

00261 3
rej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ARTES PLASTICAS

"OPTICA Y PERCEPCION VISUAL"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S
QUE PRESENTA EL ALUMNO
EUGENIO HURTADO PRADO
PARA LA OBTENCION DE
MAESTRIA EN ARTES VISUALES
Orientación Pintura

MEXICO D. F. A 23 DE ABRIL DE 1992.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

"Todos los hombres desean por naturaleza conocer, una prueba de ello la tenemos en el goce que nos proporcionan nuestros sentidos; porque aparte de su utilidad, son queridos por sí mismos y por encima de todos el de la vista. Porque no sólo cuando tratamos de hacer algo, sino también en la ociosidad, preferimos el ver a cualquier otra cosa. La razón está en que este sentido más que ningún otro, nos hace conocer y trae a luz muchas diferencias entre las cosas." (Metafísica, Libro A. I. Aristóteles)

OPTICA . PERCEPCION VISUAL Y COLOR

Esta tesis tratará sobre el fenómeno de la visión y de la percepción haciendo una referencia especial al color y su aplicación en las artes visuales.

El conocimiento científico del mundo físico fue la base para el desarrollo de las artes y de la ciencia en la época moderna, entendiéndose este como un proceso de comprensión de los fenómenos naturales referidos a conceptos y leyes generales.

De este modo, la naturaleza misma pierde su carácter indecifrable y pasa al control de la inteligencia. Citando a Ernest Cassirere podemos decir que "El científico sabe que subsisten amplios ámbitos de fenómenos que no ha sido posible todavía reducir a leyes rigurosas y reglas numéricas exactas, sin embargo se mantiene fiel al credo pitagórico general, piensa que la naturaleza, tomada en su conjunto y en todos sus campos particulares, es un número y una armonía" (Cassirere, Ernest, Antropología Filosófica).

En este mismo libro el autor afirma que el lenguaje y la ciencia son abreviaturas de la realidad y que ambas dependen de un mismo proceso de abstracción, y considera al arte como un proceso de concreción. Esto podría significar que tanto la ciencia como el lenguaje se basan en la observación directa de los fenómenos naturales y que en cambio, el arte es una recreación o interpretación de los mismos a partir de la visión subjetiva del artista, por lo cual, el objeto del arte es la forma pura y no el estudio de los objetos sensibles.

Segun este autor: "La ciencia representa abstracción y ésta siempre representa un empobrecimiento de la realidad." (Cassirer, Ernest, Antropología Física). En efecto, al adentrarse en el campo del arte, se toma conciencia de las múltiples facetas y de lo inaccesible del mundo real; éste se nos presenta como una selva tenebrosa e impenetrable, en la que es necesario, para poderla recorrer, cierto instrumental y un bagaje de mapas y conocimientos que nos permitan al menos, sentir el suelo que pisamos.

En este trabajo no se hará mención a la estética ni al lenguaje de los símbolos en el campo del arte, sino que estará enfocado en forma especial a las artes visuales únicamente en el aspecto técnico de las obras y el alcance se limitará a una recopilación que por razones de espacio y tiempo tendrá un carácter más bien enumerativo y no demostrativo de algunos de los temas y postulados científicos que tienen relación con el aspecto formal y que se desarrollaron en el siglo pasado y parte del presente.

Se pensó que la felicidad y el bienestar económico sería el resultado lógico de la ciencia suficiente para la construcción de una sociedad ideal, pero la historia demostró que la complejidad de la vida sobrepasaba los postulados simplistas. Al fracaso de la utopía, se da una especie de reacción inversa; el conocimiento por sí solo no es suficiente y se trató de buscar un fórmula que descifrara la incógnita existencial, sin un resultado a la fecha satisfactorio, y por lo tanto en cierta manera el espíritu inquisitivo se desprestigia y el afán de un conocimiento total se desvirtúa.

Sin embargo, persiste el hecho de que el desarrollo de la era industrial y de las artes aplicadas fué el resultado de este conocimiento enciclopédico.

En México, la ideología y el conocimiento en general siempre van en rezago respecto a la época. El espíritu científico del siglo diecinueve se trasplanta sin dar tiempo a que echara raíces y fructificara provocando desilusión y desencanto. Corrientes e ideologías diversas se suceden en movimiento convulso y agitado sin que haya el suficiente espacio para su digestión. El período de la academia es breve y no alcanza a dar sus frutos con plenitud, lo mismo pasa con las corrientes artísticas ultramarinas, no hay tiempo para su aclimatación y desarrollo. Sin una base científica real la importación de tecnología es las más de las veces obsoleta. En el mundo de las ideas y del arte la carencia de un conocimiento de la realidad física nos impide no solamente la creación de nuestras propias ideas, sino también la adaptación adecuada de la ideología y tecnología foráneas.

Para subsanar este problema que persiste en nuestros días creo que es necesario hacer un recorrido a través del conocimiento científico de la realidad física, que nos permita desplazarnos con bases firmes en los terrenos de nuestro interés es decir en las artes visuales

PROGRAMA

Los aspectos a tratar en esta tesis son:

- CAPITULO 1. Energía luminosa y la visión, el ojo considerado como un instrumento óptico, rudimentos de fisiología y de física.
- CAPITULO 2. La visión como fenómeno perceptivo, mecanismos y leyes de la percepción visual.
- CAPITULO 3. El color, aspectos físicos, químicos y psicológicos.

CONCLUSIONES

Considerando la importancia que el color tiene en las artes visuales en este trabajo se le da una mayor relevancia. el color es el elemento formal mas subjetivo, y para entenderlo cabalmente, es necesario recurrir tanto a las ciencias exactas como la física y la química y también a la fisiología y la psicología.

Los principios fundamentales en el campo de la óptica y de la fisiología, se conocen desde el siglo pasado, y aunque son conocidos por especialistas, no son del dominio publico. Quizás por un defecto de nuestro sistema educativo, el estudiante pasa por alto el escalón básico del conocimiento, lo que se traduce en la práctica de una actividad profesional sin las bases que un conocimiento de la realidad física y perceptual deberían proporcionar.

El hombre como organismo vivo, necesita para sobrevivir relacionarse con el medio externo. Esta función la efectúa por medio de los sistemas sensoriales, y el sentido de la vista es el que le permite contactar a distancia el mundo que lo rodea. Esta función se efectúa a través del sistema óptico y de las funciones cerebrales. Para un entendimiento cabal de las artes visuales es necesario también la comprensión de este fenómeno.

CAPITULO 1

ENERGIA LUMINOSA Y VISION

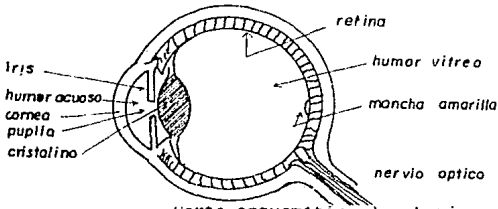
La luz es energía y la materia es, a su vez, una manifestación de la misma. El universo está compuesto por estructuras moleculares que constituyen los objetos del mundo exteno, y solamente es posible relacionarmnos con ellos a través de los efectos de su actividad molecular y de la energía del espacio, que nuestros sistemas sensoriales sean capaces de percibir.

La visión es la función fisiológica por la cual el ojo y cerebro procesan la información del medio externo transmitida por la energía radiante llamada luz, que al afectar a nuestro sistema óptico permite a la mente efectuar las funciones de conciencia y de relación.

La función visual se realiza en el hombre a través del ojo y del sistema nervioso. En los vertebrados, incluido el hombre, la visión comienza en el sistema óptico.

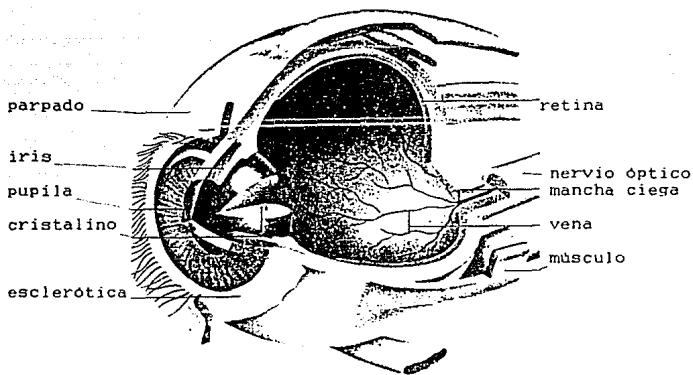
DESCRIPCION DEL ORGANNO VISUAL

EL OJO consiste de un globo esférico de paredes opacas y con una ventana transparente al frente, (CORNEA). Inmediatamente atrás de la cornea esta la cámara anterior que es una cavidad rellena de un liquido transparente, despues sigue una membrana de forma anular y fuertement pigmentada, (IRIS), ambas cámaras están rellenas de un liquido transparente denominado humor acuoso. Atrás de estas estructuras encontramos otra cavidad mayor que las anteriores y rellena de un liquido llamado HUMOR VITREO, este espacio recibe el nombre de CAVIDAD VITREA. En el centro del iris hay una abertura circular (PUPILA), inmediatamente despues sigue el CRISTALINO, que es un lente transparente de forma biconvexa y está suspendido por un sistema de músculos llamados CILIARES, que al ejercer tensiones sobre el cristalino le permiten al ojo acomodar la visión a los objetos lejanos o cercanos.



Corte esquemático de el ojo

tica



Corte ilustrativo del ojo humano.

LA RETINA

El ojo humano es una esfera con una ventana transparente que le permite recibir la luz, y ésta al penetrar incide en una pared foto sensitiva, la RETINA, en donde se inicia el proceso de excitación nerviosa que al ser transmitida al cerebro se transformará en algo inconmensurable denominado :

"SENSACION OPTICA."

La retina esta formada por una delicada red de células que constituyen una elongación del cerebro, se forma en el periodo fetal y contiene dos tipos de células fotorreceptoras y varios tipos de células nerviosas.

Las células fotorreceptoras se conectan con otras de tipo nervioso con doble terminación, que a su vez se conectan a otros sistemas nerviosos denominados GANGLIO RETINALES que conectan a su vez con la fibra nerviosa llamada AXON en un punto situado en el disco óptico (FOVEA).

LA PUPILA

El interior del ojo esta recubierto por una capa negra que impide que la luz alcance la retina por algun otro punto que no sea la abertura natural situada atrás de la cornea, o sea, LA PUPILA. El iris constituye un diafragma cuyos músculos permiten que la pupila cambie su diámetro, controlando el suministro de luz, ya que la cantidad que se recibe está en relación directa con el área. La pupila humana puede variar de 1.5 mm a 8 mm de diámetro lo que se traduce en una variación de 1 a 30 en la cantidad de luz.

La mayor profundidad de foco se obtiene cuando la pupila se reduce ya que a semejanza de una cámara de fotografía con una abertura del diafragma muy pequeña, los rayos de luz procedentes de un objeto se enfocan a cualquier distancia, por lo que se dice que la profundidad de foco es infinita.

LA RETINA

El proceso de recabar la información visual se inicia en la retina. Los impulsos luminosos deberan ser transmitidos al cerebro para que sean analizados y pasen a la conciencia.

La retina es una membrana compuesta de células nerviosas sensibles a la luz y por lo tanto a la información visual, que al ser transmitida al cerebro será transformada en sensación óptica.

La luz está en función de un efecto energético físico químico y esta energía debe ser convertida para poder ser asimilada. Este proceso lo llevan a cabo las células fotoreceptoras que contienen una o más sustancias que absorben la luz visible y la cambian en una forma que activa su mecanismo de excitación. Estas sustancias se denominan pigmentos, y este término denota que absorben la luz visible y toman su color.

CELULAS DE LA RETINA

La retina está constituida por dos tipos de células ópticas: los conos y los bastones. Ambas contienen una sustancia que reaccionan químicamente con la luz, la Rodospina o Púrpura Visual, que es una combinación de proteínas (Escotopsina) y pigmento carotíneo (Retíneo).

Cuando la rodospina absorbe la energía luminosa comienza un proceso de transformaciones químicas a nivel molecular, que consiste en el desdoblamiento de la estructura física, en la que los bastones se excitan y transmiten señales al sistema nervioso central.

Las sustancias fotoquímicas (retíneos) de los conos tienen la misma composición química que la rodospina de los bastones, excepto en sus partes proteínicas (las opsinas).

LA PUPILA

El interior del ojo está recubierto por una capa negra que impide que la luz alcance la retina por algún otro punto que no sea la abertura natural situada atrás de la cornea, o sea, LA PUPILA. El iris constituye un diafragma cuyos músculos permiten que la pupila cambie su diámetro, controlando el suministro de luz, ya que la cantidad que se recibe está en relación directa con el área. La pupila humana puede variar de 1.5 mm a 8 mm de diámetro lo que se traduce en una variación de 1 a 30 en la cantidad de luz.

La mayor profundidad de foco se obtiene cuando la pupila se reduce ya que a semejanza de una cámara de fotografía con una abertura del diafragma muy pequeña, los rayos de luz procedentes de un objeto se enfocan a cualquier distancia, por lo que se dice que la profundidad de foco es infinita.

LA RETINA

El proceso de recabar la información visual se inicia en la retina. Los impulsos luminosos deberán ser transmitidos al cerebro para que sean analizados y pasen a la conciencia.

La retina es una membrana compuesta de células nerviosas sensibles a la luz y por lo tanto a la información visual, que al ser transmitida al cerebro será transformada en sensación óptica.

La luz está en función de un efecto energético físico químico y esta energía debe ser convertida para poder ser asimilada. Este proceso lo llevan a cabo las células fotorreceptoras que contienen una o más sustancias que absorben la luz visible y la cambian en una forma que activa su mecanismo de excitación. Estas sustancias se denominan pigmentos, y este término denota que absorben la luz visible y toman su color.

CELULAS DE LA RETINA

La retina está constituida por dos tipos de células ópticas: los conos y los bastones. Ambas contienen una sustancia que reaccionan químicamente con la luz, la Rodospina o Púrpura Visual, que es una combinación de proteínas (Escotopsina) y pigmento carotíneo (Retíneo).

Cuando la rodospina absorbe la energía luminosa comienza un proceso de transformaciones químicas a nivel molecular, que consiste en el desdoblamiento de la estructura física, en la que los bastones se excitan y transmiten señales al sistema nervioso central.

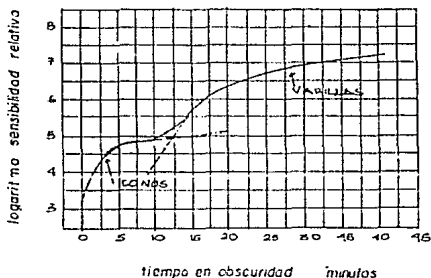
Las sustancias fotoquímicas (retíneos) de los conos tienen la misma composición química que la rodospina de los bastones, excepto en sus partes proteínicas (las opsinas).

CELULAS FOTORECEPTORAS

Las células fotoreceptoras, llamadas también visuales son los elementos en donde la visión se inicia, estas células altamente especializadas, absorben la luz y a través de un proceso de cambios moleculares, producen excitación nerviosa, misma que se transmite a las células bipolares, que se conectan al nervio óptico.

En los animales vertebrados las células fotoreceptoras son de dos tipos que se denominan CONOS y BASTONES. Están distribuidas sobre la retina, en una especie de parrilla, lo que permite transmitir la información de la imagen retineal punto por punto.

Se supone que las células bastón funcionan principalmente en las condiciones de luz tenue, o sea en la llamada visión nocturna, respondiendo a los estímulos más débiles, y éstas no son capaces de reaccionar ante el color.



Adaptación a la oscuridad de las células cono y varilla

Las células cono por su parte responden ante la luz brillante y específicamente en ciertas longitudes de onda en la que están comprendidos los colores. Su función es también la de percibir los detalles más finos, lo que se conoce como agudeza visual. El área central de la retina es en relación a la visión la parte más importante, ya que es el lugar donde la imagen visual se forma; es ahí también donde la densidad de las células bipolares es mayor. En el hombre las células fotoreceptoras en esta área son únicamente del tipo CONO; en un círculo de medio milímetro de diámetro pueden existir más de 34,000 células; fuera de esta área el número de células cono decrece y se incrementa el de las células bastón.

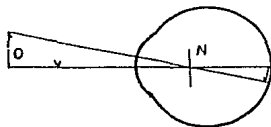
Las conexiones entre los distintos tipos de células son mayores en la zona central de la retina y es así como se explica la minuciosidad de detalle que se percibe en este lugar ya que cada variedad de las células nerviosas tienen una relación sináptica con los otros tipos de células, lo que permite la existencia de multitud de canales de comunicación a través de los cuales la excitación de las células fotorreceptoras se modifica de diversas maneras.

Cuando el estímulo recae en la zona periférica de la retina, el ojo se mueve en acción refleja para que este estímulo caiga en la porción central, donde se evalúa con mayor precisión: sin embargo la agudeza visual en este lugar es deficiente cuando es lumínicamente débil y en este caso, la ventaja perceptiva se halla en la zona periférica, donde las células bastón son más numerosas, ya que éstas son sensibles ante el más débil estímulo lumínico.

MECANICA DEL OJO

Cuando el ojo es considerado como un aparato dióptrico, es decir, refractario a la luz, puede ser comparado a una cámara de fotografía, en la que los lentes estarían representados por el sistema refractario de la cornea y el cristalino y la pantalla fotosensible correspondería a la retina.

Los rayos de luz provenientes del exterior se distribuyen en el interior del ojo de acuerdo con las leyes de la óptica geométrica, primero son recogidos y refractados por la cornea, después son procesados por el cristalino; el acomodo de este lente permite afocar la luz refractada en la retina. Debido a su bajo índice de refracción, el humor vítreo y el acuoso no influyen en la refracción. La imagen refractada es más pequeña que el objeto y simétricamente invertida.



Formación de la imagen en la retina

UN POCO DE FÍSICA

Para mayor entendimiento de la función óptica del ojo es necesario recurrir aunque sea solo en forma elemental, a la física, y especialmente al capítulo que se refiere a la óptica.

LA LUZ

La sensación visual ocurre cuando la retina es estimulada por una clase de energía radiante llamada luz. La luz viaja a través del espacio, sin vehículo aparente y a una velocidad finita. Diversas teorías han tratado de explicar el modo en que se propaga.

TEORÍA DE LA EMISIÓN:

La más antigua de estas teorías fue sustentada por Pitágoras en la que afirma que todo cuerpo luminoso emite partículas pequeñísimas que viajan a grandes velocidades y que al incidir en la retina provocan la sensación de luz.

TEORÍA ONDULATORIA:

Explica que la luz es consecuencia de vibraciones que se propagan en el aire, en los cuerpos transparentes y en el vacío (Huygens, Siglo 18). Posteriormente los experimentos de Young y Fresneuz corroboraron que la luz es un fenómeno de carácter vibratorio, el ojo humano percibe entre 400 y 800 billones de vibraciones por segundo que corresponden a las ondas espectrales del rojo y del violeta.

TEORÍA QUÁNTICA:

Ideada por Plank, esta teoría basada en la hipótesis atómica de Bohr, que supone que las moléculas de los cuerpos están constituidas por átomos y cada uno de ellos (según el concepto de Rutheford), está constituido por un átomo central alrededor del cual giran los electrones. La "teoría del quantum" ideada por Plank explica que cuando un electrón está en su órbita posee cierta cantidad de energía denominada 'estado de energía' y si debido a una excitación exterior, un electrón pasa a una órbita inferior se originan perturbaciones electromagnéticas en el medio que lo rodea convirtiendo a su átomo en un centro emisor de radiaciones caloríficas o luminosas, que tienen un valor finito y se llaman 'quantum de energía'.

Las fuerzas electromagnéticas fluctuantes constituyen ondas luminosas, las cuales se ponen en libertad cuando llegan a una porción de materia. De acuerdo a la teoría cuántica, la energía que transporta una onda llega en paquetes separados, cada uno de los cuales contiene una cantidad que depende únicamente de la frecuencia de la radiación correspondiente y que por consiguiente es igual para todas las ondas de la misma frecuencia, por lo que se dice que la luz esta compuesta de partículas o fotones. La teoría del átomo de Bohr-Rutheford ha servido de base para nuevas teorías que se desarrollan actualmente para llegar al conocimiento del origen y naturaleza de la luz.

FOTOMETRIA

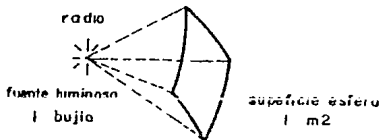
La parte de la física que se ocupa de la luz y de sus efectos se estudia en el capítulo denominado Fotometría. En este trabajo me limitaré a señalar algunos de los conceptos que se manejan y que en el campo de la física se demuestran en forma teórica y experimental. Por razones de espacio solamente enuncio algunos de los más relevantes en relación a este estudio.

1. Clasificación de los Cuerpos

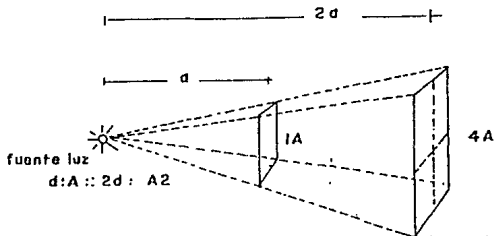
Atendiendo a la forma en que las vibraciones luminosas pasan a través de los cuerpos, éstos se dividen en: transparentes, translúcidos y opacos

2. Flujo luminoso y luminosidad

- El poder luminoso de una fuente es su capacidad para emitir energía luminosa
- La iluminación de una superficie se mide por la cantidad de energía que llega a ella
- La unidad de iluminación se denomina bujía-metro o lux, se llama también lumen
- Ley de Kepler: "La iluminación producida por una cierta fuente luminosa sobre superficies colocadas a diversas distancias es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia al foco luminoso".



Definición de Lumen



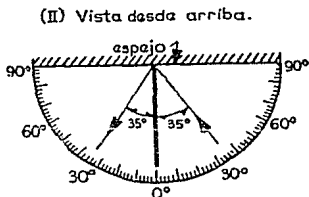
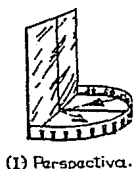
Demostración de Ley de Kepler

3. Reflexión de la Luz

Cuando un cuerpo que no es luminoso por sí mismo está iluminado, es visible en todas las direcciones ya que la luz se refleja en todos los sentidos y estos rayos reflejados son los que permiten ver el objeto.

Leyes de la reflexión:

- El rayo incidente, la normal y el rayo reflejado están en el mismo plano
- El ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia

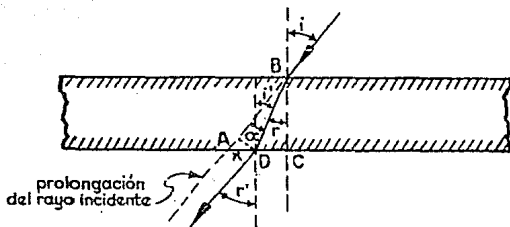


Aparato para demostrar las leyes de la reflexión

4. Refracción de la luz

Refracción es la desviación que sufre un rayo luminoso al pasar de un medio a otro de distinta refringencia. Las leyes de la refracción son:

- El rayo incidente, el rayo refractado y la normal en el punto de incidencia, están en el mismo plano
- La relación del seno del ángulo de incidencia al seno del ángulo de refracción tienen valor constante entre los dos medios considerados y dependen exclusivamente de la naturaleza de ellos. Por ejemplo, si un rayo luminoso entra del aire a una lámina de caras paralelas (vidrio), el ángulo de salida es igual al ángulo de entrada.



Refracción a través de una lámina de caras paralelas

5. Lentes e instrumentos de optica

Se llama lente a una porción de medio refringente limitada por dos superficies esféricas.

Las lentes delgadas se dividen en dos categorías según la forma como se refractan los rayos luminosos :

- a. Lentes convergentes: en las que un rayo luminoso paralelo al eje perpendicular al lado mayor, al salir de la lente, se acerca o converge con este
- b. Lentes divergentes: en éstas el rayo se aleja o diverge del eje.

El foco de la lente es el lugar donde concurren los rayos paralelos al eje, después de haber pasado por la lente. La distancia del foco a la lente se llama distancia focal.

En las lentes divergentes los rayos paralelos en vez de concentrarse en un punto, divergen de tal manera que parecen salirse de foco y es por consiguiente un foco virtual, (que no se puede recibir en una pantalla).

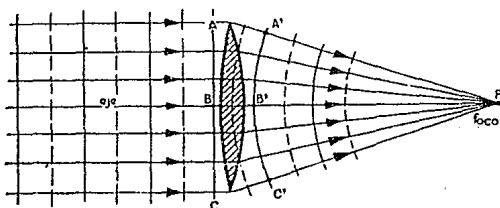
Una lente convergente se caracteriza por su distancia focal, o por el recíproco de ésta, y es lo que determina la potencia de la lente.

Cuanto más desvia la luz una lente, mayor es su poder de refracción. Este poder se mide en dioptrías. Si consideramos que el poder de refracción de una lente convexa equivale a un metro dividido por su distancia focal, esta lente tiene el poder refringente de (+1) dioptria y es capaz de causar la convergencia de los rayos luminosos paralelos, hasta un punto focal situado a 1 metro de la lente.

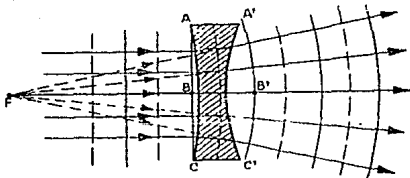
FORMACION DE IMAGENES EN LAS LENTES.

Formacion de imágenes en las lentes convergentes y divergentes.

- a. Una imagen real se forma cuando el objeto está mas lejos de la lente (entre el foco y el infinito), por lo tanto, los rayos refractados se cortan al otro lado de la lente. Si el objeto está más cerca que la distancia focal (entre la lente y el foco), se forma una imagen virtual
- b. Un punto en el eje principal tiene su imagen en dicho eje. Conforme se va acercando el objeto a la lente, la imagen se va alejando de ella (imagen real).



Lente Convergente



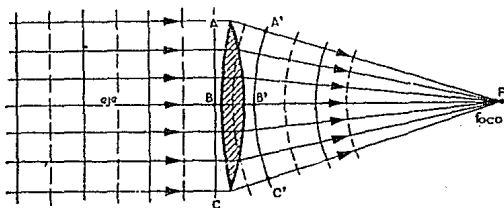
Lente divergente

Refracción de ondas planas normales al eje principal en las lentes convergentes y divergentes

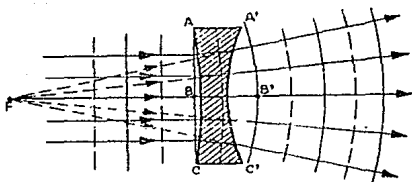
FORMACION DE IMAGENES EN LAS LENTES.

Formación de imágenes en las lentes convergentes y divergentes.

- a. Una imagen real se forma cuando el objeto está mas lejos de la lente (entre el foco y el infinito). por lo tanto, los rayos refractados se cortan al otro lado de la lente. Si el objeto está más cerca que la distancia focal (entre la lente y el foco), se forma una imagen virtual
- b. Un punto en el eje principal tiene su imagen en dicho eje. Conforme se va acercando el objeto a la lente, la imagen se va alejando de ella (imagen real).



Lente Convergente



Lente divergente

Refracción de ondas planas normales al eje principal en las lentes convergentes y divergentes

SISTEMA OPTICO.

El ojo se puede considerar, como un sistema de medios refringentes, que forma imágenes invertidas de los objetos exteriores en una pantalla sensible. Trataremos de explicar el funcionamiento óptico del ojo valiéndonos de una forma simplificada .

La cornea representa una frontera de forma esférica entre dos medios de diferente densidad óptica, aire y humor líquido, su eje principal pasa por el centro de la curvatura, en él se encuentra el punto (O) que representa un punto luminoso del objeto. Este produce un rayo luminoso que incide en la frontera esférica y al pasar al medio líquido produce la imagen (I).

Ahora supongamos al objeto (O), situado en el infinito de modo que el rayo de luz es paralelo al eje principal, el punto (I) es entonces el foco principal del segundo medio, y la distancia (C) a (I) es la longitud del foco principal del segundo medio la llamada longitud focal de la imagen (v). Por otra parte si (I) está a gran distancia de la frontera, entonces (O) está en el foco principal del primer medio y la distancia entre (C) y (O) se denomina longitud focal del objeto (u).

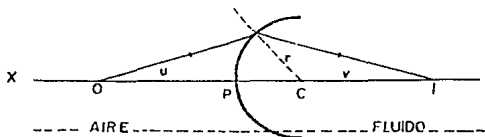


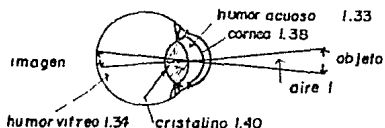
Diagrama del ojo simplificado

Indices de refracción:

El índice de refracción del aire es de 1, el de la cornea 1.38; el del humor acuoso 1.33; el del cristalino 1.40 y el del humor vítreo 1.34.

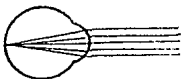
Se considera por la semejanza de valores, que todos estos elementos constituyen una sola lente y que la óptica de un ojo normal puede simplificarse en el llamado "ojo reducido" en el que se considera una sola lente con distancia focal a 17 milímetros de la retina y con un poder de refracción de 59 dioptrías cuando el cristalino está acomodado para visión lejana.

Este sistema de lentes enfoca la imagen sobre la retina, que se recibe invertida respecto al objeto, sin embargo la mente la percibe en forma normal, ya que el cerebro está acondicionado fisiológicamente.



Indices de refracción del ojo el poder dioptrico total es de 59 dioptrías

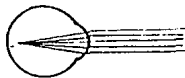
El ojo considerado como una cámara de fotografía. En esta figura se indican los índices de refracción de los distintos medios. Si bien el ojo se puede considerar un instrumento óptico, es necesario considerarlo también como parte de un organismo vivo, en el que las funciones de acomodación se realizan con las limitantes biológicas inherentes



EMETROPIA la imagen se forma en la retina



HIPERMETROPIA la imagen se forma atrás de la retina



MIOPIA la imagen se forma antes de la retina

Los rayos luminosos paralelos se enfocan sobre la retina en el ojo emélope, detrás de ella en el ojo hipermetrope y delante de ella en el ojo miope. Estos defectos se pueden corregir mediante el uso de lentes adecuadas, es decir deberán estar graduadas en función de la aberración óptica.

ACOMODO:

El mecanismo que ajusta el ojo para un adecuado enfoque es semejante al de una cámara de fotografía, y se efectúa mediante el cambio de curvatura del cristalino, modificando su poder refractivo.

El cristalino es un cuerpo elástico y su equilibrio es regulado por los músculos ciliares. Debido a su elasticidad, su forma puede variar de plana a esférica. Cuando están relajados los músculos el cristalino está aplanado, y por lo tanto, su fuerza en dioptrías es mínima. En cambio, cuando el músculo ciliar está contraído, la fuerza en dioptrías es máxima.

El poder de acomodación decrece con la edad de 14 dioptrías en la primera infancia a 2 dioptrías entre los 45 y 55 años. Después, el poder de enfoque del cristalino es prácticamente inexistente. Este trastorno se conoce como PRESBIOPIA (PRESBICIA). En este estado los ojos no pueden acomodar la visión para la distancia cerca, sin embargo la capacidad de ver objetos lejanos es la misma en la vejez y en la juventud.

El acomodamiento de la visión está controlado principalmente por el sistema nervioso parasimpático, aunque influye en parte el sistema simpático y se efectúa en la ocurrencia simultánea de tres procesos:

1. Se incrementa el poder refractivo del cristalino por la contracción del músculo ciliar
2. Se cambia la convergencia del ojo por la contracción de los músculos exteriores de la pupila (media rectis)
3. Estrechamiento de la pupila, por el músculo esfínter pupilar aumentándose la profundidad focal.

DEFECTOS OPTICOS

Por estar construido de materia viva, el ojo no es un instrumento óptico perfecto, en realidad esto no es tan importante ya que su función no es la de medir los fenómenos luminosos sino la de evaluar la información recibida del mundo exterior.

Los defectos fisiológicos son resultado de la asimetría de la curvatura en las superficies refractivas, la heterogeneidad del medio óptico que causan el deficiente suministro de luz en la retina y también la opacidad de los medios refringentes.

Los defectos principales son:

1. Astigmatismo

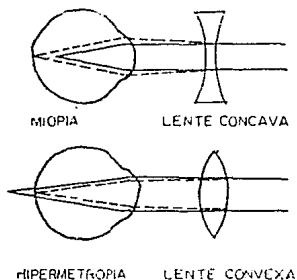
Se presenta cuando la curvatura del medio óptico no es uniforme

2. Aberraciones de la refracción

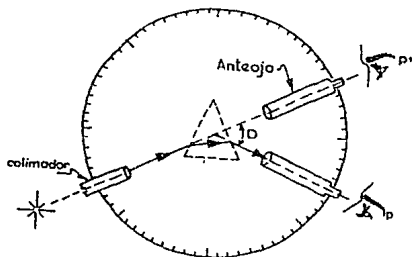
El ojo no afoca correctamente a causa de que el sistema de lentes es débil o de que el globo del ojo es corto y los rayos luminosos convergen después de la retina, esto se conoce como hipermetropía. El caso contrario se denomina miopía, en el que los rayos luminosos procedentes de objetos lejanos se afocan antes de la retina

3. Aberraciones cromáticas

Cuando el poder de refracción de la lente es diferente para cada color, cada uno se enfoca a distinta distancia.



la miopía se corrige con lentes cóncavas
y la hipermetropía con lentes convexas



Goniómetro para medir el ángulo de desviación
producido en un prisma

CAPITULO 2

LA VISION COMO FENOMENO PERCEPTUAL

La visión es un fenómeno perceptivo, en el que intervienen en estrecha interrelación factores de índole fisiológico y psicológico. La división formal con el capítulo anterior es en función de un cierto orden de exposición.

LA SENSACION VISUAL Y SU TRANSMISION

La sensación visual depende del mensaje que la retina, en forma de impulsos eléctricos por vía nervio óptico, envía al cerebro. Este nervio está compuesto de prolongaciones de las fibras de las células ganglionares que constituyen terminales de enlace con las células fotorreceptoras.

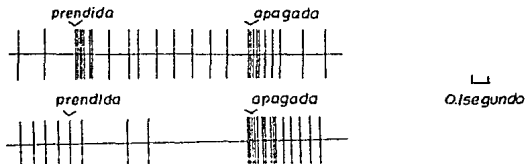
Cada fibra nerviosa (Axón) transmite solo un mensaje y es independiente al de otras células del mismo tipo.

El impulso nervioso está codificado en base al principio de todo o nada y por lo tanto, se significa por el número de impulsos en un tiempo determinado.

A diferencia del patrón de copiado de la transmisión electrónica, punto por punto, como en la televisión, la transmisión nerviosa es distinta, ya que las células ganglionares no responden inmediatamente al estímulo, el intervalo es normalmente superior a 12 millonésimas de segundo y puede ser hasta de 0.2 segundos si el estímulo es muy débil. Un estímulo de corta duración puede haber cesado antes que el mensaje sea enviado al cerebro; sin embargo el envío de impulsos, una vez que ha comenzado, puede prolongarse por varios segundos, dependiendo de la intensidad del rayo de luz (un destello luminoso parece durar mucho tiempo).

No hay una correlación estrecha entre la actividad nerviosa (impulsos) y el estímulo, ya que las células ganglionares responden de distinta forma, de acuerdo a los diferentes niveles de iluminación constante. Esto se hace evidente cuando se enciende una luz en una pieza oscura, la respuesta inmediata es la de una explosión de impulsos (de encendido); lo mismo pasa cuando se apaga la luz, los impulsos (de apagado) continúan por un tiempo, es por eso, que la sensación de ausencia absoluta de luz se experimenta, no tanto en la obscuridad, sino cuando cambia el nivel de iluminación.

Esta teoría se ha comprobado experimentalmente, la gráfica siguiente muestra el mecanismo que inhibe las respuestas sensoriales al cambio de iluminación.



Respuesta de la célula ganglionar a los cambios de iluminación

- A) Respuesta de apagado y encendido
 B) Inhibición a una respuesta de encendido.

MECANISMOS DE EXCITACION E INHIBICION

En la retina coexisten diversos mecanismos de excitación e inhibición, lo que permite una interrelación de los diferentes estímulos. Este juego de relaciones se demuestra cuando el estímulo actúa en una porción pequeña de la retina: los efectos son antagónicos en el área afectada y en su periferia. Esta característica sirve al ojo para que con ligeros movimientos busque la información.

Cuando la imagen retinal permanece estacionada e independiente del movimiento ocular parece borrarse del campo visual, sin embargo, físicamente está presente, y basta un breve parpadeo para que la imagen reaparezca.

El juego de excitación e inhibición tiene un importante papel en el fenómeno denominado CONTRASTE SIMULTANEO. Por ejemplo, una superficie gris junto a una negra se ve más clara, pero se oscurece cuando se contrasta con una blanca, ya que la región retinal más iluminada ejerce una inhibición más fuerte, y por tanto en este juego la exageración de las diferencias favorece la información.

PERSEPCION VISUAL

La relación que establece el hombre con el mundo exterior es a través de los sentidos. La percepción es el proceso por el cual el organismo toma conciencia del mundo físico, relacionando el estímulo y la sensación. La psicología moderna utiliza este término para denominar este fenómeno.

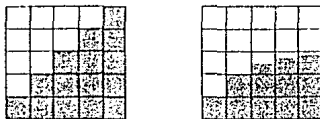
Es en el cerebro y específicamente en la región denominada corteza visual primaria, donde reside la capacidad del sistema óptico para percibir las características de los objetos del mundo externo. Esta parte del cerebro se relaciona con otras áreas que también procesan la información percibida.

Diferentes teorías de la percepción tratan de explicar la toma de conciencia de los individuos consigo mismos y con el mundo exterior, de modo que la información imprescindible para la sobrevivencia, sea debidamente captada y procesada.

En 1920 el movimiento conocido por La Gestalt, planteó una teoría que relaciona funcionalmente la fisiología y la psicología considerando que existe una relación estrecha entre el objeto y la imagen percibida, y en la mente se forma una especie de reflejo o modelo del objeto, correspondiendo éste a su imagen. El modelo corresponde topológica e isomórficamente aunque no necesaria topográficamente con la realidad. Esto es evidente con el descubrimiento de que en fisiología, la excitación de una área visual del cerebro corresponde topológicamente punto por punto con el patrón de excitación de la retina. Con esto se demuestra que los modelos de copiado son topológica e isomórficamente correspondientes a la realidad, por lo tanto la teoría de la representación en especie de las cualidades primarias del objeto está vigente.

La teoría de la Gestalt supone también que esta representación puede efectuarse en tercera dimensión, lo que es una representación precisa respecto a la profundidad y consistencia de los objetos. También presupone que las experiencias tanto en tiempo, como en intensidad y movimiento son de carácter isomórfico.

Sin embargo, no todas las representaciones son en especie, en algunos casos las cualidades del objeto no corresponden exactamente a la sensación experimentada en el modelo, por ejemplo, el color o la luz que se experimentan por una irritación de la retina. Esta actividad perceptual no implica una representación funcional del estímulo.



Este hecho físico se reduce a este efecto psicológico

CARACTERISTICAS DE LA PERCEPCION

El organismo obtiene la correcta información del medio que lo rodea en forma consciente o inconsciente, en este último caso se elimina la información innecesaria, por ejemplo: Cuando la información de ambas retinas no coincide, el cerebro hace la reconstrucción de las imágenes percibidas seleccionándolas en una síntesis. En la visión estereoscópica, las imágenes de ambas retinas se perciben como un solo objeto en tres dimensiones. Las imágenes percibidas tienen la tendencia a permanecer constantes en relación a su tamaño, forma y color, aun cuando el estímulo visual varíe considerablemente, como es el caso de un objeto que se ve a diferentes distancias, aunque la imagen retinal cambie de tamaño su dimensión aparente aparece sin cambio alguno. Otro ejemplo es el brillo aparente de un objeto que no se modifica aunque cambien las condiciones de iluminación.

Lo anterior demuestra que gran parte de la percepción es relativa. La organización sensorial de la mente se basa en patrones que se obtienen de la comparación de diferentes modelos, las diferencias de grado solo son perceptibles en relación a determinados estandares, por ejemplo, la claridad u oscuridad de un tono se percibe mejor si se compara con un patrón determinado.

CAMPO VISUAL Y FIGURA

Para una mejor comprensión de la percepción visual nos ayudamos del concepto de campo visual, que fisiológicamente podríamos definirlo como la estimulación homogénea de la retina en toda su superficie, sin ningún punto o lugar en que la radiación luminica sea diferente. En estas condiciones el campo visual se presenta gris o coloreado y uniforme en toda su extensión.

El concepto de figura surge cuando una parte del campo es estimulada por la imagen de un objeto y entonces se presenta diferenciado en figura y campo.

La investigación de la percepción se apoya en estos conceptos y las relaciones que surgen son:

1. Identidad:

Se refiere a la identificación o reconocimiento de los elementos visuales que conforman la figura dentro del campo. Estos, según Wucius Wongg (Fundamentos del diseño bi y tri dimensional) se dividen en:

- a) Elementos conceptuales que no existen de hecho, sino que parecen estar presentes. Estos elementos (punto, línea, plano y volumen, no están realmente en la percepción visual pero son percibidos de una manera conceptual.
- b) Elementos visuales, es cuando los elementos conceptuales se hacen visibles y entonces están dotados de forma, medida, color y textura
- c) Elementos de relación son los que rigen la ubicación y la interrelación de las formas tales como la dirección y la posición relativa.

2. Segregación y síntesis.

En la definición física del campo visual se toma en consideración la coherencia del todo con las partes. Ciertos factores de segregación o de síntesis se pueden atribuir a la fisiología del sistema óptico y otros deberán ser asignados a la naturaleza humana, en el sentido que implica el acondicionamiento cultural.

3. Funcionalidad:

Se estudian en este título las funciones cognitivas y de relación del individuo con el medio que lo rodea, se considera la continuidad en espacio y tiempo y se toma en cuenta la experiencia de cada individuo y su medio cultural.

LA PERCEPCION DE LOS OBJETOS

La percepción de los objetos, ha sido ampliamente estudiada en laboratorio y métodos estadísticos, registrándose las relaciones que hay entre el objeto, la imagen retinal y la sensación. Se ha determinado a través de complejos experimentos la definición visual de la imagen, que se mide en función a la agudeza visual determinando los límites en que es posible definir o delimitar dos áreas visuales contiguas.

La agudeza visual se mide a través del ángulo visual, que relaciona la abertura del ángulo de los rayos visuales y la percepción precisa de la imagen. La agudeza visual depende del poder de resolución de la retina que a su vez depende del tamaño y espaciamiento de los elementos retinales. La agudeza visual difiere de acuerdo con la intensidad de iluminación de la figura y el campo. Existen varios métodos para determinarla, entre ellos están el de barras paralelas, retículas, círculos rotos (Landot), o por letras de determinado tamaño (Snellen test).

ILUMINACION INTERMITENTE Y PERCEPCION

La respuesta visual al estímulo lumínico, está en función de la neurofisiología de la retina, y se estudia en función de las condiciones de iluminación variable. En 1834 W.H.F. Talbot formuló la ley que regula la relación que hay entre la estimulación intermitente y la percepción de la iluminación en forma uniforme. La discrepancia entre el impulso y la percepción del mismo puede ser atribuido a la respuesta fisiológica de las células nerviosas (ganglionares).

DELIMITACION DE CONTORNOS

La delimitación del campo visual ocupado por la figura está dado por dos condicionantes: la primera lo proporciona el contraste lumínico, tanto el color como el valor tonal, y la segunda es la que atañe a la organización del campo, la forma visual y sus atributos.

Esto significa que dos áreas homogéneas y adyacentes se confunden cuando las condiciones de iluminación, brillo y contraste son las mismas, lo que se comprueba con el uso de fotómetros (instrumentos que miden la intensidad luminosa).

La presencia de otros contornos o bordes en el campo de la visión modifican el umbral de diferenciación, la distancia al contorno examinado también influye. Esto se demuestra al experimentar con discos de distinto tamaño y en fondos con diferentes iluminaciones, por ejemplo: el umbral de diferenciación de un disco sobre un fondo ligeramente oscuro disminuye cuando aumenta el área del disco; esto se atribuye a la inclusión de más elementos receptores en el área retinal estimulada por la imagen del disco.

RELACION IMAGEN, OBJETO Y PERCEPCION

Se ha demostrado que existe una relación fija entre el tamaño del objeto y la imagen retinal, dependiendo del ángulo visual. Sin embargo, no existen relaciones fijas entre la forma, el tamaño y la dirección de superficies planas y su imagen retinal.

Cuando los objetos se subtienden en el mismo ángulo visual, la imagen que se forma no difiere de otro objeto de distinta forma y tamaño que esté en el mismo ángulo.

En tanto los ojos no se muevan, la imagen que se percibe en las dos retinas es idéntica en tamaño, forma, dirección y distancia, si los ojos se mueven la imagen varía, pero la imagen percibida permanece fija y constante. Esto no es completamente cierto en el caso de figuras de perspectiva reversible.

La percepción del tamaño real de los objetos se modifica bajo ciertas condiciones de iluminación o de perspectiva, debido a que hay una relación entre la imagen ideal, producto de la experiencia y la imagen real. Un ejemplo es el caso de un objeto de distinto tamaño que el normal, que presentado en condiciones que no permiten determinar su tamaño real, impide al observador determinar con certeza el tamaño del objeto o la distancia en que se haya.

PERCEPCION DE LOS OBJETOS EN EL ESPACIO

La percepción espacial implica el relacionar al observador con los objetos localizándolos en el espacio y determinando la posición relativa que guardan entre ellos. Esta se realiza en la conjunción de las características visuales del objeto y la organización del sistema de percepción. La percepción de los objetos en el espacio puede ser modificada por patrones de conducta aprendidos con anterioridad, constituyéndose en un acto reflejo que puede ser de carácter inconsciente.

CARACTERISTICAS VISUALES DE LOS OBJETOS:

Las características visuales del objeto son las que dan su carácter al estímulo, tales como el brillo, el color y la posición relativa.

La brillantez es un efecto subjetivo ya que relaciona los objetos entre sí de acuerdo a la iluminación y al contraste que guardan entre ellos. En la localización espacial el objeto más brillante se sitúa perceptualmente más próximo al observador.

En pintura, a la brillantez se le denomina valor. Juega un papel decisivo en la determinación espacial de los objetos en el plano pictórico.

El color separa o une diferentes áreas del campo visual; colores semejantes tienden a representar superficies continuas, colores diferentes señalan fronteras, el color sirve indirectamente para posicionar los objetos.

La distinción nítida de los contornos nos da la percepción de la proximidad, a la inversa, la distancia se indica con colores borrosos.

En la percepción visual se interpretan y juzgan todos estos valores en su conjunto, sin embargo, también está presente una especie de modelo ideal proporcionado por la experiencia previa del observador; si un objeto familiar se presenta en diferentes condiciones a las usuales es imposible determinar su tamaño y posición relativa correcta.

Los factores denominados "de posición relativa" son los que nos permiten determinar la posición que los objetos guardan entre sí. El paralelaje marca el cambio de posición de los objetos al ser observados en condiciones de movimiento: los objetos cercanos parecen desplazarse en dirección contraria a la del movimiento y ésto nos ayuda a diferenciar las distintas áreas visuales ocupadas por los objetos.

La elevación es el factor que interviene en la perspectiva: los objetos lejanos se perciben arriba de los más cercanos.

PERCEPCION DE LOS OBJETOS TRIDIMENSIONALES

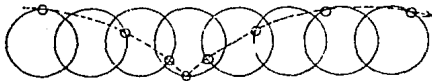
Tanto los objetos tridimensionales como los objetos bidimensionales proporcionan una imagen retinal plana. Esta representación está de acuerdo a leyes geométricas, aunque sufre la interpretación particular de cada individuo.

Cuando un objeto se observa con anteojos binoculares la imagen aumentada a causa de un mayor ángulo visual debería aparecer aplanada sin embargo se percibe en tercera dimensión y con una relación de profundidad correcta. El sistema óptico permite una apreciación adecuada del volumen a través de la visión binocular ya que las imágenes retiniales de ambos ojos se funden en una sola en tercera dimensión.

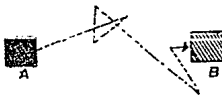
El cambio secuencial de imágenes en el campo visual, puede ser producto de objetos que realmente están en movimiento, o de objetos estacionarios observados bajo iluminación intermitente que se perciben como en movimiento.

Los factores que intervienen en la percepción del movimiento son:

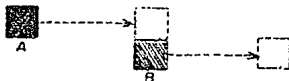
1. el tamaño del campo visual en el que el objeto se mueve
2. complejidad geométrica
3. orientación y dirección
4. velocidad del objeto en movimiento.



DIRECCION: *la rueda gira y avanza simultaneamente*



TRAYECTORIA *compleja a velocidad variable*



MECANISMO CAUSA EFECTO

Percepción del movimiento

PERCEPCION DEL COLOR

En lo que respecta a la percepción del color, anotamos al margen, que las células retinales cuentan con un mecanismo que les permite diferenciar los diferentes tonos y matices.

Los pigmentos sensibles al color están en los conos y son una combinación de "retineo" y "fotospina". Hay tres tipos de pigmento y estos son sensibles al rojo, al verde y al azul respectivamente.

En la psicología moderna se ha establecido una diferencia de acuerdo a la forma de percibir el color, y se clasifican las percepciones en dos grupos: "las que se relacionan" (related) y "las que no se relacionan" (unrelated).

Las primeras están en función a los ajustes ópticos del ojo al acomodarse a diferentes condiciones de iluminación, como es el caso de la luz transmitida en medios transparentes, y las segundas lo constituyen la percepción de colores opacos que se ven en condiciones fijas de iluminación en las que no existen prácticamente ajustes ópticos.

Por ejemplo, si en un cuarto oscuro se observa un foco naranja, el color se percibe sin cambio aunque aumente o disminuya la intensidad de la luz ya que el ojo se acomoda a estas diferencias.

Los colores "que no se relacionan", aparecen en su grado máximo de pureza independientemente del medio en que se hallen. Pero, por ejemplo, si en un cuarto iluminado se observa un color naranja al que se desea oscurecer, será necesario añadir negro y como resultado obtendremos un color café ya que la luz del cuarto le impide al ojo hacer los ajustes efectuados en el caso anterior.

Ostwald observa que siempre existe algo de negro en las superficies de colores opacos. El negro es un factor negativo en los colores "que no se relacionan", y un factor positivo en los "que se relacionan".

La sensación de color se genera normalmente en el cerebro humano mediante la acción de la luz coloreada en el sistema óptico existiendo una correlación entre las diferentes longitudes de onda y los colores percibidos. El color puede ser percibido como consecuencia de ciertas actividades químicas o físicas que actúan sobre el sistema nervioso, tales como sicotrópicos, estímulos eléctricos o ultrasonido.

La percepción del color ha sido estudiada por diversos autores conjugando aspectos físicos, fisiológicos y psicológicos. Este último, o sea el aspecto subjetivo, juega un papel determinante ya que el color se percibe dentro de un contexto cultural.

Arnheim en el libro "Arte y percepción visual", afirma que "la percepción del color es igual para todas las personas, sea cual sea su edad, formación o cultura. Salvo en casos patológicos individuales, como la acromatopsia, todos tenemos la misma clase de retina, el mismo sistema nervioso". Y también asevera que las diferencias que se observan son debidas a la conceptualización del color basándose en las observaciones antropológicas llevadas a cabo por Brent Berlin y Paul Kay sobre la nomenclatura del color en diferentes culturas.

Los pioneros de la teoría del color son: Newton, que describe el color como producto de los rayos que componen la luz blanca, Goethe que añade a esta teoría la aportación del medio y de la superficie material de los objetos, y Schopenhauer con una teoría caprichosa pero profética basada en la función de la respuesta retiniana del ojo (Arnheim, Arte y Percepción visual)

Es Helmholtz, fisiólogo inglés quien, basado en las hipótesis de Thomas Young, desarrollará la teoría en la que se centra la investigación actual sobre la percepción del color. Los experimentos de Young en el siglo pasado sirvieron de base para el postulado siguiente:

TEORIA DE THOMAS YOUNG-HELMHOLTZ

Se han propuesto diferentes teorías para explicar el fenómeno de la visión coloreada. Todas ellas se basan en la observación de que el ojo humano es capaz de percibir casi todas las gradaciones de color cuando se mezclan luces monocromáticas, rojas, verdes y azules, en la proporción adecuada. La teoría de Young que después fue corroborada experimentalmente por Helmholtz, asume que hay tres tipos de células en la retina que son capaces de recibir y transmitir tres tipos de sensaciones y están conectadas en forma de sistema al cerebro.

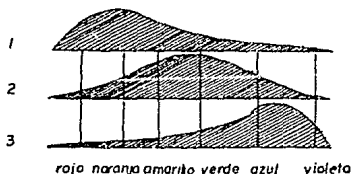
Uno de estos sistemas es altamente sensible a las ondas luminosas de gran longitud, produciendo la sensación de rojo, otro sistema es sensible a las ondas de mediana longitud, y por lo tanto la sensación es verde; el tercer sistema es sensible a las ondas de pequeña longitud y la sensación es violeta. El rojo del espectro actúa principalmente en el primer sistema, pero de acuerdo a la teoría de Young, también actúa débilmente en los otros dos sistemas.

Lo mismo pasa con los otros dos sistemas, cada uno es sensible prioritariamente a cierta longitud de onda pero también es sensible en menor grado a las demás. Esto es más fácil de entender con el diagrama tomado del libro de Helmholtz "Physiological Optics". En las líneas horizontales están colocados los colores del espectro ordenadamente y las curvas indican el grado en que los tres sistemas actúan al respecto. Así vemos que los nervios del primer sistema son afectados principalmente por la luz roja y en menor grado por las demás. Los nervios del segundo sistema son afectados por la verde, y así sucesivamente.

El siguiente punto de la teoría es que si los tres nervios son afectados en forma simultánea la sensación será la del color rojo. Esta teoría fue postulada por Young entre los años 1802 y 1807, posteriormente Helmholtz contribuyó a través de experimentos a la consolidación de la misma. Aunque en principio sigue vigente, la teoría se ha ampliado y desarrollado en la actualidad y estas curvas se aceptan un tanto en forma de hipótesis demostrativa.

En 1878 el psicólogo Ewald Hering explica la visión en color presuponiendo que a través del proceso de asimilación y desasimilación, los nervios del ojo responden principalmente al blanco y al negro y en forma secundaria al rojo, amarillo, verde y al azul, lo que fisiológicamente nos da cuatro colores primarios. Aunque la teoría de Hering no se ha comprobado es aceptada para explicar el misterio de la visión en color y, por lo tanto, el concepto de los cuatro colores fundamentales sigue vigente.

En la década de 1960, MacNichol confirma en forma experimental que la visión cromática de los vertebrados se produce por la acción de tres pigmentos fotosensibles que se encuentran en las células receptoras al color de la retina. En forma objetiva demuestra que éstas presentan una sensibilidad máxima a las longitudes de onda que corresponden para el azul violeta 447 nm, para el verde 540 nm, y para el amarillo 577 nm, y estos valores numéricos representan un vértice de una curva de sensibilidad que cubre un sector del espectro que se traslapa en las otras dos regiones, lo que indica que cada tipo de célula receptora es sensible principalmente a determinada longitud de onda y en menor medida, a los estímulos luminosos de diferente rango.



Gráfica de las respuestas de los tres sistemas de nervios ópticos a los colores del espectro solar

Johanes Itten estudia en su libro "The Art of Color" las superficies coloreadas a través de un sistema de contrastes luminicos que acentúan su percepción, estos son:

- Contraste de tono
- Contraste de claro obscuro
- Contraste de frío-caliente
- Contraste de colores complementarios
- Contraste de simultaneidad
- Contraste de extensión

EL COLOR :

Propiedades físicas y teoría de los colores.

El color es una propiedad de todos los objetos, que ha sido utilizado ampliamente tanto con fines decorativos como simbólicos desde la prehistoria.

En 1667, Isaac Newton inicia la investigación sistemática de este elemento al proyectar un rayo de sol a través de un prisma en una pantalla descomponiendo la luz en los colores del espectro. Posteriormente, con la ayuda de un espejo cóncavo los recombina convirtiéndolos en un rayo de luz blanca.

Este experimento le permite deducir su teoría del color y da principio a la investigación sistemática de los colores luminicos que se llevará a cabo a través del tiempo.

En la percepción visual el color es un elemento que casi nunca se percibe tal como es físicamente. Josef Albers en su libro "Interacción del Color" lo considera como el más subjetivo de los elementos pictóricos, tal vez por su relatividad, y deliberadamente evita una concepción académica y teórica en temas relativos a óptica y fisiología.

Sin embargo, nosotros hacemos precisamente lo contrario al revisar viejos temas y teorías sobre la física de la luz y la percepción visual.

No cabe duda que el color ejerce una singular influencia en nuestro sistema sensorio. Cuando una onda luminosa dividida por dispersión o refracción en diversas longitudes de onda, es captada por nuestro sistema óptico, se percibe una diversidad maravillosa de tonos y matices que ejercen una fuerza positiva y plena de vitalidad en nosotros.

Por lo general, el estudiante tiene una relación y un conocimiento del color en una forma más o menos aleatoria. Se considera sin importancia el conocimiento de las teorías de la luz y de la percepción, lo cual puede ser válido para el común de la gente, pero para el que realmente está interesado en esta materia, el saber las leyes exactas y los hechos comprobados constituirá una herramienta que le será de gran ayuda en su práctica profesional.

ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA INVESTIGACION DEL COLOR

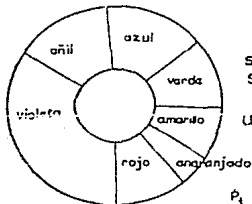
El estudio del color es la continuacion lógica de los temas tratados anteriormente. Hasta los tiempos de Sir Isaac Newton se pensó que la luz blanca del sol era simple e indivisible, experimentalmente Newton demostró que la luz se podía dividir en varios rayos luminicos de diferentes colores y que a su vez éstos se podían recolectar y volver a integrarse en luz blanca.

Los colores dispersados por medio de un prisma forman lo que se denomina el espectro solar, y éstos son, por orden: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul y violeta. De este experimento Newton dedujo que todos los colores del espectro estaban presentes en el rayo original.

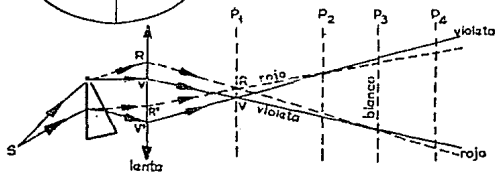
Newton también fue el primero en explicar el color permanente de los cuerpos, al observar que bajo luz blanca reflejaban algunos de sus componentes espectrales.

Estas observaciones fueron posteriormente comprobadas por medio del espectrofotómetro, que es un instrumento que mide la reflexión de las superficies iluminadas por los distintos componentes de la luz blanca.

(I) Disco de Newton.



(II) Recomposición de la luz blanca mediante un segundo prisma.



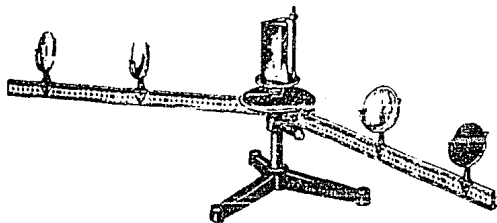
(III) Recomposición mediante una lente

Síntesis de la luz

ESPECTROFOTOMETRIA

Posteriormente, en la segunda mitad del siglo XIX se desarrolló la técnica de la espectrofotometría. Se inventaron en rápida sucesión diversos tipos de instrumentos que medían la luminosidad de los rayos de distintos colores, pero debido en parte a que sólo se utilizaban materiales transparentes para filtrar la luz no se logró un gran avance en la medición del color. Fué hasta el año de 1928 cuando A. C. Hardy construyó un instrumento diseñado para medir en forma rápida y rutinaria las muestras opacas.

Un experimento típico de la espectrofotometría consiste en dispersar un rayo de luz blanca, después aislar un color o banda del espectro por medio de una rendija colocada en el plano focal para que la luz se divida en dos rayos; uno de ellos se proyecta en la muestra que se investiga y el otro sobre una superficie blanca de la que se sabe refleja substancialmente toda la luz que en ella incide. Siendo la luz reflejada por la muestra de menor luminosidad que la de la superficie iluminada con la luz blanca, es posible, mediante el uso de la técnica fotométrica adecuada, encontrar la relación de luminosidad entre las dos. En colorimetría, para efectos de medición este procedimiento se repetirá en todas las bandas del espectro.



Modelo de espectrómetro

La reflexión espectral se mide en intervalos de longitud de onda, y cubre el espectro en unidades denominadas "Mu".

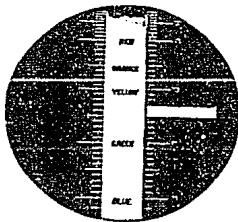
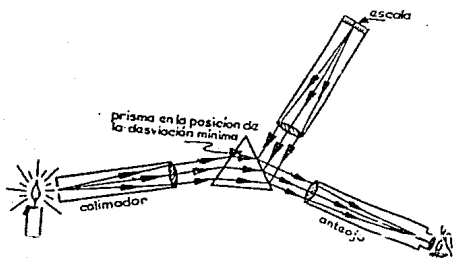
$$1 \text{ Mu} = 0.0000001 \text{ cm}$$

Las ondas de los colores espectrales van desde 400 Mu para el rojo hasta 700 Mu para el violeta. El resultado de los análisis fotométricos se puede representar gráficamente.

La técnica de la espectrofotometría fue considerada en muchas industrias como la base fundamental para la estandarización del color. En 1942 la asociación denominada "American Standards" publicó una serie de datos que contenían las mediciones luminicas de los colores. El uso de estos datos es ampliamente difundido en la industria ya que permite la denominación exacta de los diferentes tonos.

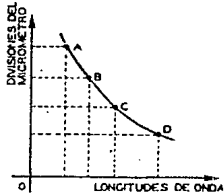
Anteriormente los procesos industriales en los que intervenían distintas manufacturas eran muy complejos e inciertos respecto a la elección del tono y del matiz de los materiales que eran seleccionados en base a muestrarios no siempre uniformes y a criterios subjetivos. Esta técnica permitió una base sólida en la determinación exacta del color.

El desarrollo de esta técnica se conoce con el nombre genérico de colorimetría, tema que se ampliará un poco más adelante.



Espectroscopio

Mira con escala de Dalton



Gráfica de longitudes de onda

EL COLOR CORPOREO DE LOS OBJETOS

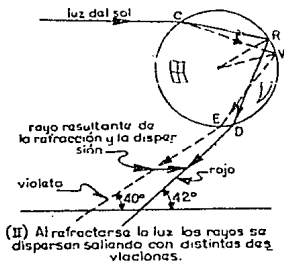
Al observar un cuerpo bajo diferentes ángulos visuales podemos constatar que el color superficial permanece constante, por lo que podemos considerar al color como una de sus características inherentes. Esto es completamente verdadero para las superficies mate cuya apariencia es la misma bajo todos los puntos de vista, aunque no lo es tanto para el caso de las superficies brillantes, ya en ciertas circunstancias, éstas reflejan parte de la luz que reciben.

Exceptuando las substancias metálicas que exhiben un color superficial o reflejado, para efectos luminicos el color de un objeto opaco se referirá a los efectos de la luz en sus moléculas y se le denominará como "corpóreo".

El mecanismo óptico que entra en juego en la apreciación del color corpóreo es bastante complejo, pero puede ser ilustrado en referencia al color del cielo. En un día claro, la atmósfera está constituida por aire, partículas de polvo y gotitas de agua. La luz del sol puede pasar libremente a través del espesor del aire de la capa atmosférica, sin embargo las otras partículas submicroscópicas de la atmósfera dispersan parte de la luz.

Se ha demostrado que la dispersión varía en relación inversa a la cuarta potencia de la longitud de onda y por lo tanto la luz violeta cuya longitud de onda es de 400 μ , se dispersa nueve veces más que la luz roja cuya longitud de onda es de 700 μ .

El color del cielo es causado por la dispersión selectiva y la luz que recibe el observador es predominantemente azul en el medio día. Al amanecer o al atardecer cuando el espesor de la atmósfera es mayor, la luz del sol pierde en mayor medida sus componentes de onda corta y por consecuencia predomina el rojo y el amarillo. Hay también otros días nebulosos en los que el tamaño de las gotas de agua en suspensión es mayor y cuando esto sucede se pierde el color azul y la visibilidad disminuye en el horizonte.



Refracción de la luz en una gota de lluvia

Un efecto similar se produce cuando en una película de pintura blanca compuesta de partículas submicroscópicas y aplicada sobre una hoja de vidrio transparente al ser iluminada con luz blanca, la luz que refleja la pintura es predominantemente azul debido a la dispersión selectiva y por lo tanto la luz absorbida será deficiente en azul y el color predominante será el amarillo. Si el espesor de la capa de pintura se incrementa, la proporción de la luz incidente que se refleja será mayor y la absorbida será relativamente menor.

El sol al ser observado a través de un vidrio con una capa espesa de pintura de esta clase aparecerá de color rojo por la dispersión selectiva de la luz.

El experimento anterior demuestra una de las propiedades de las pinturas lo que se conoce en la industria de pinturas como "poder cubriente" o sea su capacidad de cambiar el color de los objetos en relación al espesor de la capa de pintura que ésta, a su vez está en función de la refracción o dispersión de la luz al actuar en las partículas del pigmento.

Las partículas del pigmento empleadas en el caso anterior al ser muy pequeñas permiten que la luz se refracte o disperse fácilmente y un espesor mínimo de la capa de pintura es suficiente. Si por el contrario se hubieran empleado partículas de mayor tamaño, mayor cantidad de luz sería reflejada por cada partícula y el espesor sería mayor para obtener el mismo efecto.

Sin embargo, para obtener el máximo poder cubriente, es necesario que las partículas sean del tamaño adecuado ya que la efectividad de cada partícula está en relación al número de éstas en un volumen determinado. El tamaño óptimo de cada partícula se obtiene cuando en promedio su diámetro es ligeramente inferior al de la longitud de onda de la luz visible medido en milésimas de milímetro.

El poder cubriente de una pintura blanca no sólo está en función del tamaño de las partículas, sino también en relación al índice de refracción del pigmento y del vehículo en el cual las partículas están suspendidas.

Cuando los índices de refracción son iguales, la luz pasa a través del pigmento y de las partículas sin cambiar de velocidad y ésto en óptica, significa que el medio es homogéneo.

Para asegurar el poder cubriente de una pintura se utilizan pigmentos cuyos índices de refracción sean más altos que el del vehículo en el que se hallan. Por ejemplo: El índice de refracción del dióxido de titanio es de 2.76 y el de los vehículos empleados es de 1.5.

Para explicar la manera en que la luz se comporta cuando penetra en una capa de pintura, supondremos, siguiendo en el ejemplo anterior, que el pigmento que le da su color es producto de la molienda de una pieza tan clara como el cristal.

La mayoría de los pigmentos blancos son sustancias cristalinas y sus partículas son tan finas como el polvo. Una pila de esta sustancia es intensamente blanca, y si es lo suficientemente espesa, ninguna cantidad de luz se transmitirá a través de ella y por lo tanto la luz incidente se reflejará en su totalidad.

De igual manera, bajo del punto de vista de la óptica, se consideran a los pigmento como al producto de la molienda de una hoja de cristal de determinado color y que sus partículas son del tamaño adecuado.

Un pigmento rojo en estas condiciones sería similar a una hoja de cristal de este color y por lo tanto transmite libremente luz roja y absorbe las radiaciones de distinta longitud de onda y se comporta como un pigmento blanco cuando es iluminado por luz roja pero como si fuera negro cuando recibe luz de diferente longitud de onda dentro de los límites del espectro visible.

La reflexión de la luz característica de una película de pintura es causada por la absorción selectiva de las partículas de su pigmento.

La mayoría de los pigmentos disponibles son más coloreados que las hojas de cristal pulverizadas y además este último carece de fuerza para teñir. Ciertas pinturas contienen pigmentos cuyas partículas son sensibles a longitudes de onda pertenecientes a regiones espectrales en que el índice de refracción es muy alto. Las partículas de este tipo de pintura cercanas a la superficie reflejan la luz de estas longitudes de onda y absorben el resto.

La luz reflejada cuando se observa en condiciones de luz rasante muestra un color casi complementario al que se observa bajo un ángulo visual normal. a este efecto se le denomina "bronzado", por su semejanza a la reflexión metálica.

Rood en el libro "Modern Chromatics", anota que el color de los tonos transparentes cambia de acuerdo al número de capas que se aplican, como en el caso de la pintura a la acuarela y de las capas de cristal coloreado sobrepuestas, observando que los pigmentos en comparación a estas últimas aparecen débiles y opacos.

COMO SE PRODUCE EL COLOR

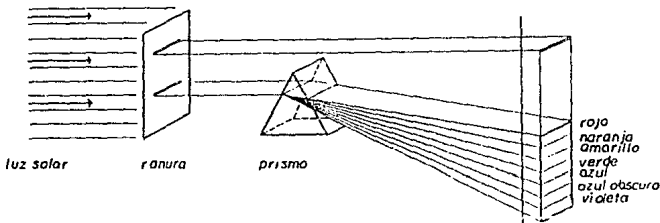
La luz es un fenómeno semejante al de las ondas que se producen al arrojar una piedra en un estanque. De igual manera, las ondas luminosas de una vela se dispersan en todas las direcciones alcanzando los objetos a su alrededor y al rebotar inciden en la retina.

La sensación de color se genera por la acción de la energía luminosa en el ojo aunque también la percepción visual puede generarse sin la presencia de ésta. Rood asevera: "El sentido de la visión puede ser excitado sin la intervención de la luz".

Años más tarde el físico escocés James Clerk Maxwell afirma: "La ciencia del color debe ser vista como una ciencia de la mente". En este trabajo no se tratarán estos temas y sólo se hará referencia al color producido por causas físicas a través de ciertas características de la luz.

COLOR PRODUCTO DE LA REFRACCION DE LA LUZ

Desde la época de Newton se conocen las propiedades refractarias de ciertos cuerpos transparentes, tales como los prismas de cristal que tienen la propiedad de descomponer un rayo de luz blanca en rayos de luces de diferentes colores. Del experimento de Newton se desprende la conclusión de que cada uno de los colores tiene diferentes índices de refracción, siendo el más refractado el violeta y el menos refractado el rojo.



Espectro de la luz blanca

Rood en base a los experimentos de Newton, diferencia y mide las bandas del espectro solar en base al cálculo matemático hecho por Fraunhofer, que utilizó el término de "Nanómetros":

1 nm = 1 millonésimo de milímetro

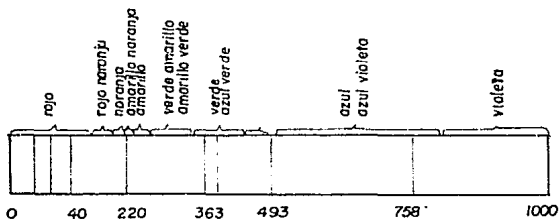
Divide el espectro en 1000 partes y lo organiza en la forma siguiente:

A rojo	- 759 nm
a rojo	- 720 nm
B rojo	- 687 nm
C rojo-naranja	- 656 nm
D naranja-amarillo	- 589 nm
E verde	- 527 nm
b verde	- 517 nm
F azul	- 486 nm
G azul-violeta	- 431 nm
H violeta	- 411 nm

Considerando las longitudes de onda visibles para el hombre divide el espacio espectral en 1000 partes de las cuales las bandas de los colores azul y azul violeta ocupan el mayor espacio (311 partes), lo sigue el violeta (194 partes), el rojo (149 partes) y el espacio más pequeño es ocupado por el amarillo (10 Partes).

Esta división del espectro constituye en precedentes la organización científica del color. Posteriormente Albert H. Munsell en base a las mediciones efectuadas por Maxwell por medio de su disco de color, presentará un trabajo en el que se organiza el color mediante el uso del sistema decimal.

En el tratado Modern Chromatics Rood organiza las numerosas longitudes de onda del espectro en terminos de sensaciones perceptibles por el ojo humano.

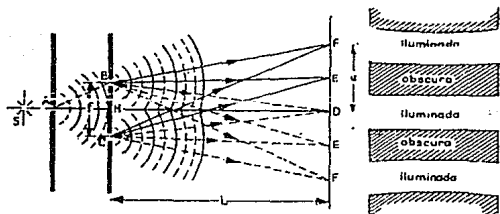


El espectro de un prisma se ha dividido en mil partes e indica el espacio que ocupa cada color

EL COLOR ORIGINADO POR LA INTERFERENCIA Y LA POLARIZACION DE LA LUZ

POR INTERFERENCIA:

Experimentalmente la física moderna ha demostrado la validez de la teoría ondulatoria de la luz y su naturaleza electro-magnética. En la teoría desarrollada bajo el nombre de mecánica ondulatoria, el científico inglés Young comprobó experimentalmente que cuando dos centros emisores emiten ondas de igual longitud y amplitud de onda, se producen interferencias aditivas y también otras de carácter destructivo. Este fenómeno de interferencia es la comprobación de la teoría ondulatoria de la luz. En base a esta teoría es posible determinar la longitud de onda de los colores espectrales. Si se hace el experimento de Young con luz blanca, cada uno de los colores produce interferencia con los correspondientes y se obtiene una franja luminosa blanca rodeada por dos franjas oscuras.



El experimento que Young hizo para medir la longitud de onda de los colores espectrales

Se han diseñado varios métodos y aparatos para el estudio de la difracción de la luz, por ejemplo: las redes de difracción que consisten en un cuerpo opaco con un gran número de rendijas paralelas que permiten el paso controlado de la luz, o los espectroscopios de red basados en el mismo principio.

En los espectros de difracción la distribución de los colores es inversa a la de los espectros de dispersión y es posible ajustar la desviación de éstos proporcionalmente a su longitud de onda, fenómeno que se explica por la naturaleza ondulatoria de la luz y es lo que se conoce como polarización rectilínea.

Normalmente, la luz se emite en ondas que vibran en todas las direcciones. Cuando la luz es polarizada sólo las ondas que vibran en un determinado plano se admiten y las demás se bloquean.

Otra característica es la transversalidad de las ondas luminosas que a diferencia de las ondas longitudinales, o sean, las sonoras en las que no se presenta, y consiste en que las componentes del vector de intensidad de campo (eléctrico o magnético), siguen dos direcciones perpendiculares que guardan entre sí una relación de fase constante con el tiempo, que puede ser rectilínea, circular o elíptica.

POR POLARIZACION

La luz polarizada se puede generar por reflexión o por refracción de la luz.

Por reflexión de la luz:

La luz polarizada se obtiene por reflexión cuando un rayo de luz natural incide en una superficie reflectora que es la frontera que divide dos medios transparentes. Una porción refleja y otra se refracta, la mayor parte sale por reflexión y se polariza parcialmente en un plano de oscilación perpendicular al plano de incidencia.

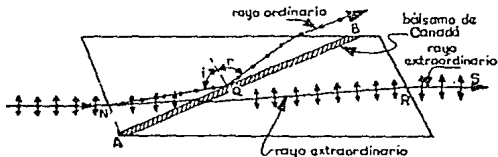
Por refracción :

La luz polarizada se obtiene por refracción cuando un rayo luminoso incide en el mineral conocido como Espato de Islandia, que se cristaliza en forma romboédrica. Sus cristales, también llamados Calcita, tienen la propiedad de polarizar la luz en virtud del fenómeno llamado "doble refracción", que ocurre cuando un rayo luminoso no polarizado llega perpendicularmente a su superficie y se descompone en dos rayos ya que la luz, dependiendo de las direcciones de los cristales que forman este mineral, se propaga a distintas velocidades. La luz polarizada con este procedimiento es verde y de poca intensidad.

El prisma de Nicol consiste de un cristal de calcita que se recorta según cierto plano y se vuelve a pegar. Esto se hace con objeto de aprovechar las distintas velocidades de la luz.

En el libro "Modern Chromatics" Rood describe la belleza de los colores producidos por polarización de la luz y los experimentos que se pueden efectuar con cristales de selenita, de ácido tartárico y de azúcar. Al describir la intensidad de los colores en forma peserosa comenta : "En la vida normal los colores de la polarización jamás son vistos, éstos sólo pueden observarse en el laboratorio".

Años después Edwina D. Land inventó una película plástica que hacía las funciones del prisma de Nicol. Este producto se conoce como "Polaroid" y pronto fué utilizado para la manufactura de anteojos para el sol, filtros para cámaras y equipo óptico de fotometría. También se utiliza para producir efectos psicodélicos por su fantástico despliegue de brillantes colores espectrales. Esto que fué una novedad de laboratorio en la época de Rood es ahora parte de la era moderna del color.



Prisma de Nicol

PRODUCCION DE COLOR POR LUMINISCENCIA

Luminiscencia es la propiedad que tienen algunas substancias de emitir luz sin radiación de calor. Esto puede ser a consecuencia de excitaciones eléctricas producto de electrones que pasan de una órbita de mayor excitación energética a otra energéticamente inferior.

El proceso de luminiscencia empieza cuando estas substancias son excitadas por formas de energía de alta frecuencia, tales como los rayos ultravioleta o rayos X, cuyos electrones y partículas alfa, al actuar en la estructura física, se convierten en luz.

El color de los pigmentos ordinarios es causado por la reflexión selectiva de la luz, sin que haya una emisión apreciable de radiación calorífica. Por ejemplo, un pigmento rojo refleja luz roja y absorbe la luz remanente convirtiéndola en calor.

El color de los materiales luminiscentes se produce al ser absorbida selectivamente parte de la luz blanca y la parte remanente de esta energía luminosa se transforma y se emite por luminiscencia. Por ejemplo, un pigmento refleja selectivamente luz roja y por luminiscencia convierte parte de la energía que absorbe en luz azul y verde, y la emite en forma adicional.

Se supone que el fenómeno de fluorescencia es causado por las ondas de luz ultravioletas que son invisibles al ojo humano y que se tornan visibles al convertirse en energía radiante.

Los colores de los pigmentos normales son subtractivos ya que la luz incidente es selectivamente absorbida y reflejada. Por ejemplo, si se mezclan pigmentos azules y amarillos y se ven bajo luz blanca, cada pigmento absorberá parte de la luz incidente y el reflejo residual dará el color verde.

Los colores de los materiales luminiscentes son aditivos ya que generan luz. Cuando se mezclan rayos de luz azul y amarilla tal como sucede en las pantallas de televisión monocromáticas, el resultado será una luz blanca.

Los fenómenos físicos de la fluorescencia y la fosforescencia son variaciones de la luminiscencia. La primera se define como una fotoluminiscencia instantánea y la segunda como una fotoluminiscencia que dura un periodo de tiempo relativamente largo.

Las substancias fluorescentes existen en estado natural y se utilizan en las industrias de pinturas y textiles entre otras. En las artes visuales se aplican profusamente ya que los colores fluorescentes son muy luminosos y brillantes. Existe una amplia gama de tonos en la industria de pinturas y materiales de decoración, hay también una gran variedad de luces y sistemas de iluminación en los que se aplican estos conceptos.

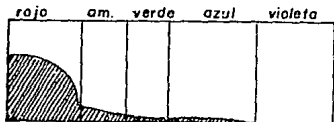
PRODUCCION DE COLOR POR ABSORCION

Para entender la teoría del color bajo un punto de vista científico es importante el estudio de los colores producidos por dispersión, interferencia y polarización de la luz, pero es particularmente el fenómeno de la absorción el que nos da la clave del color de los objetos y los pigmentos que utiliza el pintor.

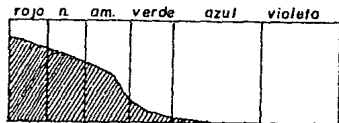
El fenómeno de la absorción consiste en que la luz al incidir en la superficie de los objetos, se divide. Parte de ella se refleja y parte es absorbida por el objeto. Esta división tiene un carácter selectivo ya que la luz está compuesta por ondas de diferente longitud y el color de los objetos estará en relación directa con la luz que sea absorbida o reflejada.

Si se trasmite una luz blanca a través de vidrios de colores se observa que el color del cristal está formado por las longitudes de onda que pasan libremente. Por ejemplo, un vidrio rojo absorbe todas las longitudes de onda excepto el color rojo.

En los cuerpos opacos se produce el mismo fenómeno pero en este caso las longitudes de onda de la luz reflejada son las que darán su color al objeto.



VIDRIO ROJO



VIDRIO NARANJA

La luz transmitida se representa por la porción sombreada

Espectro que muestra la intensidad de la luz transmitida por vidrios de distintos colores (parte sombreada)

CONSTANTES DEL COLOR

En el idioma español se utiliza la palabra "tono" para designar un color con mayor precisión. La diferencia entre las dos palabras estriba en que las variaciones de tono producen colores diferentes, por ejemplo un tono rojo puede ser rojo claro apagado ó brillante y se puede designar como "vermellón" ó "carmín", dependiendo del tono exacto.

En este trabajo utilizaremos indistintamente las palabras "tono" y "color" con el objeto de simplificar la lectura del texto.

Antes de que existiera una técnica de colorimetría, el color de los objetos manufacturados se medía a través de catálogos preestablecidos en algunas industrias, tales como en la de la cerámica. Esto no constituía un problema de importancia ya que se trataba de una fábrica aislada, pero si se consideraba un conjunto de manufacturas interrelacionadas, era evidente la falta de una técnica de colorimetría universal que midiera con precisión los diferentes tonos.

Hubo varios intentos para organizar un sistema práctico de colorimetría. Uno de ellos lo constituye el de Rood cuando en su libro "Modern Chromatics" se refiere a una serie de parámetros que denomina "constantes" que propone para la definición de las características de las superficies coloreadas, y que son: pureza, luminosidad y tono.

La Sociedad Optica Americana por su parte define las características de la luz coloreada tomando en cuenta la longitud de onda dominante, la pureza y el brillo que corresponden en una forma general al tono, saturación y valor de las superficies coloreadas, las cuales constituyen atributos de la sensación del color. Los términos "saturación" y "valor" equivalen a pureza y brillo respectivamente.

COLORIMETRIA

El desarrollo industrial en el que se interrelacionan diferentes procesos de manufactura, planteó la necesidad de crear una clasificación y nomenclatura exactas de carácter universal para todo los tonos de colores disponibles, ya que los sistemas a base de catálogos diferían no solamente de una país a otro sino también entre las industrias interrelacionadas entre si. La técnica que se emplea para evaluar el color de una superficie iluminada por una luz heterogenea, como es el caso de la luz blanca de día, se denomina "Colorimetría".

Los instrumentos empleados para estas mediciones se llaman colorímetros. Básicamente el área de observación de estos aparatos está dividida en dos partes: en una de ellas se coloca la muestra iluminada con luz blanca, la otra, que constituye el campo de comparación, se ilumina con una mezcla de luces de tres colores que deberá igualar el color de la muestra.

En los colorímetros de tipo tricromático el campo de comparación se ilumina con luces de colores rojo, verde y azul cuya proporción es conocida. Los porcentajes de la luz empleada en cada color son denominados "estímulos básicos" ó Triestímulos y son tabulables.

Esto en realidad no es tan simple como parece, según lo observó James Clerk Maxwell en 1860, ya que las evaluaciones de los colores espectrales en función de los tres estímulos básicos efectuadas por distintos observadores difieren ligeramente entre sí.

La investigación sobre las diferencias subjetivas de la percepción fué desarrollada en forma sistemática por W.D.Wright y J.Guild, investigadores ingleses que utilizaron un alto número de observadores y técnicas estadísticas. En el año de 1928 editaron el resultado de este trabajo y lo denominaron "Técnicas Indirectas de Colorimetría"

De acuerdo a esta investigación se considera que una unidad de energía radiante con una longitud de onda de 400 μ sería equivalente a una mezcla de 14.3 unidades de rojo primario, 0.4 unidades de verde primario y 67.9 unidades de azul primario.

El método indirecto de colorimetría utiliza este tipo de datos ya que conociendo el valor de cada uno de los triestímulos en una unidad de luz de cualquier longitud de onda, los valores de los triestímulos de una mezcla heterogénea, cuya composición espectral se conoce, pueden ser determinados por el simple proceso de adición.

Y dado que la composición espectral de la luz heterogénea reflejada por una muestra bajo una iluminación conocida, puede ser determinada por sus características espectrofotométricas, es posible computar los valores triestímulo a partir de los datos del espectrofotómetro, sin tener que utilizar el colorímetro.

En 1931, la Comisión Internacional de l'Eclairage (C.I.E.) definió en forma oficial al observador estandar en colorimetría, tomando como base la investigación de Wright y Guild, recomendando también tres tipos de iluminación: El Tipo A que es la proporcionada por una lámpara de tungsteno, el Tipo B que representa la iluminación del sol a medio día y la del Tipo C que es la iluminación promedio del día.

METODO ESTANDARD DE COLORIMETRIA

El método estandar para determinar el cromatismo de la muestras está basado en el mismo principio de los colorímetros monocromáticos, en los cuales el campo de comparación se ilumina con una mezcla de luz blanca y una luz homogénea compuesta por los tres colores primarios.

Todos los colores, excepto el púrpura pueden ser igualados añadiendo a una cantidad determinada de luz blanca una cantidad de luz homogénea con la longitud de onda adecuada. La longitud de onda de esta luz homogénea se denomina "longitud de onda dominante de la muestra" y está en función a la proporción de las ~~partes que la componen.~~

Los colores que no son espectrales, tales como el púrpura, tienen en la curva espectrofotométrica dos valores máximos, uno al final rojo y otro al final violeta; cuando estas muestras se iluminan con luz diurna reflejan una mezcla de luz roja y violeta y no pueden ser igualadas con una mezcla de luz blanca y luz homogénea.

Para la medición de estos colores es necesario añadir luz verde a la parte del campo de comparación, hasta que se logre igualar el color de la muestra; la adición de luz verde en el campo de la muestra es equivalente a una substracción de luz blanca en el campo de comparación.

En la práctica los valores triestímulo dan la especificación de cada color y se pueden representar numéricamente. Esta translación al lenguaje numérico se facilita por el hecho de que en los estímulos básicos del sistema C.I.E. se consideran las unidades de medición, con fundamento en que el valor "Y" indica la reflexión de la muestra en un sentido fotométrico. Por lo tanto el valor de "Y" representará la reflexión de los colores cromáticos, pero es necesario especificar también la calidad y cantidad de luz reflejada.

El Comité Internacional de la Iluminación (C.I.E.) considera en sus tablas de colorimetría la reflexión de los materiales en relación a una superficie blanca estándar. Existen tablas que para las condiciones normales, permiten determinar los valores triestímulos de la longitud de onda dominante de la muestra. Aunque dos muestras tengan la misma longitud de onda dominante y la misma reflexión; hay otro factor que las diferencia, es el denominado "Pureza", en el que se atribuye un valor de cero a los colores acromáticos (blanco, gris y negro) y un valor de cien a los colores más fuertes que son posibles teóricamente en cada longitud de onda.

Tabla de valores triestímulo de el espectro de color adoptado por la International Commission on Illumination, 1931.

Longitud de onda (m μ)	X (rojo)	Y (verde)	Z (azul)
400	14.3	0.4	67.9
420	134.4	4.0	645.6
440	348.3	23.0	1747.1
460	290.8	60.0	1669.2
480	95.6	139.0	813.0
500	4.9	323.0	272.0
520	63.3	710.0	78.2
540	290.4	954.0	20.3
560	594.5	995.0	3.9
580	916.3	870.0	1.7
600	1062.2	631.0	0.8
620	854.4	381.0	0.2
640	447.9	175.0
660	164.9	61.0
680	46.8	17.0
700	11.4	4.1

El Museo de Arte Fogg de la Universidad de Harvard publicó en 1939 un análisis de los pigmentos más usados por los artistas. En la Tabla 2 se muestran los pigmentos en orden descendente de su longitud de onda, los colores no espectrales van al final de la tabla. Se observa por ejemplo, que el rojo veneciano es un poco más anaranjado que el rojo cadmio, siendo este último más oscuro y más puro.

Pigmento	Longitud de onda dominante (m μ)	Reflejancia %	Pureza %
Alizarin Crimson	628.0	6.6	57.2
Vermilion Ingies	606.1	22.5	59.9
Rojo cadmio	604.8	20.6	67.3
Rojo veneciano	599.2	13.1	50.2
Siena tostada	598.5	7.6	40.1
Sombra tostada	589.5	5.1	34.2
Naranja cromo medio	586.9	42.2	86.9
Siena	584.2	20.0	61.3
Amarillo cromo medio	581.6	63.1	81.8
Amarillo zinc	575.8	32.6	79.7
Blanco zinc	569.5	94.9	1.5
Verde cromo medio	552.4	16.6	34.7
Verde esmeralda	511.9	39.1	22.6
Negro marfil	494.5	2.2	1.7
Azul cobalto	474.6	16.8	65.5
Violeta cobalto	560.5	9.3	48.5
Violeta manganesio	553.7	27.0	21.6

REPRESENTACION GRAFICA DEL COLOR

A semejanza de los mapas topográficos en los que para localizar un punto en el espacio son necesarios tres parametros, en el procedimiento usual en colorimetría para describir un color es necesario representar las cualidades del color en un diagrama de dos dimensiones, utilizando los valores "X" y "Z" ya que las relaciones de cromaticidad se pueden expresar con cualquier par de los coeficientes tricromáticos y la cantidad por el valor del triestímulo "Y".

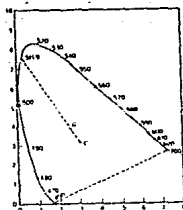
En los diagramas de cromaticidad la cualidad del color se especifica mediante los coeficientes tricromáticos que se definen en términos de valores de triestímulo por medio de las siguientes ecuaciones :

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

por definición $x + y + z = 1$. Para todos los valores de X, Y y Z.



Grafica standard deromaticidad

Los colores espectrales se pueden localizar gráficamente por medio de una línea parabólica, que se construye uniendo los puntos que representan los coeficientes tricromáticos, en intervalos frecuentes de longitud de onda.

Por ejemplo los valores triestímulos que corresponden a la longitud de onda de 400 μ son los siguientes :

$$X=14.3, Y=0.4, Z=67.9$$

substituyendo esos valores en la ecuación que define los coeficientes tricromáticos

$$x=0.1733, y= 0.0005$$

Estas coordenadas nos darán la localización de la luz espectral que tenga esta longitud de onda. El mismo procedimiento se sigue para determinar los puntos de otras longitudes de onda del espectro.

Si se mezcla una luz espectral de una longitud de onda de 400 μ con otra de longitud de onda de 700 μ , el color resultante estará dentro de la línea punteada que une estas dos longitudes y en un punto que estará en relación a la proporción de la mezcla

Todos los colores se localizan inscritos en el área de la parábola que define a los colores espectrales y la línea punteada que une los puntos extremos de ésta.

La mezcla, seleccionada como luz diurna promedio, se localiza en el centro "C" y por lo tanto una superficie blanca, bajo este iluminante, tendra la misma localización en el diagrama.

Ejemplo: Se trata de localizar el color de una muestra en un diagrama tricromático

Color: VERDE ESMERALDA (representado por el punto "G")

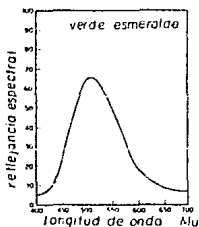
Coefficientes Cromáticos: $x=0.2446$; $y=0.4214$

Valores Triestímulo : $X=22.7$; $Y=39.1$; $Z=31.0$

Este punto se localiza dentro de la línea que une el punto "C" (blanco) y un punto de la parábola correspondiente a una longitud de onda de 511.9 Mu, que es la dominante del verde esmeralda; este punto, que define las características espectrales, se denomina "locus" y se representa por el punto "G".

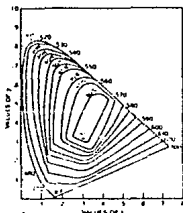
La pureza de la muestra es de 22.8%, y este atributo lo indica la distancia relativa entre el punto "G" y el punto "C".

Los grises neutrales tienen el mismo coeficiente tricromático que el de una superficie blanca y sólo difieren por la reflexión. En este tipo de diagrama están representados por el punto "C".



Localización del verde esmeralda en la grafica de cromaticidad. A semejanza de un mapa topográfico, la reflexión se representa por medio de curvas de nivel.

David L. McAdam investigó las fronteras teóricas para todos los colores definidos por los coeficientes de la Comisión Internacional de Iluminación y calculó los límites potenciales de los tonos que con nuevos pigmentos y tintas se pudieran obtener.



Reflexión máxima que se puede obtener para una determinada cromaticidad

En la gráfica, cada línea de contorno define una área de determinada reflexión. Se observa en este diagrama que toda superficie que refleja más del 90% de luz blanca es casi-blanca o ligeramente amarillo-verdosa, y también, que un azul fuerte es un color oscuro.

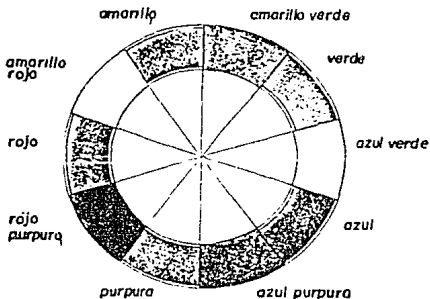
Para los fabricantes de tintas y pigmentos este diagrama es muy importante, ya que al localizar las áreas ocupadas por los colores y tintas disponibles en el mercado, se observan como vacías las áreas susceptibles de desarrollo en la investigación de nuevos colorantes

SISTEMAS DE CLASIFICACION

La mayor parte de los sistemas de clasificación del color fueron desarrollados en el siglo pasado y principios del actual, y se basan en una serie de colores primarios, de los que se derivan los secundarios y terciarios, sin hacer mayor énfasis en su valor y su intensidad.

El sistema más práctico y de mayor difusión, es el que A.H. Munsell editó en 1915 bajo el nombre de "Atlas of the Munsell Color System", utilizando tres parámetros: color, valor e intensidad o "croma", que corresponden a la onda luminosa dominante, reflexión o luminosidad y pureza.

La escala de valor es una relación de luminosidad que existe entre el negro y el blanco. Munsell divide el grado de fluctuación en diez escalones de diferentes tonos de gris que van espaciados de acuerdo a la lectura de un fotómetro. Una vez establecida la escala de valor, Munsell seleccionó muestras de rojo, amarillo, verde, azul y púrpura, cuyo valor corresponde al escalón de gris medio. Estos colores que tienen una reflexión de valor 5 constituyen la base del sistema, y completó el circuito intercalando sus tonos complementarios en el mismo valor de la escala.



Parámetro de tono

Por definición, los colores principales y sus complementarios tienen un valor de "croma" de 5, esto significa que su reflexión es de 25% en el sistema básico.

A partir de esta base, Munsell construyó el "Atlas del Color". Para esto utilizó un sistema a base de pequeños rectángulos pintados con acuarela en el que todas las hileras horizontales tienen el mismo valor y todas las hileras verticales tienen el mismo tono.

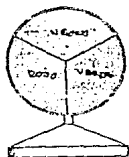
Este sistema permite una representación tridimensional conocida como "Arbol de Munsell" en el cual, una coordenada cilíndrica con una escala de valores neutros que van del blanco al negro, forma el eje vertical. Los diferentes tonos se encuentran en correspondencia al valor neutral a diferentes distancias del eje de los neutros.

En 1929 se editó una variante de este sistema, el denominado "Book of Color" de Munsell, en el que se modificaban los valores del eje neutro tomando en cuenta los escalones perceptibles por la mayor parte de los observadores. El espaciamiento que Munsell había propuesto originalmente se basaba en una división del blanco al negro en escalones de reflexión proporcional y como consecuencia, los espaciamientos se daban muy próximos en los extremos. Para subsanar esto, se utilizó una escala de raíces cuadradas, en la que los escalones están de acuerdo a umbrales perceptibles que se determinaron por medio de estudios psicológicos y antropométricos, en condiciones estandar de visión.

En resumen, el sistema propuesto por Munsell se caracteriza por el uso del sistema decimal, por la interrelación de la luz y los pigmentos a través de los colores primarios y el desarrollo matemático de secuencias y escalas.

En 1935 J.J. Glenn y J.T. Killian analizaron todas las muestras del "Book of Color" de Munsell y determinaron la longitud de onda dominante, la pureza y reflexión de cada una.

En 1942 la American Standard Association recomendó el uso del "Book of Color" para la determinación de las cualidades del color en las superficies coloreadas.

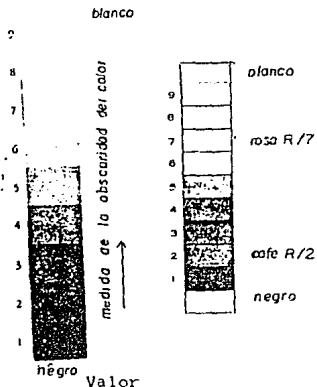


Disco de Color de Maxwell

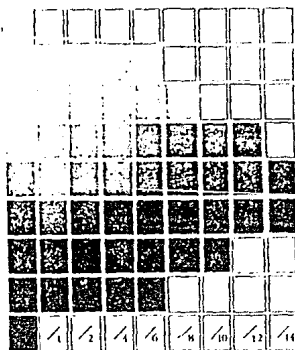
Existen otros sistemas de colorimetría, tales como los de R. Ridgway, W. Ostwald y varios más. Estos sistemas pueden ser evaluados por procedimientos estandar en los mismos términos del sistema básico, de este modo, todos ellos pueden interrelacionarse.

El sistema de Ostwald se diferencia de los otros sistemas en que basa la definición de los distintos tonos según su contenido de blanco y de negro.

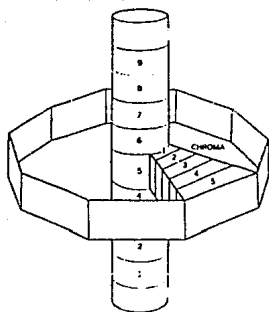
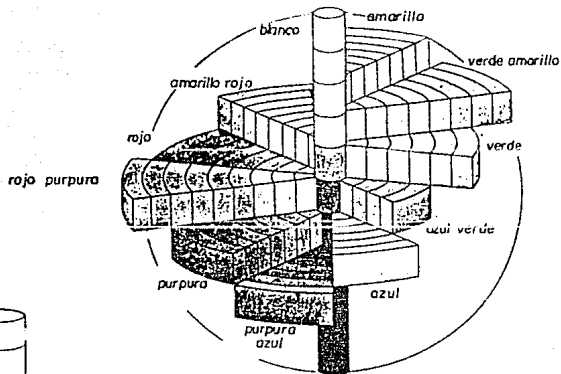
Del "Sistema Munsell"



medida de fuerza del color →



Intensidad o Cromá



Arbol del color del Sistema Munsell

MEZCLAS DE COLOR

El color de los objetos es producto de la luz que se refleja selectivamente en las partículas que forman su superficie, y frecuentemente la composición química y física de éstas no es homogénea y por lo tanto, reflejan la luz en distintas formas. Sin embargo, cuando los objetos se ven a cierta distancia se perciben de un solo color que es el resultado de la mezcla de todas las longitudes de onda luminica emitidas por las diferentes partículas. Al proceso de fusión óptica de las diferentes longitudes de onda se le denomina "Mezcla Aditiva".

En las mezclas aditivas de dos o más rayos de luz de diferentes colores, la energía de la mezcla en cada longitud de onda es igual a la suma de la energía espectral de sus componentes; o lo que es lo mismo, que cada uno de los tres valores triestímulo de la mezcla es proporcional a la suma de los valores triestímulo correspondiente a los componentes.

Cuando la mezcla luminica se produce mediante el uso del disco giratorio de Maxwell, los componentes, o sea la luz emitida por las áreas de distintos colores que se mezclan en la rotación del disco, están en función de la superficie que ocupan en el disco y por lo tanto, antes de efectuar la suma se multiplica el valor triestímulo de cada componente por la fracción de área ocupada.

Como ejemplo, a continuación se da el valor triestímulo para el pigmento amarillo de cromo:

$$X= 68.4 \quad Y= 63.0 \quad Z= 9.6$$

Cuando un tercio del disco es ocupado por este tono y el resto por azul cobalto cuyos valores triestímulo son:

$$X= 18.3 \quad Y= 16.8 \quad Z= 67.2$$

El valor triestímulo de la mezcla aditiva que se observa cuando el disco está girando es:

$$X= 34.8 \quad Y= 32.2 \quad Z= 48.0$$

Los coeficientes tricromáticos de la mezcla son:

$$x= 0.303 \quad y= 0.280$$

Por referencia a la escala del diagrama de cromacidad, se determina que esta mezcla tiene una longitud de onda dominante de 556, cuya pureza es de 13.7%, y estos valores corresponden a un color púrpura.

Si nos atenemos a la experiencia del pintor que al mezclar pintura azul y amarilla obtiene un color verde y no púrpura, el resultado del experimento anterior seguramente nos sorprende.

Sin embargo, si se considera el mecanismo óptico de la producción del color corpóreo se observa que la luz que incide en la película de una pintura de este tono deberá pasar por las partículas de ambos pigmentos antes de emerger como luz reflejada.

Recordemos que las sustancias amarillas se caracterizan porque absorben la luz azul y violeta transmitiendo libremente las demás radiaciones. Por otra parte, las sustancias azules absorben la luz amarilla, la naranja y la roja y transmiten la luz azul y la violeta. Como consecuencia, el único color del espectro que no es absorbido por ambos pigmentos, es el verde.

Si la capa de pintura tiene las cualidades necesarias para la dispersión, la luz verde saldrá finalmente de la superficie de la capa de pintura.

De esta forma se demuestra como la mezcla subtractiva de los pigmentos amarillo y azul, producen el verde. ya que los otros componentes de la luz blanca son absorbidos en la substancia material de la pintura.

Para calcular el color de una mezcla aditiva de la luz que se trasmite en dos cuerpos translúcidos sobrepuestos, tales como un par de vidrios de diferente color, sólo se toma en cuenta la luz transmitida y se rechaza por insignificante la pequeña cantidad de luz reflejada y se considera que la primera es consecuencia de la transmitibilidad espectral de los componentes en la correspondiente longitud de onda.

Los valores triestímulo de las mezclas luminosas pueden ser determinados de acuerdo a los datos proporcionados por las tablas del procedimiento estandar.

A diferencia de las mezclas aditivas, los valores triestímulo de una mezcla subtractiva no pueden ser calculados a partir de los valores triestímulo de los componentes. Dicho en otra forma, el color visual de los componentes no es una guía confiable del color de la mezcla, por lo tanto es necesario conocer su absorción espectral, característica que sólo el espectrofotómetro puede proporcionar

El proceso de la mezcla tricolor fue inventada en 1855 por Maxwell. En ésta se reproducían los colores mediante la mezcla aditiva de luces roja, verde y azul. Esta selección se basa en la teoría de la visión postulada por Thomas Young.

En el campo de la fotografía en color, el proceso de las Mezclas Aditivas fue desplazado por el Método Subtractivo. Este, en principio, consiste en hacer la mezcla en una pantalla blanca, que es considerada como la reflexión de una mezcla luminosa de los colores primarios, que son rojo, verde y azul. Se proyectan sobre la pantalla simultáneamente tres imágenes del objeto, cada una con determinado registro y coloreada con uno de los tres colores primarios.

En el caso de la impresión en color se superponen los pigmentos de las tres imágenes similares a las anteriores, sobre una hoja de papel blanco. En este último caso la luz incidente pasa a través de las tres imágenes y es reflejada por la superficie blanca del papel pasando otra vez por las tres imágenes antes de percibirlo el observador.

En el Proceso Aditivo, la gama de colores que se obtiene con tres colores primarios cuya composición se conoce, es fácil de calcular aplicando las leyes de las mezclas aditivas. En cambio el proceso de calcular los colores de las mezclas subtractivas es muy laborioso, y por lo tanto es más sencillo determinar los colores experimentalmente.

En pintura, se aplica el procedimiento aditivo obteniendo la mayor gama de colores al utilizar los tres primarios, o sea, el rojo, el verde y el azul.

En 1933 Herbert E. Ives realizó un estudio sistemático de las características de la absorción espectral de todos los pigmentos disponibles, concluyendo que la paleta del artista que contenga los tres primarios correctos será suficiente para producir toda la gama de colores posible, teniendo ésto la ventaja de evitar el uso de pigmentos de dudosa duración y el poder simplificar la aplicación de las leyes que regulan las mezclas de colores.

En las artes gráficas se utiliza el procedimiento substractivo. Los tres primarios serán rojo-absorbente, verde-absorbente y azul-absorbente, ya que el color de una imagen que absorbe luz roja mientras transmite las demás radiaciones será azul verdosa, y una imagen que absorbe solamente luz verde, transmite luz azul y roja, y su color es magenta. Un objeto que absorbe la luz azul transmite solamente luz verde y roja, y por lo tanto es de color amarillo.

En los últimos doscientos años el desarrollo rural dió paso a una sociedad industrializada, inventándose los procedimientos para la manufactura de nuevas sustancias colorantes, pigmentos y tintas con las cuales se puede decorar nuestro entorno.

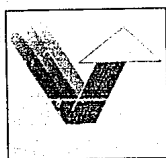
A pesar de que actualmente existen los medios para estimular el sentido de la vista con la magia del color y de la luz, el color dominante del ambiente urbano e industrial moderno parece ser el gris, concreto, maquinaria, ropa de trabajo y luz artificial que no tienen la variedad de colores producidos por la luz natural.

Mucho de lo que actualmente vemos es el resultado de recientes descubrimientos tecnológicos. Hace cincuenta años las películas de colores, la televisión, las técnicas de impresión baratas y el rayo laser se encontraban aún en proceso de desarrollo.

Actualmente consideramos a todos estos inventos como una de las características de nuestra sociedad, pero si se nos retiraran seguramente nuestras vidas serían menos agradables y placenteras.

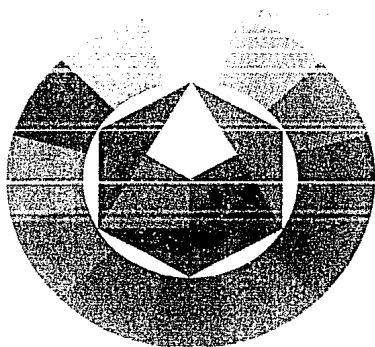


Los objetos opacos, cuando son iluminados, tienen la propiedad de reflejar toda o parte de las diferentes longitudes de onda que componen el rayo de luz.

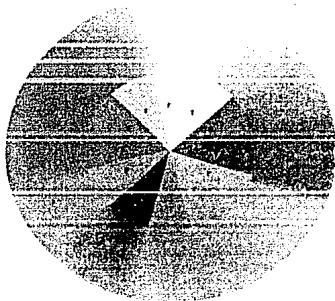


Síntesis aditiva (luz)

Síntesis sustractiva (pigmento)



Círculo del Color (Itten)



P colores primarios
S secundarios
T terciarios

Círculo de Color (Parramon)

CONCLUSIONES

La ideología de una sociedad determinada está condicionada por la suma integral de los conocimientos que posee en determinado momento, y se define como un proceso inconsciente que estructura el conocimiento y crea valores que condicionan los modos de pensar y de producir, (Juan Acha, Arte y Sociedad en América Latina).

El mismo autor coloca a las ideas políticas de los enciclopedistas del siglo XVIII, como la base de la estructura jurídica y política en la que se desarrollaron las formas de producción de la burguesía que dieron nacimiento a la ciencia y a la industria moderna.

En el campo de las artes visuales, las aportaciones de pensadores y científicos sentaron las bases para que posteriormente surgiera en el siglo XIX la escuela de los impresionistas, que con su énfasis en el fenómeno luminoso y los colores, influenciaron posteriormente a todas las corrientes y estilos del arte europeo.

Otro factor de gran importancia lo constituye la invención de la fotografía y las técnicas de impresión que condicionaron los modos de percibir y de reproducir la realidad visual.

En el siglo actual, el arte se ve enriquecido por un mayor conocimiento en el campo de la física y de la óptica, además el desarrollo de la psicología, especialmente en la percepción que auxiliada por métodos de análisis antropométricos permitirán a la escuela de la Bauhaus (1923-1933), representada por teorizantes tales como Klee, Kandinsky, Itten, Moholy-Nagy, Albers y Gropius, la unificación del arte con la tecnología.

En el libro "Arte y sociedad en América latina" el Maestro Juan Acha analiza los sistemas de producción plástica y encuentra que la tecnología entendida como el resultado de la lucha del Hombre para aprovechar la naturaleza influye sobre las artes visuales y el artista, en estrecha relación con la economía produce objetos cuya novedad incide en los modos de producción.

En relación a nuestra realidad geo-política anota lo siguiente: "En América Latina predomina la simple aplicación industrial de procedimientos tecnológicos importados, es decir carecemos de una infraestructura económica capaz de promover la apropiación del sistema de producción de innovaciones tecnológicas, para adecuarlas a nuestra realidad y crear tecnología."

El Maestro Acha más adelante analiza cómo la tecnología influye en los modos de producción, y su influencia en forma directa sobre el arte, al operar como intermediaria entre la producción

artística y la naturaleza entendida como fuente de la materia", refiriéndose a la creación de técnicas y materiales que influyen en los efectos del arte, o sea las propiedades sensitivo-visuales o configurativas de la obra de arte, tal como la transparencia del óleo y la materialidad del mármol.

Este conjunto de ideas nos ayudan a visualizar cómo la técnica y la ideología de una sociedad afecta directamente la economía, la organización social y la superestructura del pensamiento. Por ejemplo, el individualismo burgués incide en la aparición de la pintura de caballete y la técnica de la fotografía influye en el abstraccionismo.

La influencia indirecta de ambas se encuentra también en la distribución y el consumo del arte al influir en el gusto y necesidades de la sociedad, repercutiendo también en los modos de producción.

En el mundo europeo la investigación artística sistematizada cuenta con una experiencia de poco más de dos siglos; en cambio en Latinoamérica no se ha realizado una investigación consistente y científica, salvo raras excepciones, y en éstas tampoco ha habido un proceso de continuidad. Se puede decir en términos absolutos, que el conocimiento y la tecnología son de importación y no se adecuan convenientemente a la realidad histórica.

Una de las causas del atraso de nuestros países radica en la ignorancia generalizada de cómo el conocimiento científico de los fenómenos naturales afecta a los acontecimientos artísticos. La pasividad en la aceptación de las novedades del extranjero aunadas a una indudable dominación ideológica y a una idiosincrasia muy particular de nuestros nacionales, nos impiden ver y entender lo que en otros países se conoce y utiliza desde hace mucho tiempo.

El mundo moderno ofrece un reto a los países subdesarrollados para salir de su atraso. nuevas tecnologías y materiales surgen en los mercados. Sin embargo, todo tiene un precio, y éste es el de continuar en la dependencia tanto ideológica como económica respecto a las metrópolis.

Este mundo nos presenta otra opción no tan comprometedoras como la anterior, y es la de proporcionarnos conocimientos y tecnología, tal vez obsoleta para ellos pero aún válida y vigente para nosotros, no hay que olvidar que los conocimientos del siglo XIX y principios del presente, fueron la base de la industria y del arte actual.

Las fuentes de este conocimiento están a nuestra disposición en innumerables libros y publicaciones. De hecho, nuestros programas educativos se nutren de estos conocimientos, aunque todo queda a un nivel de simple información, sin que haya un análisis y una síntesis determinante en la formación crítica.

Es de primordial importancia estudiar y revisar nuestros modos de producción y consumos artísticos. Para ésto se proponen, en el aspecto de las artes visuales, varios niveles de investigación y estudio operativo.

Se propone en este trabajo lograr este objetivo a través de una serie de etapas o niveles. En forma simplista se presenta un planteamiento que puede estar sujeto a ampliación y revisión:

El primer nivel consiste en plantear una investigación sobre el estado actual de las artes plásticas, comparar el producto artístico con el de otros países y analizar las causas de las diferencias, bajo el punto de vista de la producción, la distribución y el consumo.

Un análisis comparativo de las artes visuales y en especial del arte europeo nos permitirá determinar los efectos formales que los avances científicos y tecnológicos imprimen a las artes visuales. Tomamos como base el arte occidental por ser el más documentado y por ofrecer una mayor accesibilidad.

El segundo nivel consistirá en desarmar el mecanismo de estos efectos formales bajo un punto de vista tecnológico y sociológico, tomando en cuenta que en muchos de los casos la relación causa-efecto no es directa, ya que intervienen factores de tipo subjetivo que son imponderables. En esta etapa el planteamiento tendrá un carácter teórico y nos valdremos de instrumentos tales como la teoría e historia del arte, auxiliadas con métodos estadísticos de investigación y clasificación.

El tercer nivel, que es una ampliación del anterior, consiste en determinar y tipificar los elementos que inciden en el producto artístico: conceptos, técnicas e instrumentos, considerándolos en una categoría científica y social, en campos que competen a la física, la fisiología, la psicología, la estética y la sociología.

El cuarto nivel consiste en volver a armar el mecanismo y, esta vez, con pleno conocimiento de sus partes, tanto en su forma como en sus funciones y en relación al mundo externo. Será necesario efectuar una labor de análisis y de síntesis que permita la elaboración de criterios y métodos de estudio.

En esta etapa es conveniente crear un modelo experimental que nos permita teorizar qué hubiera pasado en situaciones históricas diversas, por ejemplo si no se hubiera descubierto la fotografía, que repercusión habría en la evolución del arte, (en especial en el impresionismo y el abstraccionismo). El objeto de este experimento sería el de determinar con mayor precisión la influencia de los cambios tecnológicos en la obra artística.

El quinto nivel sería la aplicación práctica de este estudio. Una vez determinado el aspecto de las leyes ópticas, la fisiología y la percepción, que atañen a las artes plásticas, se podría hacer una sólida comprobación estadística que nos permitiera adecuar estos conocimientos a nuestra realidad social y económica con miras a crear una metodología que hiciera operante y viable este sistema.

APLICACION DEL SISTEMA EN LAS ARTES PLASTICAS

Los campos de aplicación se encontrarían en el terreno de las artes plásticas:

- a. La investigación como consecuencia del estudio anterior se podría profundizar en las diferentes materias que atañen a las artes plásticas, en el campo de la teoría e historia del arte y en el de la práctica propedéutica.

El enfoque de esta actividad sería dual. Por un lado revisar y actualizar materiales, métodos y procedimientos conocidos, en uso o relegados por diversas causas; y por el otro, investigar nuevos métodos y materiales, con miras a la innovación o adaptación de nuevas tecnologías.

- b. La enseñanza, la transmisión de conocimientos en una materia tan subjetiva y difícil como es el arte, requiere de métodos precisos y racionales. El educando debe saber y comprobar experimentalmente los conocimientos que se imparten. Al considerar el ojo humano como un instrumento, es posible mediante la técnica adecuada capacitarlo para que sea capaz de discernir y mensurar las superficies visuales con precisión ya que el fenómeno visual se puede definir en su aspecto físico y perceptible.

También es posible interpretar las vivencias de los artistas consagrados a través de un análisis formal de sus obras, tomando en cuenta el aspecto tecnológico e ideológico de su época.

Es necesario subrayar que estas dos actividades, la enseñanza y la investigación, están íntimamente interrelacionadas, ya que nuevas técnicas y materiales permitirán una educación tecnificada que a su tiempo tendrá un efecto de retroalimentación en el sistema y un método científico permitirá clasificar y controlar la información que proporcione la labor de los artistas.

BIBLIOGRAFIA

- H. Davson, (1949), The Physiology of the Eye .
S. Mosqueira, (1948), Fisica General.
Y. Le Grand, (1968), Light, Colour and Vision .
C.W. Williams, ((1966), Seeing and Perceiving .
K. Koffka, (1935), Principles of Gestalt Psychology.
J.J. Gibson, (1950), The Perception of the Visual World.
R. Arnheim, (1954), Arte y Persepción Visual.
O.N. Rood, (1879), Modern Chromatics.
D.A. Spencer, (1939), Colour in Theory and Practice.
American Standard Assotiation, (1942) .Specification and
Description of Color
R.M. Evans (1948), An Introduction to Color.
W.D. Wright, (1944) The Measurement of Color.
J. Itten, (1970), The art of Color.
J. Albers, (1936) Interaction of Color.
W. Wong, (1987). Pincipios del Diseño en Color.
R. Cumming y T. Porter, (1990)), The Color Eye.
J.M. Parramón, (1988), Color Theory.
J. Acha, (1979), Arte y Sociedad: Latinoamerica.