



Servicio
Meteorológico
Nacional

Sistema LÁSER: amplificación de luz por emisión estimulada de radiación Seguridad - principios básicos

Nota Técnica SMN 2017-28

Inga. Albane Barbero¹, Ing. Sebastian Papandrea²

¹ *Departamento de Investigación y Desarrollo, Gerencia de Investigación, Desarrollo y Capacitación, SMN*

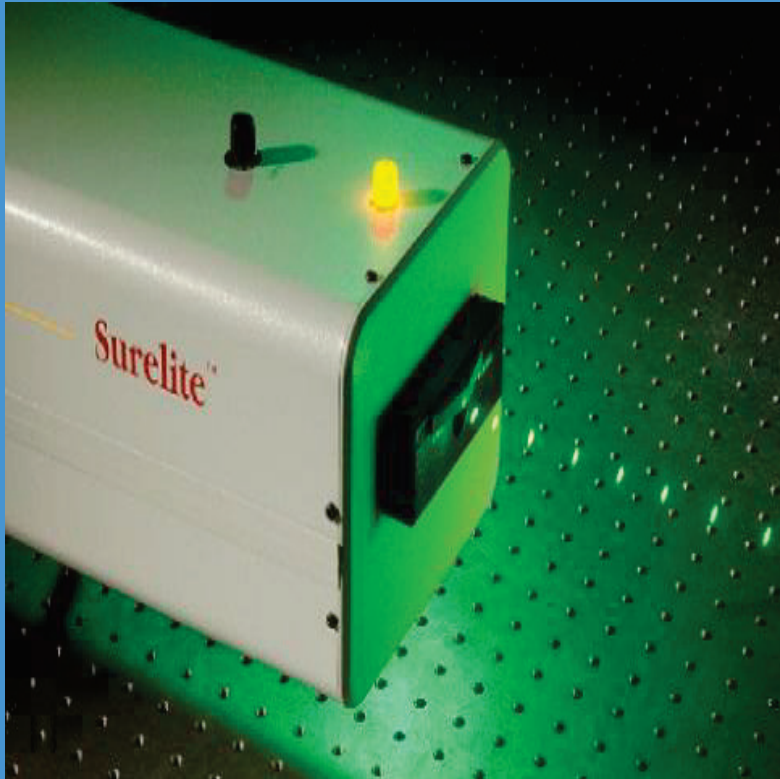
² *CEILAP-UNIDEF, (CITEDEF-CONICET)*

Septiembre 2017

Información sobre Copyright

Este reporte ha sido producido por empleados del Servicio Meteorológico Nacional con el fin de documentar sus actividades de investigación y desarrollo. El presente trabajo ha tenido cierto nivel de revisión por otros miembros de la institución, pero ninguno de los resultados o juicios expresados aquí presuponen un aval implícito o explícito del Servicio Meteorológico Nacional.

La información aquí presentada puede ser reproducida a condición que la fuente sea adecuadamente citada.



SISTEMA LÁSER: AAMPLIFICACIÓN DE LUZ
POR EMISIÓN ESTIMULADA DE
RADIACIÓN

SEGURIDAD – PRINCIPIOS BÁSICOS

El presente manual ha sido diseñado y confeccionado por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y El Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF) en el marco del proyecto SAVER-Net con el objetivo de ser una guía para la utilización y mantenimiento de los láseres. Los lineamientos y procedimientos aquí descriptos son dirigidos a observadores, operadores y jefes de estación quienes tienen que cumplir y hacer cumplir las medidas de seguridad y procedimientos aquí descriptos a fin de una correcta y segura utilización de los instrumentos.



¡RADIACIÓN LÁSER!

El símbolo de la radiación se utiliza para alertar al usuario del peligro de la radiación láser al realizar ciertas operaciones.



¡ALTO VOLTAJE!

El relámpago o rayo indica la presencia de alta tensión que pueda ser peligrosa para el usuario y/o el equipo.



¡ATENCIÓN!

El símbolo de exclamación se utiliza para llamar la atención sobre otros posibles riesgos no considerados en las dos categorías anteriores.



¡ADVERTENCIA!

El usuario debe ser consciente de la especial atención que hay que tener cuando se realizan procedimientos potencialmente peligrosos tanto para él como para el equipo.

2. Láseres

2.1 Tipos de láseres

Existen muchísimos tipos de láseres diferentes. La tabla siguiente resume las características de algunos de los tipos de láser más importantes.

Láser	Medio activo	Rango de frecuencia de emisión	Regimen de emisión	Utilidades
Helio-Neon	Gas	Rojo	Continuo	- Metrología - Lectores de códigos de barras.
Ion de Ar	Gas	Verde – Azul	Continuo	- Bombeo - Espectáculos
CO ₂	Gas	Infrarrojo	Continuo o pulsado	- Corte - Soldadura - Cirugía
Excímero	Gas	Ultravioleta	Pulsado	- Microprocesado - Cirugía
Químicos	Gas	Infrarrojo	Continuo	- Escudos antimisiles
Colorante	Líquido o Sólido	IR-Visible-UV	Continuo o pulsado	- Espectroscopia
Rubi	Sólido	Rojo	Pulsado	- Investigación
Neodimio:YAG	Sólido	Infrarrojo (*)	Continuo o pulsado	- Bombeo - Procesado de materiales - Cirugía
Titanio:Zafiro	Sólido	Infrarrojo	Continuo o pulsado	- Investigación - Pulsos ultracortos
Semiconductor	Sólido	Infrarrojo – Visible	Continuo	- Comunicaciones - CD, DVD - Punteros - Bombeo
Fibra	Sólido	Infrarrojo – Visible	Continuo o pulsado	- Procesado de materiales - Comunicaciones - Espectroscopia
Electrones libres	(**)	Microondas – Rayos X	Pulsado	- Investigación

(*) La luz de estos láseres suele doblarse en frecuencia mediante un proceso llamado generación de segundo armónico dando lugar a un haz de luz verde.

(**) Los láseres de electrones libres se basan en un mecanismo completamente distinto al del resto de láseres y no tienen un medio activo propiamente dicho.

2.2 Clases de láseres

La clase de un láser es un indicador directo del grado de peligrosidad que supone la utilización de un dispositivo de estas características. Los tres factores que principalmente definen la clase de un láser son: la longitud de onda, la duración / tiempo de exposición, la potencia / energía del haz.

Clase 1	Productos láser que son seguros en todas las condiciones de utilización razonablemente previsibles, incluyendo el uso de instrumentos ópticos en visión directa.
Clase 1M	Láseres que emitiendo en el intervalo de longitudes de onda (λ) entre 302,5 y 4000 nm son seguros en condiciones de utilización razonablemente previsibles, pero que pueden ser peligrosos si se emplean instrumentos ópticos para visión directa. (Ver 8.2 en la norma).
Clase 2	Láseres que emiten radiación visible en el intervalo de longitudes de onda comprendido entre 400 y 700 nm. La protección ocular se consigue normalmente por las respuestas de aversión, incluido el reflejo parpebral. Esta reacción puede proporcionar la adecuada protección aunque se usen instrumentos ópticos.
Clase 2M	Láseres que emiten radiación visible (400 y 700 nm). La protección ocular se consigue normalmente por las respuestas de aversión, incluido el reflejo parpebral, pero la visión del haz puede ser peligrosa si se usan instrumentos ópticos. (Ver 8.2)
Clase 3R	Láseres que emiten entre 302,5 y 106 nm, cuya visión directa del haz es potencialmente peligrosa pero su riesgo es menor que para los láseres de Clase 3B. Necesitan menos requisitos de fabricación y medidas de control del usuario que los aplicables a láseres de Clase 3B. El límite de emisión accesible es menor que 5 veces el LEA de la Clase 2 en el rango 400-700 nm, y menor de 5 veces el LEA de la Clase 1 para otras longitudes de onda.
Clase 3B	Láseres cuya visión directa del haz es siempre peligrosa (por ej. dentro de la Distancia Nominal de Riesgo Ocular). La visión de reflexiones difusas es normalmente segura (véase también la nota 12.5.2c).
Clase 4	Láseres que también pueden producir reflexiones difusas peligrosas. Pueden causar daños sobre la piel y pueden también constituir un peligro de incendio. Su utilización precisa extrema precaución.

2.3 Peligros según las clases

CLASE" DE SISTEMA LÁSER	RIESGOS DERIVABLES
Clase 1	No generan riesgos si se usan con normalidad. No es previsible que causen daño ocular aunque el operador emplease algún tipo de instrumento óptico (por ejemplo: lente de aumento) de visión directa.
Clase 1M	No generan riesgos si se usan con normalidad, pero podrían causar daño ocular si el operador emplea algún tipo de instrumento óptico (por ejemplo: lente de aumento) de visión directa.
Clase 2	Podría causar daños oculares. A priori los mecanismos de aversión como el <i>reflejo parpebral</i> * son suficientes (normalmente) como protección. El riesgo de padecer daño ocular aumenta si el operador emplea algún tipo de instrumento óptico (por ejemplo: lente de aumento) de visión directa.
Clase 2M	Puede causar daños oculares. El riesgo de padecer daño ocular <u>aumenta muy notablemente</u> si el operador emplea algún tipo de instrumento óptico (por ejemplo: lente de aumento) de visión directa.
Clase 3R EXTREMAR PRECAUCIÓN.	La visión directa del haz es potencialmente peligrosa, aunque en menor medida que láser 3B. Pueden causar daños oculares agudos y crónicos. EXTREMAR PRECAUCIÓN.
Clase 3B EXTREMAR PRECAUCIÓN.	La visión directa del haz es siempre peligrosa. La visión de reflexiones difusas podría según casos, se peligrosa también. Pueden causar daños oculares agudos y crónicos. EXTREMAR PRECAUCIÓN.
Clase 4 EXTREMAR PRECAUCIÓN.	Pueden causar daños oculares y cutáneos agudos o crónicos si se entra en contacto directo, indirecto, o por reflexión, con el haz láser. También pueden originar incendios. EXTREMAR PRECAUCIÓN.

3. Láser del LIDAR: Nd:Yag

3.1 Simbología utilizada

Los símbolos de advertencia internacionalmente reconocidos que se muestran aquí se utilizan en todo el manual para advertir al usuario de los posibles peligros al utilizar este equipo que posee radiación láser.



El símbolo de la radiación se utiliza para alertar al usuario del peligro de la radiación láser al realizar ciertas operaciones.



El relámpago o rayo indica la presencia de alta tensión que puede suponer un peligro para el usuario o el equipo.



El símbolo de exclamación se utiliza para llamar la atención sobre otros posibles riesgos no considerados en las dos categorías anteriores.



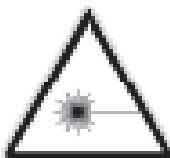
El usuario debe ser consciente de la especial atención que hay que tener cuando se realizan procedimientos potencialmente peligrosos tanto para él como para el equipo.

La sección de seguridad se coloca como el primer capítulo del manual para enfatizar su importancia y la necesidad de leerlo antes de trabajar con este sistema.

3.2 Precauciones al trabajar con radiación laser

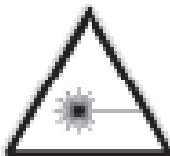
El láser utilizado en este sistema LIDAR es un láser Surelite de Continuum o un láser Brilliant de Quantel, estos son láseres de alta potencia de clase IV cuyo haz es, por definición, un riesgo para la seguridad. Tomar precauciones para evitar la exposición accidental a haz tanto directo como reflejado, ambos pueden causar graves daños a los ojos y la piel.

La radiación infrarroja pasa fácilmente a través de la córnea y está enfoca la radiación sobre la retina, donde puede causar un daño permanente o ceguera instantánea. Incluso pequeñas dosis de radiación dispersa puede ser perjudicial.



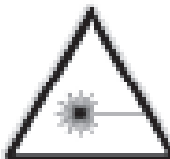
¡RADIACIÓN LÁSER!

Seguir procedimientos distintos a los especificados aquí puede provocar una exposición peligrosa a la radiación.



¡RADIACIÓN LÁSER!

Evite la exposición de los ojos y la piel a la radiación laser, sea esta directa o dispersa.



¡RADIACIÓN LÁSER!

Use las gafas de protección suministradas para proteger los ojos de la energía producida por el láser. El contacto directo del haz láser con los ojos puede causar lesiones oculares graves.



¡ADVERTENCIA!

Si el equipo se utiliza de una manera no especificada, la protección proporcionada por el equipo puede ser afectada.

El siguiente es un resumen de las precauciones generales de seguridad, que deben de ser observadas por cualquier persona que trabaje con el láser.

- ✓ Nunca mire directamente al rayo láser ni su reflejo.
- ✓ Nunca se alinee visualmente a la fuente de radiación mientras la fuente de alimentación está energizada. Esto puede generar daño permanente en el ojo.
- ✓ Mantenga todo el personal innecesario y sin la protección adecuada fuera de la zona donde se encuentra el sistema LIDAR cuando este esté en funcionamiento.
- ✓ Haga funcionar el LIDAR sólo cuando el recinto donde se encuentra el equipo laser este cerrado.
- ✓ Nunca haga funcionar el sistema LIDAR sin la supervisión de personal cualificado.
- ✓ Retire toda superficie brillante que puedan generar reflexiones no deseadas (incluyendo anillos, correas de reloj, lápices metálicos, etc).
- ✓ Asegúrese de colocar señales de advertencia apropiadas y que estén visibles para todos.
- ✓ Mantenga la zona de disparo de láser bien iluminado para que las pupilas de los ojos de los trabajadores se mantengan constreñidas. Esto reduce la cantidad de luz que ingresa al ojo y reduce la posibilidad de daño ocular.
- ✓ Mantener visibles y en buen estado señales de advertencia suministradas cuando el sistema LIDAR está en funcionamiento.



¡ADVERTENCIA!

Tenga en cuenta en todo momento que se trata de un láser clase IV, la clasificación más alta y la más peligrosa. Las reflexiones especulares del haz principal en una superficie pulida pueden causar daños graves en los ojos.

3.3 Precauciones al trabajar con alta tensión

Si bien el sistema LIDAR cuenta con distintos dispositivos para evitar descargas eléctricas severas, bajo ninguna circunstancia personal no calificado deberá manipular la instalación eléctrica o equipos sin su carcasa y/o conexión a tierra debidamente colocada.



¡ALTO VOLTAJE!

Nunca retire la carcasa del cabezal laser, esto es solo para personal calificado.



¡ALTO VOLTAJE!

Nunca retire la carcasa ni manipule, fuera de las indicaciones, los equipos que se encuentren conectados a la red eléctrica.

El siguiente es un resumen de las precauciones generales de seguridad eléctrica, que deben de ser observadas para evitar accidentes por descargas eléctricas.

- ✓ No manipular la instalación eléctrica, esto es solo para personal calificado.
- ✓ Utilizar siempre enchufes con puesta a tierra.
- ✓ Utilizar siempre un calzado adecuado para manipular el sistema.
- ✓ No utilizar ningún tipo de adaptador para realizar una conexión eléctrica.
- ✓ No utilizar alargues ni cables empalmados.



¡ADVERTENCIA!

Un choque eléctrico y quemaduras son lagunas de las lesiones resultantes de manipular indebidamente la instalación y equipos eléctricos.



¡ADVERTENCIA!

Tenga en cuenta que hay equipos que mantienen su energía aun después de apagados o incluso luego de ser desconectados de la red eléctrica.



La cabeza del láser (parte frontal y parte trasera)



La fuente del láser (parte frontal y parte trasera) y su refrigerante

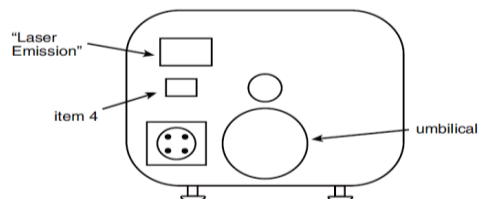
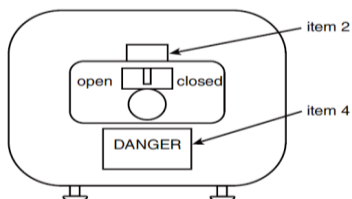


Ilustración 1: Lugar de las etiquetas en la cabeza del láser Surelite de Continuum

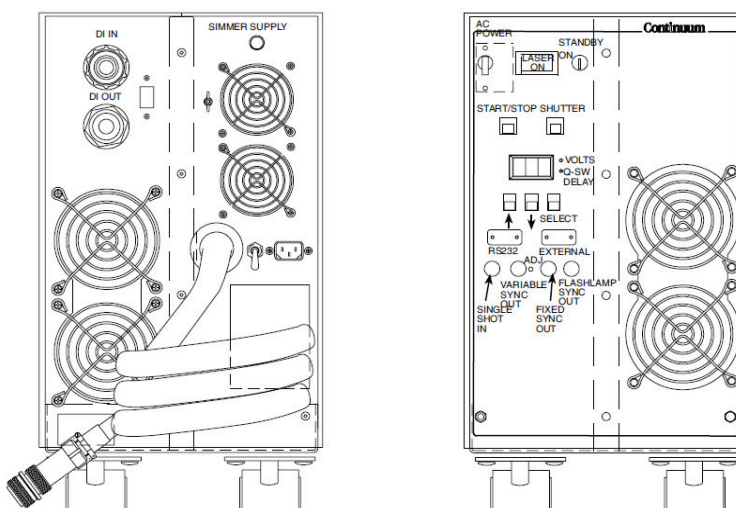
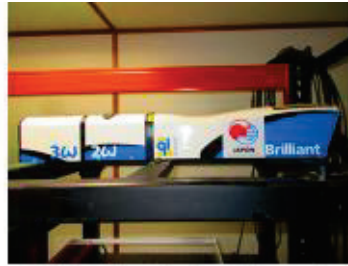


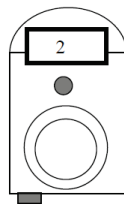
Ilustración 2: Tablero trasero y delantero de la fuente del láser Surelite de Continuum



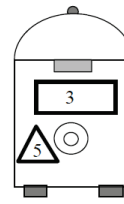
La cabeza del láser (parte frontal y parte trasera)



La fuente del láser (parte frontal y parte trasera) y su refrigerante

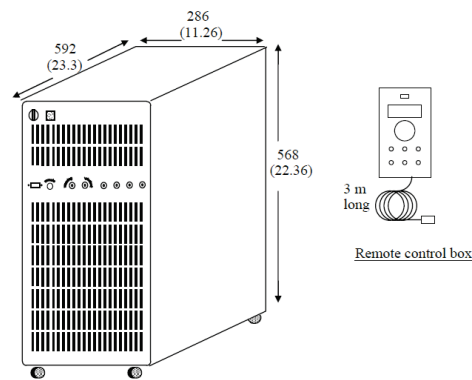


Rear view



Front view

Ilustración 3: Lugar de las etiquetas en la cabeza del láser Brilliant de Quantel



Power supply and cooling group cabinet 43 Kg (94.8 lb)

Ilustración 4: Tablero delantero de la fuente del láser Brilliant de Quantel

4. Riesgos

4.1 Estadística de accidentes

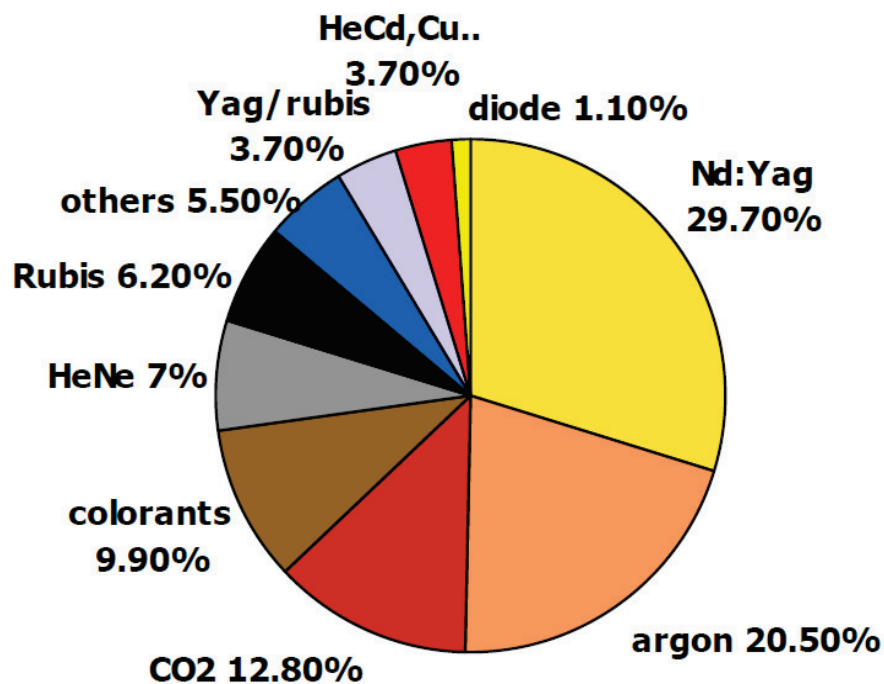


Ilustración 4: Source - Rockwell Laser Industries

4.2 Causas principales

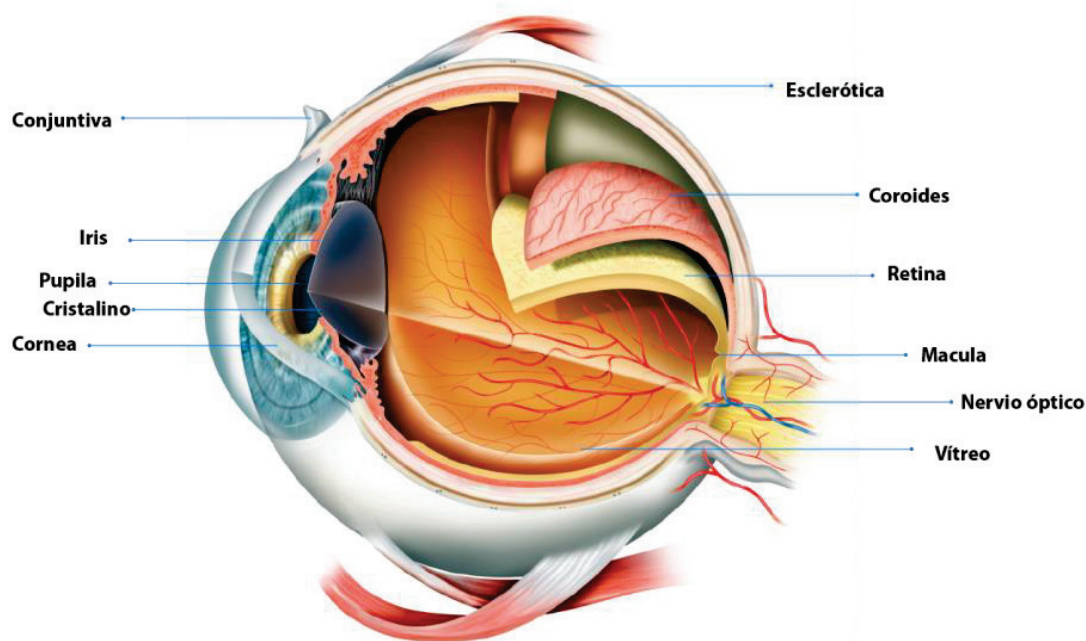
- Exposición del ojo:
 - o En el momento de la alineación
 - o En el momento de un mal funcionamiento de un aparato
- Protección ocular poco utilizada
- Utilización de gafas inadecuadas o defectuosas
- Mal confinamiento del haz
- Precauciones insuficientes en el momento de manipulación de alto voltaje.

4.3 Daños causados

i. Ojo y piel

Lesiones oculares		
UV B y C (170 - 315nm)	UV A (315 - 400nm)	VISIBLE (400 - 700nm) y CERCA IR (700 - 1400nm)
Pérdida de transparencia del cristallincristallin	Photoqueratitis de la córnea	Daños variables dependientes de donde se hace la focalización sobre la retina:
Conjuntivitis (inflamación de la conjuntiva)	A largo plazo: catarata	1. fuera maculó: corto
Photoqueratitis (inflamación de la córnea)		2. en maculó y periferia: mancha negra
		3. en fovea: pérdida de la vista

Lesiones cutáneas		
VISIBLE - IR	UV	UV < 360nm
Térmico	Fotoquímicos	Fotoablativos
Eritema	Eritema	Désorption de la surface des tissus
Phlyctène	Queratosis	Rupture des liaisons moléculaires
Carbonización superior	Alergia cutánea	
	Melanoma	



ii. Otros

- Químicos: utilización de colorantes, disolventes, nitrógeno líquido, gas que asfixia o tóxico y producción de ozono.
- Incendio y explosión: papeles, tejidos, materias plásticas, madera. Los gases y los disolventes utilizados son a veces inflamables y el riesgo de explosión se añade al incendio.
- Eléctricos: la alimentación eléctrica casi de todos los láseres abastecida de la alta tensión y hay riesgo que los condensadores de gran capacidad quedan encargados hasta cuando el aparato no es más bajo tensión.
- Cilindros de gas: los cilindros deben estar colocados en la vertical y sólidamente fijados sobre la pared.
- Toda alineación del haz láser debe ser efectuado con mínimo de potencia.

5. Consignas de seguridad a los usuarios

5.1 Exposición máxima autorizada

“El nivel de influencia láser al cual las personas pueden ser expuestas en las condiciones normales sin sufrir efectos perjudiciales”. Es recomendado situarse siempre cuando el nivel de radiación es inferior a este límite.

5.2 Instalación de seguridad

- Extintor de humo a base de CO₂
- Botón de extinción del haz láser
- Fijación “láser en función”
- Procedimiento de intervención en caso de accidente
- Montaje bien fijado sobre la mesa

5.3 Protecciones oculares

- El puerto de gafas de protección es obligatorio en el momento de la utilización de láseres de clase 3B y de clase 4.
- Elegir las gafas de protección con arreglo a la longitud de onda, de la potencia y del tipo de láser.
- Jamás voluntariamente mirar el haz láser directo o uno de sus reflexiones, hasta con gafas de protección ocular.
- Limpiar regularmente y no utilizarlos si son dañadas.

5.4 Otras protecciones

- Jamás voluntariamente dirijas el haz hacia una persona o el ojo de alguien.
- En el momento de la utilización de láseres de clase 4, conviene llevar un blusón ininflamable así como guantes. Si hay producción de plasma, conviene protegerse del espectro entero de longitud de onda. Si hay producción de vapor tóxico, conviene utilizarle una extracción a la fuente y ventilar bien el lugar.
- En el momento de la utilización de un láser que emite en el UV, conviene llevar una visera arriba por las gafas de protección así como un blusón y guantes. La utilización de crema solar puede también convenir. Si hay producción de ozono, conviene contener el haz en presencia de un gas neutro o utilizarle una extracción a la fuente y ventilar bien el lugar.
- Es obligatorio quitar toda superficie reflejantes antes de entrar en una zona láser: joya, reloj, cinturón, bolígrafo.

6. ¿Qué hacer en caso de accidente? (Procedimiento)

- Cortar la alimentación del láser
- Cerrar los ojos obligatoriamente
- Sentar la persona herida o acostarla por tierra
- Poner varias compresas secas y estériles sobre ambos ojos para impedir la luz de penetrar. Fijarlas con una banda de gaza.
- Anotar las características del láser (clase, potencia y longitud de onda)
- Completar un informe de accidente al servicio de salud y seguridad del trabajo:
 - o ¿Qué ha pasado exactamente?
 - o ¿Qué los testigos vieron?
 - o ¿Hay una pérdida de conciencia, espasmos musculares, parada respiratoria, paro cardíaco, quemaduras, heridas etc.?
 - o ¿Cuál es el comportamiento de la víctima después del accidente?
- Cual que sea la importancia del accidente, ir al hospital las horas que siguen
- Subir un fondo del ojo

7. Esencial

Cuando se trabaja con un láser de clase superior a 1, obligatoriamente hace falta:

- Tener la maestría del haz láser, de la fuente al detector, lo cual significa:
 - o Todo objeto reflejante y parcialmente reflejante sólidamente sean fijados
 - o Conocer perfectamente su experiencia y así perfectamente localizar el trayecto del haz láser en el momento de su propagación. Este conocimiento permite en el mismo tiempo de detectar las reflexiones parásitas y de bloquearlas (utilizando bloqueadores absorbentes y no reflejantes)
- Bloquear el haz, hay que como máximo evitar las reflexiones difusas utilizando por ejemplo un pedazo de cartón para bloquear el haz láser poderoso.
- El experimentador tiene que tomar sus precauciones, lo cual significa:
 - o Siempre debe ajustar su experiencia con una potencia débil
 - o Jamás debe poner sus ojos en el eje de propagación de los haces láser
 - o Siempre trabajar desnudo de todo objeto que refleja tal como reloj, pulsera, alianza...
 - o Siempre trabajar en un lugar con una iluminación mínima para evitar de tener su pupila totalmente abierta.
 - o Siempre llevar sus gafas de protección adaptadas tan pronto como el riesgo existe.

8. Referencias

Continuum Surelite Laser. (2002-2010). Operation and Maintenance Manual for Surelite(TM) Lasers. Santa Clara., USA

Quantel Brilliant Laser. (July 2008). Instruction manual. Les Ulis, FRANCE

Leduc, M. (2013). Guide d'utilisation des lasers. Montréal: Polytechnique Montréal.

Reita, V. (2009). Sécurité laser - principes essentiels. Grenoble: Neel Institut - pôle optique.

Instrucciones para publicar Notas Técnicas

En el SMN existieron y existen una importante cantidad de publicaciones periódicas dedicadas a informar a usuarios distintos aspectos de las actividades del servicio, en general asociados con observaciones o pronósticos meteorológicos.

Existe no obstante abundante material escrito de carácter técnico que no tiene un vehículo de comunicación adecuado ya que no se acomoda a las publicaciones arriba mencionadas ni es apropiado para revistas científicas. Este material, sin embargo, es fundamental para plasmar las actividades y desarrollos de la institución y que esta dé cuenta de su producción técnica. Es importante que las actividades de la institución puedan ser comprendidas con solo acercarse a sus diferentes publicaciones y la longitud de los documentos no debe ser un limitante.

Los interesados en transformar sus trabajos en Notas Técnicas pueden comunicarse con Ramón de Elía (rdelia@smn.gov.ar), Luciano Vidal (lvidal@smn.gov.ar) o Martin Rugna (mrugna@smn.gov.ar) de la Gerencia de Investigación, Desarrollo y Capacitación, para obtener la plantilla WORD que sirve de modelo para la escritura de la Nota Técnica. Una vez armado el documento deben enviarlo en formato PDF a los correos antes mencionados. Antes del envío final los autores deben informarse del número de serie que le corresponde a su trabajo e incluirlo en la portada.

La versión digital de la Nota Técnica quedará publicada en el Repositorio Digital del Servicio Meteorológico Nacional. Cualquier consulta o duda al respecto, comunicarse con Melisa Acevedo (macevedo@smn.gov.ar).