

ANÁLISIS DE LA VISIÓN HUMANA ORIENTADO AL DISEÑO ARQUITECTÓNICO

OSCAR ANTONIO ZÁRATE AGUILA¹,
ALEJANDRO AGUILA REYES¹,
ARIEL SERVANDO ZÁRATE AGUILA²,
JOAQUÍN FERNANDO MENDOZA
BLANCO¹

ANALYSIS OF HUMAN VISION ORIENTATED TOWARD ARCHITECTURAL DESIGN

RECIBIDO: 05-05-09

ACEPTADO: 10-09-09

¹ Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Ciénega. Ocotlán, Jalisco, México. E-mails: hanamichi2006@gmail.com; oaza@cuci.udg.mx; aguilaalejandro@hotmail.com; jmendoza@cuci.udg.mx
² Universidad Interamericana para el Desarrollo, Ocotlán, Jalisco, México. E-mail: fenix_draco@yahoo.com.mx

RESUMEN

Es apasionante el estudio de la visión humana. La dependencia que tenemos a este sentido es muy superior a cualquier otro. De la información que recibimos y procesamos día a día, más del 95% es obtenida a través de la vista. En este artículo se muestra un análisis del funcionamiento del ojo humano, cómo se perciben las imágenes, cuáles son las partes que conforman el ojo y la función de cada una de ellas, así como la importancia que tiene dicha percepción para el diseño arquitectónico. Se habla también de las deficiencias visuales más comunes que padece el humano: miopía, hipermetropía y astigmatismo y su posible corrección. Una peculiaridad que poseen algunas personas es la de ver los colores de una manera diferente a la "normal". Es una característica congénita que si bien no se considera una enfermedad, puede representar dificultades para aquellas personas que lo tienen; se conoce como daltonismo. Es sabido que hay animales que poseen una capacidad visual mayor a la del humano, sin embargo éste tiene una característica importante que es la percepción de profundidad, también conocida como estereoscopia o visión en 3D. La distribución de los ojos en el humano es lo que permite percibir la tridimensionalidad de los objetos. Se mencionan también técnicas de proyección de imágenes 3D como los anaglifos y estereogramas.

Palabras clave: visión humana, estereoscopia, miopía, astigmatismo, hipermetropía, diseño arquitectónico.

ABSTRACT

Our dependence on visual perception is far more superior to any other senses. Almost 95% of the information we receive and process every day is obtained by sight. This article demonstrates the importance of sight as well as an analysis of how human eyes work, how they receive images, which components they are made of and what their functions are. The most common visual handicaps humans suffer are myopia (short-sightedness), hyperopia (far-sightedness) and astigmatism. Some people see colors in different way as we "normally" see, known as color-blindness. It is a congenial deficiency which is not considered as an illness. On the other hand, humans have an important characteristic which is the depth perception, also known as stereoscopy or 3-D vision. The position where human eyes are located allows us in perceiving the object's depth. This article also shows some techniques for 3-D image projection, such as anaglyphs and stereograms. It will also be explained in detail as to how the human vision analysis is related to some significant achievements in computer science, especially in applied architecture in computer assisted three-dimensional modeling.

Key words: human vision, stereoscopy, myopia, hyperopia, astigmatism, architectonic design.

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se habla de la importancia de las imágenes en la vida del hombre y la gran dependencia del sentido de la vista que tenemos los humanos. Se describe cómo está constituido el globo ocular y su funcionamiento, cómo se coordinan los ojos con el cerebro para que podamos observar el mundo que nos rodea.

En el escrito se encuentra información sobre algunas deficiencias visuales que padece el humano, tales como daltonismo, hipermetropía, miopía y astigmatismo; qué ocasiona estos padecimientos y cómo se pueden corregir. Otra sección de la visión humana que se estudia es la estereoscopia, la capacidad del ser humano de apreciar el mundo en tres dimensiones.

2. LA VISIÓN HUMANA

Los hombres somos seres visuales. No todos los animales dependen tanto de sus ojos como lo hacemos nosotros. El humano recibe más del 95% de información del ambiente que lo rodea por medio de la vista. Los murciélagos utilizan sonidos de alta frecuencia, los perros tienen un pobre sentido de la vista pero extraordinarios sentidos del olfato y del oído, las serpientes localizan a su presa por termografía y los peces tienen órganos que perciben (y en ocasiones generan) campos eléctricos. Aún las aves, que son animales muy visuales, no tienen la misma configuración de nuestro sistema visual. Sus ojos están colocados en lados opuestos de su cabeza, lo cual les provee una cobertura de casi 360° pero muy poco en cuestión de estereoscopia. Los pájaros tienen cuatro o cinco receptores de color, mientras que el hombre tiene solo tres, rojo, verde y azul.

Las personas con problemas de vista utilizan lentes debido a la dependencia de este sentido. Por otro lado, toleramos bastante la deficiencia auditiva, antes de comprar un aparato para corregir el defecto, y hablando de los otros sentidos, ni siquiera hay prótesis o dispositivos que los suplan.

El ojo humano consta de varias partes que se encargan de procesar la luz reflejada y generar la imagen que será interpretada por nuestro cerebro. Los párpados y pestañas protegen los ojos de pequeñas partículas de polvo y a la vez humedecen la córnea, evitando así que ésta se opaque. La córnea es la parte más externa del globo ocular. La luz entra por la córnea, pasa por el humor acuoso, para después llegar a la pupila, el punto negro del ojo que permite el paso de la luz. El iris es un músculo pigmentado que se contrae para hacer la pupila más pequeña o se relaja para agrandarla.

La intensidad de la luz en el medio determina el tamaño de la pupila. Cuando estamos en un lugar iluminado, el diámetro de la pupila es muy pequeño para evitar que entre mucha luz al ojo, ya que se podría ocasionar una lesión. De manera contraria, en un cuarto oscuro, el tamaño de la pupila aumenta para permitir mayor paso de luz al ojo y así poder ver los objetos que nos rodean.

Una vez que la pupila ha filtrado la cantidad de luz proveniente del medio, le corresponde al cristalino o lente, proyectar la imagen obtenida en el fondo del ojo, es decir, en la retina. El cristalino cambia su forma para permitir al ojo enfocar a distintas distancias. Con el paso del tiempo, este proceso de ajuste se vuelve más difícil, por lo que es necesario el uso de lentes. La imagen que se proyecta en la retina está invertida, el cerebro se encarga de interpretarla y transformarla a su forma original. La FIGURA 1 muestra la estructura del ojo humano.

Las deficiencias más comunes de los ojos son la miopía, hipermetropía y astigmatismo. La miopía sucede cuando los rayos de luz convergen al frente de la retina. Esto puede ocasionarse por varios factores, por ejemplo, que el globo ocular sea muy largo o que el cristalino no funcione de manera correcta (FIGURA 2).

Los lentes utilizados para corregir esta enfermedad son divergentes; éstos causan que la luz se disperse hacia fuera, logrando así, que la

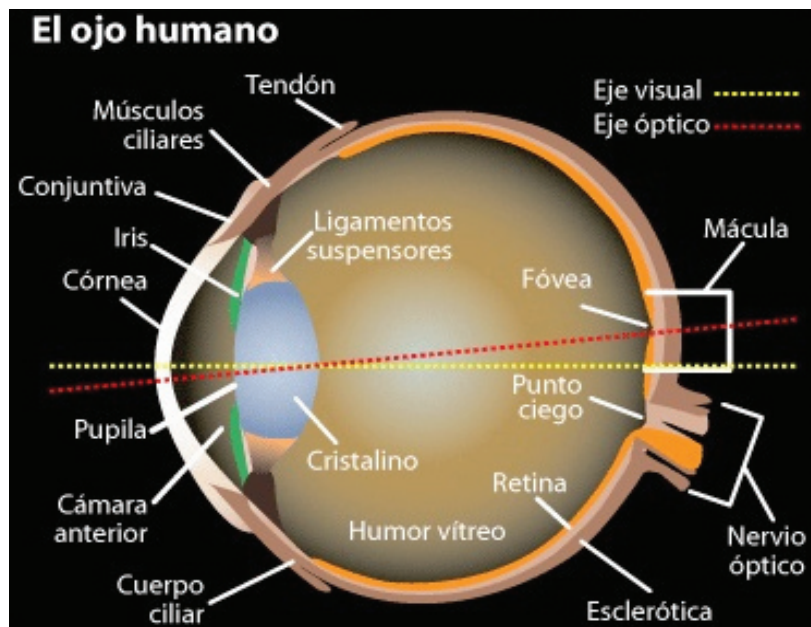


FIGURA 1.
Corte transversal del
ojo humano.
Fuente: Umanzor
(2009).

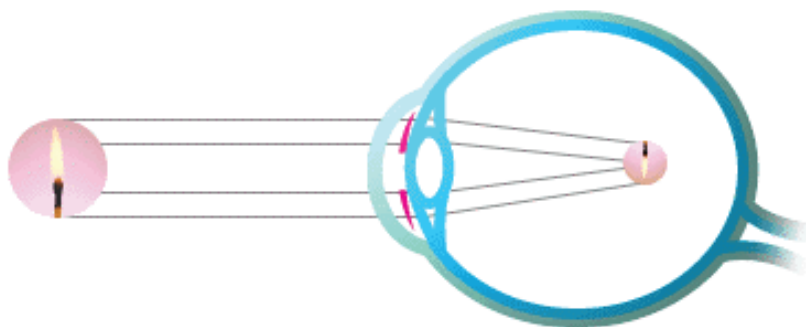


FIGURA 2.
Ejemplo de miopía.
Fuente: Multiópticas
Iri (2009).

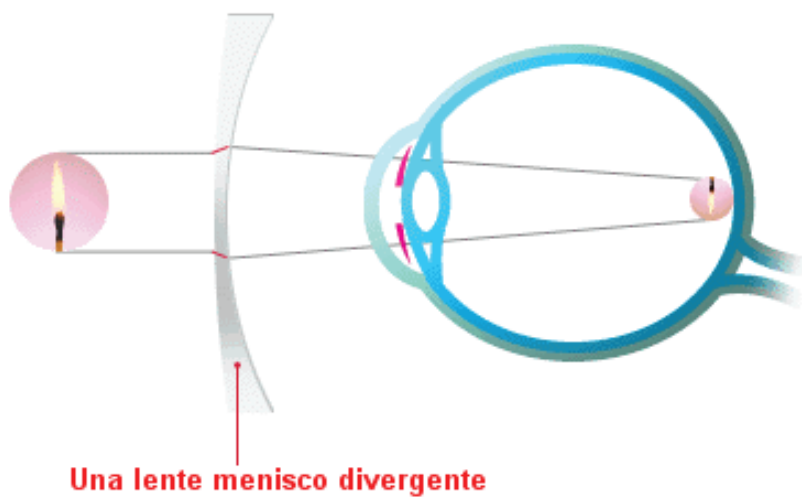


FIGURA 3.
Corrección de miopía.
Fuente: Multióptica Iri
(2009).

imagen se proyecte justo en la retina y no enfrente (FIGURA 3).

La hipermetropía es el problema inverso de la miopía, los rayos de luz se enfocan en la parte trasera de la retina. Para corregir este problema se necesitan lentes convergentes, los cuales provocarán que los rayos luminosos se desvíen lo suficiente para ser proyectados en la retina (FIGURA 4).

El astigmatismo es producido por una formación anormal de la córnea. Esto provoca que los objetos o las imágenes se vean torcidas. Para este defecto se usan lentes cilíndricos, los cuales permiten que ciertos rayos de luz se desvíen más que otros, contrarrestando las irregularidades de la córnea (FIGURA 5).

Para procesar la imagen en el cerebro, la retina cuenta con fotorreceptores que se estimulan de manera diferente. Hay dos tipos de ellos: conos y bastones, que fueron nombrados así por la forma que tienen. Los conos son elementos fotosensibles responsables de las sensaciones cromáticas (colores) y de la agudeza visual y son sensibles a estímulos luminosos de niveles altos. Los conos contienen foto pigmentos, que son especialmente sensibles a los colores verde, rojo y azul. Según Murch (1984), el 64% de los conos tienen fotorreceptores rojos, el 32% contienen foto pigmentos verdes y solo un 2% tienen fotorreceptores azules.

Cuando la luz se refleja sobre una gran concentración de conos, éstos nos permiten tener una resolución espacial de la imagen, gracias a que detectan variaciones en el color, por muy pequeñas que éstas sean. Los bastones al igual que los conos, son elementos fotosensibles pero solamente a la presencia o ausencia de luz, es decir, sensaciones acromáticas (blanco, negro y gris) y a estímulos luminosos.

El ojo humano tiene aproximadamente 8 millones de conos. La mayoría de ellos se encuentra en la parte central de la retina, llamada fovea. El número de bastones es bastante más elevado, alrededor de 120 millones, y se distribuyen principalmente en la

periferia de la retina. La FIGURA 6 nos muestra cómo es el acomodo de conos y bastones en la retina.

Debido a esa distribución, el ojo es más sensible a la luminosidad que al color, es por ello que para obtener los detalles de las imágenes debemos mirar directamente a ellas. Esto se puede ilustrar con un experimento: si se coloca la mano en la página opuesta a ésta y se fija la atención en esta frase, apenas se pueden reconocer detalles como la textura de la piel o las pequeñas arrugas formadas en las articulaciones. Sólo si se observa la mano directamente, colocando de esa forma la imagen en el centro de la retina, se incrementa el nivel de detalle (Prado, 1984; Orzessek *et al.*, 1998; Russ, 1999).

2.1 DALTONISMO

Un defecto visual relacionado con la percepción del color es el daltonismo. El naturalista, químico, matemático y físico británico John Dalton (1776-1844), creador de la teoría atómica en la que se basa la física moderna, es la primera referencia de este padecimiento, por esa razón se conoce con el nombre de "daltonismo".

Terrace Waggoner (2009), optometrista en Florida, Estados Unidos, explica que el problema radica en los conos, ya que sufren una alteración genética que les impide la correcta distinción de colores. El 8 % de los hombres padecen de daltonismo, mientras que en la mujer es muy raro que ocurra. Este optometrista indica que el trastorno se hereda como un rasgo recesivo ligado al cromosoma X. La explicación es sencilla, los hombres tienen sólo un cromosoma X y las mujeres dos. Si uno de los cromosomas X de una mujer contiene el daltonismo como característica genética, su otro cromosoma compensará el defecto, no siendo así para el hombre, ya que no puede reemplazar su cromosoma X defectuoso. Para que una mujer sea daltónica, sus dos cromosomas X deben estar afectados, lo cual indica que su padre sea daltónico y su madre daltónica o portadora.

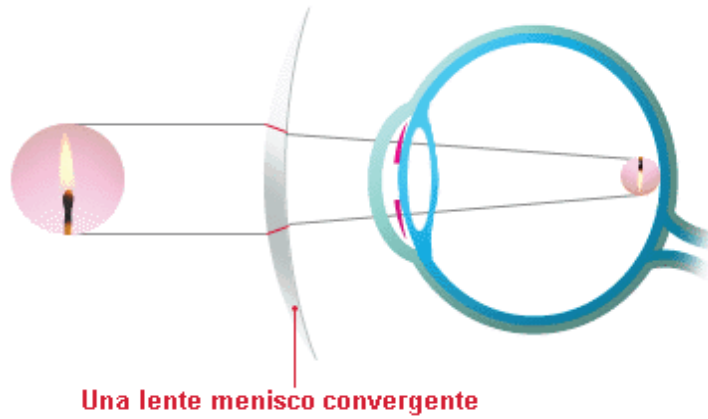
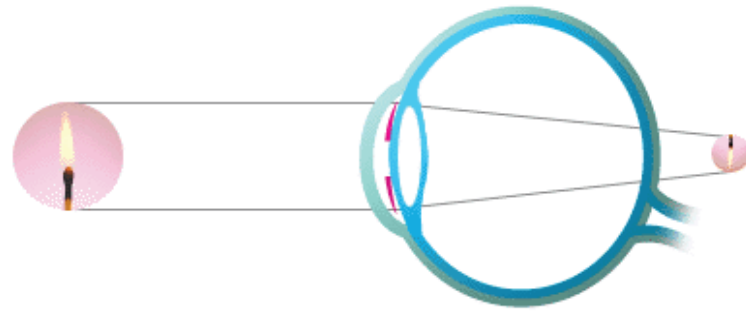


FIGURA 4.
Hipermetropía y su
corrección.
Fuente: Multiópticas
Iri (2009).

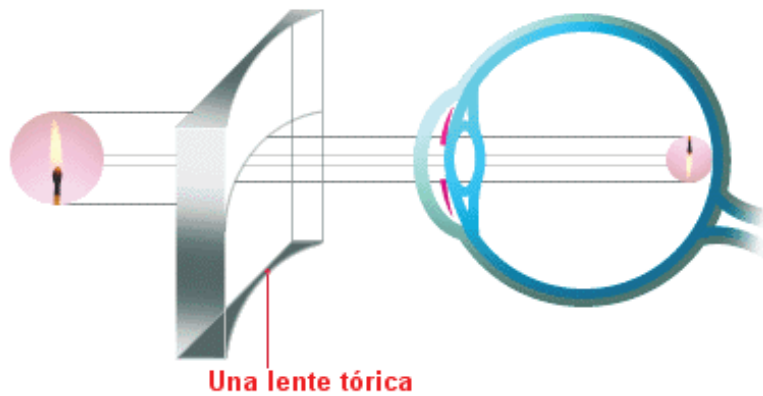
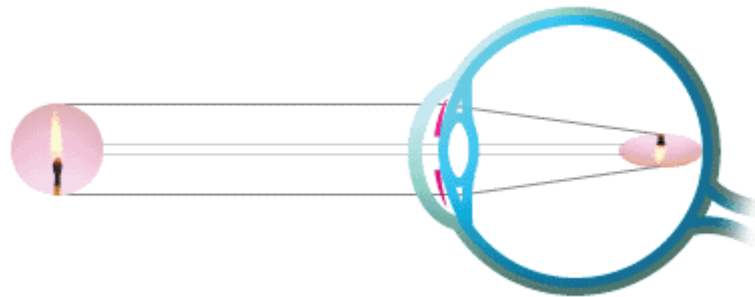


FIGURA 5.
Astigmatismo y su
corrección.
Fuente: Multiópticas
Iri (2009).

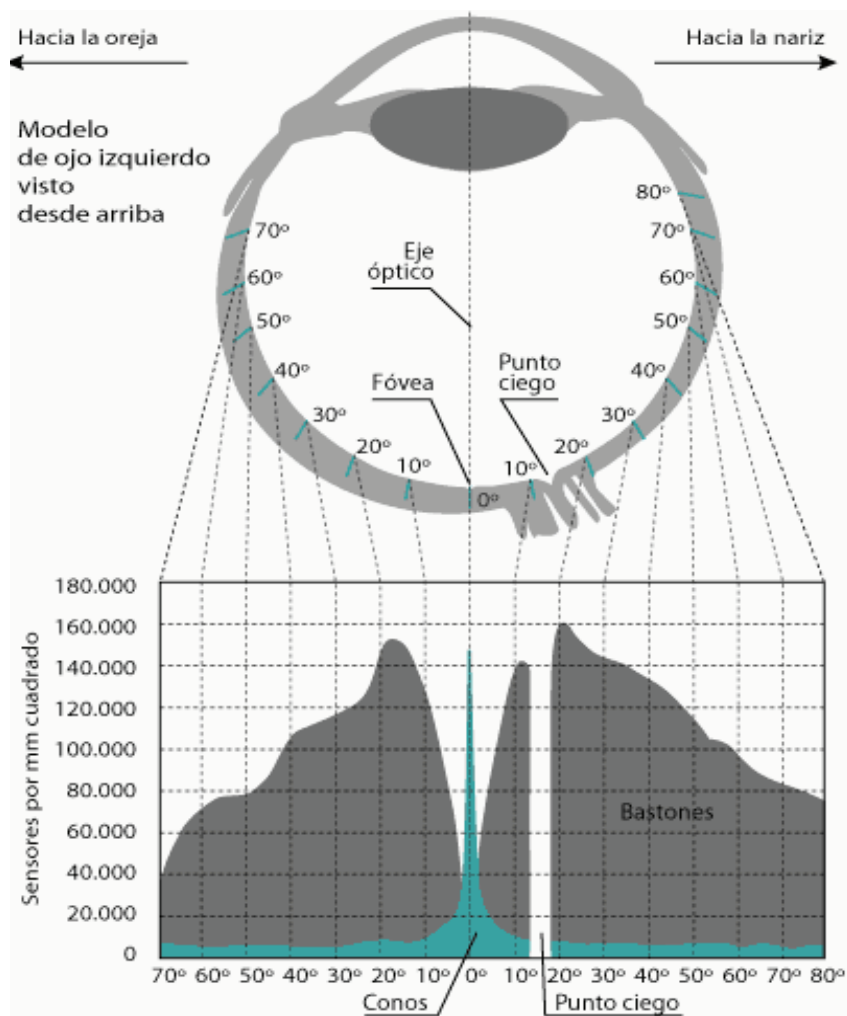


FIGURA 6.
Distribución de conos
y bastones en la
retina según ángulo
visual.
Fuente: Umanzor
(2009).

La forma más rara del daltonismo es el monocromatismo. Las personas con este padecimiento ven el mundo en blanco y negro. Existen también el daltonismo dicromático y el tricromático anómalo.

Los que sufren daltonismo dicromático sólo tienen dos tipos de fotorreceptores en lugar de tres. Se subdivide este padecimiento en protanopes, personas insensibles al rojo intenso, que representa el 1% de los hombres, deuteranopes, confunden las sombras del rojo, verde y amarillo, son el 5% de los hombres, y por último los tritanopes, que son ciegos al color azul y no diferencian las sombras verdes de las azules, ni las rosas de las naranjas.

El grupo más abundante es el que sufre de daltonismo tricromático anómalo. Tienen los tres conos, pero perciben los tonos de manera diferente. Es parecido al daltonismo dicromático, pero es menos notable.

No se puede considerar el daltonismo como una enfermedad, simplemente es una forma diferente de catalogar colores. Además, para suplir esta deficiencia, los daltónicos son más sensibles a las variaciones de la luz. Una forma sencilla de saber si una persona es daltónica, o no, es con el examen del Doctor Shinobu Ishihara, profesor de la Universidad de Tokio, quien desarrolló este examen para detectar el daltonismo (Heredia, 2009). Los resultados de

este examen no tienen validez médica para diagnosticar la ceguera al color. Este examen muestra imágenes de números generadas con puntos de colores, perfectamente perceptibles para los que no sufren de daltonismo. Sin embargo, los daltónicos no son capaces de reconocer los números dibujados en las distintas láminas expuestas en la FIGURA 7 (Vidaurri and Wegiel de Vidaurri, 2009; EMCSeminar, 2009; Psicología, 2009).

2.2. ESTEREOSCOPIA O VISIÓN EN 3D

Una de las principales características del humano es su capacidad de ver el mundo en tres dimensiones o estéreo, tarea que su sistema visual realiza de forma natural. Debido a su separación, los ojos captan dos imágenes con ligeras diferencias entre ellas, esto se conoce como disparidad. El cerebro, al procesar estas imágenes y sus diferencias, percibe la profundidad, lejanía o cercanía de los objetos que

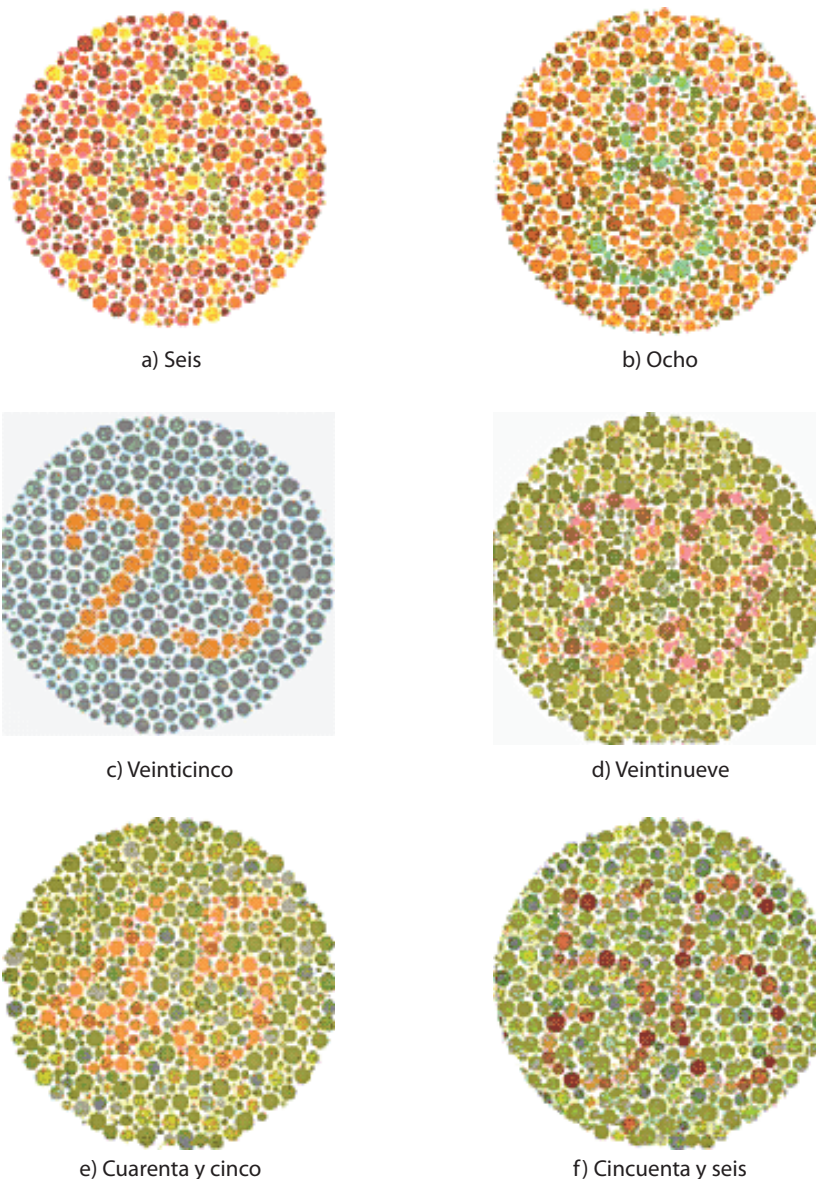


FIGURA 7. Examen de Ishihara para detectar el daltonismo. Fuente: Waggoner (2009).

conforman el medio que rodea al observador. Este proceso es llamado estereopsis.

Cuando se observan objetos a la distancia, los ejes ópticos son paralelos. De manera inversa, cuando se observa un objeto de cerca, los ojos rotan hacia el centro, es decir, convergen, para que los ejes ópticos se alineen sobre él. Una vez alineados los ojos sobre el objetivo viene el proceso de acomodación para enfocar el objeto y verlo nítidamente. Este proceso se denomina fusión. No todas las personas pueden fusionar dos imágenes para verlas en tres dimensiones. Cerca de un 5% de la población tiene problemas de fusión.

Hay una distancia límite a partir de la cual ya no se percibe la sensación estereoscópica. Por lo general varía entre 60 metros hasta cientos de metros, dependiendo de la persona. La separación ocular de cada individuo influye notablemente en la agudeza estereoscópica. Mientras mayor sea la separación entre los ojos, a mayor distancia se apreciará el relieve de las cosas observadas (Wikipedia, 2009).

Hay varias técnicas para representar la estereoscopia en imágenes por computadora. Una de ellas consiste en mostrar dos imágenes, una al lado de la otra con pequeñas diferencias entre ellas. Para obtener el efecto tridimensional, es necesario que se observe con los ejes ópticos en paralelo, es decir, el ojo izquierdo observa la imagen izquierda y el ojo derecho hace lo propio con la imagen derecha. En la FIGURA 8 se muestra un ejemplo de esta técnica, muy utilizada en libros de medicina y química para obtener una mejor descripción o visualización de los órganos o de las moléculas (Stereoscopy.com, 2009).

Otra forma de ver este tipo de imágenes es con los ojos cruzados, para lo cual, se invierten las imágenes, la imagen derecha se coloca a la izquierda y la imagen izquierda a la derecha, para lograr apreciar la imagen en 3D se cruzan los ojos, al principio se verán cuatro imágenes, después solo tres, la del centro se verá en estéreo. La FIGURA 9 representa un ejemplo de esta técnica.



FIGURA 8.
Imagen en 3D con la técnica de visión en paralelo.
Fuente: Stereoscopy.com (2009).



FIGURA 9.
Imagen en 3D con la técnica de visión cruzada.
Fuente: Stereoscopy.com (2009).



Una variante más que ilustra la estereoscopia es el método anaglifo, palabra de origen griego que significa “*tallado en relieve*”. En esta técnica, inventada por el físico alemán Rollmann en 1853, la fotografía tiene una prueba impresa en rojo y la otra en verde o azul para ser observada en relieve (Iponet, 2009). Para ver el efecto tridimensional es necesario tener lentes especiales, que constan de filtros rojo y azul o rojo y verde. El filtro rojo por lo general se coloca al lado izquierdo y su función es forzar al ojo derecho a detectar la parte roja de la imagen, ya que el filtro sólo permite ver la imagen que no sea del mismo color, mientras que el ojo izquierdo visualiza la parte azul o verde, dando así la proyección estereoscópica. Cabe decir que los lentes anaglifos permiten ver en relieve tanto imágenes en papel como en diapositivas. En la FIGURA 10 aparecen unos lentes anaglifos. La FIGURA 11 muestra una imagen que se aprecia en 3D empleando lentes anaglifos.

Existe otro tipo de imágenes llamadas estereogramas que permiten la visualización en 3D. Los estereogramas son diseños geométricos que siguen un patrón establecido de puntos y líneas que semejan un papel tapiz. El secreto de estas imágenes radica en la capacidad estereoscópica de la visión humana. Por ejemplo, cuando se colocan dos puntos azules uno junto al otro, a simple vista se aprecian sólo esos dos puntos, sin embargo, si cada ojo enfoca un punto diferente, el cerebro es engañado y cree que hay un tercer punto azul atrás del plano en el que están colocados los dos primeros. Los puntos más separados entre sí se verán al fondo del plano y los que tienen poca distancia entre ellos darán la sensación de estar más cerca del observador.

Para percibir la profundidad en estas imágenes, se relajan los músculos oculares y se observa al infinito, algo similar al método de visión en paralelo. No se necesitan lentes especiales para ver estos cuadros, sin embargo, habrá algunas personas que serán incapaces de visualizarlo, por ejemplo, aquellos que padecen de estrabismo.

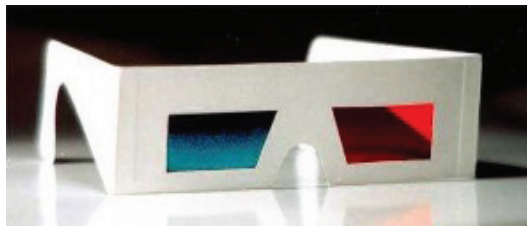


FIGURA 10.
Lentes anaglifos.
Fuente: Iponet, 2009.



FIGURA 11.
Ejemplo de imagen de anaglifo.
Fuente: Iponet, 2009.

Una vez que el ojo se acostumbra a mirar estas imágenes, se percibe el relieve de manera casi instantánea. El tiempo requerido para ver la imagen en 3D es muy variado, a algunos les lleva unos segundos mientras que a otros puede tomarles hasta media hora o más. La FIGURA 12 nos presenta ejemplos de estereogramas (Eyetricks, 2009; HJG, 2009).

3. APOYO VISUAL EN LA ARQUITECTURA

Partiendo del hecho de considerar al arquitecto como un profesional orientado al Diseño y Construcción de Proyectos Arquitectónico-Urbanísticos, con una visión humanista, es innegable la necesidad del procesamiento de imágenes para la toma de decisiones con respecto a la selección del mejor diseño posible. Decisiones sustentadas en principios teóricos, artísticos, técnicos, metodológicos y legales propios del quehacer arquitectónico y en la valoración de aspectos culturales, sociales, económicos y ambientales del contexto.

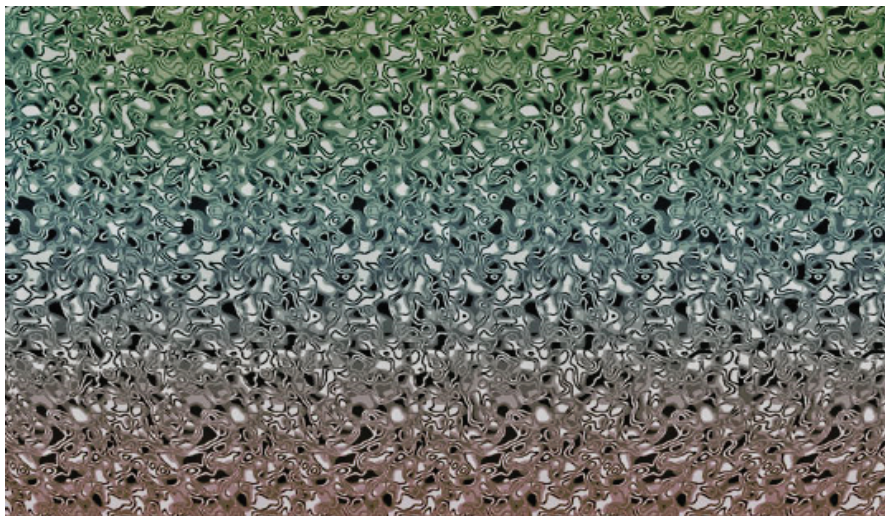
Pero para estructurar proyectos arquitectónicos se requiere tanto de arte como de ciencia; el arte porque el arquitecto busca la belleza en la expresión de su obra a través de la forma,



a) Caballo



b) Lobo



c) Tortuga

FIGURA 12.
Estereogramas.
Fuente: Eyetricks
(2009); HJG (2009).

color, luz, etc. y la ciencia porque esta forma debe tener las condiciones constructivas y la estabilidad necesarias para poder materializarla. Se pretende que el profesional sepa optar en su proyecto arquitectónico por el tipo de estructura más adecuada.

El procesamiento de imágenes que debe analizar en este caso el arquitecto debe partir del conocimiento de cómo es que el cerebro humano reconoce y procesa las diferentes imágenes, formas y texturas. Este mismo principio es el que se utiliza para procesar las imágenes a través de la computadora, herramienta que sería de incalculable valor para que el arquitecto visualizara de una manera clara los diferentes diseños realizados en su imaginación y de esta manera opte con mayor grado de certeza por la mejor opción.

El uso de la computadora como una herramienta para simular los diferentes escenarios en los que tiene que trabajar el arquitecto es una gran ventaja ya que la Arquitectura tiene como campo tanto la estética y funcionalidad de un hábitat (casa habitación, biblioteca, edificios de oficinas, hospitales, etc.) como también de un espacio urbano, todas estas son situaciones que se pueden representar y modificar en las computadoras, con la ayuda de un software que involucre estos principios descritos para el procesamiento de imágenes.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al paso de los años se ha profundizado cada vez más el estudio de la visión humana con el fin de construir aparatos o dispositivos que permitan emularla. Las cámaras fotográficas fueron unos de los primeros dispositivos cuyo funcionamiento era análogo al del ojo humano. Actualmente las cámaras digitales tienen una cantidad abrumadora de opciones para lograr la mejor calidad de la imagen independientemente de las condiciones climáticas o luminosas.

Otra de las áreas que se ha visto beneficiada con el estudio de la visión humana es la Arquitectura por medio del CAD (Computer Aided Design, Diseño Asistido por Computadora). Gracias a las cámaras digitales (de fotografía o video) y las computadoras, se ha abierto un gran abanico de posibilidades para otras áreas de conocimiento.

Por otro lado, la Robótica es otra de las áreas que ha crecido a pasos agigantados gracias al uso de dispositivos ópticos de captura (cámaras, sensores) y unidades de procesamiento de señales (computadoras, controladores), que permiten realizar tareas que un humano no sería capaz de llevarlas a cabo con la misma efectividad.

Al analizar la percepción del color del ojo humano se establecieron los parámetros para la realización de modelos de color utilizados en la televisión y para la generación de gráficos por computadora, así como el manejo de color, texturas y profundidad en imágenes impresas que podrían ser aplicadas en el diseño gráfico y la arquitectura para una mejor toma de decisiones.

Así como el humano depende casi en su totalidad del sentido de la vista, muchas áreas de conocimiento toman la visión de máquina como soporte principal para la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías, como es el caso de la arquitectura y el diseño gráfico.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- UMANZOR, J. C. 2009. Astrofotografía. En: http://www.acodea.org/blogs/juan_carlos_umanzor.php [Consultado: 14/10/2009].
- PSICOLOGÍA. 2009. información y tests de daltonismo. En: http://www.webpersonal.net/unsitiomas/test_daltonismo.htm [Consultado: 11/09/2009].
- EMCSEMINAR. 2009. Nuevo test daltoniano. En: http://www.opticien-lentilles.com/daltonien_

- beta/nueva_test_daltoniano.php [Consultado: 11/09/2009].
- EYETRICKS. 2009. 3D stereograms. En: <http://www.eyetricks.com/3dstereo.htm> [Consultado: 11/05/ 2009].
- HEREDIA, R. 2009. Examen de percepción de los colores- Mapas de Ishihara. En: http://www.geocities.com/alfredo_71/vidaurri5.html [Consultado: 05/09/2009].
- HJG. 2009. Estereogramas. Imágenes en 3D. En: <http://www.hjg.com.ar/st/> [Consultado: 11/05/ 2009].
- IPONET. 2009. Anaglifos. En: <http://usuarios.iponet.es/jan3d/anaglifos/> [Consultado: 11/04/ 2009].
- MULTIOPTICAS IRI. 2009. Multiópticas Iri. En: <http://www.multipopticasiri.com/miopia.htm> [Consultado: 14/10/2009].
- MURCH, G. M. 1984. Physiological Principles for the Effective Use of Color. *IEEE Computer Graphics and Applications* 4: 49-54.
- ORZESSEK, M., P. SOMMER, ATM and MPEG-2. 1998. *Integrating digital video into broadband networks*. Prentice Hall. USA. 365 p.
- PRADO, R. 1984. Anatomía del ojo. En: <http://www.cuaad.udg.mx/~lprado/portal-psic/Sistema%20visual/Anatomia%20ojo.htm> [Consultado: 11/09/2009].
- RUSS, J. C. 1999. *The Image Processing Handbook*. 3^o Edition. CRC Press LLC. USA. 328 p.
- STEREOSCOPY.COM. 2009. The World of 3D Imaging. En: <http://www.stereoscopy.com> [Consultado: 06/09/2009].
- VIDAURRI, L., and K. WEGIEL DE VIDAURRI. 2009. Colour blindness tests. En: http://www.geocities.com/Colosseum/Sideline/5571/vidaurri_5.html [Consultado: 11/09/ 2009].
- WAGGONER, T. 2009. Colorblind Homepage. En: <http://colorvisiontesting.com/> [Consultado: 09/09/2009].
- WIKIPEDIA. 2009. Estereoscopia. En: <http://es.wikipedia.org/wiki/Estereoscop%C3%ADa> [Consultado: 09/09/ 2009].