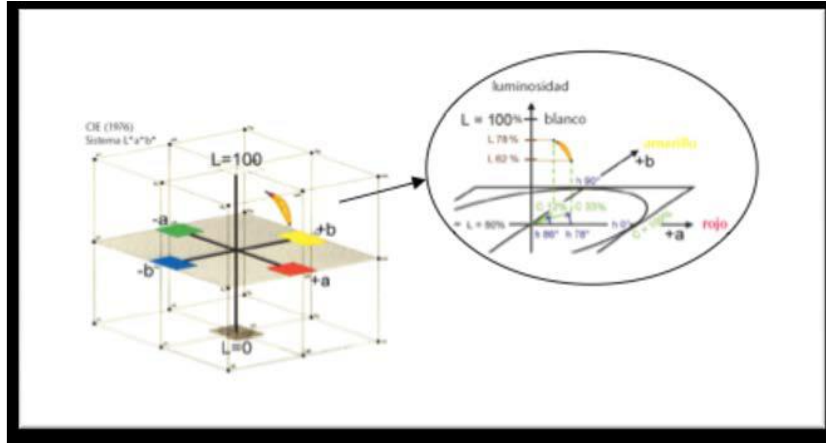


Figura 35: Posición del espacio cromático dental dentro de los espacios cromáticos CIELab y CIE L*a*b*.

De la figura se puede deducir que los dientes que presentan mayor luminosidad tienen un mayor ángulo de tono (una mayor proporción de amarillo) y menor croma. Sin embargo, cuanto más oscuro sea el diente (menor luminosidad) mayor es su croma y menor el ángulo de tono, es decir, mayor proporción de rojo.

2.6 EVALUACIÓN DEL COLOR. Diferencia de color o ΔE (Delta E)

El delta-E permite medir los cambios de matiz y densidad. Es la descripción matemática de la distancia entre dos colores. Para calcular el delta-E de dos colores, se necesitan sus valores $L^* a^* b^*$. El delta-E es la distancia entre los dos puntos dentro del espacio de color $L^* a^* b^*$.

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. El ΔE se define por las posibles desviaciones de cada una de las variables. Su cálculo es igual en todos los sistemas, diferenciándose sólo en las notaciones de las variables propias de cada uno de ellos.

Diferencia de color y evaluación.

(Yuan J, 2007)

DELTA E (AE)	CALIDAD
AE < 1	Excelente
AE entre 1 y 2	Buena
AE entre 2 y 4	Normal
AE entre 4 y 5	Suficiente
AE > 5	Mala. Fuera de Rango de aceptación de la ISO 12.647-2.

AE superiores a 2 supone que la diferencia de color sea cada vez más apreciable. De tal forma que un AE entre 2 y 3 resulta evidente pero gusta, es apreciable y un AE entre 3 y 4 supone una diferencia de color evidente pero no perjudica al trabajo. Un AE entre 4 y 5 está al límite de la aceptación y un AE superior a 5 resulta inaceptable.

El tipo de color también influye en la capacidad de apreciación, por ejemplo, el ojo humano es mucho más sensible a los cambios en los niveles de gris y tonos medios siendo más que evidente un AE=3, mientras que el mismo valor en verde prácticamente no notaríamos diferencia.

CAPITULO 3 REGISTRO DEL COLOR

3. REGISTRO DE COLOR

La capacidad de evaluar correctamente el color dental y de comunicársela al técnico protésico es determinante para alcanzar el éxito estético de las restauraciones dentales.

Durante décadas, la elección del color ha sido un procedimiento subjetivo y aunque se ha automatizado con equipos digitales más objetivos, los principios básicos permanecen inmutables.

Como ya se ha descrito, el color es el resultado del comportamiento lumínico frente a diferentes condiciones, y que no tiene un comportamiento lineal sino que tiene parámetros dimensionales, para ello, los profesionales y técnicos dentales han creado estandarizaciones o guías que permiten organizar espacial y visualmente el color dental en sus dimensiones. De igual manera existen dos formas esenciales en la toma del color y es una técnica visual (subjetiva) y una técnica instrumental.

El primer principio, consiste en el uso de varios tipos de luz , es decir, examinar los dientes bajo diversas condiciones lumínicas, por ejemplo con luz solar, luz artificial y con el flash en las fotografías digitales, este método contribuye a evitar el metamerismo.

Aunque algunos autores ya hayan reportado la superioridad de las técnicas instrumentales (100)(101), Gómez en el 2014(102), demostró que hay una fuerte correlación entre la elección de valor, seguido por hue y por último en croma, entre el ojo humano y los espectrofotómetros dentales.

El segundo principio es adquirir experiencia con una guía de color dada y el sistema de porcelana o acrílico correspondiente.

El tercer principio es utilizar un diente como referencia para determinar la información complementaria del color, pues, no sólo se debe ofrecer datos generales del color básico del diente sino también una información más detallada que muestre las características individuales de un diente intacto del paciente que servirá de referencia y que habitualmente será o el contralateral o el antagonista. Esto se lleva a cabo realizando fotografías.

(Van der Burgt TP, 2002)

3.1 MÉTODOS SUBJETIVOS

3.1.1 GUÍAS DE COLORES

Las guías de colores consisten en tabletas que contienen varios incisivos centrales de diferentes colores que se comparan con el diente natural buscando el más parecido. Estas guías son la forma más frecuentemente usada por los odontólogos para tomar el color dental y transmitirlo, así como también la forma de poder entenderse con el protésico dental. Sin embargo este sistema de tomar el color presenta una serie de limitaciones: unas debidas a la uniformidad de color que presentan los dientes de tableta a diferencia del diente natural cuyo color varía, siendo más oscuro en la zona gingival que incisal, presentando diferentes curvas de reflexión y de texturas superficiales; otras debidas a la inestabilidad del color que presentan los dientes acrílicos, y las diferencias de color que se aprecian entre distintos lotes.

La gama de colores de las guías no cubre el espacio de color completo del diente natural y en la mayoría de las guía los tonos están dispuestos sistemáticamente en su espacio de color. Además de estas limitaciones propias de la diferencia entre el diente natural y el acrílico, la percepción subjetiva del clínico que toma el color es otro factor que condiciona el resultado final de la valoración del color y puede sufrir múltiples variaciones dependiendo de la hora del día, color de las paredes de la consulta, vestuario y maquillaje del paciente así como la diferente percepción según de que observador se trate.

(Cal. E, 2006)

A pesar de lo anterior, actualmente, para definir el color de una restauración, lo más común es realizar una comparación entre el diente natural y los dientes presentes en las guías de color disponibles, guía VITA-LUMIN VACUUM (classical) y Chromascop.



Figura 36

GUÍA DE COLORES VITA-LUMIN VACUUM (classical)

La guía vita-lumin vacuum (classical) es el referente para las guías de color. Se divide en cuatro grupos, en cuatro tonalidades: A (marrón- rojizo), B (amarillo-rojizo), C (gris) y D (gris-rojizo). Al utilizarla, lo primero que se determina es a qué grupo pertenece al diente, es decir, al grupo A, B, C o D, por lo que primero que determinamos es el tono. En esta guía, además hay varios niveles de cromatismo para el mismo tono. Por ejemplo para el tono A, tenemos el A1; A2; A3; A3; y A4 siendo A1 la menos saturada y A4 la más saturada de color. La luminosidad disminuye con el número. Esta guía consta, de las siguientes tablillas: A1; A2; A3; A3; A4; B1; B2; B3; B4; C1; C2; C3; C4; D2; D3 y D4. Uno de sus inconvenientes es que sus variaciones del color no están sistemáticamente distribuidas en el espacio cromático dental.

(Pascual Moscardó, 2006)



Figura 37

A pesar de ser la más ampliamente utilizada en clínica, por su extrema facilidad de uso, esta escala posee muchos inconvenientes, entre los que podemos destacar:

- En caso de ser usadas para la toma de color a la hora de realizar una restauración cerámica, las tablillas poseen un espesor inadecuado, que normalmente varía entre 4 a 5 mm, y que deberá ser reproducido en solamente 1 a 1.5 mm de cerámica

- Las tablillas no cubren todo el espacio cromático dental, es decir, en ella no están representadas todos los posibles colores de los dientes naturales humanos.

- Sus variaciones de color no están sistemáticamente distribuidas en el espacio cromático dental.

Para una correcta selección del color dental, el fabricante recomienda ordenar las 16 tablillas en orden decreciente de luminosidad: B1, A1, B2, D2, A2, C1, C2, D4, D3, A3, B3, A3.5, B4, C3, A4 y C4.

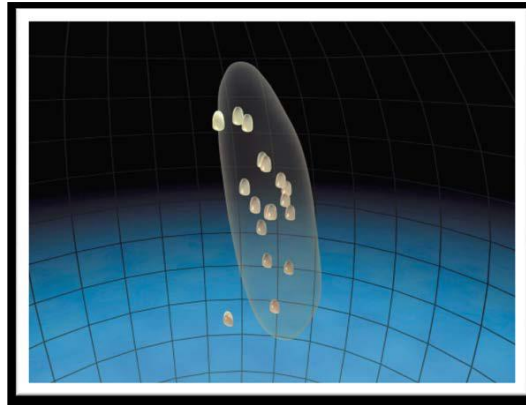


Figura 38: Distribución de las tablillas de la guía VITAPAN Classical en el espacio cromático dental

GUÍA DE COLORES CHROMASCOP (Ivoclar Vivadent)

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 Classical, eligiendo primero el matiz y luego el nivel del croma.

(Pascual Moscardó, 2006)

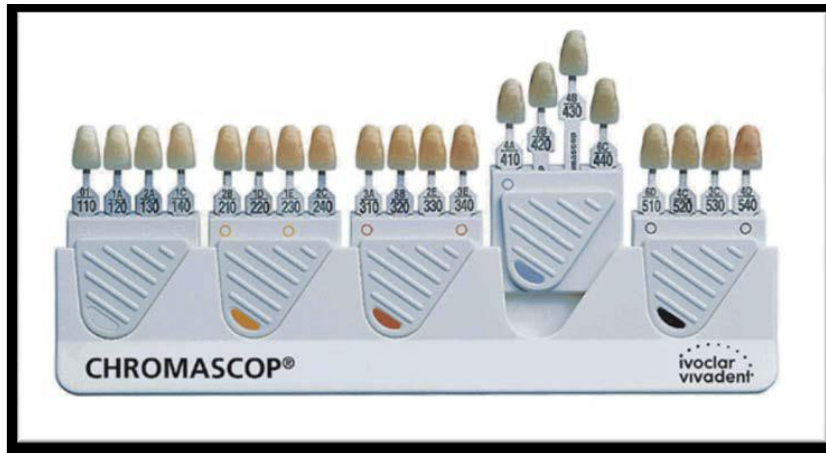


Figura 39

3.1.2 FILTRO POLARIZADO

Se trata de una lámpara que emite luz polarizada permitiendo una mejor apreciación del color y una mejor visualización de la profundidad destacando los detalles más pequeños. La función de este filtro es ordenar las vibraciones de los haces de luz y lograr que oscilen en una misma dirección. Los filtros polarizados cortan el paso a los rayos luminosos que ya habían sido polarizados y se lo permiten a los que no lo han sido eliminando los reflejos.⁶¹

Este fenómeno fue observado por vez primera en el siglo XVII por el científico holandés Cristian Huygens, que descubrió que si los cristales de ciertos minerales se colocaban con sus ejes longitudinales perpendiculares impedían el paso de la luz.⁶²



Figura 40

El instrumento con luz polarizada más conocido es el Smile lite. Está dotado de luz LED calibrada a una temperatura de 5500ok que equivale a la luz natural de la mañana. Smile lite produce luz natural, neutra y segura en cualquier momento de la mañana independientemente del tiempo que haga fuera. La calidad de la luz permite distinguir la tonalidad, el valor y el croma del diente natural haciéndose más evidente la estructura interna y percibiendo una imagen nítida y sin brillos.

La abertura rectangular a través de la cual se observa el diente define un área precisa que elimina todas las fuentes de ruido externo, como las luces o los reflejos. Este instrumento es que puede ser utilizada por el odontólogo y el por el protésico, con el fin de trabajar con la misma calidad de la luz y por lo tanto tener las mismas referencias.

3.2 MÉTODOS OBJETIVOS

El análisis instrumental del color, ofrece ventajas frente a las técnicas visuales, debido a que proporcionan lecturas objetivas, independientes de las condiciones ambientales que pueden ser cuantificadas y obtenidas con rapidez.

Dentro de estos instrumentos están, entre otros, los espectrofotómetros y los colorímetros.

No todo son ventajas en lo que respecta a estos sistemas ya que su coste y complejidad pueden restringir su uso generalizado en las consultas o laboratorios dentales.

3.2.1 ESPECTROFOTÓMETROS

Estos aparatos están entre los más precisos y útiles para registrar el color en odontología. Miden la cantidad de luz de la energía reflejada por un objeto en intervalos de 1 a 25 nm a lo largo del espectro visible.

Un espectrofotómetro contiene una fuente de radiación óptima, un medio de dispersión de luz, un sistema de medición óptico, un detector y una forma de convertir la luz obtenida a una señal que pueda ser analizada. Del espectrofotómetro se obtiene una curva de reflectancia espectral o de transmisión que es una función de la longitud de onda. Los datos espectrales de la superficie de los dientes pueden ser incluidos y representados como una curva de luminosidad y pueden ser comparadas con las curvas de luminosidad de las guías de colores a fin de definir un color, por lo tanto, los espectrofotómetros dentales tienen una base de datos de las guías de colores incorporadas.

(Núñez Díaz P, 2007)

Los datos obtenidos a partir de espectrofotómetros deben ser manipulados y traducidos en una forma útil para los profesionales dentales. En comparación con la observación del ojo humano, o de las técnicas convencionales, se ha encontrado que los espectrofotómetros ofrecen un aumento del 33 % en la precisión y objetividad, con una coincidencia de color en un 93.3 % de los casos.

Estos aparatos de lectura nos pueden dar el color general del diente o nos puede hacer una subdivisión en tercios y asignarle a cada parte un color. También son capaces de realizar un mapa cromático del diente gracias a un software. Los mapas cromáticos obtenidos suelen ser muy detallados y, en ocasiones permiten la personalización de las guías, que pueden confeccionarse con combinaciones particulares de materiales restauradores.

(Núñez Díaz P, 2007)

3.2.2 COLORÍMETROS

Otro de los aparatos que actualmente se utiliza para medir el color son los colorímetros. Se trata de un instrumento con filtros de los componentes verde, rojo y azul de la luz que utilizan 3 o 4 fotodiodos de silicio los cuales tienen una corrección espectral que simula las funciones estándar del ojo humano sobre la superficie a evaluar.

Este se basa en el principio de absorción. Esta es proporcional a la densidad del objeto, por lo que a mayor densidad, mayor es la absorción que definirá el color. Mide la luz del filtro en las zonas verdes, azules y rojas del espectro visible. Los colorímetros no registran la reflectancia espectral y pueden ser menos precisos que los espectrofotómetros, además el envejecimiento de los filtros puede afectar la precisión.

Incorporan una fuente de luz propia, pueden tomar el color de diferentes zonas de un diente y tienen la posibilidad de usar posicionadores en la zona del diente en la que queremos evaluar el color.

La punta lectora que es muy útil para superficies lisas y pulidas, no lo es tanto para las superficies convexas de los dientes y estos ponen en duda la fiabilidad del aparato.

Los colorímetros, a diferencia de los espectrofotómetros, sólo tienen 3 o 4 filtros, el cuarto filtro es un filtro de densidad neutra para la escala del gris. Los colorímetros sólo analizan datos sobre tres estímulos para un determinado objeto luminoso. Los espectrofotómetros despliegan una reflexión espectral o curva de transmisión que es en función de la longitud de onda. A partir de la curva de transmisión espectral pueden calcularse los datos con triple estímulo

para un determinado objeto luminoso. Se ha encontrado que las mediciones mediante espectrofotómetro bajo condiciones de luz estandarizadas probablemente son más fiables y exactas que las obtenidas por discriminación visual. Los espectrofotómetros, a diferencia de los colorímetros, son bastante más complejos y producen un conjunto de mediciones diferentes.

(Ahn JS, 2008)

3.3 FACTORES PRINCIPALES Y CONDICIONES IDEALES PARA LA TOMA DEL COLOR

Para que una restauración luzca lo más natural posible y el paciente al sonreír muestre una dentadura estética y agradable, acorde con sus características y personalidad, varios autores proponen seguir una serie de principios:

El diente testigo que servirá de modelo para la selección de color, tiene que ser un diente completamente sano, libre de toda restauración dental, tratamiento de conductos radiculares y fracturas. Estar completamente limpio y pulido en todas sus superficies, quedando exento de todo tipo de manchas.

Estar aislado de los dientes vecinos por medio de una plantilla gris claro, con una pequeña ventanita, que deje ver únicamente el diente testigo. A demás indicar al paciente, que el día de la toma del color de sus dientes, procure vestirse con ropa que no sea demasiado oscura. Si el paciente es mujer, tendrá que quitar todo el carmín de sus labios, parte visible del rubor, brillos metálicos y demás.

La combinación de tonos se debe hacer con iluminación equilibrada y en un medio adecuado con paredes de color gris o pastel. La luz es muy importante, ya que dependiendo de la fuente de luz, es la refracción de ella por el objeto que la recibe y puede producirse el fenómeno de metamerismo, por lo que se recomienda utilizar una fuente de luz natural, con una orientación norte y preferentemente en la mañana, de esta manera tendremos más precisión para escoger el color correcto.

La selección del color se debe realizar al principio de la consulta. El color del diente aumenta de valor cuando los dientes están secos. Es necesario humedecer el diente testigo, para que luzca su color y brillo, con toda su naturalidad.

Deben usarse separadores de mejillas para dejar la zona intraoral libre.

Mantener la boca del paciente a la altura de los ojos del clínico, aproximadamente a 33 cm de distancia.

Si el diente y la muestra del tono tienen características superficiales diferentes, al humectar la superficie de ambos es más fácil eliminar las diferencias.

Los tonos se deben combinar rápidamente, en menos de 5 segundos, con la muestra de color colocada justo al lado del diente que se va a evaluar. Esto garantiza que el fondo del diente y de la muestra del tono sea el mismo, algo esencial para que la selección sea precisa. El profesional debe ser consciente de la fatiga ocular.

El odontólogo debe descansar los ojos entre cada evaluación centrándose en una superficie gris neutra inmediatamente antes de cada observación.

Para seleccionar el matiz apropiado, se recomienda comparar el canino porque tiene el croma más alto del matiz dominante.

El odontólogo puede seleccionar un valor adecuado entrecerrando los ojos.

El número de muestras de tonos se debe reducir y separar al aproximadamente tres lo antes posible. Posteriormente habrá que seleccionar nuevamente una o dos de las muestras de tonos que combinen mejor.

La combinación de tonos se debe confirmar en una o dos visitas del paciente y con otro miembro de la clínica. También se recomienda que la selección del tono se confirme bajo distinta iluminación.

Si no se puede seleccionar un tono exacto, se debe seleccionar el tono con menor croma y mayor valor porque se puede utilizar la caracterización extrínseca para aumentar el croma y reducir el valor.

La primera dimensión cromática que se determina es el valor o claridad del diente, seguida de la saturación y tonalidad.

(MP., 2010)

EL PROCESO CLÍNICO DE TOMA DE COLOR

El proceso comienza por la limpieza del diente de toda adherencia, placa, pigmentación, sarro, entre otros factores... que puedan entorpecer la apreciación del color, también se eliminarán, en lo posible, aquellos elementos que por su intenso color puedan estorbar, tales como el lápiz de labios de colores fuertes en las mujeres, y si se diera el caso, los bigotes abundantes y oscuros en los varones. Este principio es aplicable a los colores de las paredes y mobiliario del consultorio y del laboratorio, si son muy intensos, se reflejarán desde las paredes sobre el área de trabajo, influyendo en el proceso de toma de color.

Disponiendo de la iluminación apropiada, el clínico procede a observar el diente en periodos cortos, de menos de 15 segundos. (Para evitar la fatiga cromática del ojo), y buscar en la guía de color aquella pieza que más se aproxime al diente en cuestión. Un punto de gran importancia es mantener el diente completamente hidratado durante todo el proceso, de manera que no se seque, ya que inmediatamente, aparecerá más claro y blanquecino de lo que es en la realidad, y tarda bastante en recuperar su color original, lo que nos inducirá un error de apreciación, eligiendo un color excesivamente claro. Entre observación y observación, convendría que el clínico descansase la vista fijándola sobre una superficie de color suave, preferentemente azul claro (el complementario del amarillo claro, color que predomina en los dientes), para evitar la fatiga visual.

La primera dimensión cromática a determinar sería el valor o claridad del diente, seguida de la saturación y tonalidad, es importante anotar en un sencillo dibujo la distribución de colores que determinemos, con demasiada frecuencia se acostumbra a anotar un color promedio para todo el diente, pero la información así expresada es muy pobre, obligando al laboratorio a "inventar" un diente sin saber si se corresponde con el modelo natural; una modalidad más precisa sería la anotación de color por tercios (tercio cervical, medio e incisal), algo más descriptiva, pero que sigue ignorando los matices finos que personalizan el aspecto cromático de un diente.

Lo correcto es que estas anotaciones cromáticas básicas, se acompañen de una descripción topográfica del color, también denominada mapa cromático, en la que deben expresarse de forma precisa la distribución de los colores, a veces relativamente muchos, que presenta el diente, mereciendo atención especial la descripción clara de zonas traslucidas y de las áreas de color particular del diente (manchas ambarinas, blanquecinas, grietas, efecto de halo incisal).

Un elemento de gran ayuda es la inclusión de fotografías a blanco y negro, del diente en cuestión junto a las muestras de la guía de color seleccionadas, éstas en el caso de ser digitales pueden ser remitidas al laboratorio mediante soportes informáticos (CD, DVD, tarjetas de memoria o correo electrónico), y son de gran ayuda, cuanta más información tenga el técnico de prótesis durante la elaboración de las restauraciones, más similitud con el diente y naturalidad tendrán.

Toda esta información debe ser interpretada por el técnico, y trasladada correctamente a la restauración confeccionada, y el clínico debería poder comprobar que el color de la restauración corresponde al planificado antes de que el paciente llegue a consulta, para ello deben comprobarse si los colores dispuestos en la orden de trabajo, han sido reproducidos en la manera en que fueron solicitados.

(Chu J, 2004)

3.4 REQUISITOS BÁSICOS DE UN INSTRUMENTO DE MEDIDA

Según Seigel, la medición se refiere generalmente a la asignación de números a las observaciones, de tal modo que los números sean susceptibles de análisis. Kerling afirma que la medición es la asignación de números a objetos o eventos según ciertas reglas.

En resumen, la medición se refiere a la cuantificación o cualificación de una variable para un estudio dado. Dado que nuestro estudio se centra en evaluar aparatos para la medición del color, tenemos que saber qué tenemos que evaluar para obtener unos resultados correctos. Los requisitos básicos para un instrumento de medición son los que se describen a continuación:

EXACTITUD: Es la capacidad de un equipo de medida de dar indicaciones que se aproximen al verdadero valor de la magnitud medida. Para expresar esto, se indica el intervalo dentro del cual puede recaer el valor real del mensurando. Se debe evitar traducirlo como “precisión”, ya que el término precisión en inglés denota otro significado, como se verá a continuación. La exactitud es un parámetro determinante para la elección de un equipo u otro.

PRECISIÓN: Es la cualidad que caracteriza la capacidad del instrumento de medida para dar el mismo valor de magnitud al medir varias veces en unas mismas condiciones. Un instrumento con precisión alta implica que, al tomar muchas medidas, la dispersión en éstas es muy baja. Esta característica no guarda ninguna relación con la exactitud del instrumento.

REPRODUCIBILIDAD: Es un término equivalente a la precisión cuando las medidas son tomadas de manera que entre cada una de ellas se producen cambios en las condiciones ambientales, en el observador, en la localización y ubicación o en los intervalos de medida.

REPETIBILIDAD: Tiene un significado similar a la precisión, si bien se entiende ahora que las medidas son realizadas en un periodo de tiempo corto y, por tanto, en unas condiciones ambientales similares.

Se distingue entre repetibilidad y reproducibilidad refiriéndose a la primera cuando se realizan medidas sucesivas bajo las mismas condiciones, y a la segunda cuando las medidas se realizan bajo diferentes condiciones de medida.

CAPITULO 4 COMPOSITES

INTRODUCCION

La búsqueda de materiales de restauración dental que imiten el aspecto y las propiedades de los dientes naturales se inicia con la historia de la Odontología. Sin embargo, no sería hasta el siglo XX cuando los clínicos dispusieron de materiales verdaderamente estéticos. En 1958 R.L. Bowen empezó a experimentar con resinas acrílicas, utilizando, además, partículas de relleno como refuerzo; éste trabajo (Bowen, 1963) culminó con el desarrollo de la molécula de imetacrilato de diglicidileter de bisfenol-A, comúnmente denominado Bis-GMA, base de las modernas resinas compuestas o composites, que supusieron el inicio de la Odontología Estética moderna.

4.1 COMPOSICION

Una resina compuesta, por definición, es un material constituido por dos o más componentes, de forma que el material resultante posea unas propiedades que superen las de los componentes originales por separado. En general, las resinas compuestas están formadas por una matriz orgánica o fase continua; una fase dispersa, de refuerzo o relleno inorgánico y una fase de enlace o agente de acoplamiento, que permite la unión entre las partículas de relleno inorgánico y la matriz orgánica (Fortín D. y Vargas M., 2000).

Además, se suelen incorporar en menor cantidad otros componentes que influyen en la polimerización (fotoactivadores/inhibidores), estética (colorantes), o en otras propiedades como la radiopacidad.

4.2 MATRIZ ORGANICA

Representa del 30 al 50% del volumen total del material y está constituida por monómeros que al reaccionar entre sí, forman macromoléculas denominadas polímeros; el proceso de transformación de los monómeros en polímeros se denomina polimerización o fotopolimerización (Noort R.V., 1994).

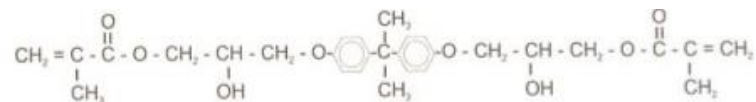
La matriz está compuesta por monómeros orgánicos disfuncionales. La mayoría de las resinas compuestas comercializadas en la actualidad contienen: dimetacrilato de diglicidileter de bisfenol-A (bis-GMA o matriz de Bowen), dimetacrilato de uretano (UDMA) o dimetacrilatos de uretano Modificados.

La molécula de bis-GMA es disfuncional, ya que en ambos extremos de la cadena se encuentran los dobles enlaces de los grupos metacrilato, a los que va ligada la capacidad de reticulación durante la polimerización. La presencia de dos ciclos aromáticos, confiere rigidez y resistencia mecánica; mientras que los radicales hidroxilos le confieren viscosidad por su facilidad para establecer uniones secundarias en forma de puentes de hidrógeno.

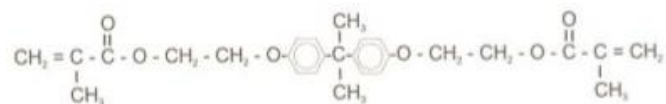
La resina bis-GMA es altamente viscosa a temperatura ambiente debido a su alto peso molecular. Se necesita, por tanto, diluirla en otros monómeros de bajo peso molecular con el fin de obtener una matriz de menor viscosidad, que permita incorporar mayor cantidad de relleno y facilite su manipulación en la clínica.

Entre los monómeros de bajo peso molecular los más utilizados son (García Barbero J., 1997):

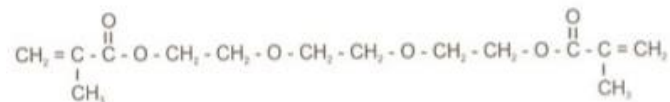
1. Bis-DMA, bisfenol-dimetacrilato, donde se eliminan los grupos hidroxilo para reducir la viscosidad.



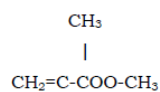
2. EGDMA, etilen-glicol-dimetacrilato, donde la menor viscosidad y rigidez se consiguen al suprimir los ciclos aromáticos.



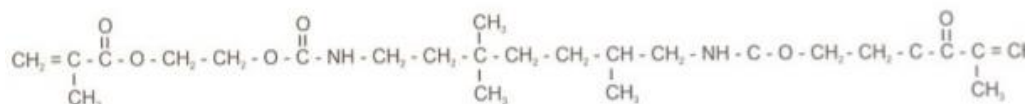
3. TEGDMA, trietilen-glicol-dimetacrilato, resultante de unir tres moléculas de EGDMA.



4. MMA, metil-metacrilato, bajo peso molecular.



5. UDMA, uretano-dimetacrilato.



Incluso con las ventajas que presenta la molécula de Bis-GMA, una de las mayores limitaciones es la contracción de polimerización que presenta durante la polimerización. Las moléculas de metacrilato presentan el problema inherente de una contracción volumétrica del 2-14% durante el proceso de polimerización. Esta reducción volumétrica contribuye al desarrollo del stress de polimerización que a menudo lleva a una falla adhesiva, microfracturas, sensibilidad post-operatoria y recidiva cariosa (Soh M.S. y cols., 2007).

En el año 2005 la empresa 3M ESPE (Weinmann W. y cols., 2005) introdujo un nuevo anillo catiónico para el sistema de monómeros con el objetivo de obtener una menor contracción de polimerización, una alta reactividad y sobre todo biocompatibilidad, al cual llamaron Silorane. El nombre Silorane deriva de la combinación de los nombres de sus principales componentes químicos: silanos y oxiranos óxido de etileno.

Respecto a las pruebas de citotoxicidad, los resultados han demostrado que son tan buenos o mejores que los típicos monómeros dentales de metacrilato, e incluso parece ser no mutagénico (Eick J. y cols., 2006; Eick J. y cols., 2007).

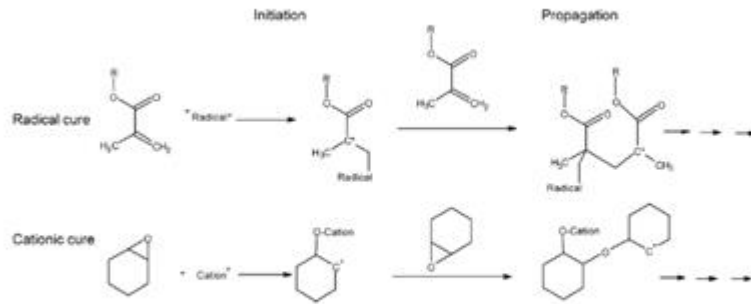
Para el desarrollo de esta nueva matriz orgánica se introdujo una cadena siloxano con la finalidad de proporcionar un mayor carácter hidrofóbico, lo que es muy importante porque que una alta absorción de agua limita a largo plazo la fuerza física intraoral de las resinas compuestas.

Además, los materiales hidrofóbicos tienden a absorber mucho menos los tintes de la nutrición diaria y son mucho menos sensibles a las tinciones exógenas que los materiales hidrofílicos.

La red de siloranes se genera por la apertura catiónica del anillo que empieza la polimerización de la fracción de oxiranos del ciclo alifático, que se colocan por su baja contracción y bajo estrés de polimerización.

La curación catiónica comienza con la puesta en marcha de un proceso ácido que abre el anillo de oxirano y genera un nuevo centro ácido, una carbonatación. Después de la adición de un monómero de oxirano, el anillo epoxy es abierto para formar una cadena, o en el caso de dos o mas monómeros multifuncionales se forma una red.

La diferencia más importante con la molécula de Bis-GMA es que los metacrilatos son polimerizados por radicales intermediarios; y la polimerización de oxiranos es vía intermediarios catiónicos.



Polimerización del metacrilato (radical cure) y del anillo de epoxie (Tomado de Weinmann W. y cols., 2005)

Esta nueva resina compuesta consta de un sistema de tres componentes para su fotopolimerización: canforquinona, una sal iodada y un electrón donador.

La canforquinona fue seleccionada como fotoiniciador para corresponder la emisión espectral de las lámparas dentales de fotopolimerización usadas actualmente. En esta reacción el electrón donador actúa en la reacción de oxidación-reducción y descompone la sal iodada a un catión ácido el cual empieza la apertura del anillo del proceso de polimerización. Esta nueva combinación proporciona un balance óptimo entre una alta reactividad en la polimerización y una mejor estabilidad de luz.

Además, el proceso particular de polimerización del Silorane no produce la capa de oxígeno inhibida existente en la superficie de las resinas convencionales después de la polimerización en el aire (Tezvergil-Mutluay A. y cols., 2008).

Respecto a la contracción volumétrica, Weinmann W. y cols. (2005) realizaron un estudio comparando el silorane con otros materiales convencionales como Aelite LS, Quixfil, Filete Z250, Tetric Ceram, Spectrum TPH y Solitaire 2, y en él determinaron que la resina silorane obtuvo un 0.94% de contracción en la prueba del bonded disc y un 0,99% de contracción con el método de Arquímedes, valores mucho más bajos respecto al resto de materiales evaluados.

4.3 RELLENO INORGANICO

Las partículas del relleno inorgánico proporcionan estabilidad dimensional a la matriz orgánica y mejora las propiedades del material desde un punto de vista mecánico y dimensional sin perder las ventajas propias aportadas por la matriz orgánica. De esta manera se consigue aumentar la dureza, por lo tanto aumentar la resistencia a la fractura, y mejorar la resistencia a la compresión y abrasión. Por otro lado, se reduce la contracción de polimerización, disminuye la absorción de agua y el coeficiente de expansión térmica.

Las primeras resinas compuestas dentales utilizaban sílice puro, pero debido a su dureza no se podían producir partículas de tamaño pequeño y, por tanto, su acabado y pulido final no eran buenos. Para obviar el problema de la dureza se usaron silicatos de aluminio y litio. Por otro lado, el cuarzo cristalino es radiolúcido; para evitar este inconveniente se añadieron metales pesados como el bario, zinc, boro, itrio estroncio y zirconio que son radiópacos.

En la actualidad, los rellenos más comunes son de cuarzo cristalino, sílice coloidal, sílice pirolítico, silicatos de aluminio y bario, silicatos de aluminio y litio, vidrios de sílice con bario o estroncio, zirconio o fluoruro de iterbio. Son obtenidas de diferentes tamaños llegando al rango de las micras a través de diferentes procesos de fabricación pulverización, trituración, molido. Las partículas de cuarzo son dos veces más duras y menos susceptible a la erosión que el vidrio, además de que proporcionan mejor adhesión con los agentes de conexión Silano. También son utilizadas partículas de sílice de un tamaño aproximado de 0,04mm micropartículas, las cuales son obtenidas a través de procesos pirolíticos quema o de precipitación sílice coloidal (Albers H., 1988).

Se entiende por nanopartículas un conjunto muy amplio de materiales caracterizados porque al menos una de sus tres dimensiones es del orden de nanómetros entre 10^0 y 10^3 . Incluyen, por tanto, partículas, películas delgadas, nanohilos, nanotubos, y estructuras basadas en ellos, o nanoestructuras. En conjunto, se trata de materiales y sistemas cuyas estructuras y componentes tienen propiedades nuevas y mejoradas debido a su tamaño nanométrico. No obstante, la clave de estos materiales no reside sólo en un cambio de escala, sino fundamentalmente en un importante cambio en sus propiedades físicas, que pueden alterarse notablemente cuando se pasa de la escala micrométrica a la nanométrica (Cao G., 2004).

Asociado al empleo de materiales y estructuras a escala nanométrica ha surgido un nuevo e importantísimo campo de la tecnología, la llamada nanotecnología, que puede definirse como el conjunto de técnicas de diseño, fabricación y aplicaciones de los nanomateriales y nanoestructuras. Ello incluye, evidentemente, la explicación de las propiedades y fenómenos físicos determinantes de su comportamiento, el análisis de las relaciones entre dichas propiedades, las aplicaciones de estos materiales y, finalmente, la búsqueda de nuevas aplicaciones realistas y originales (Cao G., 2004).

Aunque el término nanotecnología es reciente, la investigación a escala nanométrica no es nueva. Lo nuevo y característico de la explosión actual de la nanotecnología es la posibilidad de diseñar y manipular sistemas a escala nanométrica. Además, el salto a esta escala ha ido ligado a la aparición de técnicas de observación y caracterización morfológica de materiales a escala casi atómica, en concreto, microscopía de fuerza atómica, que se han añadido a las microscopías electrónicas estándares, TEM y SEM.

No obstante, debe mencionarse también que uno de los retos fundamentales a los que se enfrenta el avance de la nanotecnología y todas las técnicas basadas en nanomateriales, es el desarrollo de técnicas adecuadas

para la medida de propiedades físicas de materiales a escala nanométrica (Cao G., 2004).

En los últimos años esta tecnología ha sido aplicada para la generación de nuevos biomateriales tanto en medicina como en áreas afines, como por ejemplo en Odontología, en la generación de materiales de restauración dental. Como hemos señalado anteriormente, en el caso de los materiales restauradores dentales, además de un adecuado comportamiento biomecánico, deben presentar cualidades ópticas equivalentes a las de los tejidos dentales, tejidos que son, desde el punto de vista óptico, muy complejos, pues presentan, además, un cromatismo, translucidez, fluorescencia y opalescencia muy característicos. En este sentido, cabe destacar, el color del material. El color es una de las principales características ópticas de los materiales de restauración en Odontología en la medida en que el grado de satisfacción y aceptación por parte paciente depende, esencialmente, de esta propiedad.

Esto justifica el que, en las últimas décadas, se haya investigado la evaluación del color aunque, obviamente, estos estudios han sido desarrollados con materiales que no se corresponden con la escala nanométrica (Mitra S. B. y cols., 2003; Emani N. y cols., 2005).

Es bien conocido que el relleno inorgánico mejora las propiedades del material desde un punto de vista mecánico: reducción de la contracción de la polimerización, disminución de la absorción de agua, aumenta la dureza y aumenta la resistencia a la fractura, también disminuye el porcentaje de desgaste y el brillo obtenido en el proceso de acabado y pulido dura más tiempo (Beun S. y cols., 2008; Rüttemann S. y cols., 2007), siendo también responsable, en gran medida, de sus características ópticas.

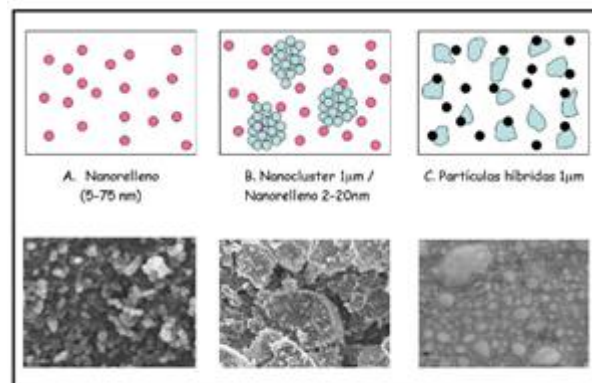
Por ello, en las últimas décadas, la investigación y, por tanto, los avances en estos materiales se han producido básicamente a expensas de la mejora de su relleno inorgánico, lo que ha dado lugar a que sean, precisamente, las características de esta fase tamaño de la partícula de relleno, fracción volumétrica y morfología las que permiten clasificar los distintos tipos de resinas compuestas disponibles en la actualidad (Beun S. y cols., 2008).

Por todo lo anterior, las nuevas investigaciones en este campo han sido dirigidas al desarrollo de nuevas partículas del relleno inorgánico que mejoren las prestaciones de estos materiales, por lo que, en este contexto, en los últimos años, una de las más significativas contribuciones de la nanotecnología en el campo de la Odontología ha sido precisamente, los llamados composites de nanorelleno o nanocomposites.

Estos materiales se desarrollan a partir de combinaciones de la matriz tradicional de resina orgánica BisGMA, BisEMA, UDMA, TEGDMA, etc. y nanopartículas de sílice coloidal nanorelleno. Con ello se ha pretendido optimizar el material, esencialmente reduciendo la contracción de polimerización, y mejorar sus características ópticas y mecánicas. Si bien existen estudios muy recientes en los que se ha comprobado la mejora en algunas propiedades mecánicas módulo de elasticidad no existen trabajos en los que se analicen las

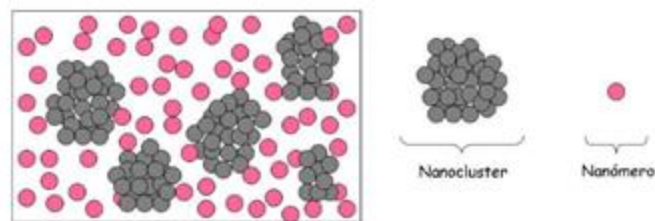
características ópticas. Además, dado que estos biomateriales deben cumplir con los requerimientos, no sólo ópticos, sino también mecánicos de los tejidos a los que han de reemplazar, consideramos que es indispensable un estudio que evalúe la posible interrelación entre ambas propiedades.

La mejora de las propiedades mecánicas debe ir unida a adecuadas propiedades ópticas del material y viceversa. Por ejemplo, la profundidad de curado inducida durante la fotopolimerización y, por tanto, gran parte de sus características mecánicas depende esencialmente de los fenómenos ópticos, fundamentalmente la transmisión de luz, que se producen en el material (Watts D.C. y Cash A.J., 1994; Leloup G. y cols., 2002; Mozner N. y Klapdohr S., 2004; Dos Santos G. B. y cols. 2008).



A) Partículas nanométricas, B) Partículas y nanoclusters, C) Partículas híbridas.

Figura 41



Disposición de las partículas en una resina de nanorelleno.

Figura 42

Dentro de un marco general, dado el reciente desarrollo de los nanomateriales translucidos, hasta ahora no se han realizado estudios que aborden su caracterización óptica y que supongan un punto de partida para la adecuada evaluación de los actuales nanocomposites o de cualquier otro biomaterial de similares características.

4.4 FASE DE ENLACE

Durante el desarrollo inicial de las resinas compuestas, (Bowen R.L. 1963) demostró que las propiedades óptimas del material, dependían de la formación de una unión fuerte entre el relleno inorgánico y la matriz orgánica.

La unión de estas dos fases se logra recubriendo las partículas de relleno con un agente de acoplamiento que tiene características tanto de relleno como de matriz. El agente responsable de esta unión es una molécula bifuncional que tiene grupos silanos (Si-OH) en un extremo y grupos metacrilatos (C=C) en el otro. Debido a que la mayoría de las resinas compuestas disponibles comercialmente tienen relleno basado en sílice, el agente de acoplamiento más utilizado es el silano (Sarkar N.K. y cols., 1999).

El silano que se utiliza con mayor frecuencia es el γ -metacril-oxipropil trimetoxi-silano, éste es una molécula bipolar que se une a las partículas de relleno cuando son hidrolizados a través de puentes de hidrógeno y a su vez, posee grupos metacrilatos, los cuales forman uniones covalentes con la resina durante el proceso de fotopolimerización ofreciendo una adecuada interfase resina/partícula de relleno (Schmiidsedeir J., 1999).

Los avances en la tecnología de silanización se preocupan más que nada en obtener un recubrimiento uniforme de la partícula de relleno lo cual provee mejores propiedades a la resina compuesta. Para lograr este recubrimiento uniforme, los fabricantes utilizan diferentes formas de cubrimiento y recubren hasta tres veces la partícula de relleno (Antonucci J. y cols., 2003).

Asimismo, el silano mejora las propiedades físicas y mecánicas de la resina compuesta, pues establece una transferencia de tensiones de la fase que se deforma fácilmente matriz orgánica, para la fase más rígida (partículas de relleno). Además, estos agentes de acoplamiento previenen la penetración de agua en la interfase Bis-GMA/partículas de relleno, promoviendo una estabilidad hidrolítica en el interior de la resina (Mohsen N. y Craig R., 1995).

4.5 OTROS COMPONENTES

Entre ellos encontramos pequeñas cantidades de:

1) Pigmentos o colorantes, para que el material tenga la apariencia de la estructura dental.

2) Aditivos, que absorben la luz ultravioleta y mejoran la estabilidad del color.

3) Iniciadores de la polimerización, que pueden activarla por vía química o fotoquímica. La mayoría de las resinas compuestas actuales incorporan como fotoactivadores la canforquinona, la fenilpropanodiona, o la lucerina.

La canforquinona se halla presente en más del 90% de estos materiales, en una proporción de 0.15-1%; su principal desventaja es que da un tono amarillo al material restaurador. La fenilpropanodiona y la lucerina consiguen resultados similares a la CQ con la ventaja de no interferir en el color de las resinas compuestas.

4) Inhibidores, que evitan la polimerización prematura del material durante el almacenaje. Los más utilizados son la benzoquinona y la hidroquinona, así como los derivados del fenol, como el P- 4 metoxifenol y el butil-fenol triterciario.

5) Por último, algunas resinas compuestas incorporan en sus formulaciones componentes encargados de dar las características de fluorescencia propias del tejido dentario. Así, la casa comercial Ivoclar-Vivadent tiene patentado el trifluoruro de iterbio que proporciona a este material la característica de la fluorescencia, junto con la capacidad de liberar flúor.

4.6 CLASIFICACION DE RESINAS COMPUESTAS

Clasificación de las resinas compuestas Se han propuesto diferentes clasificaciones de las resinas compuestas según se haga referencia al tamaño de partícula, al tipo de polimerización o al contenido de relleno. Sin embargo, el primer criterio ha sido el más utilizado.

Así, según el tamaño de las partículas de relleno podemos distinguir entre macrorrellenos, microrrellenos, híbridos y nanorellenos.

4.6.1 RESINAS COMPUESTAS DE MACRORRELLENO

Fueron las primeras que se desarrollaron. El término macrorelleno alude al tamaño relativamente grande de las partículas de la fase dispersa, que oscilaba entre 10 y 80 μ , pudiendo incluso llegar a las 100 μ , que representaba un 70-80% en peso o de 60-70% del volumen del material. Estas resinas poseían, en general, unas características físicas y mecánicas adecuadas, pero sus deficientes cualidades estéticas hacen que hoy en día estén en desuso.

4.6.2 RESINAS COMPUESTAS DE MICRORRELLENO

Se caracterizan por presentar un relleno de sílice pirólico que puede ser fraccionado en partículas muy pequeñas cuyo diámetro oscila entre 0,007 y 0,115 μ , con un promedio de 0,04 μ . Son resinas altamente estéticas ya que presentan un excelente pulido.

4.6.3 RESINAS COMPUESTAS HÍBRIDAS

Se empezaron a fabricar a principios de los ochenta como una mezcla de partículas de macrorrellenos y microrrellenos con la intención de aunar las ventajas de unos y otros, es decir, las buenas cualidades mecánicas de los macrorrellenos, con el excelente pulido de los microrrellenos. Este tipo de materiales fue evolucionando a lo largo de la década de los ochenta, hasta que en los noventa se alcanzó un tamaño medio de partícula de $0,7\mu$. El porcentaje de carga se situaba en torno a un 80% en peso, por lo que sus buenas cualidades mecánicas permitían su uso en dientes posteriores. Si bien comenzaron llamándose microhíbridos hoy se les denomina híbridos por ser la presentación comercial habitual para la mayoría de los fabricantes.

4.6.4 NANOCOMPOSITES

Este tipo de resinas son de desarrollo reciente, contienen partículas con tamaños menores a 10 nm $0.01\mu\text{m}$, este relleno se dispone de forma individual o agrupados en "nanoclusters" o nanoagregados de aproximadamente 75 nm .

4.7 REACCION A LA FOTOPOLIMERIZACION

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

En la actualidad la mayoría de las resinas 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 por parte del operador, obtener una polimerización rápida, intensa y fiable y una mayor estabilidad de 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 fotopolimerización no funcione correctamente por lo que se produce un endurecimiento incompleto del material.

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

Lo ideal sería que durante la fotopolimerización todos los monómeros se integraran en el polímero. Sin embargo, el grado de conversión de las resinas de uso habitual en odontología es relativamente bajo, todos los polímeros de

metacrilato tienen una considerable instauración residual en el producto final, con un rango de grado de conversión que varía entre un 55-75% para unas condiciones de irradiación convencionales (Silikas N. y cols., 2000).

No obstante, es preciso señalar que a pesar de estos bajos niveles de conversión, solo un 10% de los grupos metacrilato que permanecen sin reaccionar en la resina compuesta son extraíbles, ya que la mayoría de ellos quedan atrapados en las redes poliméricas del material (Ferracane J.L. y Condon J.R., 1992)

4.8 FACTORES QUE CONDICIONAN LA EFICACIA DE LA REACCIÓN DE FOTOPOLIMERIZACIÓN

Como comentamos anteriormente, la efectividad de la fotopolimerización de las resinas compuestas fotopolimerizadas es vital para asegurar unas propiedades físico-mecánicas y ópticas óptimas y un comportamiento clínico adecuado (Caughman W.F. y cols., 1991). A continuación, analizaremos los factores que pueden condicionar la eficacia de la reacción de polimerización de dichas resinas

4.9 FACTORES QUE DEPENDEN DEL MATERIAL

Espesor de la capa de resina compuesta. La capa más externa de la resina suele recibir suficientes fotones y adquiere unas propiedades adecuadas. Sin embargo, cuando la luz atraviesa el material se produce una atenuación debida a los fenómenos de absorción y dispersión que sufre la radiación.

Se ha establecido experimentalmente que las resinas compuestas están adecuadamente polimerizadas, cuando el gradiente de dureza entre superficie profundidad no excede el 10-20% (el valor del gradiente de dureza debe estar alrededor de 0,8 o mayor) y esto se consigue con capas de resina que no excedan los 2mm de espesor, lo que corresponde con el grosor de los incrementos que clásicamente se aconsejan para la obturación de las preparaciones cavitarias.

4.10 COLOR DE LA RESINA COMPUESTA

Los pigmentos que se incorporan a las resinas para conseguir las diferentes tonalidades de los dientes pueden ser un impedimento para el paso de la luz. En general, se admite que los colores más oscuros experimentan un fraguado menos profundo que los más claros. Pero, según parece, lo que realmente determina el grado de conversión y la profundidad de curado es la translucidez de la resina y no tanto el color de la misma (Ferracane J.L. y cols., 1986).

4.11 TIPO DE RELLENO INORGÁNICO

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. Las resinas de microrrelleno que tienen un menor coeficiente de transmisión de la luz al tener mas cantidad de resina presentan, por tanto, una mayor dificultad de polimerización que los híbridos y, por ello, será necesario para valores iguales de irradiancia, aumentar el tiempo de exposición (Leonard D.L. y cols., 2001).

Se ha comprobado que cuando las partículas de relleno tienen un diámetro igual a la mitad de la longitud de onda de luz emitida, la dispersión es máxima y la profundidad de polimerización menor. Así, cuando la longitud de onda se sitúa entre 450nm–500nm, la dispersión será máxima cuando las partículas presenten un tamaño de unas 0,025. Sin embargo, cuando las partículas tengan un tamaño mayor a la longitud de onda la dispersión será menor resinas de macrorrelleno e híbridos Temperatura.

Cuando en el momento de utilizar la resina esta mantiene la temperatura de almacenaje (4 –8°C) el fraguado es menos efectivo; una mayor temperatura conlleva un fraguado más rápido y completo (Albers H., 1988)

4.12 CONCENTRACIÓN DEL INICIADOR

La concentración en la que se encuentra el iniciador debe ser la óptima para que la reacción pueda producirse en su totalidad (Jordan R.E., 1994). La concentración a que se encuentra normalmente la canforquinona varía entre 0,15 y 1M/M y el agente reductor amina terciaria se encuentra en una concentración que varía entre 0,1 y 1,4 M/M (Venhoven B.A.M. y cols., 1996). Factores que dependen de la fuente de luz:

Entre los factores que condicionan la reacción de polimerización y que dependen de la fuente de luz están:

4.12.1 ESPECTRO DE EMISIÓN

Para conseguir una polimerización adecuada lo ideal sería que las curvas de emisión de las lámparas y las curvas de absorción de los fotoactivadores que contiene el material coincidieran.

Los fotoiniciadores incorporados a los materiales restauradores se activan absorbiendo radiaciones con las siguientes longitudes de onda: la canforquinona (CQ) entre 450 – 490nm, con un pico en los 468nm, la fenilpropandiona (PPD) entre 400 y 500nm, con un pico en los 410nm y la lucerina (LU) entre 359 y 429nm con un pico en los 400nm. Estos intervalos de emisión se corresponden con la zona de los azules (Saleh A. 2007).

4.12.2 IRRADIANCIA

Cociente del flujo radiante recibido por unidad de área. Su símbolo es E_e y la unidad de medida es watio por metro cuadrado (W/m^2).

4.12.3 TIEMPO DE EXPOSICIÓN

Se ha determinado experimentalmente que para asegurar un curado efectivo se necesitan al menos $500mW/cm^2$ durante 30 segundos ó $600mW/cm^2$ durante 20 segundos (Yap A.U. y Seneviratne C., 2001).

La cantidad de energía que recibe el material sufre un descenso progresivo conforme la luz penetra en la resina debido a la absorción de fotones por las capas de resina más superficiales y por la dispersión y reflexión de los que atraviesan el material (Myers M.L. y cols., 1994).

Distancia de la ventana de salida de la lámpara a la superficie del material.

La luz se disipa proporcionalmente al cuadrado de la distancia y su efectividad también se reduce en función del coseno del ángulo de incidencia. Por tanto, la distancia debe ser lo más cercana posible al material. Lo ideal es colocar la punta guía a no más de 1mm y mantenerla perpendicular a la superficie de la resina compuesta.

4.12.4 EFICACIA DEL FOCO DE LUZ

La irradiancia de las lámparas se pueden ver afectadas por diversos factores como: agotamiento de la bombilla, filtros en mal estado, rotura de fibras ópticas, puntas guías sucias o fluctuaciones en la tensión eléctrica. Por ello, la valoración de la efectividad de las lámparas mediante dispositivos adecuados es fundamental en la práctica clínica.

4.13 PROPIEDADES ÓPTICAS DE LAS RESINAS COMPUESTAS

Los tejidos dentales son óptimamente complejos por lo tanto es extremadamente difícil obtener materiales restauradores dentales cuya apariencia imita al diente natural. Idealmente, los materiales de restauración estéticos deben tener propiedades ópticas, reflexión de luz, absorción, fluorescencia, opalescencia y color similar al que presenta la estructura dental.

En este sentido, hasta mediados de la década de los 90, no existían en el mercado materiales estéticos de restauración directa con cualidades ópticas semejantes a las de los tejidos dentarios. Hasta ese momento, los fabricantes de

resinas compuestas sólo ofrecían marcas comerciales de estos materiales en colores muy limitados, translucidez única y, en la mayoría de los casos, ni fluorescentes ni opalescentes. (Vichi A. y cols., 2004; Lee Y.K. y cols., 2005a; Lee Y.K. y cols., 2005b).

Sin embargo, en la década de los 90, por un lado los requerimientos estéticos de la población aumentaron, lo que motivó el desarrollo de una nueva disciplina, la Odontología Estética Restauradora; por otro lado, la Odontología mínimamente invasiva, exigía que las intervenciones para restaurar la pérdida de tejido dental fueran lo más ultraconservadoras posible con el tejido dental; esto último obligaba al desarrollo y puesta a punto de técnicas de reconstrucción directa con resinas compuestas que fueran capaces de alcanzar los mismos o mejores resultados estéticos que los que se lograban con las cerámicas dentales técnicas indirectas, pero siendo mucho menos agresiva. La industria dental no tardó en dar respuesta y desde entonces han aparecido numerosas líneas de resinas compuestas que se podrían calificar como de alta estética.

En este sentido, los nuevos sistemas de restauración directa tienen en común que se presentan comercialmente en tres presentaciones: resinas compuestas “translúcidas”, resinas compuestas “esmalte” y resinas compuestas “dentina”. Los dos primeros intentan emular las características ópticas del esmalte y los terceros las de la dentina, de manera que usándolos superpuestos en capas se puedan recrear las características ópticas globales del diente como unidad.

Como se ha comentado anteriormente, el esmalte natural tiene una translucidez inherente y los materiales de restauración estéticos deben reproducir la translucidez de los dientes (Lee Y.K. y Powers J.M., 2001). En Odontología es usual determinar la translucidez de materiales restauradores estéticos con el parámetro de translucidez.

La translucidez inherente de las resinas compuestas puede contribuir a la igualación del color de la estructura dental, ya que permite que el color del diente adyacente pase a través de éste. La translucidez y el color de las resinas compuestas son propiedades dependientes de la longitud de onda incidente.

Los actuales sistemas restauradores dentales directos ofrecen resinas compuestas, no sólo de cromaticidad variable, sino de diferentes grados de translucidez. Las diferencias en la translucidez se consiguen básicamente modificando en la formulación del material, los índices de refracción de la matriz de resina y del relleno y/o el tamaño de las partículas de relleno. En este sentido, el tamaño, forma, cantidad y distribución de las partículas del relleno inorgánico deben ser controlados para una mejor reproducción del color dental ya que, como se ha establecido recientemente, están correlacionadas (Lim Y.K. y cols. 2008).

No obstante, cabe resaltar que dicho estudio se ha realizado con resinas compuestas experimentales, es decir materiales no comerciales, donde evaluaban dos grupos (diferenciados por el tamaño de relleno) y cada grupo a

su vez 5 subgrupos diferentes por la cantidad en peso que contenían de relleno inorgánico. Además, se debe tener en cuenta que la matriz orgánica y las partículas de relleno de la matriz inorgánica presentan diferentes índices de refracción.

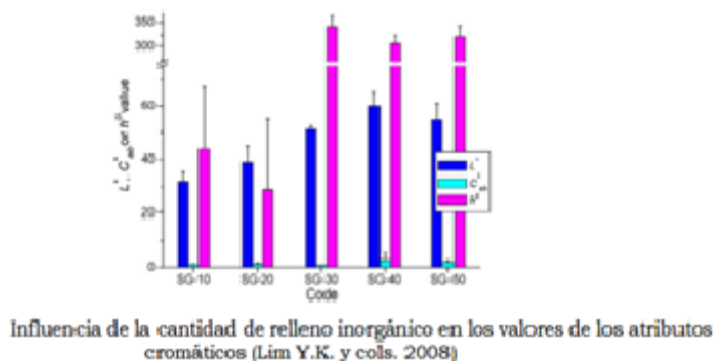


Figura 43

Muchas casas comerciales afirman que sus resinas compuestas son opalescentes; la opalescencia junto con la translucidez en estos biomateriales contribuye a enmascarar el color del fondo. Se ha confirmado (Lee Y.K. y cols., 2006) que la opalescencia de materiales estéticos restauradores que, contienen relleno influyen en el efecto de enmascarado cuando la translucidez está en un rango similar, ya que, contribuye a la vitalidad de la restauración (Lee Y.K. y Yu B., 2007), describen un valor promedio de opalescencia para el esmalte dental humano de 22.9 1.9. Kobashigawa A.I. y Angeletakis C. (2001) en su patente de rellenos opalescentes para materiales restauradores dentales y para 1 mm de espesor concluyen que valores de opalescencia mayores de 9 se consideran opalescentes y a mayor valor mayor opalescencia.

Por otro lado, Ardu S. y cols. (2008) partiendo de las coordenadas cromáticas para la obtención de valores de opalescencia dental, reportaron valores de opalescencia de 7,38 (teniendo en cuentas las coordenadas cromáticas a* y b*) y de 6, 98 (teniendo en cuenta solo la coordenada b*).

La estabilidad en el tiempo del color del material restaurador seleccionado, es otro factor fundamental para el éxito clínico, los cambios de color que experimentan las resinas compuestas a lo largo del tiempo han sido atribuidos a una amplia gama de posibles causas como: la reacción química del acelerador de la amina terciaria, la oxidación de dobles enlaces que no habían reaccionado en la matriz orgánica, acumulo de sustancias cromáticas, deshidratación, absorción de agua, filtración marginal, interfase adhesiva defectuosa, los cambios que se producen en su superficie (rugosidad superficial) (Lee Y.K. y cols., 2002).

Algunos autores relacionan específicamente el mayor cambio cromático y de opacidad de muestras envejecidas en agua, con el tamaño de partícula del material: a menor tamaño de partícula menor susceptibilidad a la decoloración (Vichi A. y cols., 2004).

Por otro lado, algunos autores afirman que los colores de resinas compuestas más luminosas y menos cromáticas tienden a mostrar cambios cromáticos más acusados que los más oscuros y más cromáticos (Eldiwany M. y cols., 1995; Seghi R. y cols., 1990) y que, en general, las variaciones en sus coordenadas cromáticas se producen principalmente a expensas de un aumento del valor de b, es decir, experimentan un amarillamiento (Uchida H. y cols., 1998).

Este efecto podría ser explicado por las diferencias, en cuanto a composición química se refiere, entre ambos materiales, sobre todo las relacionadas con la concentración de activador, iniciador, inhibidor o pigmentos o por las diferencias en cuanto a capacidad de absorción o del scattering de los distintos colores de resinas compuestas (Lee Y.K. y Powers J.M., 2001; Lee Y.K., 2007).

Asimismo, se ha demostrado que con el tiempo las resinas compuestas que tienen una matriz orgánica de dimetacrilatos pierden luminancia, es decir, se vuelven más oscuras y saturadas. Estos cambios son visualmente significativos en muchos casos (Lee Y.K., 2005a).

CAPITULO 5 CERAMICAS

INTRODUCCION

La cerámica es un material que si bien ha existido y ha sido desarrollado por culturas ancestrales, fue pensado como material restaurador mucho después, ya que en un principio se utilizaron otro tipo de materiales entre los que fueron frecuentemente utilizados en el siglo XVIII dientes de animales tipificados

como dientes humanos, dientes humanos, marfil, hasta que finalmente se llegó al uso de las cerámicas dentales.

Todo comienza cuando los europeos alrededor de 1720, comenzaron a investigar las porcelanas que la cultura China había desarrollado por años usando el feldespato, adaptadas de Europa en su forma triaxial (arcilla, cuarzo, feldespato) y después de décadas de esfuerzos, los europeos lograron dominar la fabricación de cerámicas más traslúcidas comparables con las cerámicas chinas, reemplazando la cal (óxido de calcio como fundente) y llevándolas a temperaturas mucho más altas. Sin embargo, hacia 1774 un boticario un boticario parisino Alexis Duchateau, con la ayuda de un dentista parisino Nicholas Dubois de Chemant, hizo la primera cerámica exitosa usada en odontología confeccionada en la fábrica de porcelana Guerhard, en sustitución de las prótesis de marfil manchadas y malolientes de Duchateau.

(Kelly JR, 2014)

Ya para 1808 se introdujeron en París por Giuseppangelo los dientes cerámicos con pines sumergidos fabricados en platino. Luego, en 1885 Logan introdujo las coronas Richmond que básicamente es cerámica fundida sobre postes de platino. Más tarde hacia 1958 se introdujeron las carillas o laminados cerámicos como una opción a las restauraciones metal cerámica.

Hacia 1960, Mc Lean popularizó las coronas metal-cerámica como una opción restaurativa en el sector posterior, sin embargo, hacia 1970 se empezó el auge progresivo de los sistemas CAD-CAM para la obtención de restauraciones totalmente cerámicas, técnica que hasta el día de hoy se sigue perfeccionando como una opción para maquinar bloques presinterizados en la fabricación de coronas de contorno total cerámico.

(Kelly JR, 2014)

Hoy en día, hablar de restauraciones estéticas implica hablar de cerámica sin metal. Han sido tan importantes y revolucionarios los cambios y aportaciones en este campo en los últimos años que en la actualidad existen multitud de sistemas cerámicos. Todos ellos buscan el equilibrio entre los factores estéticos, biológicos, mecánicos y funcionales. Sin embargo, existen diferencias considerables entre ellos.

Por lo tanto, para seleccionar la cerámica más adecuada en cada caso, es necesario conocer las principales características de estos materiales y de sus técnicas de confección.

Esta elección no debe ser delegada al técnico de laboratorio, sino que debe ser responsabilidad del odontoestomatólogo porque él es quien conoce y controla las variables que condicionan el éxito de la restauración a largo plazo.

En este artículo, se revisan los principales sistemas cerámicos disponibles actualmente y se analiza su comportamiento clínico. Por último, se exponen unas pautas para orientar al profesional en la toma de decisiones.

Las restauraciones ceramometálicas son la base del modelo actual de prótesis fija. Pero, a pesar de su contrastado éxito, no han cesado los esfuerzos por lograr sistemas totalmente cerámicos debido a la necesidad de encontrar prótesis más estéticas y más biocompatibles. La estética es un concepto subjetivo, sometido a grandes cambios según el medio socio-cultural que se trate. Pero no cabe duda de que en el entorno en que nos movemos hablar de restauraciones estéticas en el momento actual, implica hablar de cerámica sin metal. Además, las porcelanas son más inertes que los metales. Sabemos que las aleaciones pueden verter iones nocivos al medio oral al sufrir corrosión, hecho que no ocurre en las cerámicas debido a su baja reactividad química.

A pesar de que a principios del siglo XX, ya se realizaban coronas jackets de porcelana, el gran desarrollo de las restauraciones completamente cerámicas se ha producido en las últimas dos décadas debido a la gran profusión de innovaciones tecnológica y materiales. Han sido tan importantes y revolucionarios los cambios y aportaciones en este campo en los últimos años que en la actualidad existen multitud de sistemas cerámicos.

Todos ellos buscan el equilibrio entre los factores estéticos, biológicos, mecánicos y funcionales. De manera que la cerámica sin metal hoy en día no sólo se usa para confeccionar restauraciones unitarias del sector anterior, como clásicamente se indicaba, sino que también se aplica a los sectores posteriores y a la elaboración de puentes. El objetivo de esta publicación es ofrecer una revisión ordenada de un tema en el que todavía existe una gran confusión debido a la enorme heterogeneidad de estos materiales.

(Kelly JR, 2014)

5.1 GENERALIDADES

Los materiales cerámicos contienen átomos metálicos y no metálicos que forman uniones covalentes y/o iónicas.

Esos átomos pueden disponerse ordenadamente en el espacio formando estructuras cristalinas o cristales, y/o de forma irregular formando estructuras amorfas o vidrios.

1. 60-80% feldespato: que básicamente es una mezcla de sodio aluminio silicato y potasio aluminio silicato, Se dice que su función es reducir la temperatura de fusión y aumentar la viscosidad del vidrio fundido. Estas, al ser fundidas (1250-1500°C) se combinan en forma de vidrio a la fase cristalina de sílice.
2. 15-25% de cuarzo o sílice: que es el compuesto que le da rigidez estructural a la cerámica .estas permanecen sin cambios durante la temperatura de fusión, ya sea en forma de cuarzo, sílice, cristobalita o tridimita. Se puede afirmar que es el compuesto más duro dentro de la cerámica y que permanece intacto durante la fusión.
3. 3-45%Caolín: es una variedad de la arcilla y actúa como fundente y aglutinante. Agrega opacidad a la masa y da la moldeabilidad a la cerámica no fundida.
4. Alúmina: (solo aplicable en las cerámicas aluminosas) y que por su fragilidad pueden ser convertidas en polvo para ser incorporadas en pequeñas partículas a la mezcla.
5. Opacadores: zirconio u óxidos de zirconio en pequeñas cantidades.
6. Pigmentos: menos del 1%.
7. Óxido de zinc o carburo de silicón: se usan para darle brillo final a la cerámica.

5.2 CERAMICAS

La porcelana que da origen a estructuras como la vajilla de uso doméstico (platos, tazas, etc.) es un Material cerámico con algunas características particulares:

Forma una estructura bifásica al contener una fase compuesta por un vidrio y otra por cristales. Los componentes básicos son el feldespato, cuarzo y caolín.

Se necesita de altas temperaturas para la fusión de los componentes y permitir así la elaboración de la estructura.

Posee buena resistencia a la compresión pero baja a la tracción y más aún a la flexión lo que comúnmente expone a estos objetos a fracturas.

Es un material inherentemente frágil y prácticamente nada tenaz; no posee capacidad de deformación permanente.

Entendiendo a la tenacidad como una forma en que el material gana resistencia (disipa las tensiones a las que es sometido con su deformación y de esa forma evita la fractura), la porcelana deberá obtener otros mecanismos para mejorar su comportamiento físico, especialmente cuando las estructuras a las que dé origen funcionen en un terreno tan exigente mecánicamente como a veces es el sistema masticatorio.

Presenta defectos en el interior y sobre la superficie externa de la estructura que se trasladan atravesándola a manera de rajadura o crack cuando le son aplicadas fuerzas que superan su resistencia.

5.3 PORCELANA DENTAL

Es similar en muchos aspectos a la porcelana de usos generales descripta más arriba, pero se han variado o eliminado algunos componentes para poder imitar ópticamente mejor a los tejidos dentarios que pretende reemplazar.

Es así que se elimina el caolín, una especie de arcilla, que es el responsable del color blanco opaco característico de este tipo de materiales permitiendo conseguir un producto más translúcido. El cuarzo es conservado algunas veces, siendo en otras oportunidades reemplazado por otros cristales que aportan resistencia a la estructura.

De esta forma, y al igual que la porcelana de usos generales, la porcelana dental contiene una matriz vítrea reforzada con cristales dispersos.

5.3.1 REFUERZO CON CRISTALES

La presencia de cristales en el vidrio dificulta la propagación de defectos o dislocaciones reforzando la estructura y otorgando un aumento de la resistencia a la fractura especialmente ante las fuerzas de flexión.

El aumento del refuerzo dependerá de la cantidad de cristales incorporados y de la resistencia de los mismos; cuántos más existan y cuánto

más duros resistentes a la indentación sean, menos podrá el crack o rajadura atravesar la estructura del material, evitándose la fractura.

Se emplean entonces materiales de variada resistencia y dureza como cristales de refuerzo. Al ya mencionado cuarzo se suman otros tantos cristales, siendo los más frecuentes la leucita, el disilicato de litio, la mica, hidroxiapatita, óxido de aluminio y el óxido de zirconio.

Los cristales tienen relevancia fundamental en las propiedades de la porcelana o el material cerámico en cuestión. Dentro de la estructura de porcelana los cristales tienen básicamente dos orígenes:

Fueron previamente agregados durante la fabricación industrial de la porcelana. Forman así parte del polvo o de las distintas presentaciones de la porcelana.

Se forman a partir de los componentes originales por los diferentes ciclos térmicos que se desarrollan durante el proceso de fusión que da origen a la estructura.

El cristal y la fase vítrea deben estar íntimamente unidos para que el refuerzo sea tal. Por ello deben ser compatibles y especialmente contar con un coeficiente de variación dimensional térmica similar para no separarse o generar tensiones durante el calentamiento y/o enfriamiento al elaborar la restauración.

La presencia de cristales de refuerzo genera normalmente también una opacificación de la masa obtenida ya que refractan la luz en forma diferente a la del vidrio. De todas formas, en este sentido existe mucha diferencia según la cantidad y tipo de cristales presentes así como por su índice de refracción de la luz. El tipo y la cantidad de los cristales determinarán las propiedades mecánicas y ópticas de las porcelanas y a partir de ello sus diferentes aplicaciones clínicas.

5.4 PROPIEDADES GENERALES DE LAS RESTAURACIONES CERÁMICAS

Uno de los aspectos más interesantes de las restauraciones fabricadas con porcelanas es la posibilidad de imitar el aspecto óptico del diente en forma natural especialmente respecto a su translucidez y brillo. Son materiales de extraordinaria estabilidad en el medio bucal. No sufren solubilidad, desintegración ni corrosión asegurando un aspecto óptico y propiedades mecánicas duraderas. Por la misma razón no irritan a los tejidos duros ni blandos siendo considerados altamente biocompatibles.

Su lisura superficial y cargas eléctricas evitan que la adhesión de bacterias sobre la superficie generando un beneficio biológico adicional. En la clínica es muy común ver dientes naturales con acúmulos de placa bacteriana e inflamación gingival asociada coexistiendo con dientes con restauraciones con márgenes de porcelana libres de placa y/o inflamación.

Algunas porcelanas pueden adherirse e integrarse físicamente a su subsuperficie consiguiendo beneficios mecánicos, ópticos y biológicos. De esta forma también se posibilita el correcto funcionamiento mecánico y la retención de algunas restauraciones. Las porcelanas mejoran varios aspectos de las aleaciones metálicas cuando son empleadas como restauraciones dentales: en el aspecto óptico los metales presentan limitaciones ya que dan origen a estructuras opacas y oscuras.

Las aleaciones metálicas también son limitadas en cuanto a la biocompatibilidad ya que en mayor o menor grado son menos estables en el medio bucal y generan irritación sobre los tejidos blandos.

Las propiedades mecánicas son muy diferentes en las distintas porcelanas dentales. Este aspecto es de fundamental importancia y condiciona su indicación y aplicación en la clínica.

5.5 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS TOTALMENTE CERÁMICOS

A pesar de que las clasificaciones son totalmente artificiales, siempre nos ayudan porque permiten organizar mejor los conocimientos sobre una determinada materia. Por ello, vamos a agrupar los sistemas totalmente cerámicos en función de dos criterios: composición química y técnica de confección.

5.5.1 CLASIFICACIÓN POR LA COMPOSICIÓN QUÍMICA

Antes de entrar en materia conviene recordar algunos conceptos básicos sobre la composición química de las cerámicas. Se consideran materiales cerámicos aquellos productos de naturaleza inorgánica, formados mayoritariamente por elementos no metálicos, que se obtienen por la acción del calor y cuya estructura final es parcial o totalmente cristalina.

La gran mayoría de las cerámicas dentales, salvo excepciones que comentaremos, tienen una estructura mixta, es decir, son materiales compuestos formados por una matriz vítrea cuyos átomos están desordenados en la que se encuentran inmersas partículas más o menos grandes de minerales cristalizados cuyos átomos sí que están dispuestos uniformemente.

Es importante señalar que la fase vítrea es la responsable de la estética de la porcelana mientras que la fase cristalina es la responsable de la resistencia. Por lo tanto, la microestructura de la cerámica tiene una gran importancia clínica ya que el comportamiento estético y mecánico de un sistema depende directamente de su composición. Por ello, conviene recordar los cambios estructurales que se han producido en las porcelanas a lo largo de la historia hasta llegar a las actuales cerámicas.

Químicamente, las porcelanas dentales se pueden agrupar en tres grandes familias: feldespáticas, aluminosas y circoniosas.

5.5.2 CERÁMICAS FELDESPÁTICAS

Las primeras porcelanas de uso dental tenían la misma composición que las porcelanas utilizadas en la elaboración de piezas artísticas. Contenían exclusivamente los tres elementos básicos de la cerámica: feldespato, cuarzo y caolín. Con el paso del tiempo, la composición de estas porcelanas se fue modificando hasta llegar a las actuales cerámicas feldespáticas, que constan de un magma de feldespato en el que están dispersas partículas de cuarzo y, en mucha menor medida, caolín.

El feldespato, al descomponerse en vidrio, es el responsable de la translucidez de la porcelana.

El cuarzo constituye la fase cristalina.

El caolín confiere plasticidad y facilita el manejo de la cerámica cuando todavía no está cocida. Además, para disminuir la temperatura de sinterización de la mezcla siempre se incorporan fundentes.

Conjuntamente, se añaden pigmentos para obtener distintas tonalidades.

Al tratarse básicamente de vidrios poseen unas excelentes propiedades ópticas que nos permiten conseguir unos buenos resultados estéticos; pero al mismo tiempo son frágiles y, por lo tanto, no se pueden usar en prótesis fija si no se apoyan sobre una estructura. Por este motivo, estas porcelanas se utilizan principalmente para el recubrimiento de estructuras metálicas o cerámicas.

Debido a la demanda de una mayor estética en las restauraciones, se fue modificando la composición de las cerámicas hasta encontrar nuevos materiales que tuvieran una tenacidad adecuada para confeccionar restauraciones totalmente cerámicas.

En este contexto surgieron las porcelanas feldespáticas de alta resistencia. Éstas tienen una composición muy similar a la anteriormente descrita. Poseen un alto contenido de feldespatos pero se caracterizan porque incorporan a la masa cerámica determinados elementos que aumentan su resistencia mecánica (100-300 MPa).

Deben su resistencia a una dispersión de microcristales de leucita, repartidos de forma uniforme en la matriz vítrea. La leucita refuerza la cerámica porque sus partículas al enfriarse sufren una reducción volumétrica porcentual mayor que el vidrio circundante.

Esta diferencia de volumen entre los cristales y la masa amorfa genera unas tensiones residuales que son las responsables de contrarrestar la propagación de grietas.

(Conrad HJ, 2010)

PROPIEDADES MECANICAS

El disilicato de litio, es particularmente atractivo dentro de los materiales de restauración para la profesión odontológica, ya que dentro de las llamadas vitrocerámicas posee capacidad de resistir grandes cargas y al mismo tiempo ser ópticamente más compatible con las estructuras dentales, teniendo la capacidad de mimetismo.

No obstante, las propiedades mecánicas de este material y en general en las cerámicas dentales, está directamente relacionada con su estructura, tal como lo concluyo Apel y colaboradores en el 2008, quien describió los fenómenos de propagación de grietas, mostrando como el disilicato de litio comparado con otras vitrocerámicas a base de leucita y apatita fue totalmente distinto, ya que el disilicato mostró que la propagación de la grieta se dio básicamente en el espacio intergranular correspondiente a la fase amorfa o vítrea del material y no en la parte cristalina, la cual se conservó intacta, a diferencia de las otras dos vitrocerámicas, quienes tuvieron daños a nivel de la fase vítrea y mínimamente entre los cristales, lo que hace pensar que la solidez estructural de este material se encuentra en los cristales que posee.

Dentro de este sistema, el disilicato se encuentra disponible en dos presentaciones, la primera que es para maquinarse y la segunda que es para prensarse, por la forma de procesamiento hay una diferencia en la resistencia mecánica y adaptación de las mismas tal y como lo demostró Lee y colaboradores en el 2008, quien concluyó que en cuanto a resistencia flexural el disilicato obtenido de manera prensada tenía mayores valores de adaptación marginal y resistencia flexural 400Mpa con respecto al disilicato maquinado en bloques quien tenía menores grados de adaptación marginal y una resistencia flexural de 360Mpa.

Clínicamente, este material ha demostrado su capacidad de translucidez frente a otras vitrocerámicas y cerámicas policristalinas, ya que a pesar de que estas últimas han demostrado unas propiedades mecánicas superiores al disilicato, no han podido contrarrestar los efectos de sus refuerzos cristalográficos, que hacen que tengan un efecto pobre al paso de luz, traduciéndose clínicamente en un efecto de opacidad. Situación que conlleva a la necesidad de recubrimientos con otras cerámicas de mayor efecto traslúcido pero con menor capacidad de soportar cargas mecánicas.

(Conrad HJ, 2010)

Este efecto multicapa en las coronas totalmente cerámicas tiene unos efectos a nivel biomecánico tales como:

Delaminación de la estructura con menos resistencia mecánica.

Débil unión entre capas por mal procesamiento.

5.5.3 CERÁMICAS ALUMINOSAS

En 1965, McLean y Hughes abrieron una nueva vía de investigación en el mundo de las cerámicas sin metal.

Estos autores incorporaron a la porcelana feldespática cantidades importantes de óxido de aluminio reduciendo la proporción de cuarzo. El resultado fue un material con una microestructura mixta en la que la alúmina, al tener una temperatura de fusión elevada, permanecía en suspensión en la matriz. Estos cristales mejoraban extraordinariamente las propiedades mecánicas de la cerámica. Esta mejora en la tenacidad de la porcelana animó a realizar coronas totalmente cerámicas.

Sin embargo, pronto observaron que este incremento de óxido de aluminio provocaba en la porcelana una reducción importante de la translucidez, que obligaba a realizar tallados agresivos para alcanzar una buena estética.

Cuando la proporción de alúmina supera el 50% se produce un aumento significativo de la opacidad. Por este motivo, en la actualidad las cerámicas de alto contenido en óxido de aluminio se reservan únicamente para la confección de estructuras internas, siendo necesario recubrirlas con porcelanas de menor cantidad de alúmina para lograr un buen mimetismo con el diente natural.

(Rus M, 2007)

5.5.4 CERÁMICAS INFILTRADAS CON ÓXIDO DE ALUMINIO

IN-CERAM®ALÚMINA: básicamente se explica su nombre ya que está compuesta de un 99% óxido de aluminio, lógicamente sin fase vítrea. Sin embargo, como en su proceso de sinterización no se alcanza la máxima densidad, el material resultante se infiltra con vidrio entre los cristales de alúmina por capilaridad para eliminar la porosidad residual. Se dice que su resistencia flexural está entre (42)500-630 Mpa, donde su indicación principal es coronas unitarias y púnticos de máximo tres unidades.

IN-CERAM® SPINELL: conserva el óxido de aluminio en un (72%), pero se le adiciona óxido de magnesio en un (28%). A esta combinación específica

se le denomina espinela ($MgAl_2O_4$), de allí toma su nombre y básicamente la incorporación de este nuevo compuesto se adiciona para mejorar las propiedades ópticas, sin embargo, (44) la adición de este nuevo componente reduce significativamente su resistencia flexural en aproximadamente de un 15 a 40% menos que las de alto contenido de alúmina, reduciendo sus posibilidades de uso clínico a restauraciones únicas en el sector anterior.

IN-CERAM® ZIRCONIA: compuesta de óxido de alúmina en (69%) con óxido de zirconio tetragonal en un (31%), este óxido de zirconio permite una mayor resistencia mecánica obteniéndose valores de 700Mpa, no obstante, este aumento significativo en su resistencia hace que esta cerámica sea mucho menos estética ya que se torna opaca, por esta razón su indicación es para estructuras de máximo tres unidades. (24) la solidez estructural de esta cerámica básicamente esta conferido a las partículas de Zirconia que presentan un volumen de aproximadamente 3% que ayudan a contrarrestar la propagación de fracturas.

(Betrachtung M, 2004)

5.5.5 CERÁMICAS CIRCONIOSAS

Este grupo es el más novedoso. Estas cerámicas de última generación están compuestas por óxido de circonio altamente sinterizado (95%), estabilizado parcialmente con óxido de itrio (5%). El óxido de circonio (ZrO_2) también se conoce químicamente con el nombre de circonia o circona. La principal característica de este material es su elevada tenacidad debido a que su microestructura es totalmente cristalina y además posee un mecanismo de refuerzo denominado transformación resistente.

Este fenómeno descubierto por Garvie & cols. en 1975 consiste en que la circonia parcialmente estabilizada ante una zona de alto estrés mecánico como es la punta de una grieta sufre una transformación de fase cristalina, pasa de forma tetragonal a monoclinica, adquiriendo un volumen mayor. De este modo, se aumenta localmente la resistencia y se evita la propagación de la fractura.

Esta propiedad le confiere a estas cerámicas una resistencia a la flexión entre 1000 y 1500 MPa, superando con un amplio margen al resto de porcelanas. Por ello, a la circonia se le considera el acero cerámico. Estas excelentes características físicas han convertido a estos sistemas en los candidatos idóneos.

Al igual que las aluminosas de alta resistencia, estas cerámicas son muy opacas (no tienen fase vítrea) y por ello se emplean únicamente para fabricar el núcleo de la restauración, es decir, deben recubrirse con porcelanas convencionales para lograr una buena estética.

El nuevo reto de la investigación es aumentar la fiabilidad de las actuales cerámicas monofásicas aluminosas y circoniosas. Recientemente, se ha demostrado que la circonia tetragonal metaestable en pequeñas proporciones (10-15%) refuerza la alúmina de forma significativa. Estos composites altamente sinterizados alcanzan unos valores de tenacidad y de tensión umbral mayores que los conseguidos por la alúmina y la circonia de forma individual.

Además, tienen una adecuada dureza y una gran estabilidad química. Así pues, estos biomateriales de alúmina circonia se presentan como una alternativa a tener en cuenta en el futuro para la confección de restauraciones cerámicas.

FASES CRISTALOGRÁFICAS

El óxido de zirconio estabilizado parcialmente con Ytrio, es un material inestable y polimórfico que puede estar organizado en tres diferentes patrones cristalográficos dependiendo de la temperatura: a temperatura ambiente y hasta 1.170 °C la estructura es monoclinica entre 1.170 y 2.370 °C la estructura es tetragonal y por encima de 2.370 °C en fase cúbica hasta fundirse.

Las transformaciones de una fase tetragonal a una monoclinica por enfriamiento, arenado, impacto o por estrés sobre la superficie está acompañada del aumento localizado del volumen que puede variar entre el 3 y el 5%.

La utilidad en el conocimiento de las fases cristalográficas del zirconio es indispensable debido a que este material es altamente inestable por lo que durante el proceso de enfriamiento después de haber sido calentado a altas temperaturas en su estado puro (ZrO_2), pasa de la fase tetragonal a monoclinica donde se produce un aumento grande de volumen en sus cristales que esta entre 3-5%, situación que es suficiente para causar micro cracks. Por esta razón la fabricación de componentes grandes de zirconio puro no es posible.

Sin embargo, el zirconio al ser inestable a temperatura ambiente, se fabrica en forma de bloques y se le agregan estabilizantes como óxido de ytrio (Y_2O_3) magnesio y óxido de calcio. A este material resultante es al que se le llama zirconio parcialmente estabilizado.

TRANSFORMACIÓN RESISTENTE

En 1975, Garvie R.C., Hannink R.H. y Pascoe R.T, describieron un fenómeno que ellos describieron como “aumento de tenacidad por transformación de fase” o “transformación resistente”, donde esta consiste en retener la fase tetragonal metaestable a temperatura ambiente y, en la capacidad de transformarla bajo tensión en los puntos cercanos a la punta de una grieta.

Sin embargo y pese al incremento de la tenacidad mediante este mecanismo, la transformación t-m ha sido también el punto débil del zirconio debido principalmente al fenómeno de degradación hidrotérmica, también

conocido como envejecimiento o degradación a baja temperatura. Este fenómeno ocurre por la lenta transformación t-m en la superficie, acompañada de micro agrietamiento, cuando el material está en ambientes húmedos lo que trae como consecuencia la pérdida de resistencia mecánica.

BLOQUES DE ZIRCONIO Y CAD/CAM

Como bien se sabe que el óxido de zirconio estabilizado parcialmente con ytrio usado para fines dental-protésicos es un material que es obtenido mediante bloques que deben ser maquinados para ser caracterizados en forma de dientes. Estos bloques vienen en distintas formas y características específicas dependiendo en la forma en la que se deseen maquinar, entre ellos se producen bloques para ser caracterizados por sistema CAD-CAM (computer-aided design/computer-aided manufacturing) o bien sea por sistema de brazos pantográficos.

El estado de estos bloques normalmente es en su forma presinterizada, es decir, en un estado mucho más poroso y con una capacidad de resistencia a ser tallado menor, todo esto con el fin de poder ser caracterizados en cuanto a forma ya que en su forma densamente sinterizada estos bloques sin difícilmente maquinados ya que desgastan los instrumentos rotatorios desgastándolos y/o fracturándolos.

Los bloques se obtienen por presión isostática tomando el zirconio en polvo, presionándolo y sinterizándolo a altas temperaturas para obtener estos bloques finales.

Existen dos diferencias básicas en los sistemas por maquinado manual y asistida por computador, en la primera, se diseña la proyección de la restauración o estructura final en cera o resina siendo esta de un tamaño mayor, para contrarrestar la contracción producida durante la sinterización y representada en porcentaje en cada bloque por el fabricante. Entretanto, este sistema tiene dos brazos, uno que contacta y recorre manualmente la posible restauración y el segundo brazo sigue dicha forma con un instrumento de tallado que va cortando el zirconio caracterizándolo en forma de diente.

En el sistema asistido por computador, este calcula y calibra la fresadora para contrarrestar el porcentaje de contracción que sufrirá la restauración a realizar. Básicamente este sistema obtiene la forma final de la restauración a partir del escaneo de la preparación dental intraoralmente o por medio del escaneo de esta misma preparación en un modelo de trabajo o inclusive de otra restauración previamente realizada o del diente sin preparar.

Por otro lado, las únicas diferencias entre el proceso de maquinado no son solo técnicas sino tiene también efectos clínicos, tal y como lo demostró Kohorst en el 2011, quien afirmó en su trabajo que los sistemas guiados por computadora o CAD/CAM tuvieron mejores valores de adaptación marginal que los sistemas por brazos pantográficos cuando se maquinaban estructuras de zirconio de una a cuatro unidades.

ZIRCONIO COMO MATERIAL DE ESTRUCTURA Y SU COMPORTAMIENTO BIOMECÁNICO

Desde su introducción como material odontológico en los años 90, el zirconio fue propuesto como material de estructura ya que a pesar de haber demostrado excelentes propiedades mecánicas dentro de los materiales cerámicos, al ser un material con un alto contenido cristalino ópticamente se comporta como un material opaco, siendo descartado como material de contorno total. Por este motivo, este material prontamente fue teniendo un uso como estructura para enmascarar dientes pigmentados o con núcleos y/o postes metálicos.

No obstante, al ser un material de estructura, necesita una cerámica de blindaje, que comúnmente se trata de cerámica feldespática quien además de dar una alta estética, es altamente compatible con el dióxido de zirconio estabilizado parcialmente con ytrio.

Por las razones anteriormente mencionadas, biomecánicamente el zirconio y su estructura de blindaje se comportan como una estructura bilaminar, donde la fase correspondiente a la cerámica feldespática es quien mayores tazas de fracaso sufre ya que tiene una resistencia flexural mucho menor (100Mpa), comparado con el zirconio (1400Mpa), presentándose chipping (falla cohesiva entre el mismo material, en este caso la cerámica feldespática) ya que esta estructura es quien primero recibe la carga compresiva de la masticación tanto en restauraciones dento e implanto soportadas.

También se presentan fallas de tipo adhesivo falla entre dos materiales de distintas naturalezas en este caso, zirconio y cerámica feldespática, que son las más discutidas desde el uso clínico del zirconio.

Aunque el mecanismo exacto de los fenómenos de adhesión entre el zirconio y la estructura de blindaje no está aún bien delimitada dentro de la literatura científica, los motivos por los cuales suceden fallas catastróficas en esta unión pueden suceder por: espesor inadecuado de la cerámica de recubrimiento creando tensiones residuales, enfriamiento lento de la cerámica después de la sinterización crea tensiones residuales en la cerámica de recubrimiento y bajos valores de tensión compresiva sobre la cerámica de

estructura, grandes discrepancias entre coeficientes de expansión térmica entre la cerámica de estructura y la de recubrimiento.

Entretanto, la comunidad científica tratando de contrarrestar los efectos de delaminación de la cerámica de estructura y la de recubrimiento ha propuesto contar con cerámicas de recubrimiento confeccionadas por medio de sistemas CAD/CAM, por una tecnología llamada "Rapid Layer Technology", donde el software CAD, diseña el espesor del fresado de la cerámica de estructura (en este caso, el zirconio) y también Diseña el espesor de la cerámica de recubrimiento, y el CAM, fresa estas dos estructuras individualmente en sus bloques correspondiente, luego ambas estructuras se unen entre sí mediante un agente cementante dependiendo de la cerámica de recubrimiento escogida.

Entretanto, algunos autores han mencionado el comportamiento Biomecánico que existe en este tipo de restauraciones bilaminadas con doble interface adhesiva, dando como resultados un mejor comportamiento que aquellas que se unen por el proceso de sinterización convencional. Sin embargo, se necesitan más estudios con comportamientos y supervivencia a largo plazo de este tipo de restauraciones.

5.5.4.1 ZIRCONIO MONOLÍTICO

El zirconio monolítico aparece dentro del campo de la odontología como una alternativa biomecánicamente confiable, para contrarrestar los efectos producidos en las fallas catastróficas presentadas en los sistemas de restauraciones bilaminadas.

Las casas fabricantes rápidamente introducen al mercado, bloques de zirconio con la misma composición del zirconio usado para confección de estructuras, pero argumentando que con estos se pueden confeccionar estructuras de contorno total, de ahí su nombre de monolítico, ya que de una sola que proviene del prefijo mono piedra que proviene del prefijo lito, se obtiene una restauración cuya composición es totalmente de un mismo material, que en este caso es el zirconio, donde no habría interfaces entre materiales.

Entretanto, la caracterización colorimétrica de las restauraciones realizadas en zirconio monolítico aún no han sido bien determinadas ni estudiadas con exactitud, sin embargo, lo único que reportan las casas comerciales es que se trata de líquidos cuya composición esta realizada a base de agua o oxídica, no obstante no ha sido reportada oficialmente su composición ni porcentajes, solo se sabe que se aplica por capas y tiene igualmente un glaseado químico y que posteriormente es sinterizado para obtener su forma final.

(J.A., 2012)



5.6 COLOR

Con la introducción de nuevos materiales zirconiosos se plantea un nuevo reto para el campo de la restauración y es el manejo del color, el cual se puede definir como una sensación producida por los rayos luminosos que impresionan los órganos visuales y que depende de la longitud de onda. Sin embargo, se dice que la ciencia del color involucra, percepciones físicas, psicológicas e incluso filosóficas.

(Ahn J, 2006)

5.6.1 SENTIDO DE LA VISTA

Debido a que la percepción del color, es un fenómeno derivado u originado por el órgano de la vista, es imprescindible mencionar que el (85) ojo humano cuenta con dos tipos de células retinianas: los conos y los bastoncillos; que a su vez están divididos en otro grupo de tres células llamadas foto pigmentos; cada foto pigmento tiene la capacidad de percibir un color (rojo, azul, verde); los bastoncillos son quienes se encargan de percibir la intensidad de la luz (percibir entre claro y oscuro), mientras que los conos son los encargados de percibir tonalidades. Los bastoncillos se encuentran en mayor cantidad que los conos, por eso para el ojo humano es más fácil la percepción de la claridad u oscuridad que las tonalidades.

Una vez es percibida por conos y bastoncillos, la percepción de luz viaja por el nervio óptico, que transporta esa información hacia el lóbulo occipital del cerebro donde se forma la percepción del color.

5.6.2 DIMENSIONES DEL COLOR

Gracias a que Henry Munsell, quien fue el primer artista en tratar de unificar conceptos sobre color, creó un sistema donde se hablaba de atributos y dimensiones del mismo creando su propia escala que se trata de un cilindro donde la punta se representa el blanco y la base es negra. Alrededor de este cilindro se desprenden los hue's que se van degradando según su valor.

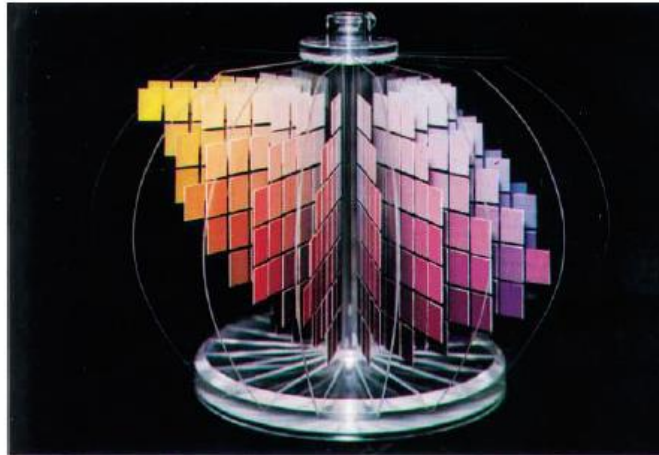


Figura 44 Escala de color de munsell

5.6.3 MATIZ

Es la longitud de onda dominante de un color, es lo que llamaríamos: azul, rojo, verde, amarillo, en el espectro visible. Es también conocido como hue, o sinónimo de color, usado para describir los pigmentos del diente o la restauración.

(Ahn J, 2006)



Figura 45 Matiz

5.6.4 CHROMA, SATURACIÓN O INTENSIDAD

Es la dimensión del color que nos permite medir su cantidad de pigmentos.

Es también conocido como pureza de excitación e indica el grado de diferenciación de respecto de la percepción del color acromático que más se le asemeje.

(Ahn J, 2006)



Figura 46 croma, saturación o intensidad.

5.6.5 VALOR O LUMINOSIDAD

Es la cantidad de “brillo”, “luminosidad” o “gris” que tiene el color, que tan claro u oscuro es; se mueve dentro de una escala acromática, por lo que son sólo tonos que van desde el blanco hasta el negro, con toda la gama de grises. También es conocido como reflectancia lumínica; al negro estándar, por lo tanto se le asigna una reflectancia lumínica de 0, mientras que al blanco se le asigna una reflectancia lumínica de 100. Mientras mayor cantidad de luz, mayor será el valor.



Figura 47 Valor o luminosidad

5.6.6 FENÓMENOS DE LUZ

Para entender el color, es de suma importancia comprender que este es el resultado de los fenómenos de luz. El ojo humano, solo alcanza a percibir longitudes de ondas comprendidas entre 380 y 780 nm dentro del espectro electromagnético. El conjunto de radiaciones comprendidas en esos rangos constituyen la luz solar, percibida como luz blanca o incolora. Valores por debajo de los 380nm representan el ultravioleta y puede incluso producir fluorescencia en algunos cuerpos.

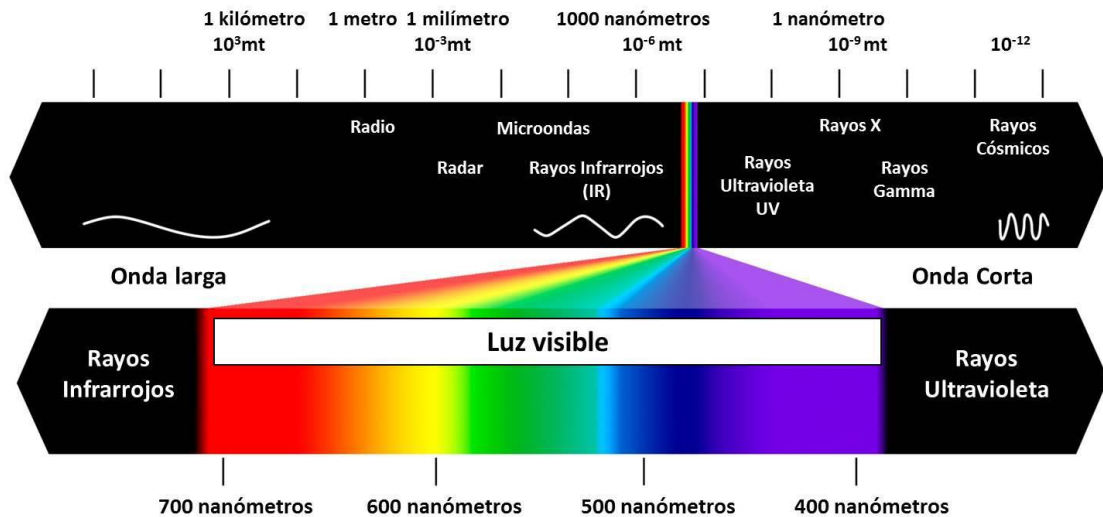


Figura 48 Espectro electromagnético

5.6.7 TRANSMISIÓN, ABSORCIÓN Y REFLEXIÓN DE LA LUZ

La luz, produce efectos sobre los objetos con los que interactúa, los dientes no son la excepción. Entenderemos entonces que la luz, al incidir sobre un objeto, si este es especular (o que se comporta como un espejo) donde el ángulo de incidencia (punto desde el cual emerge la luz), es el mismo que el de reflexión (la luz refleja sobre el objeto y se devuelve en el mismo ángulo del que provino), se le llama reflexión, que según el objeto sobre el que incida la luz, será (especular, difusa, semirrigida, semidifusa). Este fenómeno es medible mediante la reflectancia.

Mientras que la transmisión de la luz se refiere a la capacidad que tiene la misma de atravesar los cuerpos transparentes o translúcidos. En este fenómeno, la dirección de los rayos luminosos cambia de dirección por refracción al pasar oblicuamente de un medio a otro de distinta densidad. Este fenómeno es medible en su magnitud de transmitancia.

La absorción se define como la cantidad de luz que absorbe un cuerpo al ser atravesado por la luz, medido por la absorbancia. Como es perceptible, estos fenómenos de luz están relacionados entre si, sin embargo, puede que no todos se presenten al mismo tiempo.

5.6.8 ESPECTROFOTOMETRÍA Y ESPECTROFLUOROMETRÍA

La cuantificación de los fenómenos de luz es de suma importancia dentro del campo de la odontología, ya que ha permitido el desarrollo y el perfeccionamiento de nuevos materiales que nos permitan realizar restauraciones más estéticas y camaleónicas frente a los dientes naturales. Por tal razón, la espectrofotometría es una herramienta de medición cuantitativa bien sea de la luz absorbida, la luz reflejada o la transmitida en diferentes rangos de onda que pueden estar dentro del rango del espectro visible o del no visible.



Figura 49 Espectrofotómetro y su funcionamiento

Normalmente el este instrumento puede medir todo el espectro electromagnético, sin embargo existen algunos que sólo miden el rango del visible o algunos que solo miden el no visible, para el caso específico de mediciones de luminiscencia se habla de espectrofluorimetría o espectrofotometría de fluorescencia

5.7 FENÓMENOS DE LUZ Y TEJIDO DENTAL

El color de un diente es determinado por una combinación de sus propiedades ópticas. Principalmente se producen varios efectos:

- 1) Transmisión de la luz especular a través del diente.
- 2) Reflexión especular en la superficie.
- 3) Reflexión de la luz difusa en la superficie.
- 4) Absorción y dispersión de la luz dentro de los tejidos dentales.

El color de los dientes está dado por el volumen de dispersión de la luz que se produce, es decir, La luz al incidir sobre el diente, este se dispersa en diferentes microestructuras y luego emerge a la superficie de incidencia alcanzando el ojo humano.

Los principales responsables de la dispersión de la luz son los túbulos dentinales y los cristales de hidroxapatita. Sin embargo, algunos autores han reportado que el responsable del color dental está dado por la dentina humana más que por el esmalte de la misma, al realizar un estudio con 28 dientes humanos.

Dentro de los fenómenos de luz, los dientes adquieren ciertas características ópticas específicas que los caracterizan como son:

FLUORESCENCIA, que es la característica que hace que los dientes se vean blancos y brillantes ante la luz del día, y que emita una fluorescencia azul en la oscuridad al ser emitida luz uv,

TRASLUCIDEZ, que es representada por el esmalte que da como resultado un efecto transparente,

OPALESCENCIA, que proviene del efecto opal del mineral, quien se comporta reflejando una luz azulada y una naranja/marrón bajo la luz transmitida. Todas estas características, permiten que en conjunto, los dientes tengan una apariencia estética y natural. Finalmente la odontología restauradora trata de imitar estas propiedades buscando que los materiales empleados puedan mimetizarse y ser a la vez resistentes ante los esfuerzos masticatorios.

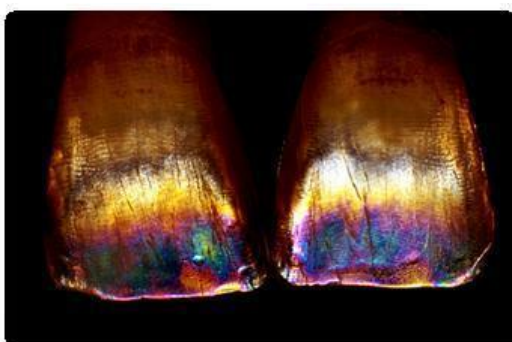


Figura 50 Opalescencia



Figura 51 Fluorescencia



Figura 52 Traslucidez

5.8 CIEL*A*B

Es una medida de descripción de todos los colores que puede percibir el ojo humano estandarizado por la Commission Internationale d'Eclairage comisión internacional de la iluminación, cada letra representa un parámetro, donde L representa el grado de luminosidad donde 0 es negro y 100 es blanco, a posición entre el rojo y el verde, b posición entre el amarillo y el azul.

La parte que corresponde al CIE, se refiere a la estandarización que debe tener tanto la fuente lumínica como la respuesta del ojo humano o receptor. Para su mejor comprensión por parte de los clínicos, la zona del espacio cromático correspondiente a los dientes naturales ha sido descrita como un sub espacio cromático con forma de plátano en el sistema $L^*a^*b^*$.

Este espacio cromático dental está situado entre el rojo claro y el amarillo claro; tienen forma alargada y se extiende paralelamente el eje de luminosidad. Los valores extremos de este sub espacio cromático es decir los del diente más claro existente en la naturaleza y los del diente más oscuro, son en el sistema $L^*a^*b^*$ los valores de 78/1/12 y 62/6/31.

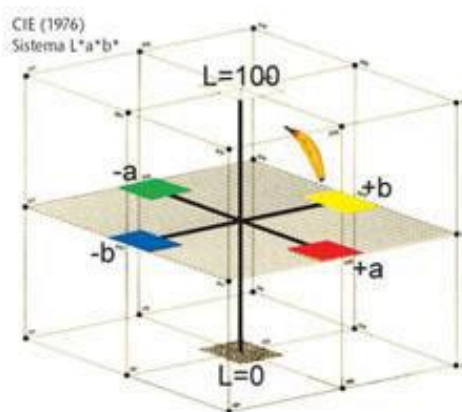


Figura 53

El sistema CIELab, también nos permite conocer, cual es el grado de aceptabilidad o inaceptabilidad de color y su grado de perceptibilidad por ΔE^*ab , datos que nos permiten evaluar el grado de mimetismo que puede alcanzar un material. Definida por la siguiente ecuación:

El CIELab pretende también estandarizar parámetros como el observador, que de manera general se dice que el ojo humano mira circularmente un objeto a más o menos 2º formando un ángulo sólido conocido como CIE 2º.

Entretanto el iluminante es la fuente de luz a la que está sometido dicho objeto, quien generalmente es luz día de diferentes horas por ejemplo, D50, D55, D65, y D75; donde generalmente D65 es el más usado en estudios de color dental ya que representa la luz del medio día. Existen igualmente otros iluminantes como los CIE F que son los producidos por las lámparas de lámparas fluorescentes, CIE B, CIE E, quienes representan fuentes lumínicas provenientes de bombillos de tungsteno.

(Li Q, 2010)

SELECCIÓN DEL COLOR EN CERÁMICAS DE USO ODONTOLÓGICO

Como ya se ha descrito, el color es el resultado del comportamiento lumínico frente a diferentes condiciones, y que no tiene un comportamiento lineal sino que tiene parámetros dimensionales, para ello, los profesionales y técnicos dentales han creado estandarizaciones o guías que permiten organizar espacial y visualmente el color dental en sus dimensiones. De igual manera existen dos formas esenciales en la toma del color y es una técnica visual subjetiva y una técnica instrumental.

(Donald J, 2010)

ESCOGENCIA VISUAL DEL COLOR

Aunque algunos autores ya hayan reportado la superioridad de las técnicas instrumentales, Gómez en el 2014, demostró que hay una fuerte correlación entre la escogencia de valor, seguido por hue y por último en croma, entre el ojo humano y los espectrofotómetros dentales.

Tenemos entonces que la escogencia de color por métodos subjetivos está aún vigente en la clínica por su fácil adquisición, economía y adaptabilidad para observación de color por el paciente. Los clínicos, actualmente cuentan con guías cromáticas donde las más usadas son:

VITAPAN CLASSICAL

Un referente mundial en selección de color dental ha sido desarrollado por la compañía VITA ZAHNFABRIK® desarrollada desde 1960 con el nombre de Vita Lumin Vacuum Shade Guide, que posteriormente cambió su nombre al de Vitapan classical Shade Guide en el 98.

En esta guía que cuenta con 16 opciones se puede escoger el hue y croma pero no se cuenta con el parámetro más importante y es el valor. Básicamente cuenta con 4 grupos, que contienen 6 tonalidades:

A (marrón- rojizo), B (amarillo-rojizo), C (gris) y D (gris –rojizo); en cada grupo, se subclasifica, por ejemplo, del A1, hasta el A4 por orden de saturación, siendo el A1 el menos saturado. Según el número se va disminuyendo igualmente la luminosidad.

VITAPAN CLASSICAL SHADE GUIDE

Vitapan 3D master

Desde que Sproull en el 70 habló de las dimensiones del color, y Preston y Bergen determinaron el valor como la dimensión más importante del color. La VITA, buscó corregir los errores que tenía la guía clásica y esta vez lanzaron al mercado una guía donde se observan laminillas o dientes organizados en 5 grupos de acuerdo a su luminosidad.

En cada grupo, se ordenan de arriba hacia abajo, por croma (organizados así: 1;1,5;2;2,5;3), de izquierda a derecha en cada grupo se organizan por saturación(d) (es por ello, que se observan tres letras (L: con tendencia al amarillo, M: con tendencia al naranja, R: con tendencia al rojo).

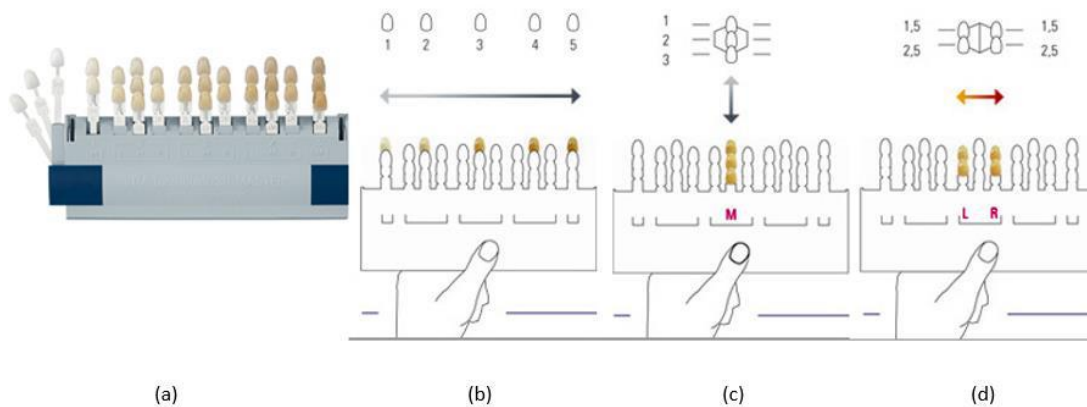


Figura 54

Actualmente, dicha guía cuenta con una variación importante, y es la introducción de un grupo cero que es el de los colores correspondientes a dientes que han sido sometidos a procesos de aclaramiento dental.

LINEAR GUIDE

Fue desarrollada con la colaboración del Dr. Rade D. Paravina, Departamento Dental en Houston de la Univesidad de Texas, USA. Contiene muestras de los mismos 29 colores que incluye la guía VITA Toothguide 3D-MASTER. Sin embargo, su nombre se debe a que se organiza linealmente contando con varias guías, la primera, donde se llama valueguide, seguida de la chromaguide y por último la hueguide.



Figura 55 Esta 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.

(Li Q, 2010)

5.9 CLASIFICACIÓN POR LA TÉCNICA DE CONFECCIÓN

La clasificación de las cerámicas analizando exclusivamente la forma de confección en el laboratorio es bastante útil y representativa. Siguiendo este criterio, los sistemas cerámicos se pueden clasificar en tres grupos: condensación sobre muñón refractario, sustitución a la cera perdida y tecnología asistida por ordenador.

5.9.1 CONDENSACIÓN SOBRE MUÑÓN REFRACTARIO

Esta técnica se basa en la obtención de un segundo modelo de trabajo, duplicado del modelo primario de escayola, mediante un material refractario que no sufre variaciones dimensionales al someterlo a las temperaturas que requiere la cocción de la cerámica.

La porcelana se aplica directamente sobre estos troqueles termoresistentes.

Una vez sinterizada, se procede a la eliminación del muñón y a la colocación de la prótesis en el modelo primario para las correcciones finales.

5.9.2 SUSTITUCIÓN A LA CERA PÉRDIDA

Este método está basado en el tradicional modelado de un patrón de cera que posteriormente se transforma mediante inyección en una estructura cerámica, tal y como clásicamente se efectúa con el metal.

Inicialmente se encera el patrón que puede representar la cofia interna o la restauración completa. Una vez realizado el patrón, se reviste en un cilindro y se procede a calcinar la cera. A continuación, se calienta la cerámica hasta su punto de fusión. El paso del material hacia el interior del cilindro se realiza por inyección, en donde un pistón va empujando la cerámica fluida hasta el molde.

Diversos estudios han demostrado que este procedimiento aumenta la resistencia de la cerámica porque disminuye la porosidad y proporciona una distribución más uniforme de los cristales en el seno de la matriz.

5.9.3 TECNOLOGÍA ASISTIDA POR ORDENADOR

Hoy en día, la tecnología CAD-CAM (Computer Aid Design - Computer Aid Machining) nos permite confeccionar restauraciones cerámicas precisas de una forma rápida y cómoda. Todos estos sistemas controlados por ordenador constan de tres fases: digitalización, diseño y mecanizado. Gracias a la digitalización se registra tridimensionalmente la preparación dentaria.

Esta exploración puede ser extraoral (a través de una sonda mecánica o un láser se escanea la superficie del troquel o del patrón) o intraoral (en la que

una cámara capta directamente la imagen del tallado, sin necesidad de tomar impresiones). Estos datos se transfieren a un ordenador donde se realiza el diseño con un software especial. Concluido el diseño, el ordenador da las instrucciones a la unidad de fresado, que inicia de forma automática el mecanizado de la estructura cerámica.

Actualmente, no existe suficiente evidencia científica para determinar cuál es el mejor procedimiento. Sin embargo, en lo que sí están de acuerdo la mayoría de los autores es que en el futuro, la tecnología CAD/CAM se impondrá a la técnica de confección manual.

Con las técnicas descritas se puede realizar el volumen completo de la restauración y luego proceder a su caracterización mediante maquillaje superficial; o se puede confeccionar la estructura interna y luego terminarla mediante la aplicación de capas de porcelana feldespática convencional.

El maquillaje superficial se utiliza más en incrustaciones y carillas. Mientras que la estratificación de capas es el método ideal para coronas y puentes, ya que nos permite obtener mejores resultados estéticos porque el color se consigue desde las capas profundas.

5.10 CRITERIOS DE SELECCIÓN

Como hemos comprobado, en la actualidad disponemos de un amplio espectro de cerámicas con propiedades y aplicaciones muy diferentes en función de su composición química y proceso de síntesis. Por ello, a la hora de seleccionar el sistema cerámico más adecuado, resulta vital conocer el comportamiento de estos materiales analizando los requisitos básicos que se le pide a cualquier prótesis fija: resistencia a la fractura, precisión desajuste marginal, estética y supervivencia clínica.

5.10.1 RESISTENCIA A LA FRACTURA

Uno de los principales problemas que afecta la vida de las restauraciones es la fractura de la cerámica. En teoría, todos los sistemas actuales poseen una adecuada resistencia a la fractura porque todos superan el valor límite de 100 MPa, establecido por la norma ISO 6872. Pero la realidad es que existen diferencias considerables entre unos y otros.

Por este motivo, creemos que es más correcto utilizar como punto de referencia la resistencia de las restauraciones metal-cerámica, que está comprendida entre los 400 y 600 MPa⁵. De manera que podemos clasificar a las cerámicas sin metal en tres grupos:

1. Baja resistencia (100-300 MPa): En el que se sitúan las porcelanas feldespáticas.

2. Resistencia moderada (300-700 MPa): Representado fundamentalmente por las aluminosas.
3. Alta resistencia (por encima de 700 MPa): En el que quedarían encuadradas todas las cerámicas circoniosas.

Esta clasificación tiene una gran importancia clínica, ya que nos permite delimitar las indicaciones de los distintos materiales cerámicos. Como ya señalamos, los sistemas circoniosos debido a sus elevados valores se han convertido en los candidatos idóneos para elaborar prótesis cerámica en zonas de alto compromiso mecánico.

Sin embargo, no podemos olvidar que estos datos se refieren exclusivamente a las estructuras de zirconia. En la práctica clínica, estas prótesis incorporan porcelana de recubrimiento, que presenta unas propiedades mecánicas distintas.

Así, Sundh y cols. demostraron que el recubrimiento cerámico disminuía notablemente la tenacidad de la zirconia, justo al contrario de lo que ocurre en las cerámicas feldespáticas y aluminosas. Cuanto más frágil es el núcleo, mayor es el refuerzo que ejerce la porcelana de recubrimiento. A medida que se aumenta la tenacidad de la estructura, se pierde el efecto de blindaje de la porcelana de recubrimiento. Por lo tanto, debemos de ser cautos a la hora de indicar estas restauraciones porque aunque su resistencia supere a la del resto de cerámicas, todavía queda mucho camino por recorrer antes de que estos sistemas estén en condiciones de sustituir a la técnica metal-cerámica en su empleo cotidiano.

No obstante, sabemos que la resistencia de una restauración también depende de una serie de factores clínicos como son: la preparación dentaria, el diseño de la estructura y el cementado. Si se manejan de forma adecuada, la probabilidad de fractura se reduce significativamente.

5.10.2 PRECISIÓN DE AJUSTE MARGINAL

Para poder hablar de éxito en prótesis fija es imprescindible conseguir un buen sellado marginal. Las restauraciones indirectas, al confeccionarse fuera de boca y posteriormente fijarse a la preparación, generan una interfase, es decir, siempre existe un espacio real o virtual entre el diente y la prótesis. La misión del agente cementante es rellenar esta interfase para aumentar la retención entre ambos elementos y mantener su integridad. La adaptación marginal tiene una gran importancia clínica, ya que los desajustes a este nivel son los responsables de una serie de alteraciones que van a desembocar con el paso del tiempo en el fracaso del tratamiento.

Por lo tanto, para garantizar la longevidad de una restauración es fundamental que la interfase preparación - prótesis sea mínima. Indudablemente, el ajuste perfecto es aquel en el que el margen de la restauración coincide con

el ángulo cavosuperficial del diente. Pero como esta situación es difícil de alcanzar, siempre se acepta cierto grado de discrepancia.

Actualmente, no disponemos de un consenso sobre el tamaño de interfase aceptable desde el punto de vista clínico, ya que en la adaptación final de una prótesis fija influyen múltiples variables entre las que cabe señalar: la preparación dentaria, la técnica de confección de la restauración, la selección del agente cementante y la técnica de cementado.

5.10.3 ESTÉTICA

La estética es otro factor determinante en la elección de estos sistemas.

En la clínica diaria, la mayoría de las situaciones las resolvemos con las técnicas ceramometálicas, y no cabe duda de que con estas restauraciones se consiguen unos resultados estéticos más que aceptables, pero nunca alcanzan la naturalidad de la prótesis cerámica. Esto se debe a que la cofia metálica impide el paso de la luz, reduciendo la profundidad del color.

En cambio, la cerámica sin metal, al permitir la transmisión de la luz a través del cuerpo del diente, consigue mayor mimetismo. Sin embargo, a pesar de que las restauraciones totalmente cerámicas son siempre más estéticas que las ceramometálicas, existen diferencias entre ellas. Estas diferencias radican fundamentalmente en el grado de translucidez de estos materiales. Así, podemos clasificar a los sistemas cerámicos en dos grupos en función de su comportamiento estético: translúcidos y opacos

En este punto es importante recordar que la matriz vítrea es la responsable de la translucidez de la porcelana. Por lo tanto, en el primer grupo se encuentran aquellas cerámicas que tienen una mayor fase vítrea, es decir, las feldespáticas.

También incluimos en este apartado perfecto copista de la anatomía dentaria.

La simetría y proporcionalidad son también factores condicionantes de la estética, ya que dientes asimétricos o de proporciones exageradas respecto a los dientes remanentes van a alterar la armonía y el equilibrio global de la sonrisa.

ANEXOS

DESCRIPCIÓN DE LA FICHA TÉCNICA – SELECCIÓN DE COLOR

Encontramos el título centrado y en letra cursiva, debajo de él se debe escribir el nombre del paciente, continuando con el doctor que atiende al paciente y se finaliza con el laboratorio que hará la prótesis.

Del lado superior derecho se coloca la fecha y el número de ficha que se está generando para tener un mayor control y evitar traspapelo.

Y comenzamos con la primera tabla que es para seleccionar con una “X” la marca del colorímetro que se utilizó en la toma del color con el fin último de tener el color más preciso.

En la parte central nos encontramos con una tabla ilustrada de un diente anterior dividido en tercios, comenzando por el tercio incisal marcado con una “I”, después el tercio medio marcado con “M” y terminando con el tercio cervical “Ce” en los cuales se deben colocar los nombres respectivamente de los colores que se utilizan de acuerdo al colorímetro utilizado.

Al igual que el anterior, tenemos una tabla ilustrada del diente posterior dividida en tercios comenzando por el tercio oclusal señalado con una “O” después el tercio medio marcado con “M” y terminando con el tercio cervical “Ce” se deben colocar los nombres respectivamente de los colores a utilizar con el fin de tener una mejor estética en la prótesis.

En la parte inferior izquierda aparece una tabla donde se deberá marcar con una “X” el tipo de luz que fue utilizada durante la prueba de la toma de color.

Y para finalizar dos tablas que especifican tanto si se enviara la foto en blanco y negro para evaluar correctamente el color del esmalte y por qué medio se hace tal acción señalando con una “X”.

Ficha técnica – Selección de color


Paciente: _____
 Doctor: _____
 Laboratorio: _____

Fecha: _____
 # Ficha: _____

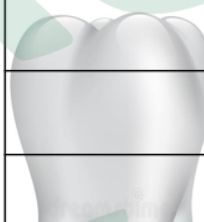
Marca utilizada (Marca con una "X")

VITA	
Chromascop	
Noritake	
Otro: _____	

Diente anterior (Indica el color)

	I	
	M	
	Ce	

Diente posterior (Indica el color)

	O	
	M	
	Ce	

Luz utilizada (Marca con una "X")

Con Luz Artificial	
Con Luz Natural	
Ambas Luces	

Foto original del diente (Blanco y Negro)

¿Se enviará foto(s)? Si _____ No _____

(Marca con una "X")

Con flash	
Sin flash	

(Marca con una "X")

WhatsApp	
Corre electrónico	

