

MARC  
698  
R/17376

T  
C 345 L  
199?



**Universidad de Valparaíso**  
**Facultad de odontología**  
**Escuela de Graduados**  
**Cátedra de Operatoria**

**SEMINARIO DE TESIS PARA OPTAR A LA  
ESPECIALIDAD DE ODONTOLOGÍA RESTAURADORA  
CON MENCIÓN EN OPERATORIA**

**TEMA**

**LUZ, ÓPTICA, COLOR Y COLORIMETRÍA EN  
ODONTOLOGÍA COSMÉTICA DIRECTA.  
(FENOMENO DE FLUORESCENCIA)**



**Integrante:** Dr. Juan Carlos Coto Menjívar.  
**Profesor en Jefe:** Dr. Oscar Steenbecker G.  
**Profesor Guía:** Dra. Gloria Cataldo.

Valparaíso – Chile.

## DESARROLLO.

<b>1. Introducción</b>	1
<b>2. Objetivos</b>	2
<b>3. Marco teórico</b>	3
<b>3.1. Luz, Óptica y Color</b>	3
<b>3.1.1 Luz</b>	3
I) Luz.	3
a) Ondas, partículas y teorías electromagnéticas de la luz	3
b) Velocidad de la luz	4
c) Cuerpos luminosos e iluminados	4
II) Fenómenos de la luz	5
a) Reflexión	5
b) Refracción	7
c) Absorción	8
d) Difracción	9
III) Transmisión	9
a) Transparencia	10
b) Translucidez	10
<b>3.1.2 Óptica</b>	11
I) Visión en humanos	11
a) Ojo humano (anatomía y función)	11
b) Rol de la retina	12
c) Rol del nervio óptico y el cerebro	13
II) Color y visión estereoscópica	13
III) Percepción	14
<b>3.1.3 Color</b>	16
I) Armonización de los colores y su búsqueda	17
II) Contrastes – La interacción del color	18
III) Dimensiones del color	19
IV) Cualidades tonales	19
V) Los elementos de la escala	20
VI) Medición del color.	21
a) Técnica instrumental.	21
b) Técnica visual.	21
VII) Dimensiones del color.	22
VIII) Metamerismo.	24
<b>3.2 Comportamiento óptico y colorimétrico del diente.</b>	25
I) Pulpa.	26
II) Dentina.	26
a) Dentina secundaria fisiológica.	27
b) Dentina esclerótica.	27
c) Dentina transparente.	27

III)	Esmalte.	28
	a) Tercio incisal.	29
	b) Tercio medio.	29
	c) Tercio cervical.	29
	d) Translucidez.	30
	e) Luminiscencia.	31
	f) Fluorescencia.	32
	g) Fosforescencia.	32
	h) Opalescencia.	32
	i) Iriscencia.	33
<b>3.3</b>	<b>Tipo de composite y armonía óptica.</b>	<b>34</b>
I)	Resinas fluidas.	35
II)	Microrelleno.	35
III)	Híbridas.	36
<b>3.4</b>	<b>Colorimetría.</b>	<b>38</b>
I)	El sistema de colores Munsell.	39
II)	El sistema de colores CIELab.	40
III)	Las guías de colores	41
IV)	La guía de color VITA.	42
V)	La guía de color VITAPAN – 3D Master.	43
VI)	La guía de color Chromascop.	44
VII)	La guía de color TruMatch (Esthet-X).	45
VIII)	La toma de color Subjetiva.	47
IX)	Principios básicos en la toma de color.	47
<b>4</b>	<b>Metodología.</b>	<b>51</b>
<b>4.1</b>	<b>Casuística.</b>	<b>51</b>
	(Comportamiento óptico de los materiales restauradores bajo diferentes fuentes lumínicas)	
I)	Material.	51
II)	Método.	52
III)	Resultados.	54
<b>5</b>	<b>Conclusiones.</b>	<b>59</b>
<b>6</b>	<b>Referencias bibliográficas.</b>	<b>60</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

---

La luz y los fenómenos relacionados con ella han desempeñado un papel fundamental en la evolución y el desarrollo de la humanidad. Difícil sería imaginar un mundo envuelto en la eterna oscuridad; lo que sí es claro es que sería muy diferente del mundo en que vivimos.... Y mucho menos interesante.

Tomando esto en cuenta, no es de sorprender que la óptica haya surgido como una de las primeras ramas de las ciencias naturales: desde épocas muy remotas el hombre se ha sentido atraído por fenómenos luminosos, que despertaban en él gran curiosidad, y que le aportaban, además, una variedad de beneficios prácticos.

Las impresiones visuales invaden nuestra vida diaria. Estas experiencias visuales pueden ocasionalmente transformarse en emociones, según nuestro estado de ánimo. Hay cientos de formas diferentes de ver las cosas; ver es un arte en sí mismo. Mientras que una mirada superficial a las cosas nos da una información cotidiana, la observación más atenta suministra una infinidad de detalles y toda la información esencial para comprender, transmitir y reproducir formas y colores. Para la gran mayoría de los pintores, escultores, artesanos y arquitectos, la creación e invención son procesos que van siempre acompañados de interrogantes sobre los aspectos tridimensionales de la forma y el color de sus temas de trabajo y, sobre todo, de cómo éstos son percibidos. La estética se ha definido como el arte de la percepción (Grecia Antigua).

En odontología, deben aplicarse los mismos principios para conseguir el éxito en el color de las restauraciones. Es preciso aprender a ver y tratar de comprender las leyes físicas, fisiológicas y psicológicas que gobiernan la percepción de las formas y colores de los dientes naturales, que son lo que habitualmente tratamos de reproducir lo mejor posible.

La odontología cosmética requiere tener una habilidad artística del balance de la ilusión con la realidad. A este balance le llamamos percepción – este aspecto tiene que ver con la visualización de la apariencia. Las tonalidades del diente varían según las condiciones de iluminación. La naturaleza del sustrato del esmalte y dentina y el color de la encía tienen que ver en el color final del diente.

## 2) Objetivos

- Que el odontólogo sea capaz de seleccionar correctamente un material estético que iguale la estructura dental y que se pierda a la vista, imitando de esta forma la naturaleza.
- Tratar de conocer la relación básica entre la luz y la percepción visual.
- Dar a conocer como puede afectar el fenómeno de iluminación al momento de la selección del color.
- Demostrar los distintos comportamientos ópticos de los dientes naturales cuando son iluminados bajo diferentes fuentes lumínicas.
- Demostrar el comportamiento óptico de los materiales restauradores "Estéticos" bajo diferentes fuentes lumínicas.

## 3.1 LUZ, ÓPTICA Y COLOR

### 3.1.1 LUZ.

#### 1) Luz

La luz es una radiación electromagnética. De todo el espectro electromagnético, el ojo humano es sensible a solo una pequeña parte, esta parte es lo que conocemos como luz. La longitud de onda de la luz visible esta dentro del rango que va aproximadamente entre 400 nm a 700nm. Si la luz blanca, que contiene toda la longitud de onda visible, es dispersada a través del espectro, cada longitud de onda es vista de diferente color. (fig.1 Espectro de luz visible).

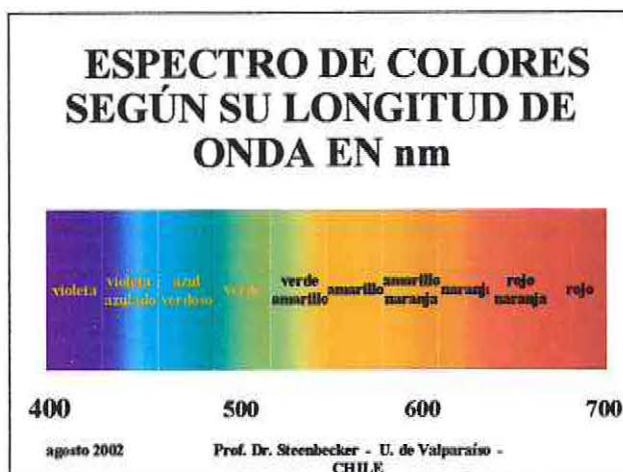


Fig. 1

#### a) Ondas, partículas y teorías electromagnéticas de la luz

Las primeras teorías científicas acerca de la naturaleza de la luz fueron propuestas alrededor de los fines del siglo XVII. En 1690 **Christian Huygens**. Propuso una teoría que explicaba la luz como un fenómeno de ondas. Una teoría rival fue propuesta por **Sir Isaac Newton**, en 1704. Newton, quien descubrió el espectro visible en 1666, creyó que la luz era compuesta por diminutas partículas emitidas por cuerpos luminosos.

Combinando esta teoría corpuscular con las leyes de mecanismo, fue apto para explicar muchos fenómenos ópticos. Por mas de 100 años, la teoría corpuscular de Newton favoreció sobre las teorías de ondas en parte fue porque Newton tenía mejor prestigio y en parte porque no había suficiente evidencia científica existente para proveer bases adecuadas que pudieran comparar ambas teorías.

Finalmente experimentos importantes fueron hechos en la Difracción e interferencia de la luz, por **Thomas Young** (1801) y **A.J. Fresnel** (1814-1815). Que solamente podían ser interpretados en términos de la teoría de ondas.

La polarización de la luz era otro fenómeno que solo podía ser explicado por la teoría de ondas.

Así de esta manera en el siglo XIX la teoría de ondas se convirtió en la teoría dominante acerca de la naturaleza de la luz.

La teoría de ondas recibió un soporte adicional de la teoría electromagnética de **James Clerk Maxwell** (1864), quien demostró que los campos eléctricos y magnéticos eran propagados juntos y que sus velocidades eran idénticas con la velocidad de la luz.

Así, de esta forma, quedó claro que la luz visible era una forma de radiación electromagnética la cual constituye una pequeña parte del espectro electromagnético. La teoría de **Maxwell** fue confirmada experimentalmente con el descubrimiento de las ondas de radio por **Heinrich Hertz** en 1886.

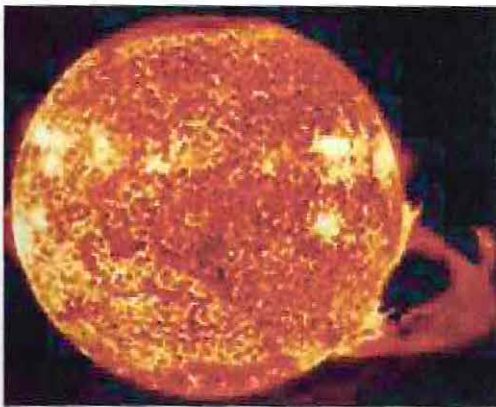
### b) La velocidad de la luz

Un cuestionamiento importante a través de la historia del estudio de la luz, ha sido la determinación de su velocidad y la relación de esta con otros fenómenos físicos. Al mismo tiempo se pensó que la luz viajaba con una velocidad infinita (se propagaba instantáneamente desde la fuente al observador). **Olaus Romer**, demostró que era finita, además en 1675 se estimó el valor de diferencias en el tiempo del eclipse en varios puntos de la tierra observados desde ciertos satélites de Júpiter. Una medición más exacta fue hecha durante el siglo XIX por **A.H.L. Fizeau** (1849), usando un sonar de rueda para interrumpir la luz, y por **J.B.L. Foucault** (1850) usando un espejo rotatorio.

La medición más exacta de este tipo, fue hecha por **Michelson**. Métodos electrónicos modernos fueron mejorando esta medición, produciendo un valor de  $2.99792458 \times 10^8$  (300.000 Km./Seg.), para la velocidad de la luz en el espacio, y una velocidad menor cuando esta se propaga en otros medios.

### c) Cuerpos luminosos e iluminados

En general la visión se da por la estimulación de los nervios ópticos en el ojo por la luz directamente desde la fuente o indirectamente, después de la reflexión de ella desde otros objetos.



a) Sol. (Astro luminoso.)



b) Luna. (Astro iluminado.)

Un cuerpo luminoso como el sol ( fig. 2 a y b), las estrellas, los bulbos de luz; se distinguen de los cuerpos iluminados como la luna y de la mayoría de los otros objetos que podemos ver. La cantidad y el tipo de luz dada por los cuerpos luminosos o reflejada por

los cuerpos iluminados tienen que ver con la rama de la física conocida como **fotometría**. Los cuerpos iluminados no solo reflejan la luz, sino que a veces también la transmiten.

Los objetos transparentes como el vidrio, el aire y algunos líquidos permiten el paso de la luz a través de ellos.

Los objetos translúcidos como el papel o ciertos tipos de vidrios, también permiten el paso de la luz a través de ellos pero de una forma difusa, así el observador no puede ver el objeto claramente. Los objetos opacos no permiten el paso de la luz a través de ellos, algunos objetos transparentes o translúcidos permiten el paso de la luz en ciertos tipos de longitud de onda apareciendo así coloreada. Los colores de los objetos opacos se dan por reflexión selectiva de ciertos tipos de longitud de onda y absorción de otras.

## II) FENÓMENOS DE LA LUZ

### a) Reflexión

Es la capacidad que tiene una superficie, en desviar los rayos luminosos que incidan sobre ella. Según las leyes de reflexión, el ángulo del rayo incidente es siempre igual al ángulo del rayo reflejado, siempre y cuando, la superficie tenga características especulares y por lo tanto lisas. (Fig.3).

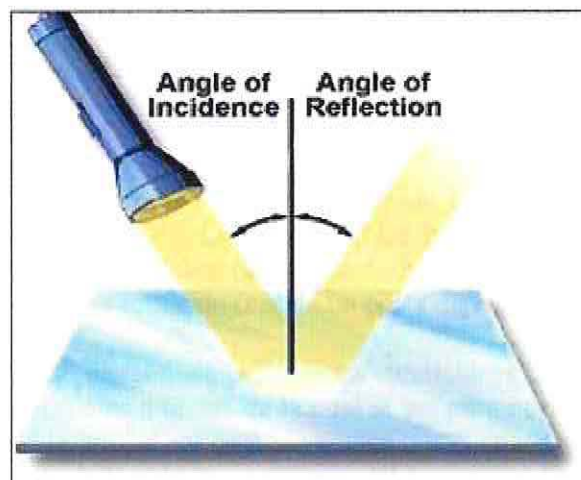
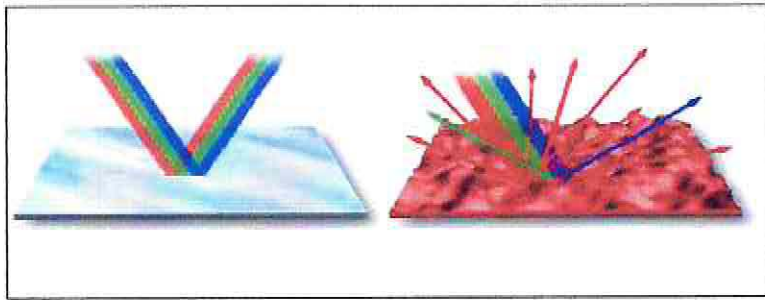


Fig. 3 Ángulo de reflexión.

### Grado y tipos de reflexión

No todas las superficies reflejan la luz de la misma manera ni en el mismo grado. La medida de la refracción de la luz que es reflejada por un material se llama reflectancia. Los metales generalmente tienen grandes valores de reflectancia; la plata, por ejemplo, tiene cerca de 96% de reflectancia. Superficies suaves dan una reflexión regular, también llamada reflexión especular en la cual el rayo incidente paralelo permanece paralelo luego de la reflexión, las superficies rugosas dan una reflexión difusa así el rayo reflejado es disperso y no es paralelo. (fig. 4 ).



(fig. 4 reflexión especular y reflexión difusa)

En ciertas circunstancias, cuando una superficie refleja toda la luz dispersa, tendrá lugar la reflexión total – un fenómeno que ocurre cuando el ángulo de incidencia excede el ángulo por el cual todos los rayos se reflejan – (Ángulo Crítico-).

Así pues, puede haber reflexión total o nula, es decir, refracción, dependiendo del ángulo de incidencia.

Por ejemplo la reflexión de un espejo es regular, un metal bien pulido pero de superficie irregular da una reflexión difusa.

La mayoría de las superficies producen reflexiones, que son una mezcla de reflejos especulares y difusos.

Si la luz incidente tiene algún color y la reflejada mantiene ese color, hablamos de una reflexión acromática. Casi todas las reflexiones especulares, son acromáticas, vale decir, que el color de la luz incidente es reflejado en su mismo color.

Si la luz incidente tiene algún color, hablamos de un reflejo cromático; algunas superficies metálicas, las alas de algunos insectos, las plumas de algunos pájaros, las escamas de algunos peces y las pieles de algunos animales, dan reflejos especulares cromáticos, vale decir, que la luz reflejada será de un color distinto del incidente.

La reflexión de la luz se da también bajo ciertas condiciones que dependen del medio de transparencia de las superficies a través de la cual la luz pasa normalmente; un ejemplo podría ser el resplandor de la luz del sol en una ventana o en el parabrisas de un automóvil cuando los rayos entran en un ángulo muy oblicuo. El fenómeno llamado reflexión total interna se observa cuando la luz pasa de un medio (ej. Un prisma o agua) a un medio menos denso (ej. Aire), alcanza el límite entre los dos medios y es tirado hacia atrás en lugar de pasar hacia fuera como se esperaría.

Esto ocurre cuando la luz choca en un ángulo demasiado oblicuo de cierto grado, arriba de ese grado toma lugar la refracción; y los ángulos mayores en los que es posible la refracción se llaman ángulos críticos. Si el ángulo de incidencia supera este ángulo ocurre la reflexión total.

El fuego o un diamante facetado tienen una reflexión total interna, la reflexión interna es la explicación en parte, para un sin número de fenómenos naturales. Los rayos del sol cuando chocan con las gotas de lluvia son refractados por completo y luego

experimentan una reflexión interna donde la luz solar se transforma tomando todos sus colores apareciendo así el arco iris. (fig. 5).



fig.5 reflexión interna en las gotas de agua de la lluvia, formándose así el fenómeno del arco iris.

## b) Refracción

En física, es la deflexión de una onda o paso oblicuo de un medio transparente a un segundo medio en el cual la velocidad es diferente, como el paso de un rayo de luz del aire al vidrio.

### Naturaleza de la refracción

La refracción es comúnmente explicada en términos de onda en la teoría de la luz. Y se basa en el factor que la luz viaja con una mayor velocidad en algunos medios que en otros. Cuando, por ejemplo, un rayo viaja a través del aire y choca en la superficie de un pedazo de vidrio en un ángulo oblicuo una parte de la onda entra antes que la otra y es retardada (la luz viaja mas despacio en el vidrio que en el aire) mientras que del otro lado continua su movimiento con su velocidad original hasta que también alcanza el vidrio. Como resultado el rayo se dobla dentro del vidrio, ej. El rayo refractado reside en una dirección más cercana de lo normal, que sería el rayo incidente. (fig.6)

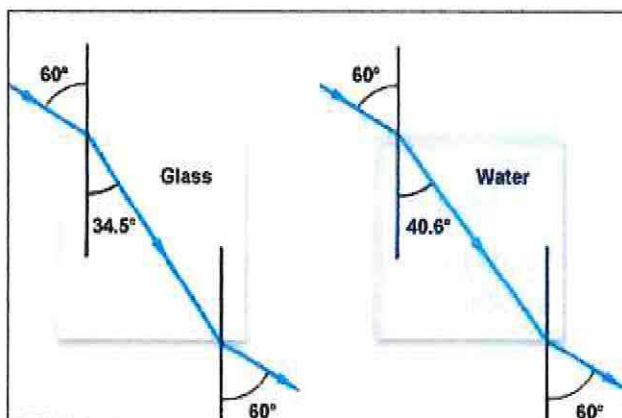


fig. 6 refracción de la luz, pasando por dos medios diferentes.

Un rayo de luz entrando en un medio diferente se llama rayo incidente, luego de desviarse se llama rayo refractado. La velocidad a la cual un medio transparente transmite las ondas de luz esta relacionado con la densidad óptica( no confundir con densidad de masa o de peso). El índice de refracción de una sustancia equivale al cociente entre la velocidad de la luz en el vacío (o en el aire) y la velocidad de la misma en el medio estudiado. Cuando un rayo de luz penetra en un medio, disminuye la velocidad que llevaba en el aire (300.00Km. /seg.) y puede cambiar de dirección. Por ejemplo, cuando un rayo de luz que viaja por el aire incide en ángulo oblicuo sobre una superficie de agua, el haz luminoso se desvía hacia la normal.

La normal es una línea perpendicular a la superficie del agua en el punto en que la luz incide en esa superficie. Si la luz viaja a través del agua e incide en una superficie agua – aire en ángulo oblicuo, el haz luminoso se desvía o refracta alejándose de la normal.

### Aplicaciones de la refracción

La refracción tiene muchas aplicaciones en óptica. Un lente usa la refracción para formar una imagen de un objeto para diferentes propuestas, como es la magnificación.

Un prisma usa la refracción para formar un espectro de colores de un rayo de luz incidente. La refracción juega también un papel importante en la formación de espejismos y otras ilusiones ópticas. (Fig. 7).

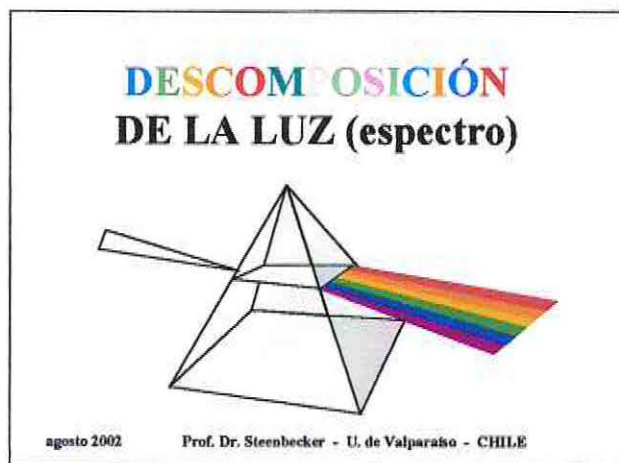


fig. 7 refracción de un rayo de luz blanca a través de un prisma

### c) Absorción

Si el objeto es opaco, el cuerpo en vez de reflejar la luz en su superficie, la absorberá en su interior, por lo tanto, la superficie aparecerá de color negro y la energía lumínica se transformara en calor, en su interior. Si el objeto es blanco y de superficie lisa, la superficie tendera a reflejar todo el haz lumínico que incida sobre ella y la energía calórica en vez de ser absorbida será dispersada. (fig. 8)

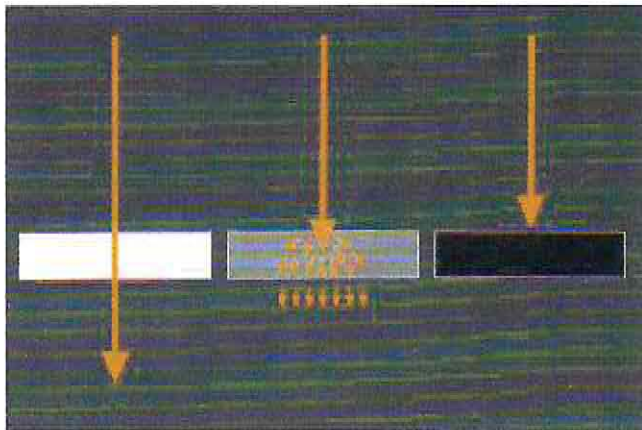


fig. 8 los cuerpos transparentes permiten el paso de la luz a través de ellos. Los cuerpos translúcidos permiten que la luz los atraviesen y la dispersan. Los cuerpos opacos no dejan pasar la luz.

#### d) Difracción.

La excepción de la trayectoria rectilínea de la luz se produce cuando ésta se desplaza muy cerca de un borde opaco. En este caso, los rayos tienden a ser ligeramente desviados, debido a la naturaleza ondulatoria de su movimiento. Esta desviación recibe el nombre de Difracción. Las ondas más difractadas, son las más largas. Este fenómeno, hace que aristas opacas puedan descomponer la luz en un punto, actuando tal como lo hace un prisma. (fig.9).

Si queremos observarlo, lo conveniente es ubicarse, al amanecer, frente a un edificio de altura e intentar que los primeros rayos de luz solar incidan sobre el ángulo de éste, un balcón por ejemplo, y así lo podremos comprobar.



fig. 9 Difracción de la luz a través del ángulo de un edificio.

## IV) Transmisión

La transmisión de la luz, es la capacidad de un cuerpo de dejar pasar la luz por su interior y dejarla salir al exterior por alguno de sus lados. Esto lo pueden hacer solo los cuerpos que tengan características de transparentes o traslúcidos, no así los opacos.

### a) Transparencia

Un cuerpo es transparente, cuando deja pasar a través de él la luz, sin variarla ni dispersarla. Por ello, es que a través de él podemos ver nítidamente los objetos y sus formas que se encuentran opuestos a él.

Un cuerpo es transparente acromático, cuando permite el paso de la luz sin variar su color, por ejemplo un vidrio común de ventana, en el que podemos ver a través un cuerpo definido y con sus propios colores.

Un cuerpo es transparente cromático, cuando solo permite el paso de una determinada longitud de onda y absorbe el resto. Vemos nítidamente al cuerpo, pero coloreado, de acuerdo al color del cuerpo, a través del cual lo miramos. Por ejemplo, el color verde característico de una botella de vino, en que todo lo que veamos a través de ella lo veremos de color verdoso.

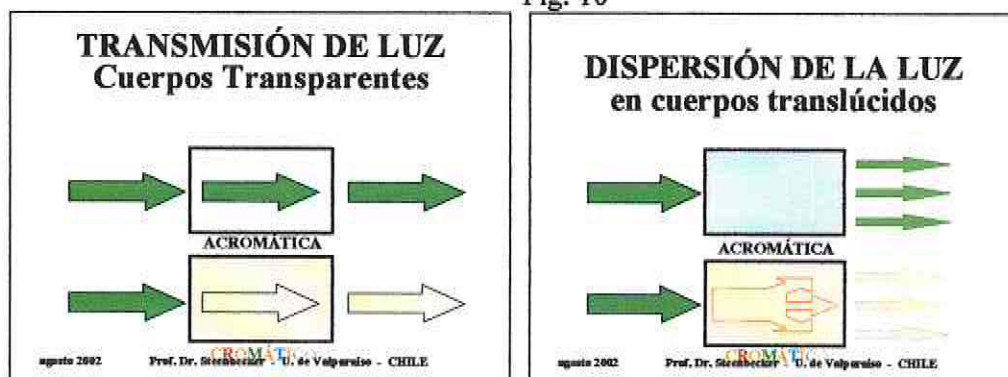
### b) Translucidez

Un cuerpo es translucido, cuando deja pasar la luz cromática o acromática dispersando la luz en su interior. Por lo tanto todo cuerpo que veamos a través de él, no lo veremos nítido y solamente podremos distinguir; veremos su perfil.

Un cuerpo translucido acromático, cuando permite el paso de luz sin variarle su color, dispersándola en su interior y dejándola salir por uno de sus lados. Por ejemplo, un vidrio transparente que halla sido esmerilado.

Un cuerpo translucido cromático, cuando permite el paso de la luz variándole su color, dispersándola en su interior y dejándola salir por uno de sus lados. Por ejemplo, un vidrio transparente coloreado, que halla sido esmerilado.

Fig. 10



a) Cuerpos transparentes, cromáticos y acromáticos.

b) Cuerpos translúcidos, cromáticos y acromáticos.

### 3.1.2 Óptica.

Ciencia que estudia la luz, la óptica física tiene que ver con la génesis, naturaleza y propiedades de la luz.

La óptica fisiológica, en parte, tiene que ver con la luz y corresponde a la visión.

La óptica geométrica, tiene que ver con la reflexión y refracción de la luz.

#### I) Visión en humanos

El ojo humano, funciona algo así como una cámara, la cual recibe y enfoca la luz sobre receptores fotosensibles. **La retina.**

##### a) Ojo humano. (Anatomía y Función)

El ojo humano, es una estructura esférica que descansa en una cavidad ósea (órbita) en la superficie frontal del cráneo. La delgada pared del globo ocular está formada por capas: la capa esclerótica, la coroide y la retina. (fig.11).

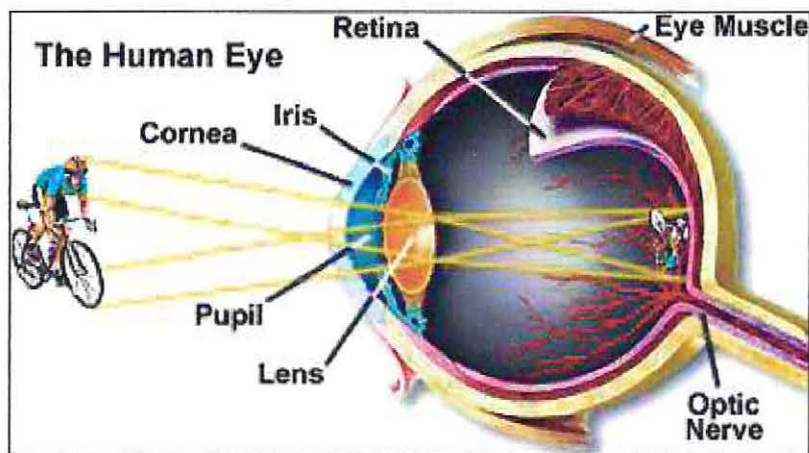


fig. 11 Ojo Humano.

La capa esclerótica, es la capa más superficial del tejido ocular, parte de ella es visible como el blanco del ojo. En el centro de la esclera y proyectándose escasamente en forma de un cristal se asoma sobre la superficie; la cornea, que es una membrana transparente, que actúa como la ventana del ojo. Una delicada membrana, la conjuntiva, cubre la porción visible de la esclera. Por ende, la esclera es la segunda capa del tejido.

La coroide, compuesta por una densa pigmentación y vasos sanguíneos que nutren el tejido. Cerca del centro de la porción visible del ojo la capa coroide forma el cuerpo ciliar que contiene los músculos para cambiar la forma del lente (enfoque). El cuerpo ciliar, en sí, emerge con el iris, que es un diafragma que regula el tamaño de la pupila. El iris, es el área del ojo donde la pigmentación de la capa coroide, usualmente café o azul, es visible porque no está cubierta por la esclera.

La pupila, es la que se encuentra en el centro del iris, es dilatada y contractada por la acción muscular del iris siendo así regulada la cantidad de luz que entra al ojo. Detrás del iris esta el lente; es transparente, elástico, pero de cuerpo elipsoide que enfoca la luz en la retina, es la tercera y más interna capa del tejido. La retina, es una red de células nerviosas. Notables, son los conos, bastones y fibras nerviosas que ventilan hacia fuera de la forma corioidea del nervio óptico, que entra desde el fondo del globo ocular, desde el cerebro. Diferente a las capas externas del ojo, la retina no se extiende hacia el frente del globo ocular. Entre la cornea y el iris, y entre el iris y el lente hay un pequeño espacio que es llenado por el humor acuoso, un escaso fluido liquido. El mayor espacio esferoideal en la parte trasera del lente (el centro del globo ocular) es llenado por el humor vítreo, una sustancia gelatinosa.

Una estructura accesoria del ojo, es la glándula lagrimal y su ducto en el párpado superior, el cual baña el ojo con lagrimas manteniendo la cornea húmeda, limpia y brillante; además, tiene un ducto de drenaje que lleva el exceso de humedad al interior de la nariz. El ojo es protegido del polvo y de la suciedad, por medio de las cejas, párpados y pestañas. Seis son los músculos que se extienden por la cavidad ocular hacia el globo ocular, logrando así el movimiento en varias direcciones.

## b) Rol de la retina

La retina, es un crecimiento embrionario del cerebro, es un tejido muy complejo y los elementos más importantes son: la cantidad de células nerviosas sensibles a la luz, los conos y los bastones. Los conos secretan un pigmento llamado iodopsina y son más efectivos en luz brillante. Por si solos proveen la visión del color. Los bastones que secretan una sustancia llamada púrpura visual o rodopsina, proveen la visión en la oscuridad o en luz tenue, los bastones no dan visión a color. Los objetos con mucha luz, aparecen en tonos grises.

Los rayos de luz que llegan a los conos y bastones, producen una reacción química en estas células, en la que ambos pigmentos se convierten en una forma de proteína y un compuesto de vitamina A. Este proceso químico, estimula impulsos eléctricos que son llevados al cerebro. El cambio estructural de los pigmentos es normalmente balanceado por la formación de un nuevo pigmento a través de la recombinación de la proteína y del compuesto de vitamina A, siendo así, la visión, ininterrumpida. (fig. 12).

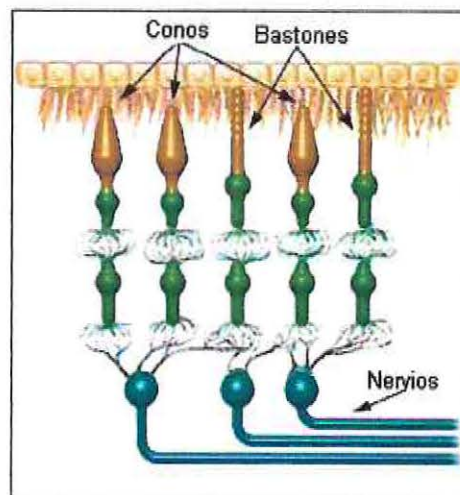


Fig. 12 Conos y bastones en el ojo humano.

La división de función entre los conos y bastones es un resultado de diferente sensibilidad de sus pigmentos a la luz. La iodopsina de los conos es menos sensible que la rodopsina y es por eso que no es activada por la luz tenue, mientras que, en luz clara es más sensible la rodopsina, descomponiéndose tan rápido que pronto se vuelve inactiva. Hay una depresión cerca de la retina, llamada fovea, que contiene solamente conos. Ésta provee una visión aguda cuando el objeto es visto directamente en luz clara. En luz tenue, los objetos deben ser vistos de alguna manera para que los rayos de luz caigan en el área de la retina que contiene a los bastones.

### a) Rol del nervio óptico y el cerebro

Los impulsos nerviosos de los conos y bastones son transmitidos por las fibras nerviosas a través de la retina a un área donde las células convergen y forman el nervio óptico. El área por donde el nervio óptico pasa a través de la retina, carece de conos y bastones y es conocido como lugar ciego. Los nervios ópticos del ojo izquierdo y derecho se encuentran en un punto llamado quiasma, ahí cada nervio es separado en dos ramas; la rama interior de cada ojo se entrecruzan y se juntan. Dos tractos ópticos salen por medio del quiasma, transfiriendo los impulsos del lado izquierdo de cada ojo hacia el centro visual izquierdo en la corteza cerebral, y los impulsos de la mitad derecha de cada ojo, hacia la corteza cerebral derecha. El cerebro une las dos imágenes separadas, para formar una sola imagen. La imagen formada en la retina, es invertida, porque los rayos que entran al ojo son refractados y cruzados; aun que, la imagen que es interpretada por el cerebro está del lado correcto.

Como es que el cerebro corrige la imagen invertida para producir la visión normal, se desconoce. Pero la habilidad se piensa que se adquiere a temprana edad con la ayuda de los otros sentidos.

## II) Color y Visión Estereoscópica

La visión del color se basa en la habilidad de discriminar entre la variedad de longitudes de onda que forman el espectro. La teoría de **Young – Helmholtz**, descubierta en 1802 por **Thomas Young** y **H.L.F Helmholtz**, que se baso en la suposición que tres son los colores fundamentales ( rojo, verde y azul), y que tres los diferentes grupos de conos en la retina, cada grupo particularmente sensibles a cada uno de estos colores. Por ejemplo, la luz de un objeto rojo, estimula los conos que son más sensibles al rojo. Otros colores, además, del rojo, verde y azul, son vistos cuando los conos son estimulados en diferentes combinaciones.

Solo en los recientes años hay evidencia concluyente que demuestra que la teoría **Young – Helmholtz**, es verdaderamente exacta.

La sensación del blanco, es producida por la combinación de los tres colores primarios y el negro, resulta de la ausencia de estimulación.

Los humanos, normalmente tenemos visión binocular, imágenes separadas del campo visual son formadas por cada ojo, las dos imágenes se fusionan para una sola impresión. Esto es porque cada ojo forma su propia imagen con un insignificante margen de diferencia, se obtiene un efecto estereoscópico y la profundidad, distancia y dureza de un objeto son apreciadas.

La visión estereoscópica del color, se encuentra solamente e entre los primates superiores y se va desarrollando bastante tarde en la escala de la evolución. (Fig. 13).

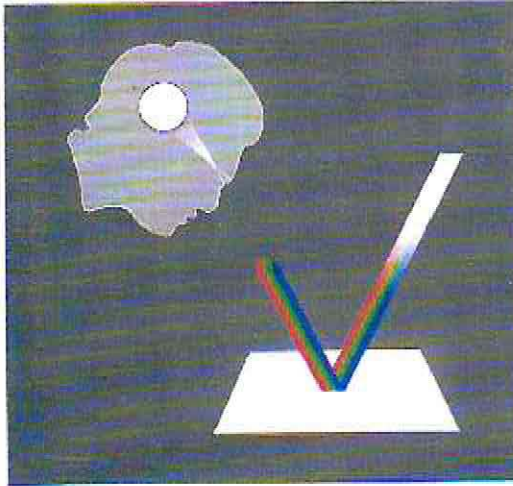


fig. 13-1 una superficie aparece blanca cuando refleja todos los rayos de luz.

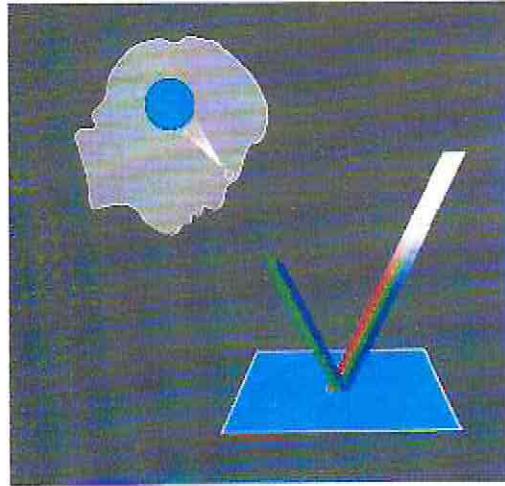


fig. 13-2 una superficie aparece azul cuando Refleja las ondas cortas y medias, pero absorbe las largas.

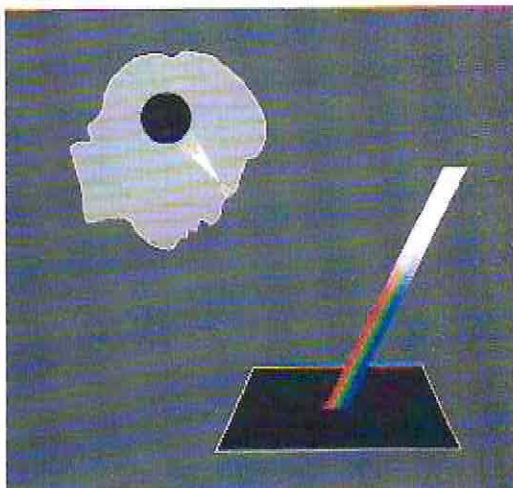


fig. 13-3 una superficie aparece negra cuando absorbe todos los rayos de luz

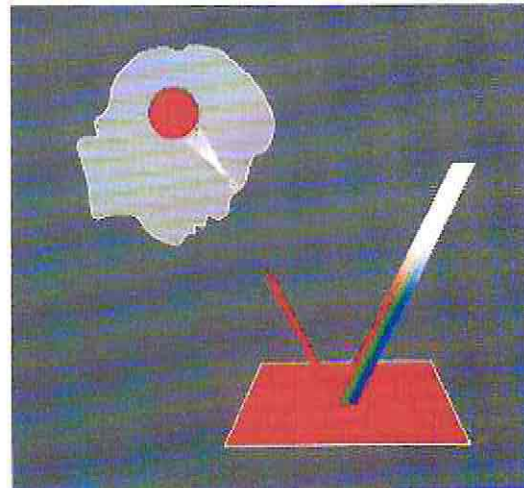


fig., 13-4 una superficie aparece roja cuando refleja las ondas largas pero absorbe las cortas y medias.

### III) Percepción

La percepción, en psicología, es una organización e interpretación mental de información sensorial.

Los psicólogos han estudiado extensamente, la forma en que las personas seleccionan y organizan, una gran cantidad de estímulos, concentrándose en el estímulo visual. La percepción es influenciada por una gran cantidad de factores, incluyendo las dimensiones de intensidad y física de los estímulos, tales como, las actividades del sentido, como los efectos

que preceden la estimulación, las experiencias pasadas del sujeto, factores de atención, la buena disposición de respuesta a los estímulos y del estado de motivación y emocional del sujeto.

Los elementos de estimulación en la organización visual de percibir modelos de acuerdo a su cercanía, similitud, la tendencia del sujeto de percibir figuras completas, la actividad del sujeto de distinguir figuras importantes desde el fondo.

La constancia perceptual, es la tendencia de interpretar un objeto de la misma manera sin importar las variaciones como: distancia, ángulo o la claridad. A través de la atención selectiva, el sujeto enfoca un número limitado de estímulos, e ignora aquellos de menor importancia. La percepción profunda, es considerada innata en la mayoría de los animales y es producida por una variedad de señales visuales indicando perspectiva y por una insignificante disparidad en la imagen de un objeto sobre las dos retinas.

Un umbral absoluto, es la mínima intensidad física de un estímulo que un sujeto puede percibir normalmente, visto que, un diferente umbral es la cantidad mínima de cambios en los estímulos que pueden ser detectados conscientemente por el sujeto.

Estudios recientes han demostrado que el estímulo es percibido en el cerebro, mientras los órganos sensoriales simplemente juntan las señales.

### 3.1.3 COLOR

El color es un mago que transforma, altera y lo embellece todo o que, cuando es mal utilizado, puede trastornar, desacordar y hasta anular la bella cualidad de los materiales más ricos.

El color, como cualquier otra técnica, tiene también la suya, y esta sometido a ciertas leyes, que conociéndolas será posible dominar el arte de la armonización, conocer los medios útiles que sirven para evitar la monotonía en una combinación cromática, estimular la facultad del gusto selectivo y afirmar la sensibilidad.

El nivel intelectual, el gusto de la comunidad, la localización y el clima también influyen en la elección del esquema y asimismo la finalidad o propósito de cada pieza. Pero entre todos estos factores del color, quizás sea el más importante el psicológico, ¿por qué nos alegra, inquieta, tranquiliza o deprime un determinado conjunto o combinación cromática?

El Color, es la impresión producida al incidir en la retina los rayos luminosos difundidos o reflejados por los cuerpos. Algunos colores toman nombre de los objetos o sustancias que los representan naturalmente. Orientado al espectro solar o espectral puro, cada uno de los siete colores en que se descompone la luz blanca del sol: rojo, naranja, amarillo, verde, azul turquesa y violeta. Del color se desprende una división que serían los primarios, tomándolos como base colores naturales, verde, rojo y azul y los secundarios que serían los que surgen como mezcla de estos que son el amarillo, el azul cian y el magenta.

Los primarios o puros son cada uno de los de una terna de colores fundamentales.

Colores Fundamentales: Se los llama así a los de la terna de colores que, convenientemente mezclados, permiten formar cualquier color.

La elección de los mismos es arbitraria. Generalmente se acostumbra utilizar como fundamental el rojo, el verde y el azul o el violeta.(Fig. 14).



fig. 14 La retina tiene tres tipos de conos, los sensitivos a la radiación de longitud de onda corta (azul), media (verde), y larga (roja), respectivamente. La percepción del color se rige por las leyes de la síntesis aditiva y sustractiva.

El color es luz, Newton fue quien primeramente concibió la teoría ondulatoria o propagación de rayos lumínicos, que más tarde fue ampliada por Laplace y otros físicos.

Los que se designa como luz blanca es la impresión creada por el conjunto de radiaciones que son visibles por nuestro ojo; la luz blanca cuando es descompuesta produce el fenómeno de arco iris, estos son los que llamamos colores, el conjunto de estos, o franja continua de longitudes de onda creada por la luz al descomponerse, constituye el espectro.

Utilizamos la palabra color para designar dos conceptos totalmente diferentes. Solo deberíamos hablar de colores cuando designemos las percepciones del ojo. La percepción del color cambia cuando se modifica la fuente luminosa porque en principio, el color no es mas que una percepción en el órgano visual del observador. Los sentidos permiten al hombre captar los fenómenos del mundo que lo rodea. Los ojos son capaces de memorizar las diferencias de colores, pero casi nunca percibimos un color como es en realidad visualmente, tal como es físicamente.

Los seres vivos que poseen el órgano de la vista intacto son capaces de orientarse por determinadas radiaciones de energía. Con ello están en situación de captar ópticamente su entorno y de enjuiciar su situación y sus posibilidades de movimiento. Los obstáculos o peligros quedan registrados.

También aparecen los colores complementarios que serían los pares de colores puros cuya síntesis produce la sensación del color blanco, siendo, compensados cuando su unión da lugar a una sensación de color acromático, a su vez son complementarios todas aquellas gamas de colores que muestran los mismos aspectos, ya que no depende de la composición espectral del estímulo de color, sino de los valores de código que se forma en el órgano de la vista.

Las mezclas aditivas se obtienen fácilmente en un experimento psicológico que consiste en colocar diferentes colores en un disco, que se hace luego girar rápidamente mediante un motor. Si en tales condiciones los colores se suman para dar blanco o gris, se los llama complementarios.

## **I) Armonización de los colores y su búsqueda**

Existen dos formas compositivas del color:

- 1) La Armonía
- 2) El Contraste

**Armonizar:** Significa coordinar los diferentes valores que el color adquiere en una composición.

En las artes visuales, las cualidades expresivas constituyen un importante objeto de estudio en el campo del color. Los teorizadores se han referido sobre todo a lo que se conoce con el nombre de armonía del color.

Se intento clasificar todos los valores del color en un sistema universalmente valido y objetivo. Los primeros sistemas eran bidimensionales: describían la secuencia y las relaciones recíprocas de los tintes mediante un círculo.

Más tarde cuando el color se determinaba en tres dimensiones- tinte – claridad – saturación- se incorporaron esquemas tridimensionales.

Existe una diferencia entre los esquemas de color de forma regular, y los de forma irregular que tenemos a nuestra disposición en nuestros días.

Estos sistemas destinados a servir dos fines: lograr que cualquier color pueda identificarse objetivamente e indicar cuales colores armonizan entre sí.

La armonía es esencial ya que si han de relacionarse entre sí todos los colores de una composición, deben ajustarse a un todo unificado.

Existen objeciones más fundamentales al principio sobre el cual se basan las reglas de la armonía del color.

Este principio concibe una composición de colores como un conjunto donde todo se ajusta a todo.

La teoría tradicional de la armonía del color se refiere solo a la obtención de conexiones y al hecho de evitar separaciones y por lo tanto en el mejor de los casos, resulta incompleta.

En todas las armonías cromáticas se pueden observar tres colores:

- Uno dominante: que es el más neutro y de mayor extensión, sirve para destacar los otros colores que conforman nuestra composición gráfica, especialmente al opuesto.
- El tónico: es el complementario del color de dominio, es el más potente en color y valor, y el que se utiliza como nota de animación o audacia en cualquier elemento.
- El de mediación: que actúa como conciliador y modo de transición entre cada uno de los dos anteriores, suele tener una situación en el círculo cromático cercano a la de color tónico.

Por ejemplo: en una composición armónica cuyo color dominante sea el amarillo, y el violeta sea el tónico, el mediador puede ser el rojo si la sensación que queremos transmitir sea de calidez, o un azul si queremos que sea más bien fría.

## II) Contrastes – la interacción del color

Cada color ejerce sobre la persona que lo observa una triple acción.

- Impresiona al que lo percibe, por cuanto que el color se ve y llama su atención.
- Tiene capacidad de expresión, ya que cada color, expresa un significado y provoca una reacción y una emoción.
- Construye, porque todo color posee un significado propio, y adquiere el valor de un símbolo, capaz de comunicar una idea.

El tono y el contraste afectan las dimensiones aparentes de los colores y la forma de sus áreas.

Un color claro sobre un fondo oscuro parece más claro de lo que realmente es, y un color oscuro sobre un fondo claro parece aun más oscuro.

Cuanto más fuerte sea la intensidad de un color, tanto más pequeña será la superficie que ocupe y cuanto más débil sea la intensidad, tanto mayor debe ser el área que ocupe el color.

Con la extensión resulta similar, una forma clara sobre un fondo oscuro pareciera que lo invade, y en cambio una forma oscura sobre un fondo claro resulta invadida y parece encogerse.

### III) Dimensiones del color

Cada color puede variar en tres dimensiones:

- La diagonal: Que señala la profundidad de campo, indica el tono del color. Por ejemplo: el rojo mezclándolo con amarillo, varía al tono naranja.
- La horizontal: que es la saturación o concentración, el rojo pierde poco a poco su saturación por la mezcla de blanco y se va haciendo mas clara hasta llegar a la falta de color, el blanco.
- La vertical: muestra el oscurecimiento del rojo. Por medio de la mezcla del negro el color se hace cada vez más oscuro hasta que al final ya no se distingue del negro.

Cuando están los tres colores, uno solo debe ser llevado al máximo de intensidad, el segundo debe disminuirse, y el tercero apenas sugerirse.

No hay color sin gris, el gris es en cierto modo el soporte, la justificación de toda armonía cromática.

### IV) Cualidades Tonales

Al color lo percibimos como un tono. Ese tono tiene tres dimensiones que se las denomina cualidades tonales.

- 1- Valor o claridad.
- 2- Tinte, matiz.
- 3- Intensidad.

#### Valor:

Es la intensidad luminosa del color. Es la cantidad de luz que puede reflejar una superficie. Una escala de valores tonales tiene como extremos el blanco y el negro.

El pigmento blanco representa el extremo de la escala de valores; el negro, el otro. Mezclándolos en proporciones diversas, obtenemos una amplia escala de grises intermedios distintos. Todos esos tonos son acromáticos. Pero también el valor es una dimensión de tonos acromáticos.

Todo pigmento posee un coeficiente de reflexión, es decir, valor, que varía desde muy claro hasta muy oscuro.

Cuando mezclamos pigmentos de distintos valores, el tono resultante será alguno intermedio entre ambos. Así, tenemos cuatro posibilidades de mezclar pigmentos para controlar el valor de los tonos.

- Agregando blanco, se aumenta el valor.
- Agregando negro se disminuye el valor.
- Agregando un gris contrastante, aumenta o disminuye el valor.
- Agregando un pigmento de valor distinto, se aumenta o disminuye el valor.

No podemos cambiar el valor de un pigmento cromático sin modificar al mismo tiempo otras dimensiones tonales.

- Agregando negro, blanco o gris, se introduce un componente acromático. El valor se modificara y también el nivel de intensidad. El tono resultante será mas claro o mas oscuro y mas neutral.

Es posible que también se produzca algún cambio en el matiz, porque tanto el pigmento negro como el blanco tienden a enfriar la mezcla. Se produce una desviación hacia el matiz frío adyacente. Tal efecto es notable cuando mezclamos amarillo y negro: este actúa como un azul, disminuyendo el valor y la intensidad, cambiando el matiz hacia el verde.

#### **Tinte - matiz:**

Son las características cromáticas del color. Es la sumatoria de longitudes de onda que puede reflejar una superficie. El principio sobre el que descansa el matiz, se denomina mezcla sustractiva. Solo en el espectro o bajo condiciones especiales encontramos colores monocromáticos. Es decir que el color que vemos en los pigmentos es en realidad una sensación compuesta.

Al mezclar dos pigmentos con semicromos diferentes, el poder de reflexión de la mezcla es mayor para las longitudes de onda que son comunes a ambos. Algunas de las otras longitudes de onda se anulan reciprocamente.

El resultado es un nuevo semicromo que percibimos como un nuevo matiz.

#### **Intensidad ( saturación):**

Es la intensidad cromática del color. Es el grado de pureza de tinte que puede reflejar una superficie. Un color saturado es aquel que se manifiesta con todo su potencial cromático, inalterado, completo.

La presencia o ausencia de color, no afecta al tono, que es constante.

La intensidad puede controlarse de cuatro maneras. Tres de ellas consisten en la adición de un neutro, blanco, negro o gris. La cuarta consiste en agregar el pigmento complementario.

## **V) Los elementos de la escala**

La escala de los tintes es la que mejor se conoce por el espectro solar. La claridad y la saturación se dan también en escalas que van desde el grado mínimo de estas propiedades, a su máxima.

El mayor número de matices de gris que el observador corriente puede distinguir en la escala que va del negro al blanco es de doscientos. El número de tintes advertible en un espectro de colores puros entre los dos extremos de violeta y rojo púrpura es algo menor, es de ciento sesenta. Con respecto a pigmentos, no nos apartamos mucho, si pensamos en ciento cincuenta tintes distinguibles, doscientas graduaciones de valor ( claridad) y un máximo de veinte graduaciones de saturación, con el nivel de valor más favorable para cada tinte y con un menor número de graduaciones en los niveles mas altos y más bajos de valor.

### **Color y forma**

Toda apariencia visual es producida por el color y la claridad.

Los límites que determinan las formas se siguen de la capacidad que el ojo tiene para distinguir entre áreas de diferente claridad y color.

El color y la forma cumplen las dos funciones mas características del acto visual, transmiten expresión y nos permiten obtener información mediante el reconocimiento de objetos y acontecimientos.

Rorschach descubrió que los caracteres alegres tienden a responder al color, mientras que los deprimidos reaccionan mas a menudo por la forma. Una aplicación literal de la teoría podría llevarnos a la conclusión de que el color produce una experiencia esencialmente emocional, mientras que la forma corresponde al control intelectual.

## **VI) MEDICIÓN DEL COLOR**

El color de los materiales de restauración se suele medir en luz reflejada, utilizando para ello técnicas instrumentales o visuales.

### **a) Técnica instrumental**

Con un espectrómetro de registro y una esfera de integración se pueden obtener curvas de reflectancia espectral en función de la longitud de onda para todo el intervalo de luz visible (405-700 nm). En la fig. se pueden ver curvas típicas correspondientes a una resina de composite antes y después de 300 horas de envejecimiento acelerado en una cámara de desgaste. A partir de los valores de reflectancia y de las funciones tabuladas de identidad cromática se pueden calcular los valores triestímulo (x, y, z) en relación con una fuente de luz determinada. Estos valores triestímulo dependen de las cantidades de los tres colores primarios que se necesitan para conseguir, mediante mezcla aditiva, un color equiparable al color que se esté considerando.

Generalmente, para calcular los valores triestímulo se emplean como referencia la fuente A (lámpara incandescente llena de gas) y la fuente C (luz diurna media reflejada por un cielo cubierto) de la Commission Internationale de l'Eclairage (C.I.E).

### **Técnica visual**

Un sistema muy utilizado para determinación visual del color es el Munsell Color Sistem, cuyos parámetros se representan en tres dimensiones, como puede verse en la (Fig.18).

El color analizado se compara con una amplia muestra de referencias de colores. En primer lugar se determina el valor (luminosidad) eligiendo una referencia que tenga prácticamente la misma luminosidad u oscuridad que dicho color.

El valor va desde el blanco(10/) al negro (0/). A continuación se determina la croma buscando referencias que se aproximen al valor medido, pero que tengan una mayor saturación de color. La croma va desde la ausencia de color o gris (/0) hasta un color muy saturado (/18).

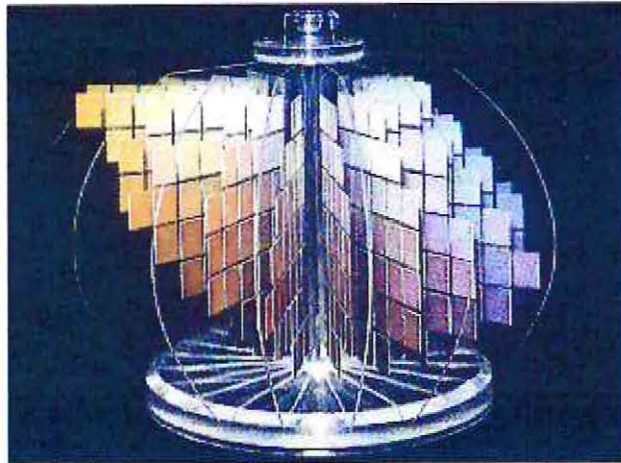


Fig. 15 Sistema de color, de Munsell.

Por ultimo, se determina el tinte del color equiparándolo con referencias de color del valor y la croma anteriormente determinados. El tinte se mide en una escala de 2,5 a 10 en incrementos de 2,5 para cada uno de las diez familias de colores (rojo®, amarillo – rojo (YR), amarillo (Y), verde – amarillo (GY), verde (G), azul – verde (BG), azul (B), carmín – azul (PB), carmín (P), rojo – carmín (RP) ).

## VII) Dimensiones del color

Tal como el espacio puede ser medido y estudiado en tres dimensiones (ancho, largo y alto), el color también lo podemos estudiar tridimensionalmente.

La primera dimensión del color es lo que habitualmente llamamos color, siendo sinónimos de éste término, matiz o tinte (Hue). El color, matiz, tinte o Hue lo podemos definir de dos maneras: propiedad por la cual un individuo percibe a través del sistema óptico, las distintas longitudes de onda de una energía radiante. Estas longitudes de onda, captadas por el ojo, sensibilizan la retina la cual transforma esta energía lumínica en impulsos nerviosos, que transmitidas por el nervio óptico al cerebro, este es capaz de integrarlos y reconocerlos como un color determinado. (Fig.16) La segunda dimensión del color es el CHOROMA o CROMA, que es el grado de saturación, pureza o intensidad de un color. Esto se puede comprender fácilmente si pensamos en un agua incolora a la cual le agregamos un color puro.

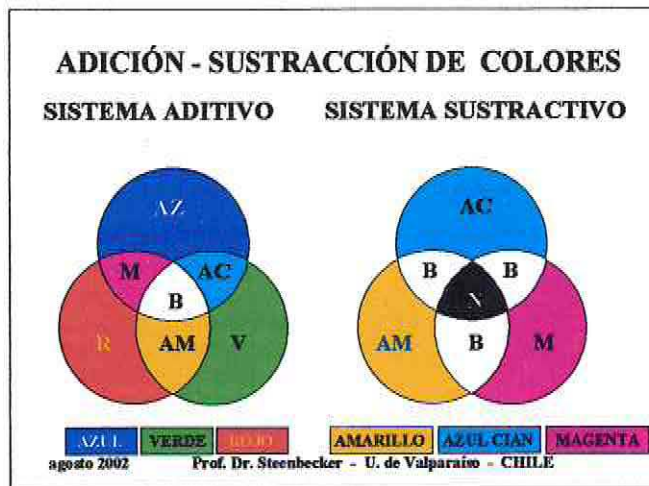


Fig. 16 colores primarios y secundarios.

Como por ejemplo, café de bebida. Unas gotas de café concentrado y puro, darán un tinte café claro al agua, pero en la medida que sigamos colocando mas gotas de café, su croma ira aumentando, hasta llegar a un estado de saturación tal, en que por mas gotas de café que incorporemos al agua, ésta no aumentará su color café ya logrado. (Fig. 17).



Fig. 17

La tercera dimensión del color es el VALOR (VALUE), que es una propiedad acromática carente de todo color y que puede ser descrita como “la cantidad de blanco o negro que un determinado matiz, color o tinte tenga”(Fig. 18).



Fig.18

## VIII) Metamerismo

Se dice que dos superficies o colores son metaméricos cuando tienen curvas de análisis espectral que no coinciden, pero parecen tener idéntico color bajo ciertas condiciones de iluminación. Dos objetos, como un diente artificial y uno natural, pueden por ello tener el mismo color en unas condiciones de luz, pero tener un color diferente en condiciones lumínicas distintas.

### 3.2 COMPORTAMIENTO ÓPTICO Y COLORIMETRICO DEL DIENTE

El diente natural es policromático, compuesto por estructuras y tejidos (pulpa, dentina y esmalte) con propiedades ópticas diferentes, estando estos componentes distribuidos de una manera no uniforme a lo largo de la corona del elemento dental. Reproducir estas características ópticas en un material restaurador monocromático y con propiedades diferentes de aquellas del diente es un desafío muchas veces imposible. La característica policromática de los dientes se encuentra principalmente relacionada con el color de la dentina y con el espesor del esmalte en las diferentes regiones de la corona dental, aunque el espesor de la dentina y el grado de translucidez del esmalte también interfieran en el color de los dientes.

Los dientes naturales son compuestos de muchas tonalidades de colores. La graduación de color ocurre, generalmente, desde la región cervical hasta la incisal, siendo la cervical generalmente más oscura, o con mayor croma. Superficies radiculares expuestas son particularmente oscuras debido a la ausencia de esmalte. Además, en muchas personas, los caninos son levemente más oscuros que los incisivos (mismo matiz, croma y valor diferentes).

Niños y jóvenes con esmalte espeso, cámara pulpar amplia y, como consecuencia, poca dentina secundaria, característicamente presentan dientes claros. Además que, los pacientes que poseen piel oscura o bronceada por el sol, usualmente, aparentan tener dientes más claros debido al contraste entre los dientes y las estructuras faciales circunvecinas. Con relación a este aspecto las mujeres pueden realzar la aparente claridad de sus dientes (aumentar el valor aparente) simplemente usando una tonalidad oscura de maquillaje o de lápiz labial. (fig. 19)

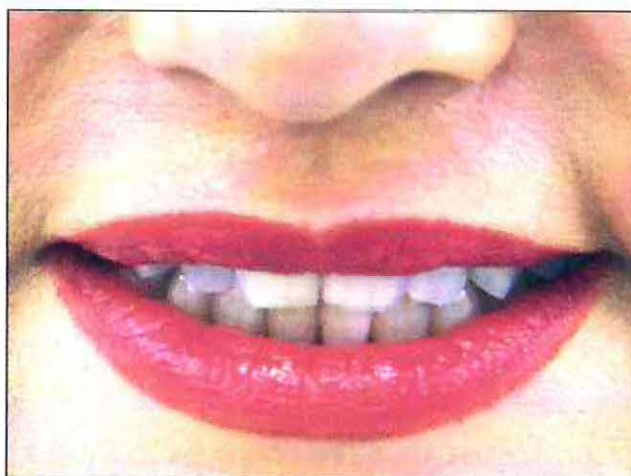


Fig. 19 contraste del color de los dientes y el lápiz labial.

El color de los dientes cambia con el paso de los años en función del desgaste del esmalte y de la mayor transparencia de la dentina, de la deposición fisiológica de la dentina peritubular y secundaria y de la absorción de colorantes de la alimentación.

Bordes incisales, en pacientes ancianos o con disfunción oclusal, por lo general son oscuras, por causas del fino espesor de esmalte o de la exposición obvia de la dentina como resultado de la abrasión incisal.

Áreas cervicales también tienden a oscurecer como resultado de la abrasión / erosión del cuello, lo que resulta en la exposición de la dentina, que tiene mayor cromatismo y menor valor, y en la formación de dentina peritubular como reacción a la erosión/abrasión.

### Color natural del diente

El color natural del diente se ve afectado por varios parámetros. Depende del grosor, la composición y la estructura de los tejidos que lo forman. Estos tres parámetros evolucionan considerablemente durante la vida, influyendo en el color del diente. (Fig. 20)



Fig. 20 Dientes de diferentes edades, mostrando como evolucionan las condiciones de la superficie y de los diferentes tejidos.

### I) Pulpa

La pulpa tiene generalmente un color rojizo oscuro, y se encuentra en el centro del diente. El volumen que ocupa varía considerablemente con la edad, siendo mayor en los dientes jóvenes, y esto tiene su influencia en el color general, dando una tonalidad rosada, a menudo más visible en las superficies linguales.

La cavidad pulpar se estrecha significativamente en el curso del tiempo, y su influencia sobre el color del diente disminuye.

La pulpa se considera la parte más vital del diente. La dentina se desarrolla durante la formación del diente, así como a lo largo de su vida (dentina secundaria fisiológica), a través de la actividad de la zona marginal.

### II) Dentina

La dentina, es el tejido más importante por lo que atañe al color, rodea la cavidad pulpar. En circunstancias normales, está cubierta por el esmalte o el cemento. La dentina consta de minerales (aproximadamente 70%, principalmente hidroxapatita), material orgánico (20%) y agua (10%). El bajo contenido en minerales de la dentina, comparada con el esmalte, y la elevada proporción de sustancias orgánicas, explica la opacidad relativa de la dentina primaria. La atraviesa un número considerable de cavidades estrechas y largas, o túbulos dentinales.

Estos túbulos son peculiares de la dentina primaria, y dan lugar a una Difracción selectiva de la luz, por la cual ciertos rayos serán reflejados y otros absorbidos. Esta Difracción produce la opacidad de la dentina primaria.

Con la edad, la dentina primaria evoluciona, formando dentina secundaria fisiológica, o dentina de otros tipos, con diferente estructura y composición, lo que afecta las propiedades ópticas de estos tejidos.

Siendo la dentina una estructura orgánica, la luz que incide sobre su superficie tenderá a ser reflejada en forma cromática y dispersa; al comportarse como un cuerpo opaco, vale decir que tiene alta tendencia a absorber la luz de la gama de los colores azules que no son componentes de su color amarillo. Su color amarillo tiene croma y valores variables, dependiendo ello de múltiples factores, como herencia, composición, conformación, etc.

La luz difusa – dispersa y algo ya filtrada por el esmalte, incidirá en la dentina. Esta luz recibida desde el esmalte, será en parte reflejada y en parte absorbida por la dentina, la luz reflejada y filtrada por la dentina iniciará su camino inverso, por lo tanto volverá a traspasar el esmalte en donde nuevamente será dispersada, para salir al exterior e incidir como luz amarilla en la retina del observador. (Fig. 21)



Fig. 21 Corte transversal de dientes de distinta edad.

#### a) Dentina secundaria fisiológica

Es la que se sigue formando durante la vida, pero se deposita solo esporádicamente. Tiene un contenido mineral más alto que la dentina primaria y es menos opaca. También presenta un grado mayor de cromatismo.

#### b) Dentina esclerótica

Se manifiesta como respuesta de la pulpa dental a la caries o al traumatismo. A menudo está más saturada que la dentina primaria o secundaria, y se limita a la zona traumática.

#### c) Dentina transparente (- zona brillante- de Majito)

A medida que el diente envejece puede aparecer una zona hipermineralizada, que infiltra los túbulos dentinarios y elimina las fibras de tomes, esto afecta particularmente las raíces, que se hacen muy transparentes, de forma que el color interno se manifiesta, a

menudo a través del cemento y la encía (suele verse como una sombra gris o azulada en el caso de dientes muy pigmentados y sin pulpa). A nivel de la unión amelodentinaria puede formarse también una forma muy característica. Esta dentina muestra diferentes grados de translucidez, y a veces puede llegar a ser completamente transparente.

Esta zona contiene un elevado contenido mineral y desempeña una papel muy importante en el fenómeno de la transmisión de la luz. De hecho se comporta como una fibra óptica, y aumenta la transparencia del diente. Esta dentina transparente en la unión amelodentinaria abunda más en los dientes viejos que en los jóvenes. (Fig. 22)

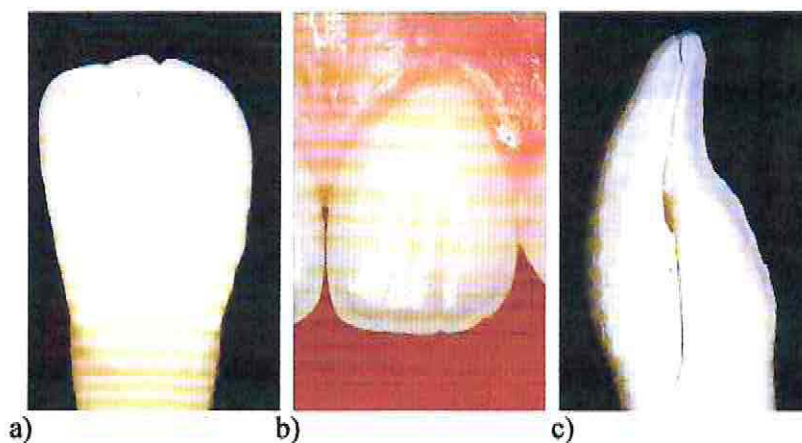


Fig. 22. Dientes jóvenes, a) son muy claros, y el esmalte muestra una rica textura y un alto grado de translucidez; b) Éste es sin duda el tipo de diente más difícil de copiar; c) La sección transversal revela la dentina muy opaca y coloreada, sin apenas dentina transparente.

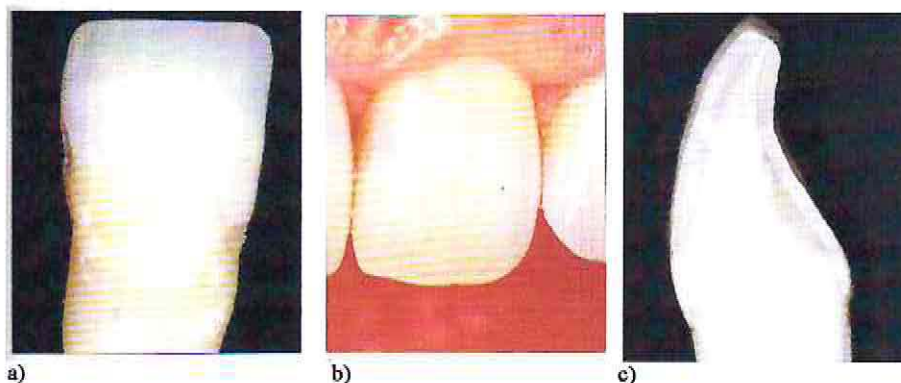


Fig. 23. Dientes adolescentes, a y b) El esmalte aun muestra algunas estrías horizontales y un alto grado de translucidez y opalescencia, c) La sección longitudinal muestra dentina secundaria y un borde de dentina transparente en la unión amelodentinaria.

## I) Esmalte

Es el tejido mas duro y mineralizado del cuerpo. Está constituido por un 95% de minerales y un 5% de agua y materia orgánica. El alto contenido mineral y la naturaleza y disposición de los cristales de hidroxiapatita hacen al esmalte duro, brillante, translúcido y radio – denso.

La apariencia óptica del esmalte dental depende de su composición, estructura, grosor, grado de translucidez, opalescencia y textura superficial.

Como con la dentina, todos estos parámetros evolucionan durante la vida del diente (afectando así las propiedades ópticas del esmalte).

El esmalte varía en grosor entre las tres diferentes porciones del diente:

**a) En el tercio incisal** el grosor del esmalte puede alcanzar 1,5 mm. En dientes jóvenes, el borde suele estar constituido únicamente por esmalte, lo que hace esta región de una translucidez especial, y hace que a menudo aparezca de un tono azulado, creando un efecto opalescente. En algunos casos, esta translucidez se extiende a las superficies interproximales.

**b) En el tercio medio** el esmalte se adelgaza y el diente se vuelve menos translúcido.

**c) En el tercio cervical** el esmalte puede llegar a ser muy fino (0,2 a 0,3 mm), y con solo una capa tan delgada, el tejido se hace sumamente transparente, de modo que el color de la dentina subyacente se transparenta, creando un efecto bastante más opaco. (Fig. 24)

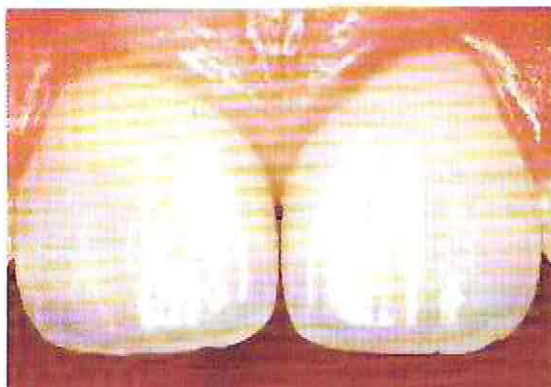


Fig. 24. Efecto óptico del esmalte en un dientes sanos.

De esta manera, las propiedades ópticas del esmalte dependerán de su grosor tanto como de su composición. En un diente joven, el esmalte tiene un contenido mineral más bajo y es muy grueso, creando un efecto óptico de una leve translucidez; así el diente aparece con una luminosidad muy elevada. En un diente mas viejo el esmalte es más rico en minerales y más delgado por el desgaste natural. Esto se traduce en un efecto óptico de una translucidez muy intensa o incluso de transparencia, que permitirá que, a través del esmalte, se haga patente el color de la dentina.

Al ser el esmalte una estructura cristalina, por lo tanto la luz que incida sobre su superficie tendera a ser reflejada especularmente. Este se comporta como un cuerpo translúcido, o sea que deja pasar la luz dispersándola en su interior, el esmalte prácticamente no tiene color, situándose este en el color blanco – lechoso. Su variabilidad colorimétrica se encuentra principalmente en el valor.

Si el esmalte tiene una superficie sumamente lisa, la reflexión será de tipo especular, es lo que al diente le da su brillo natural, en cambio si su superficie es irregular (placa bacteriana, descalcificaciones), la reflexión será difusa y por lo tanto el diente se vera con menor brillo (opaco). Aun cuando el esmalte no tiene color, comportándose, como un cuerpo translucido, en algunos casos tiene algo de color amarillo, con un croma muy bajo y con un valor gris, cuando esto sucede, la reflexión puede ser cromática, por lo tanto, el diente se vera menos brillante y mas amarillo.

Si asociamos este efecto de reflexión del esmalte, a una restauración de resina compuesta, deberemos aceptar que la capa superficial de este composite debe ser lo más lisa posible, ojalá con matiz amarillo, de croma muy bajo y con un valor neutro o gris blanquecino. Por lo tanto no es conveniente realizar una restauración utilizando un solo color. Si la luz incidente penetra al esmalte, la luz se refractará y dispersará en su interior. Si algo de color tiene, podrá actuar como filtro absorbiendo determinadas longitudes de onda. La dispersión de la luz en su interior, producirá el efecto que le produce la luz a un vidrio esmerilado. Por lo tanto los rayos que lo atraviesan llegaran en abanico y de forma dispersa a la dentina. El efecto de dispersión es producido por los prismas del esmalte.

El esmalte consta de cuatro propiedades ópticas únicas dentro de los tejidos del ser humano:

#### IV) Translucidez

La translucidez es el parámetro más difícil de explicar, y aun más complicado de cuantificar. Es casi tan importante como la luminosidad del color, desempeña un papel decisivo en el fenómeno de la transmisión de la luz.

Lamentablemente, las guías de color solo ofrecen una translucidez estándar, generalmente de un nivel inferior al de los dientes naturales; esto restringe su aplicación para obtener esta cualidad tan esencial.

Aparte esta consideración, las guías de color nunca pueden dar la información correcta sobre la translucidez de un diente, que depende, en parte, del esmalte y, en menor grado, de la dentina.

La translucidez de los dientes varia de un individuo a otro. También es muy susceptible de cambios con la edad. El esmalte y la dentina sufren igualmente muchas transformaciones relacionadas con los años. El esmalte de un diente nuevo no es muy translucido, y la dentina resulta muy opaca. El esmalte de un diente mas viejo se hace mas fino y translúcido, incluso transparente; la dentina se vuelve menos opaca pero mas saturada.

La translucidez ha sido investigada por Sékine y cols. (1975), que dirigieron un interesante estudio sobre 213 dientes humanos (incisivos maxilares pertenecientes a ambos sexos), y describieron tres tipos de translucidez:

Tipo A: poca translucidez, que involucra los bordes proximales, distribución al azar en todos los casos. Estos dientes no dan impresión de transparencia. La petición para el laboratorio debe informar sobre la falta de transparencia o leve translucidez del diente.

Tipo B: translucidez que involucra sólo la región incisal, en forma de líneas.

Tipo C: translucidez que involucra los bordes en la región incisal y en la región interproximal.

Esta clasificación naturalmente no basta para determinar, de forma exacta, la translucidez de todos los dientes naturales; los tipos B y C deben clasificarse en numerosas subdivisiones.

A menudo es útil recoger datos no sólo de la extensión de las áreas translúcidas, sino también de su tonalidad, que puede ir del blanco azulado al azul, gris, naranja, marrón, etc. No hay que omitir la evaluación de la translucidez general del esmalte dental en las superficies vestibular y lingual.

En vista del amplio rango de matices posibles, utilizamos, para simplificar, una escala de 1 al 5; representando con el 1 un bajo grado de translucidez, y con el 5, un esmalte muy transparente. Por ejemplo, se puede expresar la translucidez de un diente tipo B como: translucidez T3 sólo incisal en el espectro del blanco azulado y de la luminosidad media.

Un sistema de referencia fotográfico es, sin duda, la mejor guía para transmitir la información de estos datos esenciales. Simplemente se trata de reunir en un álbum de fotos de alta calidad que muestren diferentes patrones de las disposiciones, formas, colores y niveles de translucidez más frecuentes, y tipos de textura de superficies y de brillo. Estas referencias fotográficas obtenidas de dientes naturales deben clasificarse y numerarse en orden cronológico. En el caso de translucidez, los sistemas de referencia fotográfica son un respaldo indispensable de las guías de color y un factor importante de la transmisión de datos.

## V) Luminiscencia

Dos fenómenos ópticos se combinan en este concepto fluorescencia y fosforescencia; ellos se producen por la irradiación con una luz de onda corta.

Las sustancias que dan cierto tipo de luz cuando se reciben los rayos ultravioleta invisibles se llaman sustancias fotoluminiscentes. Se pueden dividir en dos grupos: Sustancias fosforescentes, que continúan emitiendo luz visible después de haber recibido los rayos ultravioleta.

Sustancias fluorescentes, que solo emiten luz visible mientras reciban los rayos ultravioleta.

Este fenómeno puede explicarse por el hecho de que estas sustancias son capaces de transformar los rayos invisibles ultravioleta de onda corta, en ondas más largas y visibles.

Estas sustancias se usan mucho como abrillantadores ópticos en detergentes, creando la impresión de "más blanco que el blanco". Estos abrillantadores no hacen en realidad el blanco más blanco, sino que simplemente lo hacen parecer más luminoso. Los blancos se ven más brillantes con una leve tonalidad azulada, de forma que reflejen rayos de menor longitud de onda.

Un abrillantador óptico, empleando una sustancia fluorescente, refleja los rayos ultravioleta invisibles y los convierte en rayos con una longitud de onda mayor, dentro del espectro de visión entre los 400 y 500 nm, es decir, dentro de la tonalidad azul.

## VI) Fluorescencia

Es la propiedad física de un cuerpo en mostrarse pasajeraamente luminoso y emitir luz cuando esta bajo radiación de alta energía, tal como la luz ultravioleta, luces de T.V., luz negra.

La luz de alta energía incide eleva los electrones en el diente hasta que éste se satura; cuando el estado de energía regresa a su estado inicial, la energía absorbida se libera en forma de luz visible.

## VII) Fosforescencia

Es la propiedad física de continuar por algún tiempo luminoso una vez el estímulo de alta energía ha pasado. Esto significa que los electrones estimulados liberan su exceso de energía en forma lenta y pueden ser observados en la oscuridad.

## VIII) Opalescencia

Todos los materiales translúcidos y, más particularmente, las cerámicas dentales y los dientes naturales contienen los llamados opacificadores. Los materiales opacificadores suelen tomar la forma de partículas finas y extrafinas.

La translucidez creada por estos polvos finos dependerá de la cantidad, el grano y la composición de los opacificadores (Fig. 25).

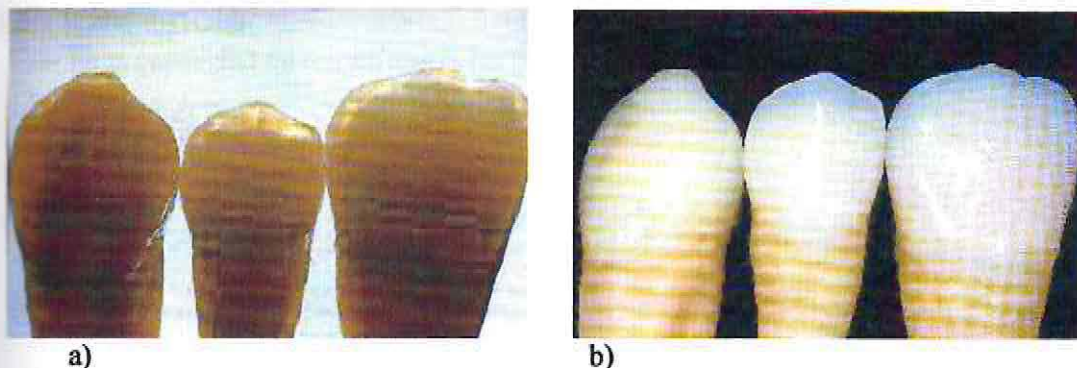


Fig. 25. Ilustración de la opalescencia a) En luz reflejada, la transparencia del borde incisal se ve teñida de azul; b) En luz transmitida, la transparencia del borde incisal muestra un tono naranja.

El esmalte dental y los materiales de tono incisal, contienen cantidades muy bajas de partículas opacificadoras; la dentina natural y los tonos de dentina contienen algo más, y aparecerán más opacos; los tonos opacos contienen aun más, y esto tiene obviamente una gran influencia en la transmisión de la luz.

Las partículas opacificadoras producen, en el diente y en el material, un efecto de dispersión de la luz de grado variable, según su índice de refracción y el tamaño y cantidad de las partículas. Cuanto mayor sea la dispersión, más opaco se verá el material; inversamente, a menor dispersión, más translúcido aparecerá el material. No hay dispersión con una lámina de cristal; prácticamente todos los rayos de luz pasan a través del cristal, que aparecerá transparente. En nuestros materiales "transparentes" casi no hay partículas opacificadoras y poca difracción, así que casi todos los rayos de luz atraviesan el material.

El efecto opalescente se aprecia en los dientes naturales, así como en la famosa gema, el ópalo, los ópalos son azules con la luz reflejada, y naranja rojiza con la luz transmitida. Los dientes son también opalescentes. Esta opalescencia se debe a un tipo particular de difracción de luz relacionada con partículas muy finas y perfectamente homogéneas.

En los dientes naturales hay partículas muy finas, especialmente en el esmalte, en forma de cristales de hidroxiapatita, con una media de  $0,16\mu\text{m}$  de largo y  $0,02-0,04\mu\text{m}$  de grosor, que son las que producen el efecto opalescente. Los dientes tienen grados variables de opalescencia, según la distribución de estos cristales. Por lo tanto, tendrán reflejos azules, especialmente en los bordes incisales; sin embargo, con la luz transmitida se verá un tono amarillo naranja.

Para explicar este fenómeno físico (el efecto Tyndall), responsable también de los cielos azules durante el día y teñidos de naranja en el crepúsculo (Fig31.), hemos de volver a ciertos conceptos básicos respecto a la reflexión y dispersión de la luz. Una superficie dental refleja, a través de las partículas finas, los rayos de longitud de onda corta ( $400\text{nm}$ , es decir, azul); las otras longitudes de onda del espectro luminoso ( $600$  a  $700\text{nm}$ ) se absorben. Por lo tanto, el diente tendrá algunas zonas azuladas.

Por otra parte, la luz transmitida dará al diente una apariencia rojo anaranjada, ya que las longitudes de onda corta han sido reflejadas, y el observador solo verá luz a longitudes de onda mayor (de  $600$  a  $700\text{nm}$ ).

## IX) Iriscencia

Es la capacidad de estratificar la luz reflejada.

### 3.3 TIPO DE COMPOSITE Y ARMONÍA ÓPTICA.

Para que una restauración sea considerada satisfactoria, debe reunir y mantener a lo largo del tiempo ciertas características; una de ellas es la armonía óptica. Si para un profesional, el logro de esta característica ocupa un lugar preponderante en la demanda que recibe en su tarea clínica, será necesario que elija, de entre los distintos composites que se le ofrecen, aquel que le ofrece mayor variedad de posibilidades de seleccionar propiedades ópticas distintas (color, translucidez). Así podrá optar entre una amplia gama de colores para poder imitar las características cromáticas de distintas situaciones clínicas que se puedan presentar.

Además puede considerar también cual es el que le facilita en mayor medida la selección del color y translucidez adecuados para cada caso clínico en particular. Para el caso de la realización de restauraciones plásticas la posibilidad de disponer de guías que permitan estimar el color final en diferentes espesores puede ser de interés.

Es importante tener en cuenta también la seguridad de poder contar con un producto que se pueda reponer (que existan envases de un determinado color una vez que se ha agotado uno de ellos) y seguridades de reproducibilidad en las variedades de color provistas.

Pero la armonía óptica que se logró a través de la selección del composite, de color y translucidez adecuadas a la situación clínica y la obtención de una superficie que garantice el brillo apropiado, debe mantenerse.

Para ello ninguna de las propiedades ópticas del composite debe modificarse en el tiempo. Ya se han citado los inconvenientes de los productos de autocurado en tal sentido por el cambio que se produce en su color.

Pero el brillo también afecta la armonía óptica y, por esto, es importante que el profesional pueda tener información que le permita estimar en qué grado la superficie obtenida a través de sus procedimientos de terminación y pulido se mantendrá inalterable en el tiempo.

Durante el uso de la restauración (por la acción de abrasivos de limpieza y el roce de los alimentos) se puede gastar la parte orgánica (no la cerámica, debido a su dureza superior a la de los abrasivos que pueden estar presentes en los alimentos o los elementos de limpieza). Cuando esto sucede aparece en la superficie del composite las partículas cerámicas generándose irregularidades.

Como puede imaginarse, esas irregularidades son tanto mas marcadas (grandes) cuanto mayor es el tamaño de las partículas cerámicas y tanto más se vera afectada la forma de reflejar la luz y la armonía óptica de la restauración. Si el tamaño de la partícula es inferior a  $0,4\mu\text{m}$ , no se vera afectada en absoluto ya que la luz es una radiación electromagnética de entre  $0,4$  y  $0,7\mu\text{m}$  ( $400$  a  $700\text{nm}$ ).

Para poder estimar las posibilidades de mantenimiento de armonía óptica en una restauración debe conocerse el tamaño de las partículas del composite utilizado. Si se necesita un mantenimiento máximo de armonía óptica debe utilizarse preferentemente un composite reforzado con sílice coloidal (Micropartículas) ya que ésta tiene tamaños menor a los  $0,4\mu\text{m}$ . Asimismo, debe resaltarse que con las composites de micropartículas (partículas sub-

micrométricas o pequeñas) se obtienen restauraciones de muy buen pulido en superficie por las razones ya citadas.

En el caso de todos los composites, debe presentarse atención al tamaño promedio de las partículas reforzadoras. Este dato de interés debe ser informado por los fabricantes y conocido por el odontólogo ya que permite estimar la posibilidad de mantenimiento de armonía óptica que brinda el material. En gran parte de los composites denominados universales (por la posibilidad de utilizarlos en dientes de los distintos sectores de la cavidad bucal), los valores promedios del tamaño de las partículas reforzadoras oscilan en alrededor de poco menos de  $1\ \mu\text{m}$  (entre  $0,6$  a  $0,9\ \mu\text{m}$ ). Por ello, se puede deducir que, al superar ese valor de  $0,4\ \mu\text{m}$  no se podrán lograr las mismas características que con los composites reforzados con sílice coloidal (micropartículas). No obstante, el logro y el mantenimiento de la armonía óptica es aceptable como para resolver gran parte de las situaciones que demandan estética en el sector anterior.

Por estas razones, al seleccionar un composite debe recabarse la información relativa al tamaño del componente cerámico del producto. A menor tamaño, mayor posibilidad de mantenimiento de superficie lisa, mayor posibilidad de mantenimiento de brillo y, en consecuencia, mayor posibilidad de mantenimiento de armonía óptica en la restauración.

## I) Resinas Flow

Las nuevas generaciones de resina compuestas fluidas, poseen la característica de baja viscosidad y capacidad de humectar o mojar diferentes substratos.

Esta característica les otorga aplicaciones clínicas de gran utilidad:

- Sellante de fosetas y fisuras de alta resistencia al desgaste y abrasión.
- Restauración preventiva.
- Restauración para clase III y pequeños defectos estructurales.
- Restauración en caso de abfracción cervical.
- Como liner cavitario en combinación con restauración en resina compuesta en posteriores.
- Sellar pequeños defectos marginales.
- Cementante de carillas veneers.

Las resinas FLOW, aparecen a fines del año 1996 y poseen una fórmula similar a las resinas compuestas contemporáneas, pero con un porcentaje menor de carga de vidrio y en consecuencia una viscosidad baja o fluida.

## II) Resinas de Micropartícula

Se obtiene por hidrólisis y precipitación, inicialmente estas micropartículas tuvieron un tamaño promedio de  $0,04$  micrones. En la actualidad se utilizan tamaños ligeramente mayores  $0,05$  a  $0,1$  micrones, de todas formas de dispersión coloidal no visible al ojo humano.

Puesto que el uso de estas micropartículas coloidales al ser adicionadas en forma directa a la mezcla líquida de monómeros, los torna exactamente viscosos y difíciles de manipular se han ideado formas diferentes de realizarlo sin comprometer las propiedades físicas.

Las formas de micropartículas pueden ser:

- Complejos de micropartículas unidos a plásticos pre-polimerizados: la sílice coloidal se incorpora dentro de una matriz de resina que polimeriza por el sistema de termocurado. Seguidamente se procede a pulverizar el tamaño de la partícula de 1 a 200 micrones.
- El término utilizado por algunos de relleno orgánico es incorrecto. La micropartícula se ha adicionado dentro de una matriz de resina previamente polimerizada y pulverizada posteriormente.
- Complejos de micropartículas incorporados en polímeros esféricos: partículas prepolimerizadas esféricas. En este caso la sílice coloidal es incorporada dentro de esferas poliméricas parcialmente polimerizadas con diámetro de 20 a 30 micrones.
- Complejo de micropartículas aglomeradas: en esta técnica se aglomeran artificialmente las micropartículas de sílice coloidal en conglomerados de un tamaño de 1 a 25 micrones, no intervienen matrices orgánicas de polímeros.

### III) Resinas Compuestas Híbridas.

La matriz orgánica de resinas se refuerza con la incorporación con partículas de material inorgánico de diferente tamaño y composición química.

Esta técnica se ha impulsado dentro de los productos de primera generación, es por esto que las resinas de macropartículas de la primera generación ha desaparecido. La mezcla de diferentes tamaños de partícula mejora considerablemente la tersura superficial y la capacidad de pulimiento, problema inherente a las primeras fórmulas de macropartícula, que no podían pulirse, ocasionando superficies rugosas aptas para el anclaje de pigmentos y de placa; al producirse la abrasión de la matriz de resina las partículas de vidrio afloran a la superficie creando una irregularidad de gran magnitud.

Dentro de las resinas compuestas híbridas encontramos las resinas compuestas contemporáneas (VI generación). La evolución de los diferentes sistemas de resinas compuestas, a desembocado en una nueva generación con formulación de polímeros reforzados con características mejoradas en términos de propiedades físico – mecánicas y excelente estética.

En forma genérica se les denomina resinas compuestas híbridas, por estar conformadas por grupos poliméricos (fase orgánica) reforzados por una fase inorgánica de vidrios de diferente composición y tamaño, cuyo porcentaje puede llegar a constituir el 60% o más del contenido total, con tamaños de partículas que oscilan entre 0.6 y 1 micrómetro, incorporando sílice coloidal con tamaño de 0.04 micrómetros.

Dentro de las características especiales de esta generación de resinas compuestas se pueden enunciar cualidades como:

- Gran variedad de colores, y capacidad de mimetización con la estructura dentaria.
- Estabilidad de color duradera.

- Selección adecuada del color mediante las guías de colores VITA y Chromascop.
- Menor contracción de polimerización.
- Baja sorción de agua.
- Excelentes características de pulimiento y texturización.
- Abrasión y desgaste muy similar al experimentado por las estructuras dentarias.
- Coeficiente de expansión térmica bastante cercano a la estructura dentaria.
- Formulas de uso universal tanto para el sector anterior como para posterior.
- Diferentes grados de opacidad y translucidez en diferentes matices (colores), lo cual asegura máxima estética.
- Características de fluorescencia y opalescencia.

En la Tabla N° 1, enumeramos las formulas contemporáneas clasificadas como de VI generación indicando el fabricante y su porcentaje de carga de vidrio.

**Tabla N°. 1**

**Resinas compuestas contemporáneas  
VI generación**

Carga (volumen)

AELITE - FIL	BISCO	66%
AMELOGEN	ULTRADENT	60%
BRILLANT	COLTENE	59%
CHARISMA	KULZER	60%
CONQUEST	JENERIC	69%
DEGUFILL	DEGUSA	65%
HERCULITE XRV	KERR	59%
PRISMA TPH	CAULK	57%
TETRIC	VIVADENT	62%
Z 100	3 M	66%
PRODIGY	KERR	59%
VITALESCENCE	ULTRADENT	-

### 3.4 COLORIMETRIA

---

El color de los dientes se ha convertido hoy día en uno de los factores mas importantes en la estética facial. Si la sonrisa de la persona es un determinante fundamental en su atractivo físico, el color de los dientes es el factor fundamental en el atractivo dentofacial. Por ello, el odontólogo se enfrenta en su practica diaria, tanto en la faceta protésica como en la operatoria, al reto de identificar el color de las estructuras dentales remanentes con el de los materiales restauradores.

Para afrontar con éxito este desafío, más aún en un momento en el que a nuestra profesión se le exige no solo que rehabilite la función sino que proporcione la mejor estética posible, el odontología ha de aplicar la ciencia del color y, especialmente, la colorimetría, la rama de la ciencia del color que se ocupa de los métodos y técnicas para medir el color, evaluando la energía lumínica en cuanto a la sensación de color que produce en el ojo humano. Así, una de las técnicas colorimétricas que se aplican a diario en el consultorio dental es la toma de color subjetiva. El fracaso de esta técnica provoca el de toda la restauración. Todos hemos podido comprobar cómo restauraciones con una forma anatómica correcta y un perfecto contorneado frustran las expectativas del profesional y del paciente si el color no se selecciono convenientemente.

El objetivo practico de la colorimetría radica en especificar los colores, es decir, que dado un color se le pueda asignar a éste una denominación inequívoca que sirva de base para reproducirlo con toda exactitud. La forma vulgar de especificar los colores es asignándoles a cada uno una palabra o grupo de palabras, como amarillo, gris verdoso, rosa pálido, etc. Una solución seria tener un catalogo con todos los colores y sus subdivisiones. Éste es el método mas utilizado corrientemente en las industrias cuando no se requiere una gran exactitud. Sin embargo, este método carece de valor científico y no soluciona otros problemas importantes de la ciencia del color, teniendo en cuenta, además, que resultaría imposible reconstruir un catalogo con todos los diferentes colores que puede distinguir un ojo humano normal. De hecho se calcula que el hombre puede llegar a distinguir hasta unos diez millones de colores.

El problema colorimétrico para el odontólogo se complica ante el hecho de que, aunque cada individuo posee un color de dientes característico, en una misma persona se descubren diferentes tonalidades dependiendo del tipo de diente que se mire o del grupo dentario. De esta forma, los dientes anteriores suelen ser mas claros que los posteriores y los caninos son siempre más amarillos que los laterales y los premolares. Incluso en un mismo diente hay diferentes tonos y transparencias.

La toma de color subjetiva en odontología tiene como objeto lograr la total identificación entre el color del material restaurador y el de los tejidos dentarios o los dientes remanentes.

La determinación de un método para medir el color ha sido el objetivo de numerosos investigadores, y en la actualidad se dispone de varias metodologías encaminadas a la valoración y definición cuantitativa del color de los objetos y, cómo no, de los dientes.

Para valorar las diferencias cromáticas se han desarrollado varios sistemas de colores entre los que destacan dos: el Munsell Color System y el Standard Commission Internationale de L'Eclairage (CIELab) Color system.

## 1) El sistema de colores Munsell.

Uno de los más utilizados, y ya clásico en odontología, es el sistema de colores de Munsell. En este sistema se valora el color objetivo a través de tres coordenadas o características que informan de la longitud de onda predominante, la intensidad y la pureza. Para ello emplea las tres dimensiones físicas del color: tono o matiz, intensidad o saturación, y brillo o valor.

Se trata de un sistema de coordenadas que puede considerarse como un cilindro en el que los matices se disponen en forma ordenada alrededor del perímetro del cilindro, en tanto que la intensidad o saturación del color aumenta a lo largo de un radio que se aleja desde el eje central. La coordenada del valor varía a lo largo de la longitud del cilindro, desde el negro en el extremo inferior hasta el blanco en la parte superior, pasando por el gris neutro en el centro. (Fig. 26).

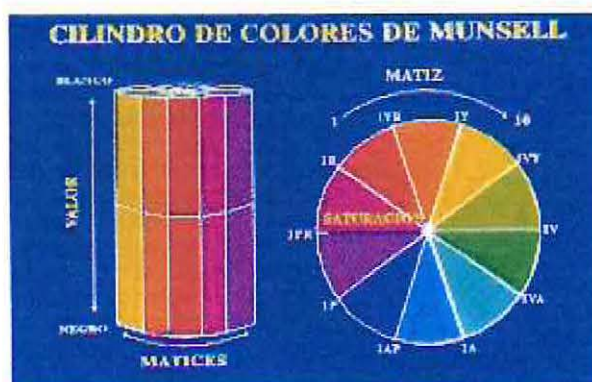


Fig. 26 Representación de la naturaleza tridimensional del color en el cilindro de Munsell. Y: amarillo; V: verde; A: azul; P: violeta.

En el cilindro de progresión de tonos o matices de color comienza en el rojo ( R ), 1R, 2R, 3R.....10R, siguiendo con el rojo amarillo (anaranjado, YR), 1YR, 2YR,

3YR .....10YR, a continuación el amarillo 1Y, 2Y.....10Y.....el amarillo-verde 1YV, 2YV.....10YV.....el verde 1V, 2V.....,el verde azul 1VA, 2VA..., el azul (A), el azul violeta (AP), el violeta (P), y, por ultimo, el violeta rojo (PR).

El corte transversal del cilindro a un determinado nivel del valor permite observar los diferentes matices y sus grados de saturación. De igual modo, la saturación y el valor de un determinado matiz o tinte puede relacionarse en un eje de coordenadas en el que en abscisas se representa la saturación, creciente de izquierda a derecha, y en ordenadas el valor, creciente de abajo hacia arriba.

Las coordenadas para un color específico se establecen en la forma matiz/valor/intensidad, con un número que especifica la subdivisión del matiz precedido de la designación del nombre del matiz. Por ejemplo, un color con matiz intermedio entre amarillo (Y) y rojo (R), con valor intermedio entre el negro y el blanco con intensidad máxima (10) se especificaría con la siguiente notación: 5YR/5/10.

Las intensidades y saturaciones se extienden desde el interior del cilindro hacia fuera. Debido a que no todos los tonos desarrollan igual pureza y niveles de brillo, la sección del cilindro de Munsell no es un círculo perfecto y simétrico.

El valor y brillo de puntúa desde el 1, negro, situado en la parte inferior del cilindro, hasta el 10, blanco, localizado en el extremo superior.

El concepto de las tres dimensiones del color es muy útil para ordenar los colores en odontología y, por ello, los tonos de referencia se utilizan para comparar el color de los materiales de restauración con la estructura dental se basan clásicamente en este sistema de descripción de colores.

Los dientes humanos poseen una considerable variación de color y los datos espectrofotométricos disponibles son muy limitados considerando su gran variedad. Si se aplican las coordenadas de Munsell al color de los dientes humanos se observa que sus matices varían del 7,5 YR (anaranjado) al 4,7Y (amarillo), el valor de 5,8 a 8,5 y la saturación de 1,5 a 5,6, según los tonos.

Como se ve el color de los dientes naturales solo comprende una pequeña parte del cilindro de Munsell. (Fig. 27).



Fig. 27. Matiz y saturación de los colores de los dientes naturales en el cilindro de Munsell. (Miller, 1993)

## II) El sistema de colores CIELab

Según el sistema CIELab todos los colores de la naturaleza son obtenidos mezclando, en ciertas proporciones, tres colores básicos, el rojo, el azul y el verde. Así la calidad de cada color viene expresada por una triada de valores, L, a y b. La letra L representa el brillo, que oscila entre el blanco y el negro.

Las letras a y b designan los componentes cromáticos del color, matiz e intensidad. El "eje a" CIELab corresponde al eje rojo - verde de Munsell; + a es el rojo, y - a es el verde. De modo similar, "el eje b" corresponde al eje amarillo - azul de Munsell; + b es el amarillo, y - b es el azul. Este sistema de colores se está usando ya en odontología y la Asociación Dental Americana lo ha recomendado a sus asociados. Además, se han desarrollado instrumentos de colorimetría, calorímetros electrónicos, que pueden utilizarse intraoralmente y que siguen el sistema CIELab. Las cámaras MINOLTA Chroma Meter CR - 221 y MINOLTA Chroma Meter Cr - 300 son unos de los mas utilizados.

## IV) Las guías de colores

En el consultorio dental o en el laboratorio, el odontólogo suele utilizar para el ajuste del color unas guías de tonos. Estas guías se usan como la muestras de color para pintar una casa y especificar el color para mezclar la tonalidad adecuada. La mayoría de los fabricantes distribuyen guías de tonos para sus materiales, tonos que no suelen ser intercambiables con los materiales de otros fabricantes.

Además, cada fabricante elabora un numero diferente de tonos. Por ello, ha aumentado el numero de fabricantes que cotejan sus tonos con los de la guía de tonos VITA, una guía de referencia universalmente aceptada y la más utilizada hoy día para determinar el color de los dientes.

## IV) La guía de colores VITA

La guía VITA se basa en el sistema de colores Munsell. Consta de 16 muestras de color clasificadas en cuatro grupos o familias. La ordenación de las 16 muestras puede hacerse de dos formas, bien según familias de matices (Fig28.) o bien según el valor.



Fig. 28 Guía de color VITA ordenada por grupo de familia de matices.

Para denominar los colores, la guía VITA sigue un sistema a base de letras, que designan los matices, y números, que designan las intensidades o saturaciones. Este sistema tiende hoy día a universalizarse. En cada familia la intensidad aumenta de 1 hasta 4 a la vez que va disminuyendo el valor. En la guía VITA el aumento de la intensidad tiende a desplazar a la mayoría de las tonalidades hacia el naranja / amarillo. Las tonalidades A3 y D4 se localizan fuera de sus respectivas familias. (Fig.29).



Fig. 29.

Las familias se identifican por las letras A, B, C y D. El fabricante denomina a la familia A “rojiza – parduzca”, a la B “rojiza – amarillenta”, a la C “matices de gris” y a la D “rojiza – gris”. Luego, dentro de cada familia, se numeran los colores del 1 al 4 según la saturación. Para la familia A se distinguen 5 grados de intensidad 1, 2, 3, 3.5 y 4. Para las familias B y C se distinguen el 1, 2, 3 y 4, y para la familia D sólo se distinguen el 2, 3 y 4. (Fig.30).



a)



b)



c)



d)

Fig. 30 a) Grupo A, tonalidad rojiza - parduzca, b) Grupo B, tonalidad rojiza – amarillenta, c) Grupo C, tonalidad gris, d) Grupo D, tonalidad Rojiza – gris.

Se ha criticado a la guía VITA por su poco empeño en abarcar la gama de color de los dientes naturales como ha sido descritos en muchos estudios, lo que hace que la distribución y el orden de las tablillas sea inadecuado para adaptarse eficazmente a los dientes naturales. De hecho si se comparan las figuras puede observarse que algunas de las tablillas de la guía VITA, concretamente las B1, C1 y B2, caen fuera del límite de color de los dientes naturales establecido por Miller.

Son varios los autores que no están de acuerdo con la clasificación de familias establecida por el fabricante. Para Sproull y Miller la familia A, “rojiza – parduzca” según el fabricante, está más próxima a la región anaranjada del espectro visible por lo que debería designarse como familia “anaranjada”.

La familia B, “rojiza – amarillenta” para el fabricante, tiende más a la gama del amarillo y, para Miller, debería denominarse “amarilla”. Por ello, el grupo B siempre debe parecer más amarillo que el grupo A cuando se mira con luz correcta.

Para estos mismos autores, la familia C es mal denominada gama de “grises” por el fabricante, puesto que el gris es una especificación acromática y no se considera un matiz. La designación correcta sería “gris / amarillo” o subfamilia del B.

Respecto a la familia D, “rojiza – gris” según el fabricante, tiende realmente más hacia la gama del naranja, y debe considerársela, como una subfamilia del grupo A y ser denominada “gris – naranja”.

En resumen, cuando la guía VITA se ordena según matices debe hacerse siguiendo el orden natural, esto es, a la izquierda la familia A “anaranjada”, después la D, a continuación la C y, por último, la B “amarilla”.

La otra forma de ordenar la guía VITA, siguiendo la escala de valor o rango Munsell, de más claro a más oscuro, también ha sido criticada. Según este rango, a cada tablilla de la guía VITA se le asigna un número del 1 al 16, correspondiendo el 1 a la tablilla de mayor valor, la B1, y el 16 a la de menor valor, la C4. Sin embargo, algunos estudios sobre la guía VITA demuestran que la ordenación de los colores según el valor propuesto por el fabricante no es correcta y varía de unas guías a otras.

## **V) Guía de colores VITAPAN 3D MASTER.**

La familia de colores VITAPAN 3D – MASTER amplía la oferta de colores y se puede emplear como alternativa a la familia de colores de la guía de color VITA clásica.

La guía de colores VITAPAN 3D-MASTER representa el perfeccionamiento de la guía de color VITA, acreditada desde hace más de 40 años.

Es el resultado de estudios clínicos y científicos de muchos años. Hasta la fecha se trata de la única guía para la determinación de los dientes estructurada de forma sistemática según el principio de orden métrico de los colores. Tiene en cuenta las tres dimensiones del color (3D). Claridad, (valor), intensidad (croma) y tonalidad (hue). (Fig. 31).

Los colores de la guía VITAPAN 3D-MASTER cubren uniformemente el espacio de colores existente en los dientes natural. El sistema de colores en el que se basa esta guía proporciona un medio de claridad insuperada a la hora de seleccionar los colores. Así, la comunicación entre el usuario y el reproductor de los colores se simplifica y la seguridad de acertar aumenta.



Fig. 31 Guía de color VITAPAN 3D-MASTER.

¿ Cómo se selecciona el color de diente con la guía de colores VITAPAN 3D-MASTER?

**PASO 1:** Se define la claridad entre los grupos 1, 2, 3, 4 o 5. Únicamente ajuste entre más claro y más oscuro.

**PASO 2:** Se selecciona la intensidad del color, utilizando en grupo M del grado de claridad hallado para definir la intensidad del color, luego se armoniza entre más pálido y más saturado.

**PASO 3:** Fijar la tonalidad. Comprobar si el diente natural es más rojizo o más amarillento que la muestra de color seleccionada en el grupo M



a) Paso 1.

B) Paso 2.

C) Paso 3.

Fig. 32 Pasos para la selección del color utilizando la guía de colores VITAPAN 3D-MASTER.

## VI) La guía de colores Chromascop

La guía de colores Chromascop, de Ivoclar – vivadent (Fig.33), ordenada por familias de matices según la propuesta del fabricante, es otra de las más utilizadas en odontología estética.

Esta guía de colores agrupa los matices en cinco familias, cada una formada a su vez por cuatro intensidades de color. Los cinco matices son el blanco, el amarillo, el marrón claro, el gris y el marrón oscuro. La nomenclatura que sigue es doble, ya que por un lado cada tablilla trae el nombre convencional similar a la guía VITA y, por otro, una numeración sistemática que asigna el 100 a los matices blancos, el 200 a los amarillentos, el 300 a los marrones claros, el 4000 a los grises y el 500 a los marrones oscuros.

Luego, dentro de cada matiz, numera del 10 al 40 las cuatro intensidades de color de valor decreciente. Así, el 310 es la tablilla de matiz marrón claro y de menor intensidad y de mayor valor, y el 240 es la tablilla de matiz amarillo de mayor intensidad y de menor valor.

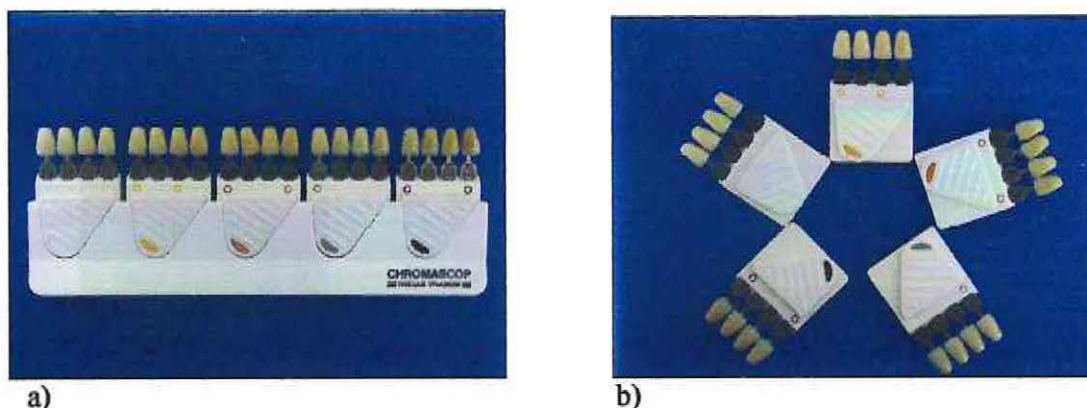


Fig. 33 a) y b) Guía de color CHROMASCOP ordenada por familia de matices: Blanco, amarillo, marrón claro, gris y marrón oscuro.

## VII) Guía de color TruMatch (Esthet-X)

La guía de color TruMatch fue diseñada para guiar la creación de la restauración desde adentro hacia fuera, por una técnica incremental. Así es, cada tono del diente en la guía de colores es construida por armonización de tres capas de tonalidades diferentes, representando las porciones del opaco, el cuerpo regular y esmalte translúcido. (Fig.34).

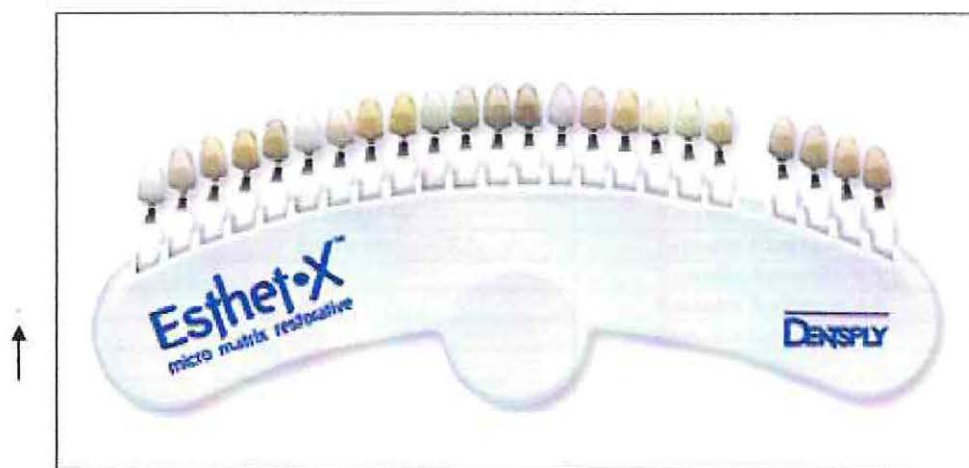


Fig. 34. Guía de color TruMatch (Esthet-X).

Para usar la guía de colores, los clínicos seleccionan la lengüeta apropiada para predecir la estética final de la restauración. Una vez seleccionado, el mango de la lengüeta de color y el lado reverso de la guía de color perfilara la “receta” usada para crear ese color particular de diente. Seleccionando los colores correspondientes del Esthet-X y colocando por capa los tonos secuenciales dentro de la preparación cavitaria, el clínico puede lograr el resultado deseado exactamente representado por la lengüeta de tono. Por ejemplo, para crear una restauración final del “A3.5”, primero es ubicada una capa de base A2 – 0 (dentina opaca),

seguido por un cuerpo de tono A3.5 (cuerpo regular) y finalmente cubierto por color YE (esmalte translúcido). (Fig. 35).

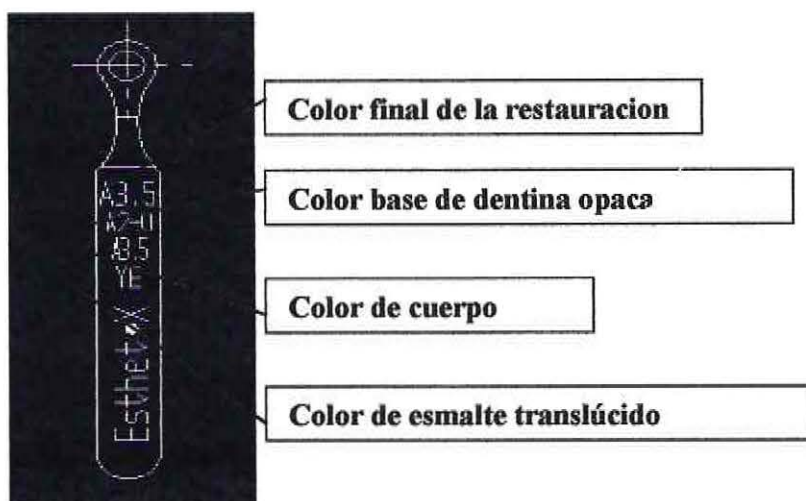


Fig. 35. Esquema de la "receta" para poder lograr el color final de la restauración.

La guía de color armónica hecha a la medida esta disponible para guiar al clínico en la selección del color y en la técnica de armonización. Actualmente, hay 31 tonos disponibles en el sistema Esthet-X: series de dentina opaca, cuerpo regular (dentina) y esmalte translúcido. (Tabla N°. 2)

Tabla N°. 2 Tonos del restaurador Micro Matriz Esthet-X (31 en total) Con Opacidades Múltiples.

Tonos de dentina opaca	Tonos de cuerpo regular	Tonos de Esmalte Translúcido
Blanco-O = W-O	White = W	Esmalte Claro = CE
A2-O	Extra claro = XL	Esmalte Blanco = WE
A4-O	A1	Esmalte Amarillo = YE
B2-O	A2	Esmalte Ámbar = AE
C1-O	A3	Esmalte Gris = GE
C4-O	A3.5	
D3-O	A4	
	B1	
	B2	
	B3	
	Amarillo oscuro/B5 = B5	
	C1	
	C2	
	C3	
	C4	
	Extra Gris-café/C5 = C5	
	D2	
	D3	
	Universal	

## VII) La toma de color subjetiva

Podemos definirla como el procedimiento mediante el cual el odontólogo selecciona, de entre las diferentes tablillas de una guía de colores, aquella cuyo color se identifica más exactamente con el del diente, o tejido dentario remanente, de un paciente.

En nuestra profesión nos vemos obligados a diferenciar una gran cantidad de tonos de color, muchas veces muy próximos entre sí. Aparentemente la gama de colores dentales existentes en la población puede parecer bastante limitada, pero el profesional de la odontología descubre no sólo que esto es incierto, sino también que en ocasiones la elección del tono adecuado plantea importantes dificultades.

La guía de color que vayamos a utilizar debe ser válida, y resulta muy importante conocer bien la base de la nomenclatura y ordenación de la guía. Cuando se utiliza la guía VITA, o cualquier otra basada en el sistema de colores Munsell, para obtener un abordaje más eficaz en la selección del matiz, se deben disponer las familias según su orden natural (A, D, C y D), con lo que se consigue la máxima diferencia de matiz entre las tablillas de los extremos, A1 y B4.

Se aconseja utilizar el procedimiento más claro y sencillo, y si es necesario la comunicación con otros profesionales, deben realizarse auténticos diseños, esquemas o mapas donde se anoten los tonos, maquillajes, transparencias, etc., para cada zona del diente con ayuda de las guías

De todos modos, debemos reconocer que la mayoría de las guías de tonos para composites son inexactas, no solo porque suelen estar compuestas por un material distinto al composite, sino también porque no toman en consideración los cambios de color que se producen entre unas remesas y otras, o los debidos a los del envejecimiento del composite.

## IX) Principios básicos en la toma del color

Como principios básicos para la toma del color subjetiva podemos citar los siguientes:

- Limpiar el diente antes de ser comparado.
- Estimar el valor aparente y el color dominante.
- Elegir el color apropiado de la guía de colores.
- Humedecer el diente y las muestras de las guías.
- Sostener la guía de colores cerca del diente con una distancia adecuada (cervical a cervical, e incisal a incisal).
- Observar el efecto completo con los labios relajados y retraídos.
- Tener cuidado con la saturación de color
- Emplear varias fuentes de luz.

Enunciando así los principios básicos de la toma de color pudiera parecer que es ésta una tarea fácilmente estandarizable y, por tanto, sencilla. Sin embargo, un objeto, e igual un diente, es percibido con un color que no solo depende de sus pigmentos, sino también de sus características físicas, estructurales y de superficie.

Por tanto, la elección del color para efectuar la reconstrucción de un diente depende de muchos factores como la iluminación, el material de reconstrucción, los elementos

circundantes al diente como el dique de goma, el color de los labios y, por supuesto, de numerosos factores dependientes del observador. Así, la objetividad en la elección del color puede verse perjudicada por el cansancio del profesional tras mucho tiempo de observación del objeto. De hecho, dos especialistas expertos en la reconstrucción de dientes pueden elegir para su trabajo dos tonos diferentes para un mismo diente sin necesidad de que ninguno de ellos presente alteración alguna en su visión cromática. El contraste entre la luz o iluminación de la zona de trabajo y la del resto del consultorio es también importante, puesto que debe existir una buena relación o proporción entre las dos para evitar el cansancio visual.

Otros factores a tener en cuenta son los psicofisiológicos. Una misma realidad puede ser interpretada de diferentes formas por el sistema visual. Por último, las alteraciones o anomalías en la visión cromática también influyen en la elección del color, como pueden ser el daltonismo, acromatopsia, hemeralopía, astigmatismo, etc. Estas alteraciones no son infrecuentes, pero suelen ser poco acusadas, por lo que los profesionales que las padezcan deben tomar la precaución de pedir consejo a otras personas del equipo en el momento de seleccionar el color.

Miller describe varios pasos para la toma de color con la guía VITA:

**Paso 1.** Dado que el color es el resultado de la luz disponible, es requisito indispensable que haya una fuente de iluminación que tenga un espectro adecuado e ilumine suficientemente. La sugerencia de usar "luz diurna del norte al atardecer", como aconsejan algunos textos, es imposible de llevar a cabo puesto que no todas las tomas de color se pueden realizar con la misma luz y a la misma hora. El dentista deberá controlar la calidad y la cantidad de luz ambiental. Para ello, la luz artificial controlada a una temperatura de color de 5.500 °K y una intensidad de 175 – 200 bujías ofrece la máxima fiabilidad, ya que proporciona una luz similar a la luz solar natural de un día despejado, cuya temperatura de color está entre 5.000 y 6.000 °K.

**Paso 2.** Se deben retirar los maquillajes excesivos y la pintura de labios (Fig.36). el aislamiento de los dientes de estos tonos tan fuertes disminuye la confusión resultante de los reflejos y la absorción de dichos colores por los dientes. Una toalla color azul claro alrededor del cuello del paciente proporciona un buen fondo complementario para el color natural naranja/amarillo de los dientes. Puesto que los colores complementarios tienden a realzarse unos a otros, el hecho de reposar los ojos mirando la toalla azul mejorará la respuesta y la agudeza visual para el naranja/amarillo. El dique de goma puede alterar la percepción del color del diente, por lo que se aconseja tomar el color antes de colocar el aislamiento absoluto.



Fig. 36, Toma de color incorrecta.

**Paso 3.** La visión de la guía de colores con la luz ambiental es extremadamente importante para todo el proceso de la toma de color. Resulta útil tener las dos disposiciones de la guía de color VITA, una ordenada por familias de matices y otra ordenada según el valor, de más claro a más oscuro. Al observar la guía VITA, los matices del grupo A (naranjas) deben poder ser bien diferenciados de los del grupo B (amarillos).

Es aconsejable calibrar los ojos y el cerebro antes de proceder a tomar el color. Ello puede hacerse fácilmente alejando los dientes de la guía de colores, ordenada por matices, y mirándola contra un fondo neutro o complementario a la luz ambiental, comprobando si se pueden diferenciar bien las variaciones de matiz, valor e intensidad existentes entre las tablillas.

Si la diferencia no resulta claramente evidente es inútil intentar cualquier diferenciación de un matiz. La dificultad puede deberse a factores oculares y cerebrales que incapaciten momentáneamente para ello al observador.

Una posible causa radica en que los conos de la retina se fatigan por la luz del sillón, con temperatura de calor cercana a los 3.400°K, luz muy anaranjada que puede disminuir la agudeza para los tonos anaranjados. Esto puede solucionarse apartando la luz del equipo durante unos minutos. También puede ocurrir que las papilas estén contraídas debido a la gran intensidad de la luz operatoria, lo que se soluciona apagando la lampara y esperando cierto tiempo hasta comprobar que se diferencian bien los tonos A de los B en la guía VITA.

La luz que entra por la ventana puede alterar el equilibrio de la luz ambiental del consultorio al interferir con ella. Así, por ejemplo, la luz de un día nevado de invierno impide la percepción de pequeñas cantidades de naranja/amarillo, luces no presentes en la luz natural durante esos días. Sin embargo, la luz de un sol intenso puede producir un excesivo tono anaranjado.

Por ultimo, puede ocurrir que la potencia de la lampara que utilizamos para la toma de color sea inadecuada o haya variado por envejecimiento o suciedad no suministrando ya la luz a una temperatura de color de 5.500 °K, que es la ideal. La solución será cambiar la bombilla o limpiar los filtros.

**Paso 4.** La fijación de la vista en la guía de colores, ordenada por familias de matices, durante demasiado tiempo produce un efecto de acomodación por lo que no se debería mirar el color mas de 5 seg. De forma continuada. Suele ser útil reposar la vista mirando un fondo azul para facilitar el proceso de eliminación, debe comenzarse por la gama de matices más amplia, determinándose si el valor de los dientes que miramos tiende mas a la familia B de los amarillos o hacia la familia A de los naranjas. Si la intensidad es mínima resultara difícil determinar las diferencias de matiz. Por el contrario, a medida que aumenta la saturación las diferencias de matiz son más evidentes. Por ejemplo, las tablillas A1 y B1, de baja saturación de color, son difíciles de diferenciar aunque existan 4 unidades de matiz entre ellas, mientras que las tablillas B2 y B3, con una unidad de matiz entre ellas, o las tablillas A3 y A3,5, con tan solo media unidad de matiz entre ellas, son mas fácilmente diferenciables.

La eliminación de la porción del cuello de las muestras en algunas guías, de intensidad excesiva, puede ayudar a obtener el matiz básico.

Cuando los caninos presentan el mismo matiz de los incisivos, lo cual no sucede en todas las personas, la toma de color al canino, de color más intenso, puede facilitar la

determinación de la familia de matices. Cuando el color del paciente no está presente en la guía deberá recurrirse a otra guía de colores.

**Paso 5.** Una vez seleccionada la familia del matiz, un proceso de eliminación permite concentrarse y determinar qué miembro de dicha familia se identifica más claramente con el diente a valorar. Lo mejor, según Miller, es eliminar por pares.

Cuando existen dudas sobre el color preciso, lo mejor es elegir el de menor intensidad y el de mayor valor, puesto que los valores se pueden rebajar y las saturaciones aumentarse, mientras que lo contrario resulta más difícil.

## 4) Metodología

### 4.1 Casuística

#### **Análisis de los materiales restauradores bajo diferentes fuentes lumínicas.**

Se realiza éste análisis, motivados por el comentario de un paciente al que se le efectuaron carillas directas en los cuatro incisivos superiores, con un material ("Estético") y que fue sometido a cierto ambiente de iluminación (luz energética), fue notable el comportamiento antiestético de dicho material frente a ese tipo de iluminación.

#### **I) Material**

- 9 Dientes naturales extraídos.
- Matrices para restauraciones labiales (Faciform).
- Vaselina.
- Glicerina.
- Discos Sof – Flex.
- Lámpara.
- Fuentes Lumínicas:
  - Tubos fluorescentes.
  - Luz alógena.
  - Luz roja.
  - Luz verde.
  - Luz azul.
  - Luz amarilla.
  - Luces energéticas (Luz Negra).
  - Luz día.
- Modelos de yeso.
- Lámpara de fotocurado.
- Trípode.
- Cámara fotográfica digital (DIMAGE 7) MINOLTA.
- Fondo negro de terciopelo. (Opaco)
- Sistema adhesivo SINGLE-BOND. 3M.
- Resinas compuestas:
 

• Tetric – Ceram (tonos:     )	IVOCCLAR-VIVADENT.
• Miris. (tonos: S3 y NR),	COLTENE.
• Esthet – X (tonos: A2O – A3 – XE),	DENTSPLY.
• Synergy (tonos: A2 – B2)	COLTENE.
• Filtek Z – 250 (tonos: B2)	3M.
• Filtek A – 110 ( tonos: A3D y A3E)	3M.
• Filtek A – 110 (tonos: A3.5D y B0,5)	3M.
• Silux (tonos: U)	3M.
• Admira (tonos A3	VOCO.
• Inten – S	IVOCCLAR-VIVADENT.

- Brillant
- Filtek Flow
- Synergy Flow
- Tetric Flow
- Dyract Flow

COLTÉNE.  
3M.  
COLTÉNE.  
IVOCLAR-VIVADENT.  
DENTSPLY.

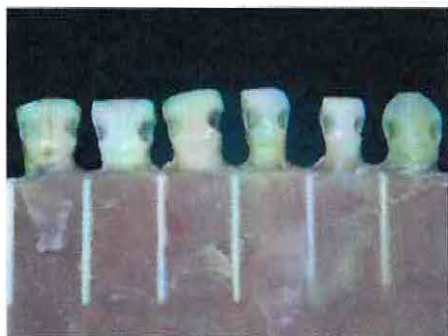
## II) Método

### Dientes extraídos

Se desinfectaron y lavaron los 9 dientes naturales extraídos, luego se montaron en yeso uno al lado del otro a cierta distancia. Se fotografiaron (cámara digital DIMAGE 7 MINOLTA), expuestos a las diferentes fuentes lumínicas.



Posteriormente se realizaron preparaciones cavitarias clase III y V, extensas, las cuales fueron restauradas bajo el método tradicional de restauración. (Grabado ácido, lavado y secado, aplicación del sistema adhesivo, fotocurado (20seg.), Aplicación de la resina compuesta y pulido.).



Preparaciones clase III y V  
Iluminación: Luz de tubo fluorescente.



Preparaciones clase III y V  
Iluminación: Luz negra.

De nuevo se fotografiaron (Cámara digital DIMAGE 7 MINOLTA) para comprobar el comportamiento óptico de los materiales frente a las distintas fuentes lumínicas.



Dientes restaurados  
(Luz de tubo Fluorescente)



Dientes restaurados (Luz Negra)

## En boca (Clínico)

Se selecciono a un paciente para realizar de manera (indirecta) carillas de composite. La pieza seleccionada fue el incisivo central superior (Diente 1-1), previamente realizada profilaxis.

Se recorto y ajusto la matriz según la forma y anatomía de la pieza del paciente. Una vez ajustada se procedió al aislamiento de dicha matriz por medio de vaselina para facilitar la extracción de la carilla; al diente del paciente se le coloco glicerina para evitar la adhesión del composite a la estructura dental.

Una vez realizado lo anterior, se procedió a la colocación del composite dentro de la matriz llevando la matriz y el composite a la boca del paciente, fotocurando por 20 seg. ; se extrajo la matriz junto con la carilla y se fotocuró por 40 seg más. Luego se retiro la carilla de la matriz, eliminando el excedente de material (discos Sof-Flex); se coloco la carilla de composite en el diente del paciente para verificar el ajuste.

Luego se clasificaron en frascos debidamente identificadas con el nombre del material con las cuales fueron fabricadas.



Carillas de composite terminadas y debidamente clasificadas en frascos

Posteriormente se realizó la sesión fotográfica ( Cámara digital DIMAGE 7 MINOLTA), bajo las diferentes fuentes lumínicas, para observar el comportamiento óptico de cada uno de los materiales; primeramente se fotografiaron todas las carillas juntas en un fondo negro y posteriormente se fotografió una a una puesta en los dientes del paciente.



Luz de Ampolleta.



Luz Negra.

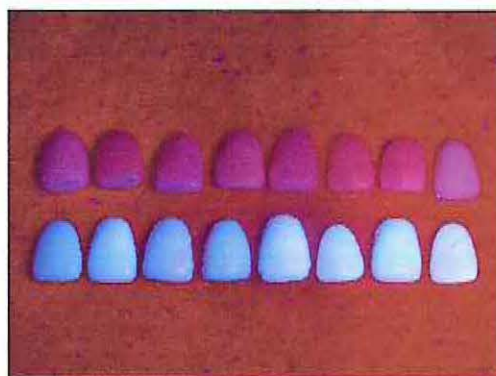
Comportamiento óptico de los dientes del paciente, sometido a diferentes fuentes lumínicas, nótese la fluorescencia de los dientes naturales bajo la influencia de luz energética.

### III) Resultado

Todos los materiales en cuestión, se comportaron tal cual bajo las distintas iluminaciones a excepción de la luz energética (luz negra), al parecer a ciertos materiales les hace falta el componente que les da el efecto de fluorescente cuando son expuestos a luces de alta energía y de longitud de onda corta.



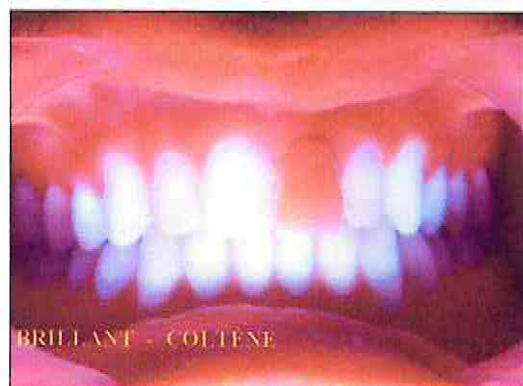
Efecto óptico de las carillas iluminadas  
Con luz de tubo fluorescente



Efecto óptico de las carillas iluminadas  
con luz energética (luz negra).

De los 16 materiales utilizados, 8 resultaron con características de fluorescencia y 8 carecieron de tal característica.

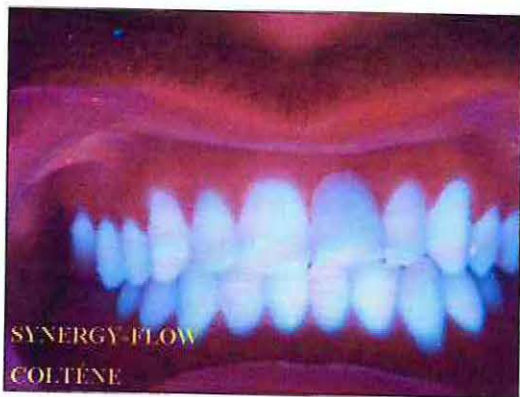
**CARILLAS CONFECCIONADAS CON MATERIALES QUE NO RESULTARON TENER CARACTERÍSTICAS FLUORESCENTES.**





**CARILLAS CONFECCIONADAS CON MATERIALES QUE SI RESULTARON TENER CARACTERÍSTICAS FLUORESCENTES.**





## 5) Conclusiones

- Para poder imitar la naturaleza y realizar restauraciones verdaderamente estéticas, es preciso, aprender a ver y tratar de comprender las leyes físicas, fisiológicas y psicológicas que gobiernan la percepción de las formas y colores de los dientes naturales.
- Al momento de seleccionar el color, debemos estar conscientes, de que, las tonalidades del diente varían según las condiciones de iluminación.
- El diente natural es policromático, compuesto por estructuras y tejidos con propiedades ópticas diferentes, afectando mucho en ellas el tipo de iluminación a la cual son sometidas.
- Antes de realizar una restauración en el sector anterior y especialmente en pacientes jóvenes, asegúrese del comportamiento óptico del tipo de composite con el que será restaurado. Si no es posible comprobarlo en el consultorio dental, exija al distribuidor o al fabricante que le den todas las especificaciones correspondientes.

## 6) Bibliografía

- Abelardo Baez.; Milco Villaroel C.; Rodrigo Rubio.; Claudio Jorquera. “Reconstrucción por capas anatómicas en base a resinas compuestas contemporáneas: Tratando de imitar la naturaleza”.
- Baratieri LN et al (1998): Restauraciones Adhesivas Directas en Dientes Anteriores Fracturados. Editorial Quintessence, 1998.
- Antonio Bascones. (Noviembre 1998): Tratado de odontología. Tomo II, segunda edición.
- Documentación técnica de Sinergy ( COLTÉNE).
- Folleto de la guía de colores VITAPAN 3D – MASTER.
- Folleto de la guía de colores CHROMASCOP (Ivoclar – Vivadent).
- G. Graig.; Materiales de Odontología Restauradora. Décima edición, (1998).
- Humberto José Guzmán Báez.; “ biomateriales Odontológicos de Uso Clínico”. Segunda edición. Santa Fe de Bogotá, D.C., Abril 1999.
- [http://138.4.66.60/~fjuiz/articulos/cebrian/teoria\\_color2.htm](http://138.4.66.60/~fjuiz/articulos/cebrian/teoria_color2.htm).; Lliput – La teoría del color.
- <http://moon.inf.uji.es/~color/aplics.htm>.; “Aplicaciones de la medida del color.”
- <http://moon.inf.uji.es/~color/apica.htm>.; “Aplicaciones de la medida del color.”
- <http://www.salleurl.edu/~se03855/pvisual/colorimetria/sistemasColor.htm>.
- <http://www.salleurl.edu/~se03855/pvisual/FenomenosVisuales/AdaptacionBrillo/AdapBrill.htm>.
- <http://148.231.177.35/Ascencio/grf/color.htm>.
- <http://www.Isainz.Freeservers.com/color.html>.
- Juan J. Segura, Alicia Jiménez Rubio-Manzanares, Macarena Valle Rodríguez.; “Fundamentos de Colorimetría Aplicados a la Toma de Color Subjetiva en Odontología”.; (Quintessence 1999; 12: 73-83).
- Macchi Ricardo Luis. “Materiales Dentales”.; Tercera Edición (Agosto 2000).
- Manual técnico DENTSPLY CAULK. ; Esthet – X Micro Matrix Restorative.
- Manual técnico 3M Filtek A110. “Restaurador para dientes anteriores” 3M.

- Oscar Stenbeecker González.; “Optica, Color y Colorimetría en Odontología Restauradora Estética Directa”. (Octubre 1998).
- Sandesh M. Mayekar, MDS.; “SHADES OF A COLOR, Illusion Or Reality?”. Dental Clinics of North America; Volumen 45. Numero 1. (Enero 2001).