

La Enseñanza de la Seguridad en el Laboratorio Fotónico mediante Técnicas Multimedia.

A. Cobo, S. Pereda, J.L. Arce, M.A. Morante, F.J. Madruga, J.M. López-Higuera
Grupo de Ingeniería Fotónica - Universidad de Cantabria
Tfno. 942-201539 Fax. 942-201873
Correo electrónico: acobo@teisa.unican.es

Abstract:

The security aspects of high-power optical sources such as lasers are very important, and in laboratories that are using lasers, a proper training of the potential users is a requirement not always properly accomplished. A software package is presented, that pretend to assist the teacher on this training process by making use of multimedia techniques.

1. Introducción.

El láser es una poderosa herramienta que está siendo utilizada en una creciente variedad de entornos: presentaciones (punteros láser), espectáculos, hospitales y, como no, en laboratorios de diversa índole. Esto conlleva el adecuado conocimiento de las normas de seguridad necesarias para un uso seguro de los mismos. Esta necesidad queda perfectamente plasmada en la normativa existente (UNE-EN 60825-1: Uso seguro de los láseres), que obliga a los usuarios de algunos tipos de láseres a recibir formación previa sobre aspectos de seguridad.

En esta comunicación se presenta el trabajo realizado en torno a los temas de seguridad propios de los laboratorios fotónicos, y que ha servido para el desarrollo de un software didáctico que ilustra los particulares problemas de seguridad, centrados sobre todo en el uso seguro de los láseres.

Los conocimientos adquiridos en un exhaustivo estado del arte han sido incorporados al programa, que hace un uso intensivo de técnicas multimedia (imágenes, animaciones, fotografías y videos) con el objetivo de captar el interés del alumno y facilitar la asimilación de los conceptos expuestos. Se pretende que sea usado como complemento a los seminarios sobre seguridad del laboratorio fotónico que actualmente se imparten en las asignaturas "Laboratorio de Comunicaciones Ópticas", "Laboratorio de Sistemas de Comunicaciones Ópticas" y "Laboratorio de Tecnología Fotónica" en la Universidad de Cantabria, dentro del plan de estudios de Ingeniero de Telecomunicación.

A lo largo de esta comunicación se detallan las características de la aplicación desarrollada, junto con los principales conceptos incorporados y las técnicas usadas para facilitar su comprensión.

2. Descripción de la aplicación.

La aplicación desarrollada se ha programado mediante "Multimedia Toolbook" en entorno Windows 95. Incorpora, en una estructura jerarquizada accesible mediante menús, y con posibilidad de enlaces hyper-texto, tanto textos explicativos, fotos, dibujos, animaciones y videos reales.

La Fig. 1 muestra el menú principal de la aplicación, que da una primera idea de los temas tratados. Se pueden resumir en:

- Fuentes de luz y su peligrosidad, diferencia entre fuentes colimadas y difusas. El láser: fundamentos, tipos y clasificación;
- El ojo. Descripción, su comportamiento ante las fuentes de luz.
- Efectos de la radiación óptica sobre el organismo y los tejidos. Efectos sobre la piel y el ojo.
- Normativa internacional de seguridad: estándares, clasificación de los láseres, concepto de Exposición Máxima Permitida; cálculos: potencia y energía, radiación que incide sobre la retina;
- Problemas propuestos sobre aspectos de seguridad.
- Relato de varios accidentes ocurridos.

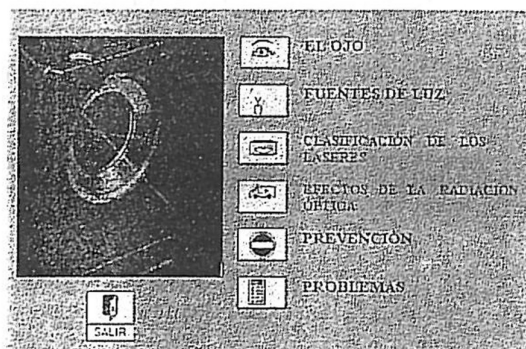


Fig. 1. Menú principal de la aplicación.

2.1 Fuentes de luz.

El conocimiento de los distintos tipos de fuentes de luz existentes y sus características es primordial a efectos de seguridad. La principal clasificación distingue entre fuentes colimadas y extendidas. Las primeras se caracterizan por emitir rayos paralelos que pueden focalizarse sobre un punto infinitesimalmente pequeño. En la práctica, la dimensión mínima de este punto está limitada por el fenómeno de difracción y las imperfecciones de los elementos ópticos. El láser es un ejemplo bastante aproximado de fuente colimada. En cuanto a las fuentes difusas, se caracterizan por emitir luz en múltiples direcciones, lo que significa que al intentar focalizarla mediante un sistema de lentes se obtiene una mancha difusa. A efectos de seguridad, una fuente difusa es menos peligrosa porque su energía no puede concentrarse tanto como la de una fuente colimada. Un ejemplo de fuente difusa es la bombilla de incandescencia, o bien el diodo electroluminiscente (LED). Estas particularidades se ilustran mediante unos gráficos animados.

De entre todas las fuentes de luz, los láseres necesitan de un tratamiento detallado, ya que son las fuentes con más peligro potencial. Por un lado, existen láseres que emiten en casi cualquier longitud de onda, siendo especialmente peligrosas las longitudes de onda no visibles, ya que se anula el mecanismo reflejo que protege al ojo ante radiaciones intensas. Este es el caso de los láseres para comunicaciones ópticas, centrados en el infrarrojo cercano. Por el otro, los láseres pueden tener una alta potencia y directividad, haciéndolos peligrosos incluso para exposiciones sobre la piel. Además, muchos tipos de láseres funcionan en régimen pulsado, emitiendo cortos pero muy intensos pulsos de luz, siendo la energía liberada por cada emisión muy elevada. La aplicación desarrollada explorar en profundidad los fundamentos de la emisión láser, sus tipos principales, aplicaciones, y peligros potenciales. La tabla mostrada en la Fig. 2 resume a modo de ejemplo las principales características de los láseres más utilizados.

TIPO	LONGITUD DE ONDA (nm)	MODALIDAD	POTENCIA (W)	USOS
IONES DE ARGÓN	0.457...0.514	CW	25 W	DIVERSOS
HP	2.7...3.0	AMBOS	20 W	MILITAR
CO2	9.6...10.6	AMBOS	25 KW	MILITAR, MEDICINA
DIOLO SEMICONDUCTOR	0.87...1.55	AMBOS	0.1 W	DIVERSOS, ECTORES DE CD
DYE	0.3...1.0	AMBOS	1 W	MILITAR
EXCIMERIO	0.193...0.351	PULSADO	2 J PULSO	DIVERSOS
IE-CD	0.325...0.4416	CW	0.15 W	DIVERSOS
IE-HE	0.543...3.392	CW	0.1 W	INVESTIGACIÓN
HE-NE	1.054	AMBOS	30 W	INDUSTRIAL, SOLDADURA
	0.694	PULSADO	2 J PULSO	OBSELETO

Fig. 2. de los tipos de láseres.

2.2. El ojo.

Se ha incluido una sección completa sobre el ojo, ya que es el órgano más directamente afectado por la radiación óptica. Éste órgano está preparado para recibir luz y focalizarla sobre la retina, un tejido muy delicado que se considera una extensión directa del cerebro. Esta capacidad de focalización del ojo significa que un haz luminoso que no es peligroso cuando alcanza la superficie del mismo, si puede llegar a serlo al ser concentrada su energía sobre una pequeña zona de la retina. Además, las pequeñas lesiones de los diversos elementos del ojo (córnea, cristalino, retina, ...) afectan gravemente al sentido sin duda más importante: la vista. Este hecho queda reflejado en un estudio realizado en Estados Unidos entre los años 1964-1992 sobre accidentes relacionados con láseres, que desvela que el 70% de los mismos derivaron en una lesión ocular.

La aplicación desglosa los distintos elementos que forma el ojo, sus características, y sus aspectos más importantes en relación con la radiación óptica: longitudes de onda absorbidas, efectos que produce en los tejidos la radiación, ..., todo ello presentado con las ventajas que ofrece una aplicación multimedia.

2.3 Efectos de la radiación óptica sobre el organismo.

Los distintos efectos producidos por la luz son analizados por el programa multimedia. Éstos se analizan a continuación:

- Efecto foto-químico. La radiación rompe los enlaces moleculares, causando la desnaturalización de las moléculas (DNA, RNA, proteínas, ...) y por tanto la destrucción de las células vivas. Este efecto se relaciona casi exclusivamente con la radiación ultravioleta.
- Efecto térmico. Si la energía recibida es suficientemente intensa, la elevación local de la temperatura puede desencadenar la degeneración y destrucción del tejido. El daño producido por efecto térmico es directamente proporcional a la absorción que presente el tejido, y depende fuertemente a su vez de la longitud de onda de la luz. En función del tipo de tejido afectado, su coeficiente de absorción, el área expuesto, la potencia luminosa y la longitud de onda de la fuente, y el tiempo de exposición, se puede producir un amplio abanico de efectos: elevación local de la temperatura sin mayores consecuencias, evaporación del agua contenida en el tejido, su carbonización, desgarros explosivos, ...

- Efecto acústico. En láseres de tipo pulsado y con duraciones del pulso muy pequeñas (menores de 10 μ s), el rápido calentamiento y la dilatación asociada genera una onda de choque de tipo acústico que puede provocar desgarros en tejidos delicados como la retina. Se ha comprobado que este efecto juega un importante papel en las lesiones producidas por láseres pulsados en la piel, al ser absorbida la radiación por los gránulos de melanina.
- Efectos crónicos. El daño producido por las radiaciones ultravioletas e infrarrojas se incrementa si la exposición se repite con cierta frecuencia, aún si los niveles de cada exposición individual se consideran no dañinos. Se dice que los efectos de estas radiaciones son acumulativos. De la exposición crónica a radiaciones ultravioletas tenues se conoce su influencia en el envejecimiento prematuro de la piel y en la aparición de ciertos tipos de cánceres. Algunos estudios han relacionado también la exposición crónica a la luz infrarroja procedente de hornos de fundición (irradiancia 80 veces superior a la recibida por la luz del día) con la formación a largo plazo de cataratas

En la Fig. 3 se muestra una pantalla con los distintos efectos sobre el ojo y la piel en función de la longitud de onda.

2.3 Normativa internacional sobre seguridad.

Existen diversas normativas de ámbito nacional e internacional que aportan, entre otras cosas:

- Una sencilla clasificación para los láseres en función de su peligrosidad.
- Las medidas necesarias a tomar en las instalaciones de láseres: señalización adecuada de la clase de láser y de sus posibles peligros, características de las instalaciones y de los medios de protección, ...
- Unos valores fiables de la "Exposición Máxima Permisible" (E.M.P.), nivel de exposición a la radiación luminosa considerado no peligroso en cualquier circunstancia.
- Acciones para la prevención de accidentes.
- Medidas a tomar en caso de accidente.

En España es de aplicación la norma UNE-EN 60825-1 "Seguridad de los productos láser", con rango de Norma Europea, pero directamente extraída de la norma del Comité Electrotécnico Internacional, IEC-825. Esta, a su vez, se basó en la norma americana del ANSI, Z136.1, pionera en este campo.

ENFERMEDADES

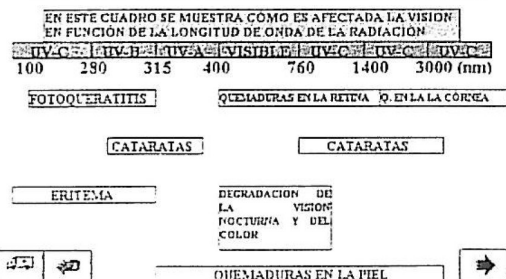


Fig.3. Efectos de la radiación óptica: resumen.

Se hace especial incidencia en la clasificación de los láseres, ya que representa una manera sencilla de que el usuario sea capaz de estimar la posible peligrosidad de una fuente de luz o un aparato que la incorpore. Sin entrar en detalles, se ha adoptado el convenio de clasificar a los láseres en 4 grupos, numerados del 1 al 4, siendo los primeros los menos peligrosos. El programa desarrollado muestra los criterios de clasificación, así como ejemplos y videos representativos de fuentes de luz o dispositivos de cada grupo. Igualmente, se explica el importante concepto de Exposición Máxima Permisible, que pretende diferenciar claramente entre el nivel de exposición perjudicial del que no lo es, y se define como "el nivel de radiación al que una persona puede ser expuesta sin efectos peligrosos o cambios biológicos adversos en la piel o el ojo".

2.4. Prevención.

Este apartado es importante por cuanto ilustra todos los procedimientos a seguir para evitar los accidentes por exposición accidental. Se exploran las diferentes posibilidades, específicas para cada clase de láser, y generales para toda fuente de radiación intensa: gafas, cortinas, etc. (Fig. 4).

PREVENCIÓN

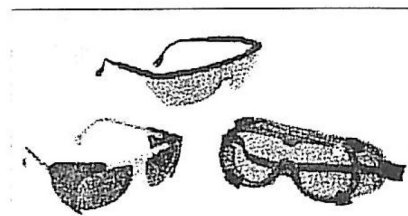


Fig.4. Medidas de prevención.

2.5. Problemas.

Por último, se ha incluido en la aplicación una serie de problemas propuestos, que permiten autoevaluar de forma rápida la asimilación de información presentada al alumno. Estos problemas manejan conceptos como: tipos de fuentes de luz y características de su radiación, cálculos con energía, potencia, irradiancia, etc., capacidad de focalización del ojo, estimación de valores de E.M.P., clasificación de los láseres, etc.

3. Conclusiones.

Se ha presentado la aplicación desarrollada para la enseñanza de aspectos de seguridad en el Laboratorio Fotónico, centrada en el uso seguro de los láseres. Este tema es poco tratado habitualmente, aún cuando la normativa vigente incide en la necesidad de una adecuada información a los posibles usuarios de los mismo. Sus características multimedia (textos, fotos, diagramas, animaciones, videos, ...), y el hecho de ser autocontenida e interactiva facilitan la comprensión por parte del alumno de los conceptos expuestos.

Agradecimientos.

Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto TIC95-0631-C04-01 financiado por la CICYT, a la que los autores muestran su agradecimiento.

Bibliografía.

- [1] Alex Mallow y Leon Chabot, "Laser Safety Handbook", *Littion Educational Publishing*, 1978.
- [2] Larry Matthews, Gabe García, "Laser Safety in the Laboratory", *IEEE Press*, 1995.
- [3] AENOR, "Norma Española UNE-EN 60825-1: Seguridad de los productos láser", *AENOR*, 1996.