

**XVII Seminario de Ing. Biomédica 2008**  
**Facultades de Medicina e Ingeniería**  
**Universidad de la República Oriental del Uruguay**

Titulo: Medidas de seguridad y principios de mantenimientos en los láseres aplicados a la oftalmología.

Autor: Yumar Rivero Lorenzo

E-mail: [yumarrivero@gmail.com](mailto:yumarrivero@gmail.com)

Tutor: Prof. Agr. Ing. Franco Simini

Monografía vinculada a la conferencia del Prof. Agr. Ing. Franco Simini y el Ing. Jorge Lobo sobre Rutinas de control de calidad de equipos biomédicos de alta complejidad para el Fondo Nacional de Recursos (FNR) del 8 de abril del 2008.

*Es la medicina como el derecho, profesión de lucha*  
José Martí

**Palabras claves:** Láser, oftalmología, mantenimiento, seguridad.

### **Resumen**

En la siguiente monografía se comienza haciendo un recuento sobre las características fundamentales de la radiación láser y se clasifican según su tipo y potencia; luego se resaltan los láseres más utilizados en la oftalmología y sus principales aplicaciones. Posteriormente se hace un estudio sobre las medidas de seguridad y los principios de mantenimientos, así como los principales mantenimientos que se les realizan a los equipos que trabajan con estos láseres.

### **Introducción**

El crecimiento vertiginoso de nuevas tecnologías médicas a nivel mundial, ha creado la necesidad de organizar la superación y proyectar el desarrollo del proceso de formación de los recursos humanos relacionados con el manejo, explotación y mantenimiento de esta tecnología.

Las nuevas generaciones de equipos médicos empleados en diversas especialidades oftalmológicas, se caracterizan por hacer uso cada vez más frecuente de varios tipos láseres. Equipos de diagnóstico, terapéuticos y quirúrgicos, tienen presencia creciente en hospitales y centros de salud en diversas partes del mundo, complementándose con la aplicación de imágenes digitalizadas que garantizan resultados excelentes.

Surge así la necesidad de recopilar toda la información tanto física como técnica relacionada con esta tecnología. En esta monografía se propone desarrollar una investigación que abordan medidas de seguridad y principios de mantenimientos de los equipos que trabajan con láser en la rama de la oftalmología, ya que frecuentemente por desconocimiento incurrimos en violaciones que pueden afectar sobre la vida útil del equipo o atentan contra la seguridad de las personas.

### **Desarrollo**

#### **1.1 Concepto y características de la radiación láser.**

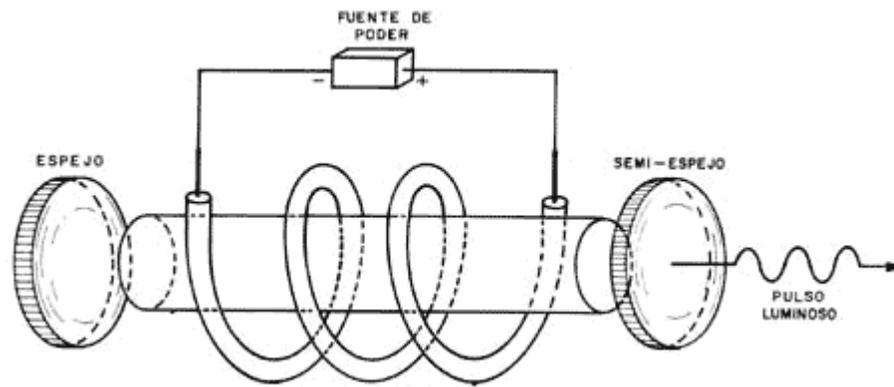
La historia del láser se remonta al año de 1916, cuando Albert Einstein estudió y predijo el fenómeno de emisión estimulada en los átomos, según el cual un átomo que recibe luz de la misma longitud de onda de la que puede emitir, es estimulado a emitirla en ese instante. Y no fue hasta 1960 cuando Theodore H. Maiman logró construir el primer láser, el láser de rubí.

**LÁSER** debe su nombre a la primera letra de cada palabra de la frase en inglés **L**ight **A**mplification **S**timulated **E**mission of **R**adiation (amplificación de luz por emisión estimulada de radiación).

La luz láser es producida por excitación de las especies de una sustancia en un medio activo y con una fuente de energía externa. Esta excitación hace que las especies excitadas emitan fotones y estos fotones al interactuar con otras especies producen más fotones. Los fotones logrados son reflejados sucesivamente en ambos sentidos por los espejos hasta que transcurrido un tiempo determinado los fotones comienzan a escapar por el espejo semitransparente. Esta luz que es altamente concentrada y coherente, es radiación láser.

##### 1.1.1 Características de la Radiación Láser:

- **Direccionalidad:** Haz Estrecho, permite concentrar el haz de salida en un área mínima, obteniéndose que la cantidad de energía por unidad de tiempo y de área es muy elevada, produciéndose desde el calentamiento hasta la evaporación del material.
- **Monocromaticidad:** Se selecciona el láser cuya longitud de onda sea mejor absorbida por el material sobre el que va a incidir.
- **Coherencia:** Todas las ondas contenidas en el haz láser están oscilando en fase.



## 1.2 Los láseres se clasifican de acuerdo al tipo y potencia en:

**Clase 1** Estos láseres no emiten niveles dañinos de radiación. Ellos usualmente tienen niveles de potencia menores que 0.4mW y emiten ondas continuas.

**Clase 2a** Esta clase de láser emiten radiación que genera un destello en  $\frac{1}{4}$  de Segundo. Ellos pueden causar daños en los ojos si es observado directamente por un largo periodo de tiempo.

**Clase 2b** Esta en una clase especial de láser, con potencia menor de 1mW. Ellos pueden causar daños en los ojos si se observa directamente por intervalo de 1000 segundos o mas. Varios tipos de escáner de código de barra utilizan este tipo de láser.

**Clase3a** Normalmente no se considera peligrosa cuando es observada momentáneamente, tiene potencia de 1 a 5 mW. Puede ser peligroso si es observado a través de dispositivos ópticos tales como microscopios o binoculares.

**Clase 3b** Este tipo de láser causa lesiones si es observado directamente, aunque normalmente no posee poder de fuego. Las potencias pueden estar en el rango de 5 – 500 mW para sistemas que emitan ondas continuas o  $10 \text{ J/cm}^2$  para sistemas pulsados.

**Clase 4** Incluye a todos los láseres con potencias que excedan los 500mW para sistemas que emitan ondas continuas o  $10 \text{ J/cm}^2$  para sistemas pulsados. Produce daños en los órganos de la visión y la piel, pueden originar un fuego.

**Incrustados** Láseres que están incluidos en sistemas con clases de baja potencia. Ejemplos impresoras láser o reproductores de CD. No obstante estos dispositivos están clasificados como clase 1, en la actualidad son láseres de clase 3. [1]

## 2.1 Láseres en la Oftalmología.

Los láseres tienen gran aplicación en la medicina fundamentalmente en las áreas de diagnósticos, tratamientos y quirúrgicas en la oftalmología los más usados son los de: neodimio, argón, dióxido de carbono, exímeros, semiconductores, rubí y a colorantes.

### 2.1.1 En la oftalmología los láseres tienen muchas aplicaciones, ejemplo:

- En las cirugías que son realizadas por el servicio de oculoplastia, el láser de CO<sub>2</sub> es el encargado de reemplazar al bisturí ya que corta y al mismo tiempo va cauterizando los pequeños vasos sanguíneos, evitando cualquier hemorragia. Fig. 4
- En el servicio de retina utiliza los láseres de neodimio en Yag, con una longitud de onda de 532nm y el de argón para fotocoagulación de vasos sanguíneos en la retina producto a una enfermedad muy común llamada retinopatía diabética. Fig. 1
- Los pacientes operados de cataratas en ocasiones le queda una opacidad en la capsula posterior que le impide el paso de la luz hacia la retina y con ello una buena visión. Para eliminar dicha opacidad se utiliza el láser de neodimio en Yag aplicando la técnica de fotodisrupción Fig. 2
- El servicio de glaucoma el láser de neodimio en Yag es utilizado para los tratamientos de trabeculoplastia y iridotomía. Fig. 2
- En el servicio de cirugía refractiva, se utilizan las mezclas de los láser exímeros para corregir los efectos refractivos. Fig. 3
- En la oftalmología en general se utilizan en muchos de equipos láseres de fijación y posicionamientos para lograr una mayor calidad y eficiencia en las técnicas que se aplican al paciente.

## 3.1 Medidas de seguridad.

Debido al papel que desempeñan estos equipos en las distintas instalaciones oftalmológicas, es necesario conocer las características de la región donde se ensamblan estos equipos médicos y analizar algunas cuestiones de seguridad del mismo, así como los impedimentos que tiene el usuario (médico e ingeniero) si durante su manipulación este presenta algún desperfecto técnico.

### 3.1.1 Indicaciones para la instalación el manejo y el uso del equipo.

- El equipo debe ser operado únicamente por personas debidamente capacitadas e instruidas.
- Los locales donde trabajen dichos equipos tienen que cumplir con las condiciones que exige el fabricante con respecto a la temperatura, humedad, espacio físico.
- Las personas que trabajen en el área de láser deben ser informadas al menos una vez al año sobre las disposiciones y las medidas de seguridad para el manejo y uso del equipo, donde estas medidas deben formularse por escrito con un listado del personal que haya operado con este.
- Mantener siempre a mano del personal operador las instrucciones para el uso del equipo y el libro de control de este.

- El médico o terapeuta y demás personas, excepto el paciente, que se encuentren en el local del tratamiento ser protegido por filtros de protección que contenga el equipo o por gafas protectoras para dicha longitud de onda.
- El equipo debe ser usado únicamente para las aplicaciones pertinentes.
- Los accesorios incluidos en este no deben usarse en lugares con peligro de explosión, en presencia de narcóticos, antisépticos volátiles o disolventes combustibles como el, alcohol, bencinas o similares.
- No se debe mantener el equipo en recintos húmedos, es decir, recintos donde el equipo se vea amenazado por la proximidad que tenga este con el agua.
- Hay desconectar el equipo si se produce chispas, humo o ruidos extraños.
- El equipo debe estar conectado a una tierra física y algunos exigen tierra médica.
- Las modificaciones y reparaciones deberán ser hechas únicamente por el personal de servicios técnicos previamente autorizado.

### **3.1.2 Seguridad del Láser.**

Cuando se trabaja con láser, fundamentalmente con los de clase 3 y 4 se deberán tomar medidas de seguridad con el fin de evitar posibles riesgos; por eso deben cumplirse las normas nacionales e internacionales aquí señaladas:

- El área del láser es la zona en la que pueden ser sobrepasados los valores de radiación máxima admisible. Al respecto debe tenerse en cuenta la posibilidad de una desviación no intencionada del rayo láser por superficies reflectantes.
- El área del láser debe mantenerse lo más reducida posible, limitándola con apantallamientos apropiados y asegurándola para que no entren en ella personas no autorizadas. El número de personas que se encuentren en el área del láser debe limitarse al mínimo imprescindible.
- El acceso al área del láser tiene que estar provisto de rótulos de advertencia.
- En el acceso al área del láser tiene que estar instalada una luz de advertencia que señalice que el láser está en funcionamiento.
- El área del láser tiene que estar delimitada y marcada durante el funcionamiento del láser. Se puede instalar un contacto de control remoto (Interlock). Este desconecta el láser automáticamente al entrar alguien en el área del láser.
- Todos los objetos que se encuentran dentro del área del láser, incluido el suelo, deberían tener superficies de reflexión difusa o deberían estar recubiertos con materiales de reflexión difusa.
- Dentro del área del láser deben permanecer únicamente el paciente a tratar y personas debidamente instruidas. Durante el funcionamiento del láser, estas personas tienen que utilizar gafas protectoras de láser apropiadas.
- Las personas que trabajan en el área del láser tienen que ser informadas al menos una vez al año sobre disposiciones y medidas de seguridad y han de ser instruidas en el manejo del aparato. Esta instrucción tiene que registrarse por escrito con una lista de las personas participantes.
- Debe existir caretas antigas en los locales donde trabajen láser cuyos compuestos químicos al reaccionar con el aire formen algunas sustancias tóxicas, para contrarrestar una fuga de dichos gases.

### **4.1 Principios de mantenimiento**

Existen tres tipos de mantenimiento a dar: predictivo, preventivo y correctivo. Se debe trabajar con intensidad con los dos primeros, ya que los equipos que trabajan con emisión láser tienen un costo económico muy alto.

**Mantenimiento Predictivo:** Se basa en predecir la falla antes de que esta se produzca. Se trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas.

- Para estos equipos hay que cumplir con las condiciones climáticas del local exigidas por el fabricante para el uso y conservación. Muchos de los equipos láseres que utilizamos en la oftalmología por software te dan una señal cuando se encuentran trabajando en modo forzado, por lo que se debe climatizar de forma inmediata y correcta el local.
- Los operarios de estos equipos deben haber sido entrenados con anterioridad en el manejo de dichos equipos.
- Se debe desarrollar una política de limpieza y desinfección a cada equipo, para que las sustancias que se utilicen no afecten su óptica, ni la cabida del láser.

**Mantenimiento Preventivo:** Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados. Este se hace a partir de una gestión de mantenimiento.

- Para estos equipos es recomendable llevar una base de datos donde se refleje su tiempo de trabajo y las condiciones climáticas del local durante su uso y cuando no se está usando. Esto permite crear una política de mantenimiento para cada equipo que permita el cambio de insumos y piezas de una forma planificada sin que se interfiera en el servicio oftalmológico que se está brindando.
- Cada equipo tiene una ficha técnica con los requisitos que exige el fabricante, los cuales se deben chequear periódicamente según las condiciones de trabajo del mismo.

Mantenimiento Correctivo: Se ocupa de la reparación una vez se ha producido el fallo y se detiene el servicio. Esta es la etapa de mantenimiento a la que evita llegar, ya que se trabaja por la eficiencia del servicio.

- Mantenimiento paliativo o de campo: Este se encarga de la reposición del funcionamiento, aunque no quede eliminada la fuente que provoco la falla.
- Mantenimiento curativo: Este se encarga de la reparación propiamente pero eliminando las causas que han producido la falla.

El mayor número de fallas esta dado por el por las condiciones de operación y el mal manejo del mismo.

Durante el funcionamiento del equipo pueden ocurrir perturbaciones, que errores que son detectado por el equipo para eso se busca la causa con ayuda de la tabla de localización de fallos, del manual de usuario del equipo. La perturbación puede ser eliminada por personal instruido en el uso del aparato. Si se produce una perturbación que no sea posible eliminar por medio de las tablas siguientes, debe comunicarse al servicio técnico y marcar el aparato como "no apto para el funcionamiento". [2][3][4][5]

## 4.2 Algunos de los mantenimientos que se realizan en los equipos que trabajan con láser en la oftalmología.

- Cambio de fusibles.
- Cambio de lámparas.
- Revisar del cabezal del láser.
- Revisar de la cavidad del láser.
- Limpieza de la óptica por la que transita el láser.
- Calibración de la potencia de salida del láser.
- Revisar la base de datos donde se reflejan las condiciones de trabajo del equipo.
- Revisar la concentración de medio activo en la cavidad del láser.

## Conclusiones

Con respecto al presente y futuro del láser en la oftalmología han elevado su potencial en varias aplicaciones tanto en el área de tratamiento, diagnostico y quirúrgica, lo que conlleva a seguir profundizando en las normas de seguridad, en muchas ocasiones son de desconocimiento para los operarios y pacientes que utilizan estos equipos, entre todos debemos abogar para estas medidas se cumplan como esta establecido por la importancia tanto para la salud de las personas como para la del equipo. También otro aspecto importante que se abordo son las políticas de mantenimiento, la cual se traza con el objetivo de alargar la vida útil del equipo así como su correcto funcionamiento. Pienso que sobre estos temas que se deberá seguir investigando y difundiendo ya que son el eslabón fundamental para que esto equipos funciones a con su mejor eficiencia y sin ningún tipo de riesgos.

## Referencias

- 1 Muñiz G, "Física del láser (Clase 1)". *Power Point*. Habana, 2006.
- 2 Carl Zeiss MEDITEC AG."Manual de usuario del Visulas Yag III". Alemania. 2004. Carl Zeiss. [www.meditec.zeiss.com](http://www.meditec.zeiss.com)
- 3 Carl Zeiss MEDITEC AG."Manual de usuario del Visulas 532s". Alemania. 2005. Carl Zeiss. [www.meditec.zeiss.com](http://www.meditec.zeiss.com)
- 4 Nidek CO LTD. "Manual de Usuario del COL-1040". Japón. Nidek.
- 5 SCHWIND eye-tech-solutions GmbH & Co KG colectivo de autores.: "ESIRIS excimer laser system, user manual", Alemania, 2001-2005.
- 6 J. Hecht y D. Teresi, El rayo láser Biblioteca Científica Salvat, Salvat Editores, Barcelona, 1987
- 7 [www.clinicareinoso.com/info/qx\\_miop.htm](http://www.clinicareinoso.com/info/qx_miop.htm)

## Anexos

### 2.1 Algunos equipos oftalmológicos que trabajan con láser y en que servicio se encuentran:

#### Figura 1 Hospital de Ojos Gustavo Saint Bois VISULAS 532s o Láser de doble frecuencia

**Características:** Este equipo trabaja con láser de neodimio Yag, su radiación se produce con una longitud de onda 532 NM y su potencia de salida 3W.

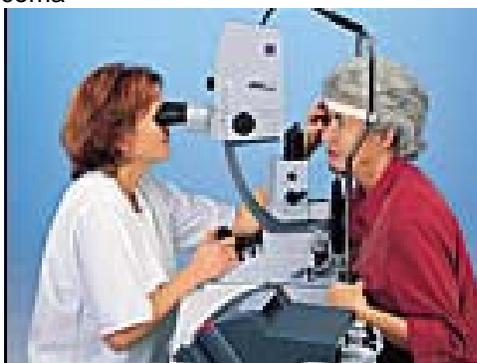
**Aplicaciones:** Retina, Glaucoma



**Figura 2** Instituto cubano de oftalmología Ramón Pando Ferrer  
**VISULAS YAG III**

**Características:** Este equipo trabaja con láser de neodimio Yag, su radiación se produce con una longitud de onda 1064 NM y su potencia de salida es de 3W.

**Aplicaciones:** Cataratas, Glaucoma



**Figura 3** Hospital de Ojos Gustavo Saint Bois  
**ESIRIS**

**Características:** Este equipo trabaja con láser exímeros ArF su radiación se produce con una longitud de onda 193 NM y su potencia de salida media es de 4W.

**Aplicaciones:** Cirugía Refractiva



**Figura 4** Hospital de Ojos Gustavo Saint Bois  
**COL-1400**

**Características:** Este equipo trabaja con láser de dióxido de carbono su radiación se produce con una longitud de onda 10600 NM y su potencia de salida es de 40W.

**Aplicaciones:** Oculoplastia.



**Palabras de dudoso significado.**

**Fotocoagulación:** Procedimiento mediante el cual el láser de baja potencia produce una quemadura controlada en el tejido específico para el cual están diseñados.

**Fotodisrupción:** Procedimiento donde la alta potencia del láser permite ionizar el tejido al punto de romper sus átomos y convertirlo en plasma (libera mucha energía en muy poco tiempo). Este tipo de láser debe ser cuidadosamente enfocado sobre la estructura que se quiere perforar.

**Iridotomía:** El objetivo de este procedimiento es restablecer la comunicación entre las cámaras anterior y posterior realizando una abertura en el iris.

**Trabeculoplastia:** Es un procedimiento que consiste en la aplicación de un láser al trabéculo. Esto incrementa el drenaje del humor acuoso. [7]