

**DISEÑO DE MATERIALES MULTIMEDIA DE APRENDIZAJE.  
PRINCIPIOS DE COHERENCIA, CONTIGÜIDAD,  
SEÑALIZACIÓN Y REDUNDANCIA**

**DESIGN OF MULTIMEDIA LEARNING MATERIALS. COHERENCE, CONTIGUITY,  
SIGNALING AND REDUNDANCY PRINCIPLES**

**Manuel Armenteros Gallardo**

*Departamento de Periodismo y Comunicación Audiovisual*

*Universidad Carlos III de Madrid*

Facultad de Humanidades, Comunicación y Documentación

Calle Madrid, 126

28903 Getafe-Madrid (España)

marmen@hum.uc3m.es

**RESUMEN**

El objetivo de este trabajo es avanzar en la construcción teórica de los principios que afectan a la creación de materiales multimedia de aprendizaje. En la elaboración de materiales multimedia de aprendizaje, la utilización e integración de las diversas formas de expresión deberían de estar al servicio de los objetivos de instrucción. Pedagogos y artistas visuales han de trabajar de forma coordinada, y en ocasiones suele existir una gran distancia en la forma de interpretar cuál es la forma de expresión más adecuada y cómo hacerlo para conseguir el objetivo de instrucción determinado. En el artículo, se revisan los principios de coherencia, contigüidad, señalización y redundancia establecidos por Mayer y otros importantes teóricos sobre la teoría del aprendizaje multimedia, y se tratan no sólo desde la perspectiva educativa, sino también desde el lenguaje visual, con ejemplos concretos de varios proyectos multimedia educativos desarrollados para el Ministerio de Educación y Ciencia y la Federación Internacional de Fútbol —FIFA—, que presentan situaciones más realistas que los experimentos de laboratorio realizados por Mayer y sus colegas entre el año 1990 y el 2000.

**Palabras clave:** coherencia, contigüidad, señalización, redundancia, aprendizaje multimedia.

**ABSTRACT**

The aim of this paper is to advance in the theoretical construction of the principles which affect to the creation of multimedia learning materials. For the elaboration of multimedia learning material process, using and integrating the diverse forms of expression, have to be at the service of the instructional objectives. Pedagogues and visual artists need to work in a coordinated way and, usually, exists a big distance between the interpretation of the more suitable way of expression and how to do it to reach a specific instructional objective. In this paper, the coherence, contiguity, signaling and redundancy principles established by Mayer and others important authors who have investigated about the multimedia learning theories, are reviewed not only from the educational perspective but also from the visual

language perspective, with specific examples about several multimedia teaching projects developed by the Ministerio de Educación y Ciencia and the Fédération Internationale of Football Association (FIFA), who present more realistic situations than the experiments made in laboratories by Mayer and their colleagues since 1990 until 2000.

**Keywords:** coherence, contiguity, signaling, redundancy, multimedia learning.

## INTRODUCCIÓN

Millones de páginas web son visualizadas todos los días en Internet, y miles de presentaciones multimedia se deben estar creando en el momento de escribir este artículo. Todas comparten el uso de diferentes formas de expresión como vídeos, fotografías, sonidos y textos, en ocasiones, insertados en aplicaciones multimedia sin unos criterios de instrucción pensados para las características del medio.

En primer lugar, se revisan las acepciones del término *multimedia*, las características del multimedia como *medio de expresión*, y qué lo diferencia de otros lenguajes. Se busca dar respuesta a las preguntas ¿Qué es un lenguaje multimedia? ¿Qué lo diferencia con respecto a otros lenguajes?

En la segunda parte, se quiere responder a una de las principales cuestiones que tanto pedagogos como diseñadores gráficos se plantean cuando quieren poner en marcha el desarrollo de materiales multimedia educativos: ¿qué principios rigen la creación de materiales de aprendizaje multimedia?

En este trabajo se repasan los principios de coherencia, señalización, contigüidad y redundancia desarrollados por Mayer y sus colegas, y que afectan al desarrollo de materiales de aprendizaje multimedia. Los principios desarrollados por Mayer, sientan las bases del diseño instruccional de materiales educativos, pero la complejidad del lenguaje multimedia, ligado al avance tecnológico y las posibilidades que ofrece, requiere profundizar en estos principios.

Para hacerlo, se toman como ejemplos el proyecto de música “MOS” desarrollado para las enseñanzas de Secundaria y Bachillerato, del Ministerio de Educación y Ciencia (MEC, 2005), y traducido en cada comunidad autónoma a otras lenguas; y los materiales de aprendizaje multimedia para la formación de árbitros de élite de la FIFA (FIFA, 2006, 2009, 2010, 2011a, 2011b) traducidos a más de diez idiomas y utilizados en todo el mundo.

En el artículo aparecen otros conceptos muy importantes en el desarrollo de material de aprendizaje multimedia como es la atención y la carga de cognitiva, que pueden y deben ser gestionados para mejorar el aprendizaje. Las definiciones y conceptos que en las fuentes consultadas aparecían en inglés, y que han sido citadas en el artículo, han sido traducidas por el autor.

## REVISIÓN TEÓRICA

### Qué se entiende por multimedia

Mayer (2001:2), uno de los teóricos que ha abordado más ampliamente la teoría del aprendizaje multimedia, simplifica el término multimedia como: “[...] *la presentación del material tanto*

*en palabras como en imágenes. Por las palabras, me refiero a que el material se presenta en forma verbal, como texto impreso o hablado. Por imágenes, me refiero a que el material se presenta en una forma gráfica, como el uso de gráficos estáticos, incluyendo ilustraciones, gráficos, fotografías o mapas, o el uso de gráficos dinámicos, incluyendo la animación o el vídeo.”*

Mayer utiliza aquí el término “multimedia” como una “forma” de presentar los contenidos, y será la acepción que se utilizará en este trabajo. Pero “multimedia” también se refiere al “soporte” o “dispositivo” que permite el almacenamiento o reproducción de diferentes medias: *“Todos los medios digitales —textos, imágenes fijas, datos visuales o de audio, espacios 3D—, comparten el mismo código digital. Esto permite que distintos tipos de medias se puedan mostrar en una máquina, un ordenador que actúa como un dispositivo de visualización multimedia (Manovich, 2001:30).”*

En un entorno digital como el actual, un vídeo, una fotografía, una animación o un texto son tratados como unidades de información almacenadas en archivos digitales. Los diferentes programas que utilizamos para diseñar contenidos multimedia los tratan como “objetos” de imagen, vídeo, texto, sonido o 3D. La “modularidad” (Manovich, 2001), una de las características de los medios digitales, nos facilita la integración de cualquier objeto en nuestras presentaciones multimedia con bastante facilidad. Lo que vemos en la pantalla no deja de ser sino una reproducción de uno o varios objetos digitales, que suelen estar referenciados a sus fuentes originales o a copias de esas fuentes. En este trabajo el término “multimedia” se referirá a lenguaje, no como soporte con capacidades de almacenar diferentes formatos de archivo o como dispositivo de reproducción.

### **El multimedia: una forma de expresión**

Crear una presentación multimedia requiere combinar dos o más medias con una finalidad comunicativa determinada. Cada media utiliza formas de expresión diferentes. Algunos utilizan un lenguaje visual; otros un lenguaje sonoro; otros, ambos, como ocurre con el vídeo. Pero el diseño de un material multimedia requiere, al menos, la utilización de más de un “medio de expresión”. *“Un medio de expresión que es susceptible de organizar, construir y comunicar pensamientos, que puede desarrollar ideas que se modifican, se forman y transforman, se convierte entonces en un lenguaje” (Mitry, 1978:44).* Cada medio de expresión permite organizar, construir y comunicar pensamientos e ideas, aunque habría que añadir también a esta definición la capacidad para transmitir sentimientos. No todos los medios de expresión tienen la misma capacidad para transmitir ideas, pensamientos o sentimientos, o lo pueden hacer de la misma manera. La imagen fija, la imagen en movimiento, el sonido o la animación son medios e instrumentos lingüísticos que permiten expresar esas ideas articuladas a través de diferentes lenguajes. Y el lenguaje multimedia hace uso de varios lenguajes, como hizo el cine con la fotografía y la imagen en movimiento, y siguió el vídeo incorporando el grafismo.

### **Formas de expresión diferentes**

Un texto puede ayudar a entender una idea, una imagen puede representar a la vez muchas ideas, un gráfico permite enlazar más de una idea, y un vídeo puede conseguir llamar la atención con mayor eficacia que un texto. Cada medio de expresión tiene ciertas ventajas sobre otros medios a la hora de transmitir una información. El **texto y las narraciones** presentan la información en una

secuencia lineal codificada verbalmente, mientras que las ilustraciones o las fotografías presentan información visual de forma simultánea. Además, el texto puede tener un significado más efectivo para describir información abstracta y general, mientras que las ilustraciones y las animaciones son particularmente efectivas en la configuración espacial o información dinámica (Mayer, 2005:271-272).

Un medio de expresión puede ser útil para transmitir un determinado objeto instruccional pero ineficaz para otros. Podemos utilizar el ejemplo del proyecto multimedia para preparadores físicos de árbitros de la FIFA (FIFA, 2011a). En el material de origen, previo a la elaboración del material de aprendizaje multimedia, existían gráficos de ejercicios de preparación física, donde se indicaban con flechas los movimientos de los participantes y, junto al gráfico, se acompañaba un texto que describía cada ejercicio físico y las características del mismo. Estos gráficos contenían una información visual necesaria para explicar una imagen estática, pero no eran relevantes para una animación que mostraba una sucesión de imágenes donde los elementos como jugadores y árbitros cambiaban de posición a lo largo de la secuencia.



Figura 1. Captura del material original, y de un fotograma de la animación integrado en el multimedia. Fuente: FIFA (2011a).

Al-Seghayer (2001, citado por Fletcher y Tobias, 2005), en el aprendizaje de vocabulario de un segundo lenguaje, descubrió que el vídeo con presentaciones de texto producía resultados que eran significativamente mayores que aquellos materiales con imágenes estáticas y presentaciones de texto. La superioridad del vídeo sobre las imágenes fijas ha sido descubierta también por Hanley, Herron y Cole (1995, citados por Fletcher y Tobias, 2005). No obstante, Fletcher y Tobias consideran que si el vídeo hubiera aportado más que el texto a los estudiantes es porque *“presumiblemente, los clips de vídeo estaban proporcionando una información adicional, pues si hubiera presentado la misma información que el texto y las imágenes fijas, el impacto hubiera sido menor”*. Consideran, a raíz de esos resultados, que es necesario realizar nuevas investigaciones.

Utilizar un vídeo para insertar una información que puede ser mostrada en una imagen fija no tiene sentido de no ser por una limitación técnica de la aplicación, que a veces obliga a utilizar un

archivo de vídeo en lugar de un archivo de imagen fija, o viceversa. También puede ocurrir que una imagen fija sea repetida a lo largo de una secuencia de fotogramas fijos en un archivo de vídeo con el objetivo de superponer un audio sincronizado a la imagen. En este caso, ¿va a aportar algo más en el estudiante la imagen fija por estar insertada en un archivo de vídeo? No tiene por qué, salvo que, tal como apuntan Fletcher y Tobias, se incluya información adicional.

El vídeo permite hacer uso de recursos que muestren el paso del tiempo, como los fundidos o el encadenado de imágenes. Puede ser útil para mostrar procesos temporales que nuestro sistema perceptivo es incapaz de observar como el crecimiento de una planta o la deformación que sufre una pelota de golf cuando es golpeada por el palo.

El vídeo como material de instrucción es el medio de expresión fundamental en los materiales multimedia de formación arbitral de FIFA. Actualmente, todo el análisis de jugadas se realiza sobre la base del vídeo —Figura 2— donde las diferentes cámaras situadas en diferentes puntos de vista del campo aportan una información crucial para poder conocer qué ocurre en un momento determinado de una situación de falta. Además, las nuevas cámaras de alta velocidad incorporadas en la realización de partidos permiten obtener detalles que a veces escapaban a la velocidad normal de 25 fotogramas por segundo.



Figura 2. Utilización del vídeo en los materiales multimedia de enseñanza para árbitros de FIFA. Fuente: FIFA (2011b).

El vídeo, para explicar determinados conceptos, ofrece un mayor grado de realismo y conlleva un menor coste de realización que la animación. En el proyecto de música “MOS” (MEC, 2005), a pesar de que la animación era un recurso expresivo fundamental para explicar los términos musicales, a menudo se recurría al vídeo en lugar de la animación, tanto por motivos de realismo en la representación, como por una cuestión de reducción de costes, pues requería menor tiempo de desarrollo.



Figura 3. La animación es complementada por una secuencia de vídeo que reproduce con exactitud la técnica de “guisando ascendente”. Fuente: MEC (2005).



Figura 4. El texto es complementado por una secuencia de vídeo que reproduce con exactitud la técnica de punteado-rasgado. Fuente: MEC (2005).

### Utilización de canales separados

Mayer (2001, citado por Fletcher y Tobias, 2005), resume en su libro de aprendizaje multimedia más de veinte años de investigación en técnicas de instrucción para promover el aprendizaje a través del multimedia. Cuando Mayer escribe este libro, a mediados de los noventa, recogiendo las aportaciones de los primeros experimentos sobre cómo utilizar la imagen, los textos, o las animaciones en los materiales de instrucción gracias a la llegada de los primeros programas de animación vectorial, las innovaciones tecnológicas aún son escasas si las comparamos con las posibilidades actuales. Pero en esos momentos despertó el interés por conocer cómo respondía nuestro sistema perceptivo y cognitivo ante soportes que admitían varias formas de expresión simultáneas.

Mayer sienta las bases del proceso de aprendizaje con materiales multimedia que aún hoy siguen estando vigentes, pero como veremos, aunque las conclusiones de sus experimentos son válidas, las condiciones utilizadas en sus experimentos son mucho más complejas en los entornos multimedia actuales.

En este trabajo se recogen dos de las hipótesis de Mayer que hacen eco de investigaciones anteriores fundamentales para analizar el desarrollo de materiales de enseñanza multimedia. Una, el ser humano utiliza canales separados para procesar información visual y sonora. Segundo, los canales están limitados en la cantidad de información que cada uno puede procesar al mismo tiempo.

Fletcher y Tobias resumen su investigación diciendo que la instrucción debería aprovecharse de la disponibilidad de los diferentes canales de entrada de información que se utilizan en el proceso cognitivo. Usar la misma modalidad de presentación de la información —por ejemplo visual/visual o auditiva/auditiva— para todos los materiales presentados, incluso tratándose de información redundante, puede conducir a una sobrecarga del canal y reducir el aprendizaje. Por ejemplo, cuando las animaciones o los gráficos se combinen con presentación verbal, es más efectivo presentar el material verbal usando un canal auditivo, que sobrecargar el canal visual añadiendo texto (Fletcher y Tobias, 2005:125).

En situaciones normales, utilizar el canal auditivo puede ser la solución. Pero en el aula, no siempre es conveniente tener una información para el canal auditivo porque la práctica con decenas de estudiantes al mismo tiempo impide hacer uso del canal auditivo. Existen otras posibilidades, no obstante, de utilizar información visual procedente de un texto sin necesidad de solaparse con la información procedente de una imagen, bien estática, bien en movimiento, dentro de una secuencia de vídeo o de una secuencia de una animación. Existen soluciones, bien técnicas, bien estéticas, que permiten utilizar información visual de texto e imagen sin solaparse. Se verá más adelante.

### **Sobrecarga cognitiva —y control de la atención—**

Cuando un mensaje de instrucción contiene mucho *material esencial* y mucho *material extraño*, la capacidad cognitiva del sistema de procesamiento de información se sobrecarga, situación que se denomina *sobrecarga extraña, innecesaria o irrelevante* (Mayer, 2005:183). Factores como la complejidad de la imagen, del texto o del audio y la cantidad de información que portan cada uno pueden impedir que el estudiante sea capaz de procesar toda la información por separado, y lo que ocurre es que se queda con una parte del mensaje.

Se pueden encontrar diferentes escenarios de sobrecarga cognitiva, motivados por la propia complejidad de la información o por el diseño del material.

1- se añade texto en pantalla que resulta redundante —ver *principio de redundancia* más adelante— con las ilustraciones, animaciones, vídeo —añadido por el autor— o narraciones. El texto, en este caso, es visto como un caso de material extraño.

2- uno o más canales se encuentran sobrecargados por el procesamiento del material esencial y por el procesamiento del material extraño, como puede ser un diseño confuso. Esta sobrecarga del escenario puede ocurrir cuando el texto y el gráfico o la animación se encuentran separados

espacialmente, y el usuario tiene que hacer un esfuerzo de desplazar su mirada entre el texto y el gráfico, y viceversa. No podemos leer los subtítulos de un vídeo al tiempo que queremos observar lo que ocurre en la secuencia del vídeo. No podemos mantener la atención en el análisis de un vídeo si llamamos la atención del usuario hacia otro medio; no podemos leer un párrafo de texto mientras el proceso de una animación no se detenga. La memoria de trabajo tiene sus límites, y cualquier información que ignore la carga de trabajo cognitiva interferirá con la adquisición de conocimiento o competencias.

En la siguiente figura, se utilizan varios medios de información visual como son el texto y la animación en un solo canal, pero que son compaginados de tal manera que la animación se detiene cuando el asistente alcanza la altura del penúltimo defensor rojo, y aparece el texto sobreimpreso, para que el estudiante pueda leer la información nueva sin saturar el canal visual.



Figura 5. Integración de texto en una zona próxima al punto de atención en la animación, minimizando el esfuerzo que necesita el estudiante para entender el objetivo instruccional. Fuente: FIFA (2009).

3- ambos canales son sobrecargados con procesos esenciales que mantienen la memoria de trabajo ocupada con una representación mental. Por ejemplo, cuando una animación o gráfico sobre un determinado tema se presenta antes o después de la correspondiente narración. Este problema es muy habitual. La solución puede venir por mantener la referencia de la información de un canal visual, y secuenciar la atención y presentación de la información. Por ejemplo, primero se dirige la atención sobre la animación, y una vez que se le ha dado al estudiante el tiempo necesario para entender la información, se detiene la animación y se libera la memoria de trabajo. En ese momento, se presenta el otro medio, como la narración, que dirige la atención hacia el canal de audio mientras el canal visual está liberado. El estudiante puede tener presente la información visual pero sin sobrecarga en la memoria de trabajo que la tiene ocupada en analizar el canal auditivo.

## El principio de coherencia

En el lenguaje multimedia, como ocurre cuando configuramos un mensaje para otras formas de expresión, exige coherencia en el contenido y en la forma de expresión que se presenta. En el contenido, porque cualquier información que se incluya en un material de aprendizaje debe ser relevante para el objetivo instruccional que se propone; en la forma, porque la información que vaya a ser percibida por canales diferentes necesita un tratamiento distinto. Tal como se apuntó más arriba, cada media tiene unas ventajas para transmitir un tipo de información. Ahora bien, ¿elegimos cada media de forma apropiada cuando realizamos materiales de aprendizaje multimedia?

Fletcher y Tobias (2005), se refieren a la *inclusión o exclusión de material extraño*, a la inclusión de elementos tales como palabras y fotografías irrelevantes en las instrucciones multimedia y citan varias investigaciones sobre el *principio de coherencia*. Moreno y Mayer (2000) descubrieron por ejemplo que fondos de música y sonidos añadidos a una narración interferían con el rendimiento del aprendizaje en un 1.11 puntos (en una escala de puntuación entre 0-19) para las puntuaciones de la retención. Mayer (2001: 76), en un análisis de las páginas de libros de Ciencias de sexto curso encontró que “la mitad del espacio de las páginas era utilizadas para texto y la otra mitad para ilustraciones... la abrumadora mayoría de las ilustraciones no tenían una finalidad instructiva”. También analizó libros de Matemáticas de quinto curso, y observó que el 30% de la página era utilizada para ilustraciones, y que la mayoría de las ilustraciones eran irrelevantes (p. 77). Similares descubrimientos en relación al uso erróneo de las ilustraciones fueron realizados por Britton, Woodward y Binkley (1993). En la utilización de animaciones, Rieber (1994) concluyó que para que la animación sea efectiva hace falta que existan objetivos instructivos que requieran la visualización de cambios en los objetos o en las trayectorias a lo largo del tiempo. Enfatizó, además, en la importancia de permitir interactuar y manipular las animaciones mientras generan la retroalimentación al estudiante.

Fletcher y Tobias, (2005), concluyeron que si se quieren conseguir presentaciones más atractivas, ha de hacerse incluyendo materiales que sean relevantes con el propósito de la instrucción. Es difícil, sobre todo considerando que a veces el material base está fundamentado en texto escrito, conseguir imágenes que sirvan para apoyar lo que dice el texto. Pero a veces es necesario porque el editor o el cliente quieren que existan imágenes. Por ejemplo, en el proyecto de las *Reglas de Juego Multimedia para Principiantes* (FIFA, 2010), había que hacer una versión multimedia del libro de las Reglas de Juego del Fútbol. Algunas Reglas de Juego son más apropiadas que otras para ser apoyadas con imágenes, como la Regla 1, “El terreno de Juego”, pero en otras reglas, por ejemplo, resultaba muy difícil transmitir el concepto más abstracto y poco definido a algo concreto, plasmado en una imagen fija.

Esta necesidad de trasladar a imágenes el máximo de los contenidos posibles es una tendencia que fue observada también en el proyecto de música MOS, cuando los coordinadores de contenidos se entusiasaban en convertir en imágenes o en animaciones ideas o conceptos complejos. Es una necesidad dada por el consumo de imágenes imperante en nuestra sociedad, que demanda de materiales educativos más visuales, y delega la lectura de texto a un segundo plano.

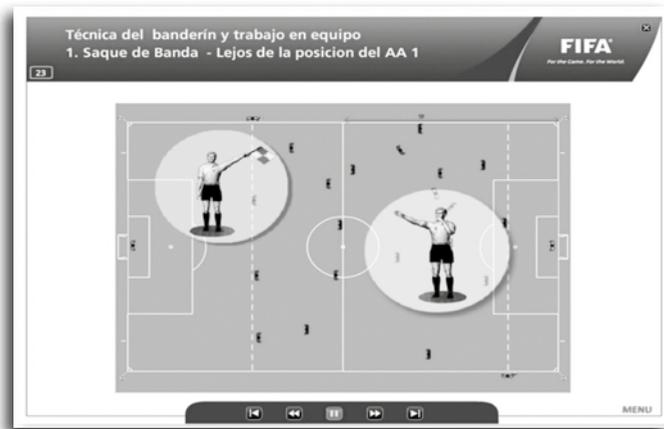


Figura 6. Técnica de banderín. Fuente: FIFA (2009).

Una vez elegidos los *materiales esenciales*, los materiales coherentes con el objetivo de instrucción, hay que plantearse cómo se presentan en la pantalla. Para ello, se analizará el principio de *contigüidad*, *señalización* y el principio de *redundancia*.

### Principio de contigüidad

Se sabe que el ser humano aprende mejor con palabras e imágenes que con imágenes solas, ya expuesto por Mayer en el *principio multimedia* (Mayer, 2001), aunque ya hemos visto que con limitaciones a las capacidades de cada canal. La tendencia es a utilizar cada vez más las imágenes junto al texto, aunque solo sea como función estética. Pero ¿cómo integrar imágenes y textos, textos y animaciones o textos, animaciones, gráficos y vídeos?

El control de la atención y de la carga cognitiva nos obliga, en ocasiones, a dar prioridad a un medio sobre otro, a *jerarquizar* la presencia de medias y la lectura que del mensaje queremos que realice el estudiante. Hay que guiar la lectura del usuario. Hay que establecer un orden de lectura. Un principio de jerarquía /prioridad que se aplica cuando utilizamos la atención del usuario hacia dos medios visuales, como puede ser el texto y la imagen.

En una misma página multimedia podemos encontrar juntos un texto, una fotografía, un menú con iconos, un vídeo, pero siempre podremos conseguir que el texto llame la atención sobre el resto de medias. ¿De qué manera?

Para maximizar el rendimiento de la cognición humana, además de presentar los materiales por diferentes canales, éstos deberían estar en una proximidad espacial y temporal.

Según el *principio de contigüidad*, las palabras y las fotografías deberían ser coordinadas y presentadas juntas en el espacio —principio de contigüidad espacial— y en el tiempo —principio de contigüidad temporal—.

### Contigüidad espacial

Hegarty, Carpenter y Just (1996), quienes estudiaron el movimiento de los ojos de participantes que leían textos e ilustraciones, descubrieron que los estudiantes leían alternativamente fragmentos cortos de texto y después inspeccionaban la parte de la ilustración que describía el texto. Sweller y sus colegas (Chandler & Sweller, 1992) informaron de descubrimientos similares y se refirieron a la ventaja de la contigüidad espacial para la superación de la *atención dividida*.

Si analizamos el ejemplo de la ventana de vídeo de la aplicación del *Video Test Interactivo* (FIFA, 2011b) observamos la proximidad del texto y el vídeo. Asimismo ocurre con otros ejemplos como el de la *Guía interactiva del Fuera de Juego* (FIFA, 2006).



Figura 7. La ventana con información textual se superpone al vídeo, y éste se detiene para facilitar la lectura de la información. Fuente: FIFA (2011b).

Es importante tener presente este principio, y a veces descubres que no siempre se entiende. En la puesta en marcha del proyecto multimedia de preparadores físicos de árbitros de FIFA (FIFA, 2011a), uno de los instructores coordinadores, en la fase de ideación del proyecto, sugería que los vídeos y las animaciones fueran separados del material de instrucción multimedia en una sección diferente denominada “recursos”. Esta concepción del multimedia se puede entender si se interpreta el término multimedia como soporte de almacenamiento que permite guardar diferentes medias. Sin embargo, presentar los diferentes medias referentes a un contenido aislados espacialmente, no tiene el mismo efecto didáctico que si el usuario dispone de ellos integrados en una misma pantalla. No se produce *contigüidad espacial*. Si existe *coherencia* entre los diferentes medias, y sirven al mismo objetivo de instrucción, deberían estar próximos espacialmente, aunque veremos más adelante las dificultades que a veces puede suponer.

### Contigüidad temporal

Tan importante como la *contigüidad espacial* es la *contigüidad temporal*. Mayer y Anderson (1991) investigaron la contigüidad temporal en las narraciones y las animaciones, y descubrieron

que los grupos que recibieron la narración junto con la animación obtuvieron casi un 50% más de transferencia que los grupos que recibieron la narración de forma separada a la animación. Sus resultados coinciden con la teoría de Mayer de que cuando la narración y la animación son presentadas separadamente solo un canal es llamado a actuar en un tiempo, y no funciona el *efecto aditivo*.

Pero conseguir la contigüidad temporal puede resultar difícil si los medios escogidos utilizan la misma modalidad de información —visual/visual— por lo que el usuario debe dividir la atención para comprender ese material. Si centramos la atención visual hacia la lectura de un texto perderemos ese instante de atención hacia otras partes del medio. Se produce el efecto de *atención dividida*. En esos casos, se puede recurrir a detener el flujo de información de uno de los medios para que no se solapen —Figura 8—. En este caso, a pesar de tener la misma modalidad de información, no se produce solapamiento entre medios, y el usuario apenas necesita un esfuerzo añadido para entender el objeto de instrucción. Su atención pasa de un medio a otro sin necesidad de utilizar recursos extras de su memoria de trabajo.



Figura 8. Un jugador que entraba en posición de fuera de juego. Justo en el momento de hacerlo, la animación se detiene, y aparece una caja de texto que recoge la definición oficial de FIFA sobre la Regla 11. Fuente: FIFA (2006).

### Principio de Señalización

El principio de señalización dice que las personas aprenden mejor de un mensaje multimedia cuando se les da unas claves que destacan la organización **del material esencial** (Mayer, 2005:183). Por ejemplo, señalar con un color determinado o resaltar con un elemento gráfico dentro de una fotografía lo que puede ser importante.

El principio de señalización no es solo relevante para llamar la atención del alumno hacia lo que es más importante, sino que también lo es porque desvía la atención del alumno de lo que es menos importante.



Figura 9. Utilización del color y la línea para seleccionar lo que es importante en la imagen. En esta imagen, lo que no es importante recibe un tratamiento de desaturación del color. Fuente: FIFA (2009).

La gran cantidad de información que aparece en las pantallas de recursos didácticos obliga, en aquellos recursos que no cuentan con la presencia del profesor, a diseñar muy bien el contexto donde se presenta el recurso de manera que no sirva para distraer la atención del estudiante, sino para dirigirla hacia el material que se considera esencial.

En primer lugar, hay que dirigir la atención en la lectura de los elementos de la pantalla. El propio **formato** de la pantalla supone un marco físico a la presentación del contenido, pero además existen otros marcos que forman parte del navegador (o incluso de la propia presentación) como suelen ser las barras de navegación o los fajines corporativos, y que pueden limitar el espacio de presentación del contenido multimedia.



Figura 10. Formato de pantalla para la presentación multimedia de la Regla 11 —El Fuera de Juego—. Fuente: FIFA (2006).

Cada media puede aparecer en un diseño con diferentes niveles de integración con el resto de medias o elementos de un diseño. Una práctica habitual es utilizar un marco o ventana.

### **El marco**

El marco, o el borde, delimita el campo de fuerzas, creando gradaciones de sentido que se incrementan cuanto más cerca nos hallamos del centro (Gombrich, 1979, citado por Arnheim, 2001: 69). Arnheim (2001) estudia el marco en cuanto a estructura compositiva y afirma que esta estructura “ha de ser considerada en relación con la composición creada por el artista en el interior del marco”. Como ejemplo, cuando en *Facebook* publicamos una fotografía y la visualizamos, ésta queda superpuesta en un fondo negro. Si la fotografía tiene también zonas oscuras, “figura” y “fondo” se solapan y no sabemos dónde están los límites de la fotografía y los del marco. Versiones posteriores deberían permitir que el usuario pudiera cambiar el marco de presentación para diferenciar figura y fondo.

El marco no se comporta igual con formas de expresión estáticas o en movimiento. Arnheim (2001:229) analiza las diferencias entre el marco en la pintura y en el vídeo, y apunta que: *“Mientras que en la pintura el cuadro forma parte de la imagen, se halla firmemente conectado a esta como parte de su composición, al tiempo que el espectador se mueve libremente ante ella. El marco de un vídeo, al no poseer una estructura estática, se convierte en un flujo en transformación, durante el cual el centro va cambiando de sitio.”*

Otra de las cuestiones relacionadas con el marco es si éste es cerrado o abierto. Por ejemplo, muchos diseños de páginas web utilizan una estructura vertical “abierta” y el recorte de los contenidos por el límite inferior de la pantalla nos informa de que la información representada va más allá del marco que delimita la pantalla. Existen también diseños de estructuras abiertas horizontalmente, pero la vertical parece imponerse.

Las estructuras “cerradas”, como las que utiliza cuando se elaboran multimedias con aplicaciones como Power Point, permiten que el estudiante pueda explorar toda la pantalla en un golpe de vista. Exige adecuarse a un tamaño y aspecto de pantalla determinado, pero es también una garantía de que el usuario va a percibir la composición final en su totalidad, y no recortada lateral o verticalmente. En el proyecto “MOS”, tuvimos que optar por trabajar a pantalla completa para facilitar la inmersión y la focalización de la atención.

### **El peso visual**

Una vez definida la estructura hay otro elemento visual que juega mucha importancia en el control de la atención: la distribución visual de pesos entre los diferentes medias. Cuando trabajamos con medias que a su vez tienen estilos o estéticas diferentes es muy difícil conseguir composiciones multimedia equilibradas. El problema de la atención dividida se pone en juego.

La integración de medias en los entornos digitales es sencilla desde el punto de vista técnico, pero muy compleja si queremos que los diferentes objetos permanezcan equilibrados visualmente. La distribución de medias en una pantalla puede resultar muy difícil para conseguir un equilibrio visual debido a que cada media tiene sus propias características y pueden tener estilos diferentes, y

cuando tienen que integrarse en un espacio de pantalla determinado, el tamaño, el color o el tratamiento estético establecerán hacia dónde dirige la mirada el estudiante.

El peso visual vendrá fijado por la mancha, masa o volumen que atribuimos a cada elemento. El color, la forma o la ubicación en el interior del marco pueden determinar que dos objetos sean percibidos con un peso visual diferente. Para dos objetos con el mismo tamaño, forma y ubicación, el color puede hacer que un elemento tenga más peso visual que otro. Los colores más saturados llaman más la atención que los colores más apagados, por lo que tendrán mayor peso visual —véase también la técnica de desaturación para centrar la atención sobre las partes de la imagen más saturadas, Figura 9—.

En los casos de imágenes en movimiento, el propio movimiento del vídeo llamará la atención y por tanto acumulará más peso visual. En el *Video Test Interactivo*, cuando el usuario decide reproducir el objeto de vídeo se oculta cualquier otro media para evitar el solapamiento de información de colores, tamaños o formas que pudieran tener los otros medias y la sobrecarga cognitiva —Figura 2—. Es también el motivo por el que los reproductores de vídeo hacen desaparecer la barra de desplazamiento de vídeo, y en algunos casos, como el reproductor *Divx*, reducen la iluminación de alrededor, al pasar un tiempo sin que el usuario interactúe.

Hay determinados medias que por su simple presencia, tienen una gran capacidad de señalización. Es el caso del vídeo. Interesa controlar la aparición de estos materiales para dotarles de la atención que queramos. Por ejemplo, si el vídeo se reproduce nada más entrar en la pantalla, tendrá una gran fuerza de atracción sobre el resto de medias. Algunas técnicas como indicar “ver vídeo” o ponerlo en un color llamativo en el enlace pueden dirigir también la atención del estudiante y señalar con menor intensidad.

Si solamente existe un enlace, el estudiante le dará menos importancia que si se utiliza un fotograma del vídeo. Si incluimos un fotograma del vídeo, la atención puede ser mayor que incluir un enlace, pero menor que si el vídeo se reproduce automáticamente.

### **Principio de redundancia**

La redundancia ocurre cuando información adicional presentada al estudiante genera peores resultados comparado con la presentación que presentaba menos información. Suele ocurrir cuando la misma información es presentada en múltiples formas o es innecesariamente elaborada (Sweller, 2005:159).

Cuando se trata con información nueva, la memoria de trabajo es severamente limitada con respecto a la capacidad y la duración. Únicamente unos pocos ítems de información nueva pueden ser retenidos en la memoria de trabajo por no más de unos segundos al menos que sea refrescada por nuevos ensayos. Cuando una misma información es presentada para dos canales idénticos, como puede ocurrir con un texto escrito y un texto leído, la memoria de trabajo del estudiante tendrá que coordinar la unión de ambas informaciones. Si solamente se deja una fuente, se eliminará el esfuerzo cognitivo de coordinar ambas, lo que mejorará el aprendizaje (Sweller, 2005:161).

Miller (1937, citado por Sweller, 2005), fue uno de los primeros investigadores en experimentar con el efecto de redundancia. Miller estudió cómo aprendían a leer los niños. Utilizó el procedimiento de poner una imagen junto a la palabra que tenían que aprender —aún habitual hoy en día—, y obtuvo mejores resultados cuando la imagen no estaba presente. ¿Por qué se obtuvieron mejores resultados cuando la imagen no estaba delante? Porque si el objetivo es aprender cómo se escribe una determinada palabra, memorizar qué letras la forman, el niño tendrá que recurrir a recursos extras para procesar la imagen.

Sweller señala también la investigación de Reder y Anderson (1980), que analizaba el efecto de redundancia. En una serie de 10 experimentos con capítulos de textos de diferentes áreas, observaron que aquellos alumnos que tuvieron solo el acceso a resúmenes que contenían las mismas ideas, pero con un 20% menos de texto, obtuvieron resultados superiores.

Sweller y Chandler (1994) y Chandler y Sweller (1996) comprobaron que cuando se está aprendiendo a usar un programa de ordenador, la presencia del ordenador y el acto de trabajar en el ordenador interfería con las actividades intelectuales requeridas. Aquellos alumnos que estudiaron únicamente con texto integrado con gráficos del teclado y la pantalla tuvieron mayores mejoras en su aprendizaje que aquellos que trabajaron físicamente con el ordenador.

Kalyuga, Chandler y Sweller (1999) proporcionaron evidencias de las ventajas de acompañar al gráfico con texto hablado en lugar de con texto escrito.

Mayer, Heiser y Lonm (2001) observaron que mientras los estudiantes veían una animación a la vez que escuchaban de forma simultánea un texto hablado, bien resumido, bien duplicando el texto escrito, éste interfería con el aprendizaje.

Sin embargo, Moreno y Mayer (2002, citados por Sweller, 2005) descubrieron un efecto inverso de la redundancia cuando observaron, en un entorno virtual, que texto hablado y escrito presentado de forma simultánea generaba mejores resultados que el texto hablado solamente. Sweller señala que este efecto inverso de la redundancia podría deberse a la naturaleza de los materiales utilizados por Moreno y Mayer. Puede que los materiales, al no utilizar gráficos, no conllevaran una carga cognitiva intrínseca alta y por tanto supusiera una carga cognitiva extraña baja.

En sintonía con este efecto inverso se encuentra el efecto de *experiencia inversa*, por el cual, lo que puede resultar un material esencial para un inexperto, puede resultar redundante para un experto. En el ejemplo de Sweller, un gráfico puede tener un texto que explique el gráfico y puede resultar esencial para un inexperto, pero puede resultar redundante para un experto. Sweller afirma que el principio de redundancia no lleva a una regla simple, universalmente aplicable. Ha de considerarse en conjunción con la teoría de la carga cognitiva. De ahí la importancia de conocer los destinatarios de los materiales multimedia, su nivel de conocimiento y destrezas.

Para saber si un gráfico es redundante, Sweller propone preguntarse las siguientes cuestiones: ¿es el material inteligible por sí solo?, ¿añade el material adicional una información esencial?, ¿tiene sentido por sí solo?

## CONCLUSIONES

El presente artículo parte de la concepción del multimedia como forma de presentación de información basada en la integración de diferentes medias. Como se ha expuesto, cada media cuenta con un lenguaje propio —visual, sonoro o ambos— cuya eficacia comunicativa estará determinada en la medida que cubra un objetivo instruccional concreto. Es constatable, al hilo de esta revisión, que la superioridad expresiva de un media sobre otro dependerá, además, de la gestión de la información que realice cada media. Es decir, de la capacidad de un media para presentar información adicional con respecto a otro.

El material multimedia ha de ser coherente en contenido —debe incorporar medias que transmitan información relevante de cara al objetivo instruccional— y en continente —debe incorporar estos medias teniendo en cuenta el canal cognitivo al que se orienta cada uno de ellos—. Podemos concluir, entonces, que la eficacia de un material multimedia no estará tan marcada por la naturaleza del propio material, como por el tratamiento formal de los elementos que lo integren y la coherencia de estos elementos con la finalidad didáctica.

Todo material multimedia pretende transmitir un mensaje. El material multimedia es el resultado de la suma de la información aportada por los diferentes medias, y se articula en dos partes: material esencial —el imprescindible para alcanzar satisfactoriamente el objetivo instruccional— y material extraño —información adicional que no resulta imprescindible—. Ha de evitarse la utilización de demasiado material o una proporción desequilibrada entre material esencial y extraño, siguiendo el principio de sobrecarga. Además, para que el usuario del material multimedia economice esfuerzos es importante seleccionar qué tipo de información presentará cada media. No es eficaz incluir dos media distintos que aporten la misma información —ver principio de redundancia—.

La distribución espacio-temporal de los media también resulta fundamental, tal y como se ha comprobado en esta revisión. En ambos casos, el objetivo consiste en evitar el efecto de atención dividida. Con todo, se podría producir un conflicto en el caso de la variable tiempo, ya que si incorporamos dos medias dirigidos a un mismo canal, será más eficaz alternar los flujos de información que presentarlos simultáneamente.

Es muy importante saber el grado de experiencia previa y las destrezas del destinatario con respecto al objetivo instruccional, ya que la condición de material esencial/material extraño se verá alterada dependiendo de si el usuario es principiante o es un experto en la materia —sus necesidades son diferentes. Se ha demostrado la importancia de guiar al estudiante —ver principio de señalización—, jerarquizando los elementos, focalizando su atención y ayudándole a distinguir el material esencial del resto de la información.

## AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Arbitraje de la Fédération Internationale of Football Association (FIFA), en especial a Fernando Tresaco por su visión pragmática en el diseño de los contenidos del material multimedia de aprendizaje y a Juan Pedro Ramos, Marta Fernández y Álvaro Domínguez por su

contribución en el desarrollo de las aplicaciones multimedia desarrolladas. Asimismo, al Dr. Francisco García, Dr. Manuel Gértrudix y Carmen Candiotti por sus valiosas aportaciones en su asesoramiento sobre la elaboración de materiales multimedia para el Ministerio de Educación y Ciencia. Por último, a Marta Fernández y Tamara García por su colaboración en la revisión del artículo.

## REFERENCIAS

- Al-Seghayer, K. (2001). The effect of multimedia annotation modes on L2 vocabulary acquisition: A comparative study. *Language Learning and Technology*, 5, 202-232.
- Arnheim, R. (2001). *El poder del centro. Estudio sobre la composición en las artes visuales*. Madrid: Ediciones Akar.
- Britton, B. K., Woodward, A., y Binkley, M. R. (1993). *Learning from textbooks: theory and practice*. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Chandler, P., y Sweller, J. (1992). The split-attention effect as a factor in the design of multimedia learning. *British Journal of Educational Psychology*, 62, 233-246.
- Chandler, P., y Sweller, J. (1996). Cognitive load while learning to use a computer program. *Applied Cognitive Psychology*, 10, 151-170.
- FIFA (Fédération Internationale de Football Association) (2006). *Guía Interactiva del Fuera de Juego*. Recuperado (02/04/2011), de <http://www.fifa.com/lotg/football/es/flash/start.html>
- FIFA (Fédération Internationale de Football Association) (2009). *DVD Materiales de Aprendizaje Multimedia*. Zurich: FIFA.
- FIFA (Fédération Internationale de Football Association) (2010). *DVD Reglas de Juego Multimedia para Principiantes*. Zurich: FIFA.
- FIFA (Fédération Internationale de Football Association) (2011a). *DVD Material Multimedia Interactivo para preparadores físicos de la FIFA*. Zurich: FIFA.
- FIFA (Fédération Internationale de Football Association) (2011b). *DVD Video Test Interactivo de la Copa Mundial de la FIFA 2010*. Zurich: FIFA.
- Fletcher, J. D., y Tobias, S. (2005). The Multimedia Principle. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 117-133.
- Gombrich, E. (1979). *The sense of order: A study in the psychology of decorative art*. London: Phaidon Press.
- Hanley, J., Herron, C., y Colen, S. (1995). Using video as advance organizer to a written passage in the FLES classroom. *The Modern Language Journal*, 79, 57-66.
- Hegarty, M., Carpenter, P. A., y Just, M. A. (1996). Diagrams in the comprehension of scientific texts. In P. D. Pearson, R. Barr y M. L. Kamil (Eds.), *Handbook of reading research* (Vol. II). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 641-648.
- Kalyuga, S., Chandler, P., y Sweller, J. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, 13, 351-371.
- Manovich, L. (2001). *The Language of New Media*. Cambridge: The MIT Press.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Mayer, R. E., y Anderson, R. B. (1991). Animations need narrations: An experimental test of a dual-coding hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 83, 484-490.
- Mayer, R. E.; Heiser, J. y Lonn, s. (2001). Cognitive constrains on multimedia learning: When presenting more material results in less understanding. *Journal of Educational Psychology*, 93, 187-198.
- MEC (Ministerio de Educación y Ciencia) (2005). *Recurso de educación musical MOS*. Disponible en [http://recursos.cnice.mec.es/musica/unidades/tercero\\_cuarto/hispana/g04\\_10/g04\\_10.htm](http://recursos.cnice.mec.es/musica/unidades/tercero_cuarto/hispana/g04_10/g04_10.htm) [Consultado el día 01 de abril de 2011].
- Miller, W. (1937). The picture crutch in reading. *Elementary English Review*, 14, 263-264.
- Mitry, J. (1978). *Estética y Psicología del Cine* (VI ed.): Siglo XXI de España.
- Moreno, R., y Mayer, R. E. (2000). A coherence effect in multimedia learning: The case for minimizing irrelevant sounds in the design of multimedia instruction. *Journal of Educational Psychology*, 92, 117-125.
- Moreno, R., y Mayer, R. E. (2002). Verbal redundancy in multimedia learning: When reading helps listening. *Journal of Educational Psychology*, 94, 156-163.
- Reder, L., y Anderson, J. R. (1980). A comparasion of texts and their summaries: Memorial consequences. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 19, 121-134.
- Rieber, L. P. (1994). *Computers, graphics & learning*. Madison, Wis.: Brown & Benchmark.
- Sweller, J. (2005). The Redundancy Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sweller, J., y Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, 12, 351-362.

## ANEXO I

### Glosario

#### 1. Efecto de Atención dividida:

El efecto de atención dividida ocurre cuando el estudiante necesita fragmentar su atención e integrar física o temporalmente recursos de información dispar.

#### 2. Capacidad cognitiva:

La cantidad total de procesamiento que puede soportar la memoria de trabajo del aprendiz en un momento dado.

#### 3. Animación narrada concisa:

Una animación narrada que contiene *material esencial* —material necesario para entender la lección— pero no contiene *material extraño* —material no necesario para entender la lección.

#### 4. Instrucciones de atención dividida:

Instrucciones en las cuales múltiples fuentes de información no son integradas físicamente o temporalmente, así que se necesitan recursos de la memoria de trabajo para realizar una integración mental.

#### 5. Instrucciones integradas:

Instrucciones en las cuales múltiples fuentes de información son físicamente integradas así que no se necesitan recursos de la memoria de trabajo para realizar la integración mental.

#### 6. Material esencial:

Palabras e imágenes que se necesitan para conseguir el objetivo instruccional, tal como entender cómo funciona un sistema mecánico.

#### 7. Material extraño

Palabras e imágenes que no son relevantes para conseguir el objetivo instruccional, tales como historias interesantes o fotografías.

#### 8. Sobrecarga esencial:

Cuando la cantidad de procesamiento cognitivo esencial requerida para entender una instrucción multimedia excede de la capacidad cognitiva del aprendiz.