

# APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE VISIÓN ESTEREOSCÓPICA EN LAS ENSEÑANZAS TÉCNICAS

*Santiago Martín, Javier Suárez, Ramón Rubio, Ramón Gallego*

***Universidad de Oviedo, Escuela de Ingenieros Técnicos Industriales de Gijón, Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación, Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería***

*martinsantiago@uniovi.es*

## **Resumen**

La visión del Hombre es binocular. Esto quiere decir que el cerebro humano interpreta la realidad a partir de dos imágenes con pequeñas diferencias entre sí, debidas a la separación entre los ojos. La disparidad o paralaje entre estas imágenes es utilizada por el cerebro para percibir la profundidad, siendo la base de la denominada visión estereoscópica. Si bien el cerebro dispone de otras señales para percibir la tridimensionalidad del entorno, como la perspectiva, la interposición o solapamiento, y el enfoque, la disparidad es la más importante.

El desarrollo de la fotografía durante el siglo XIX permitió la aparición de las primeras cámaras estereoscópicas y de los primeros visores estereoscópicos. Durante el siglo XX, el desarrollo de la informática ha revolucionado esta técnica, con aplicaciones en la medicina, la geología y la química, por citar sólo algunos ejemplos.

En esta comunicación se analizan las posibilidades de la visión estereoscópica en la formación de estudiantes de carreras técnicas. Para ello se describen los distintos sistemas de generación de imágenes estereoscópicas, valorando para cada uno de ellos sus limitaciones y su utilidad. Este análisis se completa con una descripción de las áreas donde las técnicas de visión estereoscópica aportan mayor utilidad actualmente.

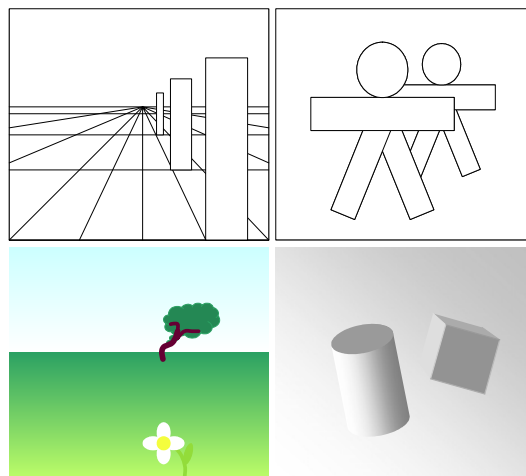
## **1. VISIÓN ESTEREOGRÁFICA Y SEÑALES DE PROFUNDIDAD**

El cerebro humano interpreta la realidad a partir de las imágenes que le proporcionan los dos ojos [1]. Estas imágenes presentan pequeñas diferencias entre sí, debidas a la separación entre los ojos, que varía alrededor de los 65 mm de media. La *disparidad* o *paralaje* entre estas imágenes es uno de los elementos utilizados por el cerebro para percibir la profundidad.

Evolutivamente, todas las especies animales que precisan de una percepción muy exacta de la profundidad, particularmente los depredadores, poseen visión binocular estereoscópica, pues el ángulo de visión de ambos ojos se solapa en un alto porcentaje.

La disparidad retinal no es la única señal de profundidad utilizada por el cerebro para percibir la tridimensionalidad del entorno. Otras señales permiten interpretar adecuadamente la profundidad de una imagen plana, algo muy útil para individuos con dificultades severas de visión en uno de los ojos:

- **Perspectiva cónica.** Que los objetos disminuyan aparentemente de tamaño al alejarse o que las líneas paralelas converjan constituyen señales de profundidad básicas (Figura 1).
- **Interposición o solapamiento.** Los objetos próximos tapan a los objetos más alejados.
- **Iluminación y sombreado.** La tridimensionalidad de los objetos se ve realizada por medio de la iluminación lateral, pues se intensifican los efectos de luz y sombra.
- **Atenuación y desplazamiento cromático al azul.** Los objetos lejanos, aparecen más difuminados. También se observa un desplazamiento cromático hacia los tonos azules en los objetos más alejados.
- **Enfoque.** Para percibir nítidamente el objeto observado, el ojo debe adaptarse, teniendo en cuenta la distancia a que se encuentre.



**Figura 1.-** Señales de profundidad: perspectiva, solapamiento, desviación cromática y sombreado.

## 2. CREACIÓN Y VISUALIZACIÓN DE IMÁGENES ESTEREOSCÓPICAS

Históricamente, se atribuye al físico Charles Wheatstone (1802 – 1875) la interpretación de los fundamentos de la visión estereoscópica, en el siglo XIX, si bien existen antecedentes que se remontan al siglo XVI e incluso antes. El desarrollo de la **fotografía** durante ese siglo conduce a la aparición de las primeras cámaras estereoscópica y de los primeros visores estereoscópicos. En estos visores, las fotos que constituyen el par estereográfico son montadas una junto a otra (en un cartón si son positivos o en un cristal si se trata de

diapositivas). El visor consta de unas lentes que facilitan la acomodación de la vista (enfoque) y un bastidor que garantiza que cada ojo perciba únicamente la imagen que le corresponde (Figura 2).



*Figura 2.- Visor estereoscópico de finales del siglo XIX.*

Este es el fundamento de los sistemas de creación y visualización de imágenes estereoscópica: captar o crear dos imágenes de un mismo entorno a partir de dos puntos de vista diferentes, para luego conseguir, mediante distintos sistemas, que cada ojo perciba únicamente la imagen que le sea asignada. La posibilidad de generar imágenes mediante el uso de computadores abre nuevas posibilidades a los sistemas estereoscópicos, anteriormente limitados a la representación de fotografías.

Los sistemas de visualización estereoscópica más importantes se describen brevemente a continuación [2]:

- **Visión paralela.** Es el primer y más primitivo sistema de visualización. El observador debe centrar su atención en un punto en el infinito, manteniendo los ejes de visión paralelos. Las imágenes no pueden tener un tamaño superior a 65 mm entre sus centros. Para facilitar la visión paralela, se utilizan lentes para acomodar la vista y evitar que cada ojo perciba lateralmente la imagen correspondiente al otro ojo.
- **Visión cruzada.** En este caso, las líneas de visión de ambos ojos se cruzan, fijándose en un punto medio más cercano. De esta forma el ojo derecho observa la imagen izquierda y viceversa. Es posible emplear imágenes con formatos mayores de 65 mm.
- **Anaglifos.** Las imágenes que forman el par estereográfico son representadas superpuestas, previamente coloreadas utilizando tonos complementarios (rojo – azul, rojo – verde, ámbar – azul). El observador debe utilizar unas gafas con los filtros de color correspondientes. El resultado puede ser una imagen en color o en tonos de escala de gris.

- **Polarización.** Las dos imágenes son proyectadas mediante sendos dispositivos dotados de filtros polarizadores, girados 90° uno respecto del otro. La pantalla debe conservar la polarización de la luz reflejada. El observador debe utilizar unas gafas con lentes polarizadas de forma congruente con los proyectores.
- **Obturación (*shutter glasses*).** En este caso, las dos imágenes son mostradas por un monitor de forma alternativa, con una frecuencia de refresco suficiente. El observador debe utilizar unas gafas dotadas de dos lentes de cristal líquido (LCD) que se oscurezcan alternativamente de forma sincronizada con el monitor.
- **Cascos de realidad virtual (*Head Mounted Display, HMD*).** En este caso, el observador dispone de un casco especial con dos monitores miniaturizados, donde se proyectan las imágenes del par estereoscópico.
- **Monitor lenticular o *auto - estéreo*.** El monitor proyecta una imagen tridimensional sin necesidad de que el observador utilice ningún otro dispositivo. Para ello, sobre la pantalla se adhiere un filtro lenticular. Por simple difracción, el filtro lenticular ofrece a cada ojo la imagen deseada, ocultando la otra. Este sistema también puede ser utilizado con imágenes impresas.



*Figura 3.- Ejemplos de sistemas de visión estereoscópica: anaglifos, lentes polarizadas y gafas obturadoras.*

### **3. APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE VISIÓN ESTEREOSCÓPICA EN LAS ENSEÑANZAS TÉCNICAS**

#### **3.1. Los sistemas de visualización desde el punto de vista docente**

El profesor dispone de distintos medios para transmitir al alumno los conocimientos y habilidades de la asignatura, y facilitarle el ejercicio y entrenamiento en ellos. De forma esquemática, estos medios los clasificaremos en *publicaciones*; *clases magistrales*; *prácticas con ordenador*; y *contenidos web*.

En este apartado se pretende analizar las ventajas e inconvenientes de la utilización en la docencia de cada uno de los sistemas de visualización estéreo. Debe advertirse previamente que no todos los alumnos serán capaces de visualizar un par estereoscópico. No sólo en el caso de minusvalías evidentes se producirán dificultades: problemas de visión relativamente comunes como el estrabismo son suficientes para mermar significativamente esta capacidad [3].

### **3.1.1. Publicaciones**

Los sistemas de *visión paralela*, *visión cruzada*, *anaglifos* y *lenticulares* son válidos para transmitir imágenes tridimensionales estáticas en publicaciones. Es necesaria una buena resolución de impresión, algo difícil en apuntes fotocopiados, pero perfectamente viable en publicaciones.

La **visión paralela** y la **visión cruzada** exigen por parte del alumno cierto nivel de entrenamiento, siendo inevitables problemas de cansancio visual. No obstante, en el caso de la *visión paralela* es posible utilizar lentes para reducir esos problemas. El formato, limitado en tamaño, de las fotografías para *visión paralela* acrecienta el problema de la necesidad de una alta resolución de imagen. Ambos sistemas permiten la visión de imágenes en color.

La visualización de **anaglifos** no exige al alumno entrenamiento previo, al menos en la mayor parte de los casos. Sin embargo, el uso de **gafas con filtros de colores** provoca cansancio visual. El anaglifo, pese a la forma en que es generado, puede conservar cierta información del color original, pero nunca de la calidad de otros sistemas de visión estereoscópica. Habitualmente, por tanto, se visualizan las imágenes en blanco y negro. Finalmente, no existe limitación de tamaño.

Los **sistemas lenticulares**, como se ha comentado en el apartado anterior, pueden ser utilizados con imágenes impresas. Presenta la dificultad de que es necesario adherir sobre la imagen el sistema lenticular. El coste de la publicación es por ello alto. No provoca cansancio visual y la imagen conserva la información del color. El sistema sacrifica resolución, pero el tamaño de la imagen no está limitado. El efecto estereoscópico no es tan bueno como en otros sistemas.

### **3.1.2. Clases magistrales**

Los sistemas estereoscópicos de apoyo a las clases magistrales más utilizados son los *anaglifos* y las *gafas polarizadas*. En ambos casos, el profesor proyecta una imagen estática o una película estéreo sobre una pantalla, debiendo los alumnos utilizar gafas de filtros coloreados o gafas obturadoras según el caso.

La utilización de **anaglifos** implica una proyección única de dos imágenes coloreadas superpuestas. Tiene los inconvenientes ya descritos de cansancio visual y pérdida total o parcial de la información de color. Sin embargo, es un sistema económico. Es compatible con un sistema clásico de televisión y video, cine, proyector de diapositivas o cañón conectado a un computador.

El uso de **gafas polarizadas** implica una doble proyección, a través de sendos proyectores dotados de lentes polarizadas giradas 90° entre sí. Se logra una percepción de profundidad superior, el cansancio visual es menor y no hay pérdida de la información de color. No es compatible con el uso de televisores. Sí es compatible con sistemas de cine, proyectores de diapositivas y cañón. Para películas estereoscópicas será necesario sincronizar los proyectores.

### **3.1.2. Prácticas con ordenador**

Los sistemas estereoscópicos utilizados en salas de ordenadores son los *anaglifos*, las *gafas obturadoras*, los *cascos de realidad virtual* y los *monitores lenticulares*.

Las ventajas e inconvenientes del sistema **anaglifo** ya han sido comentadas. Únicamente señalar que se trata de un sistema económico y que es compatible tanto con monitores basados en el tubo de rayos catódicos (CRT) como en monitores de cristal líquido (LCD y TFT).

Las **gafas obturadoras** (*shutter glasses*) proporcionan al alumno una mejor sensación de profundidad, manteniendo la información de color y reduciendo, si bien con matices, los problemas de cansancio visual. Para implementar este sistema, no obstante, es necesario revisar el modelo de monitor, el modelo de tarjeta de video y el modelo de gafas obturadoras.

En primer lugar, respecto del *monitor*, no son válidos los sistemas LCD y TFT. Las gafas obturadoras sólo operan con monitores CRT, pues su funcionamiento se basa en sincronizar la frecuencia de refresco del monitor con el oscurecimiento alternativo de las lentes de las gafas. Para ello necesitan frecuencias superiores a 90 Hz, que sólo suministran los monitores CRT. En caso de trabajar con frecuencias inferiores, el alumno percibirá el oscurecimiento de las gafas, en forma de *parpadeo*, lo que ocasionará molestias de cansancio visual.

La elección de la *tarjeta de video* está vinculada al tipo de *gafa obturadora*. Las gafas más sencillas pueden operar con tarjetas de video de gama media. Se trata de la solución más económica. Proporciona una calidad de imagen aceptable, por lo que se recomienda para implantar en salas de ordenadores. No obstante, para trabajos de investigación, puede ser interesante adquirir gafas obturadoras de mayor calidad en combinación con tarjetas de video de gama alta.

Un último aspecto a tener en cuenta en la selección de las gafas obturadoras es el *sistema de sincronización* entre la tarjeta de video y el monitor. En general, resultan más atractivos los sistemas de sincronización por infrarrojos, sin cableado. No obstante, en el caso de salas de ordenadores, podrían producirse interferencias al coexistir muchos equipos trabajando en paralelo. Por tanto, se recomienda el uso de cables de sincronización.

Respecto de los **cascos de realidad virtual**, su coste actual es desmesurado para cualquier otro fin que no sea la investigación.

Finalmente, los **monitores lenticulares** o *auto-estéreo* constituyen la solución actual para la visualización de imágenes estereoscópicas en monitores LCD y TFT. Se pueden plantear dos soluciones. Adquirir los monitores con la lámina lenticular integrada o bien adquirir una lámina lenticular adhesiva para su colocación sobre el monitor. Evidentemente el primer sistema es más costoso, si bien la calidad de imagen es superior.

### **3.1.2. Publicaciones en internet**

La publicación de imágenes estereoscópicas en la web se basa en la actualidad en el uso de *anaglifos* y de *gafas obturadoras*.

En general, se trata de imágenes estáticas (no películas). Estas imágenes son mostradas en formatos que permiten, con el software adecuado, que el cliente (el alumno en este caso) emplee uno u otro sistema de visualización. Los problemas y ventajas ya han sido discutidos, por lo que no se discutirán de nuevo.

## **3.1. Áreas de aplicación de la visión estereoscópica**

Los sistemas de visión estereoscópica ofrecen al usuario distintas utilidades, que podemos agrupar como:

- representación de información gráfica compleja
- telepresencia
- realidad virtual
- entrenamiento de la percepción espacial

### **3.1.1. Representación de información gráfica compleja**

Dentro de este grupo de utilidades destacamos el uso de las representaciones estereoscópicas en *Geología*, *Química* y *Medicina*, si bien la lista de áreas se podría extender indefinidamente.

La Fotogeología es la rama de la **Geología** encargada de estudiar los sucesos geológicos a través de fotografías aéreas estereoscópicas [4]. Mediante la composición de pares estereoscópicos, el experto identifica diferentes rasgos geológicos en el terreno, imperceptibles en fotografía bidimensional (Figura 4).

En **Química** es de gran utilidad la visualización de moléculas complejas mediante técnicas estereoscópicas. En **Medicina**, la estereoscopia es utilizada como herramienta didáctica y para la interpretación de imágenes para el diagnóstico. Así, se obtienen imágenes estereoscópicas a partir de radiografías, ecografías, tomografía (TAC) y resonancia magnética nuclear (RMN).



*Figura 4.- Visualización de fotografías aéreas estereoscópicas en Fotogeología, mediante visión paralela asistida con lentes.*

### 3.1.2. Telepresencia

El número de aplicaciones orientadas a facilitar el trabajo en entornos hostiles, peligrosos o simplemente difíciles se incrementa continuamente. En general se emplean robots teledirigidos, dotados de cámaras estereoscópicas. El operario, mediante gafas obturadoras o cascos de inmersión, recibe la imagen captada por esas cámaras. Las aplicaciones son tan variadas como la desactivación de explosivos, la exploración espacial, la exploración submarina o las intervenciones quirúrgicas por medio de instrumental robótico.

### 3.1.3. Realidad virtual

La creación de imágenes tridimensionales mediante computador adquiere una nueva utilidad cuando se combina con las técnicas estereoscópicas.

Esta herramienta es útil en la fase de diseño en áreas como la arquitectura o la industria del automóvil. También es útil para el entrenamiento, mediante simuladores, del manejo de herramientas y vehículos (vuelo, conducción, navegación, etc.) Se está aplicando como herramienta de conocimiento y divulgación del patrimonio histórico artístico [5]. Finalmente, la realidad virtual facilita la **didáctica** de un sinfín de materias, desde la medicina hasta el arte.

### 3.1.3. Entrenamiento de la percepción espacial

Incluimos como última aplicación ésta, especialmente valorada en las carreras técnicas. En este caso, las técnicas de visión estereoscópica son utilizadas para entrenar la capacidad del alumno de representar en su imaginación una realidad tridimensional a partir de su representación plana y viceversa.

La capacidad de realizar esa transición es considerada básica, al menos, en la formación de los ingenieros y arquitectos. El dominio de los sistemas de representación es tan importante para el técnico como la capacidad matemática.



Sin embargo, un número importante de alumnos carecen de esa habilidad, bien por una deficiente formación pre-universitaria, bien por la carencia innata de ese talento. Ello hace especialmente interesante y útil el desarrollo de aplicaciones didácticas que utilicen las técnicas de visión estereoscópica como herramienta de entrenamiento.

## **Conclusiones**

La visión estereoscópica es un talento natural en el Hombre, que le permite interpretar el entorno tridimensional que le rodea. Desde finales del siglo XIX se han desarrollado distintas técnicas para la generación y visualización de imágenes estereoscópicas. El desarrollo de la informática ha revolucionado este campo.

La utilización de estos sistemas en la didáctica exige un conocimiento de sus posibilidades y limitaciones. El profesor debe elegir el sistema más adecuado para cada medio: clase magistral, publicación, prácticas, etc. No todos los alumnos tendrán capacidad de visión estéreo. Las materias en que esta tecnología resulta de utilidad son muchas y diversas.

## **Agradecimientos**

Los autores desean agradecer a la empresa ÁNADE Recursos naturales, S.L. su apoyo a la investigación sobre las aplicaciones de la visión estereoscópica en la ingeniería, materializado en el contrato CN-04-098.

## **Referencias**

- [1] I.P. Howard, B.J. Rogers ,“Binocular Vision and Stereopsis”, Oxford University Press, 1995.
- [2] L. Lipton, “Stereo-vision formats for video and computers graphics”, StereoGraphics Corporation, 1997.
- [3] J.M. Artigas, P. Capilla, A. Felipe y J. Pujol, “Óptica Fisiológica. Psicofísica de la Visión”, Interamericana McGraw-Hill, 1995.
- [4] M.L. Vergara, “Manual de Fotogeología”, CIEMAT, 1988.
- [5] Jiang Yu Zheng, “Virtual Recovery and Exhibition of Heritage”, IEEE Multimedia, April-June, 2000, pp. 7-10.