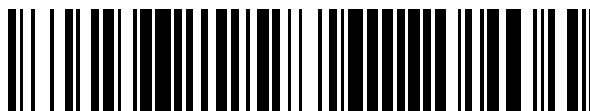


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 687**

51 Int. Cl.:

**G01N 21/65** (2006.01)  
**G01N 21/33** (2006.01)  
**F16P 3/12** (2006.01)  
**G02B 27/10** (2006.01)  
**G01N 21/88** (2006.01)  
**B23K 37/00** (2006.01)  
**F16P 1/06** (2006.01)  
**F16P 3/14** (2006.01)  
**B23K 26/70** (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.05.2012 PCT/US2012/037679**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **15.11.2012 WO12155125**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.05.2012 E 12783006 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019 EP 2707701**

54 Título: **Dispositivo y método de evitación de riesgo óptico**

30 Prioridad:

**12.05.2011 US 201161485473 P**  
**13.03.2012 US 201261610359 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.10.2019**

73 Titular/es:

**ALAKAI DEFENSE SYSTEMS, INC. (100.0%)**  
**8285 Bryan Dairy Road, Ste. 125**  
**Largo, FL 33777, US**

72 Inventor/es:

**POHL, KENNETH RANDALL;**  
**FORD, ALAN RAY;**  
**WATERBURY, ROBERT DOUGLAS;**  
**VUNCK, DARIUS y**  
**DOTTERY, EDWIN L.**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 727 687 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo y método de evitación de riesgo óptico

**Campo de la invención**

5 El campo se refiere a dispositivos para la prevención o la mitigación de daños ópticos en la córnea y en la retina por la exposición a un riesgo óptico, tal como un haz procedente de un láser.

**Antecedentes**

10 La norma ANSI Z136.1-2007 divulga métodos conocidos y aceptados para evitar y mitigar riesgos causados por láseres a la visión. La córnea y la retina son especialmente vulnerables a los daños en humanos y animales provocados por fuentes de láser que tienen frecuencias con longitudes de onda visibles y no visibles. En algunos casos, los haces de láser que no son visibles son más peligrosos que los que se encuentran dentro del intervalo visible: la persona o el animal no ve el haz y no puede saber cómo reaccionar para evitar el daño. Los haces visibles de intensidad suficiente pueden aún causar daños si una persona no aparta la mirada o cierra los ojos, pero una persona puede ser sometida a una exposición continuada a un haz invisible que puede causar daños a lo largo de un periodo de tiempo prolongado, si la persona mira fijamente hacia el haz sin saber de su existencia.

15 En la práctica, la ingeniería y los controles de seguridad evitan la acción de un riesgo óptico o bloquean el riesgo óptico para que no cause daños fuera de una zona confinada o dentro de un alcance peligroso. Incluso los haces de láser altamente coherentes divergen y se atenúan a lo largo de las distancias. Los haces y las fuentes con una mayor divergencia se atenúan mucho más rápidamente con la distancia desde la fuente. Por lo tanto, en algunos casos, un riesgo óptico puede estar limitado a un alcance comparativamente corto, más allá del cual incluso exposiciones prolongadas no provocarán ningún daño duradero.

20 Los controles administrativos y procedimentales son buenas prácticas que se adoptan generalmente en uso, cuando pudieran causarse condiciones potencialmente peligrosas por un riesgo óptico de algún tipo. Estas prácticas pueden mitigar la exposición cuando, por ejemplo, la ingeniería y los controles de seguridad fallan, o cuando la ingeniería y los controles de seguridad no son prácticos, tal como en el campo de uso de láseres para apuntamiento, detección, medición de la distancia, comunicaciones, fabricación, tal como curado de resinas epoxídicas, y otros procedimientos industriales y aplicaciones similares. Estas pueden incluir el uso de gafas especiales, películas y filtros, así como procedimientos para despejar de personal un área de alcance reducido, antes del uso de riesgos ópticos.

25 Las Patentes de los EE.UU. Nos. 7.500.763, 7.180.426 y 6.190.022 utilizan una fuente de luz que comprende un láser y/o LEDs, con o sin telémetro, para incapacitar a individuos situados dentro del alcance del láser y/o de los LEDs. Estos sistemas tienen un telémetro o adoptan otras precauciones para evitar una exposición de umbral que excedería un umbral de exposición permisible que podría causar un daño permanente. Si bien estos dispositivos se han diseñado simplemente para desorientar e incapacitar temporalmente, el uso de estos dispositivos ópticos potencialmente peligrosos está controlado y limitado, y puede no ser permitido debido a la posibilidad de que tales dispositivos puedan causar daños oculares temporales o permanentes, más allá del efecto deseado de una mera desorientación e incapacidad temporales. Los telémetros y dispositivos similares no son 100% eficaces a la hora de detectar personas y animales dentro de una zona de peligro, y es probable que la aprobación del uso de tales dispositivos esté limitada a dispositivos que se limitan a efectos muy modestos, tales como la luz de bombillas de flash y efectos similares.

30 La Solicitud de Patente de los EE.UU. 11/215.777 divulga un sistema para el propósito de evitar daños oculares originados por un láser, que se sirve de un sensor para detectar la posición de una mano y de un control para controlar el funcionamiento del láser basándose en esta posición. Este tiene la ventaja de ser capaz de impedir el funcionamiento del láser si la posición de la mano no se encuentra en un lugar seguro, pero tiene la desventaja de estar limitado a un usuario conocido. El sistema no es capaz de realizar un seguimiento de las posiciones de personas y animales desconocidos que pudieran deambular por la zona de riesgo óptico.

35 La Patente de los EE.UU. Nº 6.270.467 divulga un sistema, un dispositivo y un método para evitar el síndrome de visión de computadora (CVS –“computer vision syndrome”–) utilizando unos medios para recordar a un usuario de computadora concreto pestañear periódicamente, lo que evita la excesiva desecación de los ojos.

40 La Patente de los EE.UU. Nº 7.695.141 divulga un sistema que utiliza una fuente de luz de estimulación proyectada en la retina de un fondo de ojo bajo examen, a fin de estimular la retina de una manera localizada para generar una señal bioeléctrica desde la retina, lo que asegura un electroretinograma local fiable. El dispositivo se limita a un examen de un paciente concreto y no puede causar una respuesta de evitación en el paciente o en otros.

45 La Patente de los EE.UU. Nº 4.299.464 divulga un método y un dispositivo para utilizar una fuente de luz con el fin de estimular una respuesta óptica destinada a reducir o evitar los «ojos rojos» en la fotografía con flash. La Patente de los EE.UU. Nº 4.285.588 divulga un método y un dispositivo para reducir la ocurrencia del hecho de pestañear durante la fotografía con flash, utilizando un flash previo para hacer que el sujeto o sujetos pestañeen antes de la

apertura del obturador y de un segundo flash. Si bien esta divulgación preconiza la estimulación de una respuesta involuntaria, el flash previo tiene como resultado una exposición del ojo a un flash, en vez de la evitación de un flash.

La Solicitud de Patente de los EE.UU. N° US 2005/0215987 A1 divulga un método y un aparato en los cuales la seguridad del ojo en las proximidades de una unidad de láser que emite un haz infrarrojo u otra radiación invisible se incrementa al añadir un dispositivo de destello de flash al sistema de láser, a fin de hacer que los ojos de la persona se cierren durante la propagación del haz de láser.

Ninguno de los métodos conocidos para evitar o mitigar los daños ocasionados por riesgos ópticos se sirve de respuestas fisiológicas estimuladas, inducidas por un segundo láser u otro dispositivo de evitación de riesgo óptico, a fin de evitar o mitigar los daños ópticos dentro de una zona de riesgo de un primer láser.

## 10 Compendio

La invención y sus realizaciones preferidas se definen por las reivindicaciones que se dan más adelante. Cualesquiera otros ejemplos se proporcionan meramente para propósitos ilustrativos. Un dispositivo de evitación de riesgo óptico fuerza una respuesta fisiológica en una persona o animal («observador»), que mitiga la exposición ocular del espectador a un riesgo óptico particular que, de otro modo, causaría, posiblemente, un daño ocular temporal o permanente, tal como un daño corneal o retinal. El dispositivo estimula una respuesta de evitación involuntaria y/o voluntaria.

En un ejemplo, una fuente de luz que podría causar un daño ocular dentro de un alcance dado desde la fuente de luz, tal como un primer láser, está acompañada por un dispositivo de evitación de riesgo óptico, tal como un segundo láser, que estimula una respuesta voluntaria o involuntaria, o bien tanto una respuesta voluntaria como una involuntaria, ya sea fisiológica, ya sea conductual, ya sea tanto fisiológica como conductual, dentro de una o más zonas de riesgo, tal como mediante la inducción en el observador de una aversión a dirigir la mirada. Las respuestas fisiológicas son reflejos, a menudo involuntarios, de un sujeto individual que mitigan o evitan el daño, tal como el parpadeo, el respingo, la contracción de la pupila, cerrar los ojos, apartar la mirada, agacharse y otras respuestas similares. Las respuestas conductuales son respuestas individuales o de grupo que mitigan o evitan los daños al limitar la exposición a riesgos potenciales mediante el cambio del comportamiento de un individuo o de un grupo, tal como trasladarse más lejos, taparse los ojos, apartar la mirada sin volver la vista, dispersarse una multitud y otros similares.

En un ejemplo, un riesgo óptico, tal como una fuente potente de luz que no es visible, se combina con un dispositivo de evitación de riesgo óptico que comprende una fuente de luz visible, tal como un diodo electroluminiscente y/o una fuente de luz de láser. Por ejemplo, pueden combinarse en un dispositivo de evitación de riesgo óptico tanto una fuente de luz de LED visible como una fuente de luz de láser visible. La fuente de luz de LED puede estimular una respuesta fisiológica o conductual dentro de una corta distancia desde el riesgo óptico. La fuente de láser visible puede estimular una respuesta fisiológica a alcances más largos, extendiéndose hasta al menos, por ejemplo, la zona de riesgo del riesgo óptico. En un ejemplo, la fuente de luz de LED causa una respuesta de evitación desde cero hasta diez metros desde el riesgo óptico, mientras que la fuente de luz de láser visible provoca una aversión de la mirada o una respuesta de parpadeo a una distancia mucho mayor. En un método, la fuente de luz de LED se hace funcionar para alertar a cualquier persona o animal dentro de una corta distancia del peligro óptico para que se tape los ojos o para que aparte su mirada, o con el fin de que muestre otras respuestas fisiológicas o conductuales, y la fuente de luz de láser visible se inicia antes de que se ponga en marcha un riesgo óptico, durante un corto tiempo, de tal manera que cualquier observador situado dentro de una zona de riesgo parpadee o desvíe sus ojos antes de, y durante, la iluminación de un objetivo situado dentro del alcance u otro objeto por parte del riesgo óptico, tal como un telémetro de láser o un láser empleado en un sistema de detección. Esto puede repetirse para cada impulso de un riesgo óptico pulsante, en caso necesario. Para un funcionamiento continuo de un riesgo óptico, el dispositivo de evitación del riesgo óptico puede hacerse funcionar de manera continua o de un modo pulsante, estimulando un rápido parpadeo y/o reacción aversiva de la mirada de cualquier usuario situado al alcance, dentro de la zona de riesgo. El dispositivo de evitación de riesgo óptico pone, al menos, al observador sobre aviso del riesgo óptico, el cual no sería evidente si el riesgo óptico comprendiera una fuente de luz que no fuera visible, tal como un láser que funcione en los intervalos infrarrojo, ultravioleta o de microondas, por ejemplo.

El dispositivo de evitación de riesgo óptico puede ser un sistema que estimule una o ambas de una respuesta voluntaria y una involuntaria, sin exponer al sujeto, en sí, a un grado peligroso de luz. El sistema puede incluir otros componentes tales como múltiples fuentes de luz, telémetros y cerramientos para evitar el uso del dispositivo en caso de que una persona o animal esté situado dentro de un cierto alcance desde el dispositivo de evitación de riesgo óptico, o para eliminar por bloqueo el riesgo óptico hasta que la persona o el animal se haya alejado del riesgo óptico, por ejemplo.

En un ejemplo, un dispositivo de evitación de riesgo óptico (OHAD –“optical hazard avoidance device”–) emite destellos en un impulso de luz visible intensa que hace que un observador del OHAD parpadee involuntariamente. El impulso puede ser repetido o bien puede prolongarse durante un lapso completo de exposición desde el riesgo óptico, tal como un haz de láser. Un método para utilizar el OHAD en combinación con una fuente de luz de láser de alta potencia puede permitir un haz de potencia más alta de que la se permitiría en caso contrario. La fuente de luz

de láser de alta potencia podría exceder el umbral de seguridad en cuanto a duración en intensidad del haz de láser, debido a que cualquier persona situada dentro del alcance estaría protegida por el OHAD, que estimularía una respuesta de evitación durante todo el tiempo que la fuente de luz de láser de alta potencia estuviera funcionando.

5 En ciertas alternativas, puede emitirse energía adicional u otros tipos de energía desde el OHAD, tal como energía sónica o térmica. Por ejemplo, un amplificador de sonido dirigido podría causar que se dirija un ruido fuerte y repentino dentro del alcance, a lo largo de la línea de visión de un riesgo óptico, que estimule un respingo, agachado u otra respuesta de evitación. Además de ello, las microondas pueden inducir una sensación de quemado en la piel expuesta que sea capaz de estimular una respuesta de evitación fisiológica o conductual. En un ejemplo, se utiliza una combinación de estas y la luz para estimular una respuesta de evitación.

10 La norma ANSI Z136.1-2007 define el parpadeo reflejo como “el cierre involuntario de los ojos como resultado de una estimulación por un suceso externo tal como ... un flash brillante,” lo que se adopta aquí como definición del parpadeo reflejo. En la norma ANSI Z136.1-2007, “se supone que la respuesta de aversión ocular a un destello brillante de luz limita la exposición de una zona retinal específica a 0,25 segundos o menos”, debido a que la norma supone que el riesgo óptico y el destello brillante de luz son causados por una misma fuente de luz. Por tanto, un  
15 destello brillante de luz que estimularía involuntariamente el parpadeo reflejo se limita a un grado de intensidad de umbral a lo largo de su recorrido que no sea mayor que el grado que causaría un daño ocular en 0,25 segundos o más tiempo. Un método de evitación de riesgo óptico utilizando un dispositivo de evitación de riesgo óptico puede permitir que la intensidad de una fuente de luz de láser sea mayor que la permitida en la norma, debido a que el método se sirve del dispositivo para estimular un parpadeo reflejo (y, potencialmente, una o más respuestas fisiológicas adicionales) hasta 0,25 segundos antes del funcionamiento de la fuente de luz de láser. En un ejemplo,  
20 la fuente de luz de láser es un láser pulsante de una corta duración, lo que evita cualquier exposición de una persona dentro del alcance como consecuencia de la respuesta de parpadeo involuntario estimulada al utilizar el dispositivo de evitación de riesgo óptico en el método de evitación de riesgo óptico. En un ejemplo, el dispositivo de evitación de riesgo óptico es un flash que comienza 0,25 segundos antes de la entrada en funcionamiento de una fuente de luz de láser peligrosa, y el impulso del flash del dispositivo continúa hasta que el impulso de fuente de luz de láser peligrosa se complete. De esta manera, el dispositivo de evitación de riesgo óptico evita la visión de la fuente de luz peligrosa pulsante gracias a un único parpadeo reflejo de cualquier persona situada dentro del alcance. En otro método, el dispositivo de evitación de riesgo óptico es una fuente de luz de pulsación rápida que destella y se apaga durante el funcionamiento de una fuente de luz de láser peligrosa, lo que reduce la exposición de cualquier  
25 persona situada dentro del alcance al provocar parpadeos reflejos repetidos e involuntarios y una respuesta de aversión.  
30

### Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 ilustra un ejemplo de un sistema que incluye un dispositivo de evitación de riesgo óptico.

35 La Figura 2 ilustra un gráfico de un ejemplo de regulación temporal de OHAD para estimular una respuesta de parpadeo.

La Figura 3 ilustra un gráfico de otro ejemplo de regulación temporal de OHAD para estimular una respuesta de parpadeo.

La Figura 4 ilustra esquemáticamente un ejemplo de un sistema, tal como un detector, que incluye un OHAD.

40 La Figura 5 ilustra un diagrama de intensidad de una segunda fuente óptica de un OHAD, superpuesto sobre un diagrama de intensidad de una primera fuente óptica de un riesgo óptico primario.

La Figura 6 ilustra esquemáticamente un ejemplo de un detector que incluye un OHAD.

La Figura 7 ilustra esquemáticamente un ejemplo alternativo de un detector que incluye un OHAD.

Las Figuras 8-8C ilustran esquemáticamente el ejemplo de la Figura 6 así como ejemplos de intensidades de anchura de haz indicadas por A', B' y C'.

45 Las Figuras 9(A)-(D) ilustran ejemplos de intensidades y anchuras de haz correspondientes a un haz visible de un OHAD a (A) 0 metros; (B) 10 metros y (C) 30 metros, superpuestas sobre un objetivo que muestra (D) círculos de 7,62 cm (3") y 10,16 cm (4").

La Figura 10 ilustra un ejemplo de intensidad de exposición óptica de aversión en función de la distancia (alcance) en metros, incluyendo ciertos niveles definidos por la norma ANSI Z136.6.

50 La Figura 11 ilustra un alcance de OHAD seleccionado haciendo referencia al nivel o grado de sensibilidad de las ANSI Z136.1 y 136.6 (2007).

La Figura 12 ilustra un ejemplo alternativo de un alcance de OHAD seleccionado haciendo referencia al grado crítico de la ANSI Z136.6.

La Figura 13 ilustra una vista en perspectiva y sombreada de un ejemplo de OHAD.

La Figura 14 ilustra una vista en alzado lateral del ejemplo de OHAD representado en la Figura 13.

La Figura 15 ilustra otra vista en perspectiva del ejemplo de OHAD de la Figura 13.

5 La Figura 16 ilustra un ejemplo de un gráfico de exposición máxima permisible por cada impulso, para un láser pulsante, con y sin un OHAD que induzca una respuesta de aversión de la mirada.

La Figura 17 ilustra un ejemplo de un gráfico de exposición máxima permisible por impulso para un láser pulsante, con y sin un OHAD que induzca una respuesta de aversión de la mirada.

10 La Figura 18 ilustra un ejemplo de un gráfico que muestra la intensidad de un riesgo primario en función del tiempo, superpuesto sobre un gráfico del diámetro de la pupila en función del tiempo, para un ejemplo de OHAD que induce la contracción de la pupila.

La Figura 19 ilustra una comparación de métodos de utilización de un OHAD con un riesgo óptico primario.

La Figura 20 ilustra una comparación de métodos de utilización de un OHAD con un riesgo óptico primario.

### Descripción detallada

15 La Figura 1 ilustra un ejemplo de un sistema que incluye un dispositivo de evitación de riesgo óptico (OHAD –“optical hazard avoidance device”–). El sistema incluye una fuente de energía 12, que proporciona o dirige potencia a un controlador 10 que controla el funcionamiento de los componentes de un OHAD, incluyendo un láser 40 y un conjunto geoméricamente ordenado 50, tal como un conjunto geoméricamente ordenado de altavoces, diodos electroluminiscentes, microondas u otras fuentes de radiación. Un riesgo óptico potencial 30 se ha representado por un dispositivo, tal como, por ejemplo, un láser. Los riesgos ópticos pueden ser mitigados por un OHAD para detectores de exclusión utilizados sobre el terreno, por ejemplo, y este puede ser de utilidad con otros riesgos ópticos, tales como fuentes de energía utilizadas en procesos industriales, tales como el curado de resinas epoxídicas, en comunicaciones, en identificación de objetivos y en aplicaciones similares. El primer láser 40 y el segundo láser 30 emiten haces 41, 31 de radiación, los cuales pueden consistir en luz visible o en radiación que no se encuentra dentro del espectro visible, pero a la que puede hacerse referencia como luz en la presente memoria, incluso aunque la radiación no se encuentre dentro del espectro visible, tal como infrarrojo o ultravioleta. Una óptica 20 es capaz de superponer el primer haz 41 a lo largo del mismo recorrido que el segundo haz 31, de tal manera que el láser 40 del OHAD sigue el mismo recorrido y es reflejado, refractado y de otro modo dispersado similarmente al primer haz 31. El conjunto geoméricamente ordenado 50 está dispuesto en forma de corona circular concéntrica en torno al segundo haz 31, el cual pasa a través de un orificio 52 existente en el conjunto geoméricamente ordenado 50, y el conjunto geoméricamente ordenado 50 proporciona una radiación más acusadamente divergente 51 que el segundo haz 31. La radiación 51 del conjunto geoméricamente ordenado 50 converge a una primera distancia A del conjunto geoméricamente ordenado 50. En un ejemplo, el conjunto geoméricamente ordenado 50 tiene una intensidad de luz que es segura para los ojos pero que es capaz de estimular una respuesta de evitación desde la primera distancia A hasta una segunda distancia B.

35 En un ejemplo, el primer láser 40 del OHAD es seguro para los ojos al menos a la segunda distancia B o más cerca, y es capaz de estimular una respuesta de evitación, tal como un parpadeo reflejo, hasta una tercera distancia C, más allá de la cual el haz 31 del riesgo óptico potencial 30 es suficientemente atenuado para ser seguro para los ojos, de acuerdo con las normas de la ANSI Z136.1-2007, que es la norma de aplicación respecto a la seguridad de los ojos para los láseres en los Estados Unidos, por ejemplo.

40 La Figura 2 ilustra un ejemplo de la regulación temporal utilizada para controlar una fuente de luz, tal como un láser, en un OHAD que utiliza un controlador 10. Las ordenadas (eje x) son el tiempo y las abscisas (coordenada y) ilustran las regulaciones temporales comparativas de las Figuras 2 y 3. En la Figura 2, el controlador 10 activa el OHAD en un primer instante D, lo que estimula un parpadeo reflejo en un segundo instante E previo a la activación de un riesgo óptico, tal como un láser, en un tercer instante F, para cada impulso de la fuente potencialmente peligrosa de radiación.

45 La Figura 3 ilustra un ejemplo alternativo de regulación temporal de un OHAD. En este ejemplo, un controlador 10 hace destellar repetidamente la fuente o fuentes del OHAD, y estimula una respuesta de parpadeo (Parpadeo) repetidamente durante el funcionamiento continuo de una fuente potencialmente peligrosa de radiación, tal como un láser (LÁSER), de lo que resulta una exposición en gran medida reducida (Exposición). Por otra parte, la repetición de los destellos puede dar como resultado una respuesta de evitación (Evitación) que provoca que cualquier persona iluminada por el OHAD desvíe la mirada de la dirección de la fuente potencialmente peligrosa de radiación, con lo que se reduce adicionalmente la exposición, de forma completa, en algún instante de tiempo G.

55 Una región de riesgo abarca un área, volumen o dirección limitada con respecto al campo de visión de una persona. La radiación puede causar, directa o indirectamente, un riesgo dentro de una zona cuando la radiación se dirige hacia una persona o un animal. La exposición indirecta puede ser causada por dispersión, reflexión o refracción de

la radiación, por ejemplo. Un OHAD que sigue el haz 31 de la fuente de radiación peligrosa tiene la ventaja de ser dispersado, reflejado y refractado de forma similar al haz peligroso 31, siempre y cuando la longitud de onda no sea demasiado diferente de la de la fuente del riesgo; sin embargo, no es necesario que los haces 41, 51 del OHAD sean colineales con el haz 31 de la fuente de radiación peligrosa para que estimulen una respuesta de evitación en una región de riesgo. Por ejemplo, el conjunto geoméricamente ordenado 50 puede proporcionar una fuente de luz que estimula una respuesta de parpadeo o la repetición de una pluralidad de respuestas de parpadeo al hacer destellar una pluralidad de diodos electroluminiscentes (LEDs) situados dentro del conjunto geoméricamente ordenado en el mismo instante o en instantes diferentes. En un ejemplo, el destello de un conjunto de LEDs se solapa con el destello del siguiente conjunto de LEDs de manera tal, que el destello provoca que se produzcan respuestas de parpadeo muy rápidamente unas tras otras, lo que provoca que cualquier persona que se encuentre dentro de la región de riesgo concreta desvíe su mirada apartándola por completo del riesgo potencial. Pueden generarse sonido y calor en impulsos o de forma continua para estimular una respuesta de aversión, también utilizando un conjunto geoméricamente ordenado 50.

Además, el controlador 10 puede modular la potencia, la longitud de onda, la divergencia u otras propiedades ópticas de la fuente potencialmente peligrosa de radiación o de los componentes del OHAD, a fin de estimular una respuesta de evitación dentro de la región de riesgo, antes de, y durante, el tiempo que la fuente potencialmente peligrosa de radiación crea una región de riesgo. Las respuestas de aversión pueden incluir uno o una combinación de entre parpadeo reflejo, respuesta pupilar, reflejo acomodaticio, sacada u otras respuestas involuntarias, por ejemplo. Preferiblemente, una respuesta de aversión hará que una persona situada dentro de una región de riesgo redirija su mirada lejos de cualquier riesgo potencial. Alternativamente, el OHAD puede limitar la exposición o el daño alterando la susceptibilidad del ojo al daño ocular.

Toda radiación que exceda de una exposición máxima permisible dentro de una zona de riesgo nominal puede ser mitigada o evitada por completo utilizando un método de evitación de riesgo óptico que utilice un OHAD, incluso si una persona situada dentro de una zona de riesgo nominal sufre, de otro modo, daños oculares por su exposición según la línea de visión, dentro del campo de visión de esa persona. De acuerdo con la norma, se produce un parpadeo reflejo no más tarde de 0,25 segundos después de que el OHAD ha estimulado el parpadeo reflejo; por lo tanto, el tiempo entre la activación del OHAD D y el parpadeo reflejo E puede ser 0,25 segundos o mayor en la Figura 2, por ejemplo. En la Figura 2, la duración del impulso de la fuente de radiación peligrosa es menor que la duración de un parpadeo, lo que protege de daños oculares a cualquier persona situada dentro de la zona peligrosa. Por ejemplo, la fuente peligrosa puede un láser de Nd:YAG con una longitud de onda de aproximadamente 1.064 nm, y el OHAD puede incluir un haz de láser de luz visible con una longitud de onda de 532 nm, generado utilizando un cristal armónico 44, ilustrado esquemáticamente en la Figura 1, en el recorrido del haz 31 de la fuente peligrosa 30. En este ejemplo, un láser individual 30, en combinación con el controlador 10 y con el cristal armónico 44, puede proporcionar la luz para estimular una respuesta de evitación para el OHAD y la radiación potencialmente peligrosa. De igual manera, un mismo láser de Nd:YAG puede ser utilizado para generar un haz a 532 nanómetros, y puede utilizarse el cristal para generar un haz potencialmente peligroso a una longitud de onda de 266 nanómetros, bajo el control del controlador 10.

En un ejemplo, un sistema de espectroscopia Raman de exclusión se acopla con un OHAD capaz de causar una reacción aversiva de la mirada. Por ejemplo, un sistema de TEPS se divulga en la Patente de los EE.UU. N° 8.125.627, cuya memoria se incorpora a la presente memoria en su totalidad para el propósito de divulgar un sistema de TEPS. Alternativamente, fuentes de radiación de UV-Raman, LIBS, infrarrojos y otras fuentes pueden ser utilizadas en sistemas que requieren la mitigación del riesgo proporcionada por el OHAD, por ejemplo. La Figura 4 ilustra esquemáticamente una primera fuente óptica procedente de una fuente, tal como un detector, que está combinada, por ejemplo, con una segunda fuente óptica de un OHAD. Por ejemplo, el OHAD emite un haz de láser dentro del espectro de luz visible, que es capaz de causar una reacción aversiva de la mirada. En el dibujo se ilustra un combinador óptico, pero pueden utilizarse otras disposiciones ópticas para combinar las dos fuentes de luz, siempre y cuando la anchura del haz del OHAD se seleccione de manera que cause la reacción aversiva de la mirada dentro de una anchura al menos tan grande como la porción de la anchura de haz del riesgo óptico que presenta un riesgo óptico. El ejemplo de la Figura 4 es ilustrativo, y un OHAD puede comprender elementos ópticos adicionales o disposiciones alternativas de elementos ópticos. Por ejemplo, la Figura 5 ilustra las intensidades de una primera fuente óptica y de una segunda fuente óptica, y muestra que la anchura de haz de la segunda fuente óptica es más grande que la anchura de haz de la primera fuente óptica. En un ejemplo, la intensidad de la segunda fuente óptica es más grande que la magnitud de radiación mínima requerida para estimular una respuesta fisiológica a través de una anchura A que es mayor que la anchura B de la porción de la primera fuente óptica que supera la exposición máxima permisible para la primera fuente óptica. Por ejemplo, la intensidad de la segunda fuente óptica puede ser mayor que el umbral de respuesta crítico para un alcance concreto. El alcance concreto puede incluir todos los alcances para los cuales la primera fuente óptica es peligrosa, o puede incluir únicamente una porción del alcance para el cual la primera fuente óptica es peligrosa. En un ejemplo, el alcance concreto limita el riesgo óptico asociado con la primera fuente óptica a un alcance muy próximo a la primera fuente óptica, lo que limita el área de exclusión requerida para el disparo de la primera fuente óptica.

Por ejemplo, la Figura 6 ilustra un ejemplo en el que la primera fuente óptica es un haz divergente que tiene un primer alcance C de riesgo óptico, y la segunda fuente óptica es un haz divergente más ancho que crea una

respuesta fisiológica hasta, e incluyendo, un alcance D mayor que el alcance C de riesgo óptico. En contraste con la Figura 6, la Figura 7 ilustra un riesgo óptico con un punto focal dentro del alcance, que resulta en un alcance E de riesgo óptico intermedio. Por ejemplo, el alcance de la repuesta fisiológica D es mayor que, abarca e incluye el alcance E de riesgo óptico intermedio. Alternativamente, tan solo una porción de todo el alcance de riesgo nominal es cubierta por el alcance de la(s) respuesta(s) fisiológica(s) estimulada(s) por un OHAD. En este ejemplo alternativo, el riesgo asociado con un riesgo nominal puede ser, con todo, mitigado de forma sustancial. Alternativamente, la(s) respuesta(s) fisiológica(s) puede(n) ser suficiente(s) para evitar por completo el daño ocular en todo el alcance en el que existe un riesgo óptico cuando la primera fuente óptica está activa. Alternativamente, incluso aunque se inicie la respuesta fisiológica, la respuesta fisiológica puede no evitar por completo el daño ocular en todo el alcance del riesgo. En lugar de ello, la respuesta fisiológica puede mitigar la magnitud del daño ocular o puede evitar por completo el daño ocular únicamente cuando se combina con otras técnicas, tales como una zona de exclusión. Por ejemplo, la repuesta fisiológica puede mitigar el daño de tal manera que el daño que se cause sea temporal, en lugar de permanente.

Las Figuras 8-8C ilustran cómo la anchura y el alcance del haz son, ambos, relevantes en aplicaciones de OHAD. La Figura 8 ilustra dos fuentes divergentes. La Figura 8A ilustra las anchuras de haz y las intensidades como A'. La Figura 8B ilustra las anchuras de haz y las intensidades como B'. La Figura 8C ilustra las anchuras de haz y las intensidades como C'. Según se indica por C', la intensidad de la segunda fuente es menor que aquella a la que se estimularía una reacción de evitación fisiológica, pero la intensidad de haz de la primera fuente se encuentra bien dentro de magnitudes de seguridad para la duración de exposición de diseño. Según se indica por B', la primera fuente se encuentra a la intensidad que entraña riesgo de daño ocular de algún tipo; sin embargo, la segunda fuente tiene una intensidad y una anchura de haz que provoca una respuesta de evitación de riesgo óptico, concretamente, una reacción de evitación fisiológica, tal como una reacción aversiva de la mirada. La intensidad del segundo haz no supera su exposición máxima permisible (MPE –"maximum permissible exposure"–), tal como se define en la norma ANSI 136.1 (2007), y la reacción de evitación es capaz de limitar la exposición del observador a la primera fuente, de tal modo que el observador no es expuesto a la exposición máxima permisible de la primera fuente, incluso aunque el espectador estuviera de otro modo en peligro de daños oculares. Según se indica por A', la MPE de la primera fuente sería excedida si no fuera por la reacción de evitación inducida por la segunda fuente, y la intensidad de la segunda fuente permanece dentro de un intervalo de seguridad, menor que la MPE del segundo haz. Por ejemplo, las Figuras 9A-C ilustran un OHAD que emite una luz brillante con una anchura según se muestra en las imágenes, la cual se muestra en una extensión más allá de un círculo de 10,16 cm (4") (estos son 2,54 cm por cada pulgada). La luz procedente de la primera fuente nunca presenta un riesgo ocular más allá del círculo de 10,16 cm (4") por encima de estos alcances A', B' y C'.

La Figura 10 ilustra un ejemplo de un gráfico de la intensidad de haz de aversión en función de la distancia en metros (esto es, el alcance) para un ejemplo de un sistema de aversión de detector que utiliza un láser continuo de 40 milivatios como fuente del haz de aversión. Se cree que se estimula una reacción aversiva de la mirada, en el ejemplo mostrado en la Figura 10, para un alcance de hasta B"; sin embargo, puede seleccionarse un alcance de hasta A" para garantizar operativamente que una respuesta de aversión de la mirada mitigará o suprimirá el riesgo nominal de daños como consecuencia de un riesgo óptico primario. En un ejemplo, el riesgo óptico primario se integra con un OHAD, de tal manera que el riesgo óptico primario no tiene un haz con una anchura de haz convergente, enfocada, dentro del alcance de la fuente del riesgo óptico primario. Por ejemplo, el OHAD puede tener un haz divergente que abarca toda la magnitud de una anchura primaria divergente de un haz de un riesgo óptico, hasta que la intensidad del riesgo óptico divergente, al aumentar la distancia dentro del alcance, cae por debajo de una magnitud de umbral que define una zona de riesgo nominal según se define en las normas ANSI. La Figura 11 ilustra otro ejemplo con el grado de sensibilidad de la ANSI Z136.6 superpuesto sobre el gráfico, que muestra un alcance en metros para la respuesta de aversión inducida por el sistema de aversión. La Figura 12 ilustra otro ejemplo que utiliza una salida de potencia de láser de 3 milivatios y una exposición máxima permisible superpuesta para el haz de aversión cuando se observa a través de una ayuda óptica de 7X, tal como unos binoculares. Al realizar en la práctica un OHAD que es seguro incluso si se observa a través de una ayuda óptica de 7X, el grado de sensibilidad de la ANSI Z136.6 nunca se alcanza. En lugar de ello, el sistema se sirve del grado crítico de la ANSI Z136.6 para determinar el alcance efectivo de la respuesta de aversión. Aquí, el «alcance efectivo» de un OHAD se refiere al alcance asociado con la respuesta deseada. Se supone, a menos que se indique de otro modo, que el grado crítico de la ANSI Z136.6 es el alcance efectivo de un OHAD. La Figura 13 ilustra un ejemplo de láser que se utiliza para generar un haz de aversión montado en una configuración óptica que incluye dos espejos de alineamiento, un expansor de haz y un colimador de haz de 100 mm, de manera que los haces se han representado como sólidos sombreados. La Figura 14 ilustra una vista en alzado lateral del ejemplo representado en la Figura 13. El láser 145 es dirigido hacia un primer espejo de alineamiento 143, que dirige el haz 140 hacia un segundo espejo de alineamiento 141. El segundo espejo de alineamiento 141 redirige el haz 140 hacia un expansor de haz 147, el cual expande la anchura del haz. Un colimador de haz 149 colima el haz 140, el cual puede continuar divergiendo a lo largo del alcance del haz, pero no en la medida en que lo hace entre el expansor de haz y el colimador de haz. El haz 140 prosigue entonces dentro del alcance y hace posible una respuesta de aversión, tal como, por ejemplo, una aversión de la mirada. La Figura 15 ilustra una vista en perspectiva del ejemplo ilustrado en la Figura 14.

Por ejemplo, las Figuras 16 y 17 ilustran ejemplos de la exposición máxima permisible para la seguridad ocular, con reacción aversiva de la mirada (línea continua) y sin reacción aversiva de la mirada (línea discontinua), para un

riesgo óptico que comprende un láser que tiene una longitud de aproximadamente 248 nanómetros y que utiliza 500 impulsos por segundo con una duración de 20 nanosegundos (Figura 16), o un láser con una longitud de onda de 1.064 nanómetros y que utiliza 5.000 impulsos por segundo, con una duración de los impulsos de 10 nanosegundos (Figura 17), de tal manera que el término «aproximadamente» constata que el haz no es exactamente de 248 nanómetros, sino que se caracteriza por ser de aproximadamente 248 nanómetros dentro de las especificaciones ordinarias para fuentes tales como el láser. De la misma manera, otras longitudes de onda dadas en esta descripción deben considerarse como modificadas por el término «aproximadamente», se indique este o no en la descripción concreta. En ambos ejemplos, la exposición máxima permisible por impulso para la seguridad ocular se ve incrementada hasta un grado sorprendente e inesperado, en comparación con el límite sin el uso de una fuente de reacción aversiva de la mirada incorporada como dispositivo de seguridad ocular. En el ejemplo de la fuente ultravioleta, en la Figura 16, la exposición permisible por impulso se incrementa en más de un orden de magnitud, lo que permite utilizar un haz mucho más potente en un dispositivo, tal como un telémetro de láser o un detector.

Por ejemplo, se cree, sin limitarse en ningún modo, que uno de los ejemplos de OHAD es susceptible de ser llevado a la práctica con un detector químico de trazas de Raman UV. En este ejemplo, el uso del OHAD limita la zona de riesgo nominal según se define en la norma ANSI Z136.1 (NHZ –“Nominal Hazard Zone”–) desde 687.965,52 m<sup>2</sup> (170 acres), lo que hace el detector poco práctico para uso en cualquier zona poblada, hasta solo 1.348,95 m<sup>2</sup> (un tercio de un acre), lo que es completamente manejable. En este ejemplo, se utiliza un detector de espectroscopia Raman UV de longitud de onda de 248 nanómetros, con una apertura de 15 centímetros, una potencia de impulso de 2 milijulios y una frecuencia de repetición de 300 Hz, para la interrogación de un objetivo durante 60 segundos desde una distancia de 40 metros, con un tamaño de punto de 1 centímetro cuadrado. En este ejemplo, un detector de espectroscopia Raman UV resulta completamente impráctico para uso en seguridad ocular en el interior de una zona poblada sin OHAD, y llega a ser completamente práctico cuando se utiliza el OHAD, lo que convierte el Raman de UV profundo en utilizable como detector en zonas pobladas. Este resultado sorprendente e inesperado combina de forma sinérgica un láser visible de potencia comparativamente baja para inducir una respuesta de aversión involuntaria de la mirada, con la fuente de Raman UV para inducir una luz detectable dispersada inelásticamente procedente de un material, por ejemplo. En un ejemplo, un sensor de movimiento está conectado al OHAD y al detector para evitar la emisión de una de las fuentes o de ambas en caso de que se detecte un movimiento dentro de la NHZ. El OHAD reduce la NHZ a un área manejable que es susceptible de ser supervisada por el sensor de movimiento, por ejemplo. Utilizando la combinación de un sensor de movimiento y un OHAD, no hay riesgo óptico nominal. Incluso si se utilizase un sensor de movimiento en el sistema de Raman UV sin un OHAD, podría existir un riesgo óptico fuera del alcance de los sensores de movimiento prácticos de que se dispone para uso con un sistema Raman UV.

Alternativamente, podría no producirse ningún daño ocular incluso aunque existiera un riesgo nominal. No obstante, un sistema de detector útil no satisfaría las normas de seguridad para su uso. Los cálculos de riesgo nominal de las normas incluyen factores de seguridad, y es probable que la exposición en la MPE (un riesgo óptico nominal) no ocasione realmente daños oculares. Sin embargo, se presumirá que un dispositivo que incluye una fuente óptica que excede la MPE presentará un riesgo óptico nominal; por lo tanto, semejante dispositivo no sería aprobado para su uso. En contraste, combinando uno o más OHADs, el dispositivo podría ser aprobado para su uso, al evitar un riesgo óptico nominal.

Un ejemplo de respuesta de aversión es la contracción de la pupila. La respuesta de contracción de la pupila es una respuesta comparativamente lenta, involuntaria, a una exposición a una fuente de luz brillante, con un periodo de latencia típico de entre 100 y 300 milisegundos. En un ejemplo, se selecciona una fuente secundaria con una longitud de onda y una intensidad tales, que se inicia la contracción de la pupila. La Tabla 1 proporciona valores de un ejemplo de mitigación de riesgo retinal nominal mediante contracción de la pupila, con una duración de la fuente primaria visible dada en segundos. Por ejemplo, la contracción de la pupila puede ser iniciada antes del inicio de un riesgo óptico primario, de tal modo que se inicia una respuesta de contracción de la pupila antes de que se inicie el riesgo o riesgos ópticos primarios, tal como a los 100 milisegundos, más preferiblemente a los 200 milisegundos, aún más preferiblemente a los 250 milisegundos o a los 300 milisegundos, de tal modo que la exposición retinal a un riesgo o riesgos ópticos primarios, pulsantes o continuos, no supere un riesgo óptico nominal. Por ejemplo, una fuente secundaria para iniciar una respuesta de contracción de la pupila está limitada a longitudes de onda visible, que caen también dentro del intervalo de longitudes de onda que someterían la retina a daños. Por lo tanto, tal OHAD sería aplicable únicamente a la protección frente a fuentes ópticas peligrosas, tales como láseres, que comprenden longitudes de onda dentro del visible (400-700 nm) o el infrarrojo cercano (700-1.400 nm). Un OHAD que se sirve de una respuesta de contracción de la pupila y ninguna otra respuesta de evitación de riesgo óptico, no proporcionaría ningún beneficio de cara a un riesgo óptico primario en el UV (menos de 400 nm) o el infrarrojo lejano (mayor que 1.400 nm), que podría causar daños en la córnea independientemente del tamaño de la pupila. Una pupila puede tardar en contraerse por completo hasta aproximadamente 2 segundos, si bien una contracción significativa de la pupila puede producirse en 0,5 segundos, incluso para un ojo adaptado a la oscuridad. Una estrategia de OHAD que utiliza una respuesta de contracción pupilar se ilustra en gráfico de la Figura 18, por ejemplo, con una pluralidad de impulsos de láser primarios organizados temporalmente de manera que coincidan con la respuesta de contracción pupilar inducida por la fuente óptica visible del OHAD. En un ejemplo, un OHAD de luz visible se combina con un láser primario de infrarrojo cercano. Como se presume a menudo a la hora de calcular riesgos oculares, como en la norma ANSI Z136.1, se supone que el observador tiene las pupilas adaptadas a la



oscuridad, con un diámetro de pupila nominal de 7 milímetros. En este ejemplo, se supone que no se ha estimulado ninguna reacción aversiva de la mirada.

Por ejemplo, tal como se ilustra en la Figura 19, el OHAD de luz visible es disparado 0,5 segundos (líneas continuas) antes del disparo de una fuente primaria de infrarrojo cercano, lo que hace que la pupila de un observador se contraiga antes del disparo de la fuente primaria. Como resultado de ello, la proporción de dosis retinal se ve drásticamente reducida. Si se dispara al mismo tiempo que la fuente primaria (líneas discontinuas), el OHAD sigue proporcionando una proporción de dosis reducida en comparación con que no haya OHAD (líneas de puntos), pero la proporción de dosis durante los primeros 0,5 segundos se incrementa en comparación.

En comparación, un OHAD de luz visible con una fuente primaria de luz visible se ha ilustrado en el ejemplo de la Figura 20. Se supone en la Figura 20 que el OHAD tiene un impacto despreciable en la proporción de dosis retinal total (es decir, una baja potencia en comparación con la fuente primaria que causa el riesgo óptico), y no se induce ninguna respuesta de aversión de la mirada, por lo que el único beneficio se alcanza por la activación del OHAD antes de la fuente primaria, que se extiende únicamente durante el tiempo de contracción de la pupila, que se supone de 0,5 segundos en el ejemplo). En estas condiciones, el disparo del OHAD al menos 0,5 segundos antes del de la fuente primaria induce una contracción de la pupila, lo que limita la proporción de dosis retinal.

En otro ejemplo, puede adoptarse una reacción de aversión de parpadeo utilizando una fuente de láser visible de OHAD para hacer que los espectadores parpadeen. Se cree que la latencia de la respuesta de aversión de parpadeo es de 250 milisegundos y protege de daños tanto la córnea como la retina. Por lo tanto, esta respuesta es adecuada para todas las longitudes de onda primarias. En este ejemplo, la magnitud crítica para el OHAD es la magnitud necesaria para provocar una respuesta de parpadeo nominal, que podría variar dependiendo de las condiciones de iluminación ambiental y, en cierto grado, de características del observador, incluyendo su estado médico y el uso de drogas legales o ilegales. Esta magnitud crítica para una respuesta de parpadeo puede ser determinada caracterizando la respuesta de parpadeo a una fuente óptica secundaria que emite luz en el espectro visible. Alternativamente, podría inducirse una respuesta de parpadeo por una magnitud crítica de ruido, dirigido u omnidireccional. Tal respuesta de parpadeo puede ser iniciada antes del inicio de un riesgo óptico primario, de tal manera que la respuesta de parpadeo reduce sustancialmente o elimina por completo la exposición al riesgo óptico primario, por ejemplo.

En aún otro ejemplo, se adopta la respuesta de aversión a la mirada utilizando una fuente de láser visible de OHAD para hacer que los usuarios desvíen su mirada. La Tabla 2 resume los beneficios conseguidos por la respuesta de aversión de la mirada. Los beneficios para la seguridad ocular son sorprendente e inesperadamente grandes para el intervalo ultravioleta de fuentes primarias, lo que reducirá la exposición 1.200 veces en comparación con la fuente primaria sin un OHAD que utilice la respuesta de aversión de la mirada, tal como se ilustra en el gráfico proporcionado a modo de ejemplo en la Figura 16, por ejemplo. No hay límite práctico en los beneficios efectivos de la respuesta de aversión de la mirada, y este depende de la duración de la exposición a la que reacciona con aversión la mirada, y de la longitud de onda del riesgo óptico primario. Exposiciones más largas a un riesgo óptico UV primario pueden reducir la exposición 1.200 veces (en cinco minutos), por ejemplo, en comparación con la misma exposición sin estimular la respuesta de aversión de la mirada utilizando un OHAD. Se define, en esta memoria, la mitigación de la dosis como la dosis sin OHAD, dividida por la dosis con un OHAD, y, según se representa en la Tabla 2, se muestra como el número de veces en que se reduce la exposición humana (por ejemplo, 4X o 4 veces menos exposición para una exposición de 1 segundo a un riesgo óptico primario mitigado por reacción de aversión de la mirada). Véase la Tabla 2 para un resumen de la reducción de la exposición por la reacción de aversión de la mirada para un láser pulsante de 5 nanosegundos y que tiene una longitud de onda de 248 nanómetros. La Tabla 2 supone que el OHAD es disparado al mismo tiempo que el láser primario. No se ha considerado en la Tabla 2 ninguna respuesta de parpadeo ni respuesta de contracción de la pupila. Un haz visible de una fuente primaria induce por sí mismo una reacción de aversión de la mirada; por lo tanto, no se proporciona ningún cálculo para una fuente primaria que emita luz en el intervalo visible de longitudes de onda. Sin embargo, la inducción de una reacción de aversión de la mirada con una fuente secundaria o un haz de intensidad menor procedente de la fuente primaria, en sí misma, puede reducir la latencia si se inicia 250 milisegundos antes del encendido de la fuente de riesgo primaria que emite un haz visible. Este efecto no se ha considerado en la Tabla 2.

Los tiempos de barrido de un detector, que se toman como la duración de un riesgo óptico primario en la Tabla 2, son representativos del intervalo de tiempos de barrido utilizados en los detectores de espectroscopia Raman UV, tales como el Sistema de Detección de Explosivos Checkpoint (CPEDS –“Checkpoint Explosives Detection System”–)<sup>1</sup>, por ejemplo, una tecnología de detección de exclusión Raman ultravioleta (UV) para detectar trazas residuales de productos químicos explosivos y materiales precursores asociados, con longitudes de onda de excitación por láser de 248 nanómetros y 355 nanómetros. Debe apreciarse que la duración de un barrido no es necesariamente una exposición continua a un riesgo óptico primario, debido a que el riesgo óptico primario puede ser pulsante. Basándose en la Tabla 2, la respuesta de aversión de la mirada constituye un mecanismo de evitación de riesgo óptico preferido para un OHAD que evita daños en detectores de espectroscopia Raman UV. El multiplicador de intensidad de la fuente óptica primaria, en comparación con la ausencia de aversión de la mirada,

<sup>1</sup> CEPDS es una marca comercial de Alakai Defense Systems

resulta tanto sorprendente como inesperado en lo que respecta a su magnitud, especialmente para tiempos de barrido más largos. Para tiempos largos de barrido, la mitigación del riesgo nominal proporcionada por la reacción de aversión de la mirada inducida debido a un OHAD, es extraordinaria. Se presume en la Tabla 2 que el haz visible de un OHAD no contribuye nada a la exposición, lo que constituye una suposición razonable, en parte, porque, si bien una fuente de riesgo UV representa un riesgo para la córnea, la fuente de reacción de aversión visible no representa un riesgo para la córnea. El umbral de la fuente visible es para los daños en la retina; por lo tanto, un OHAD de visible no añade nada a los daños potenciales en la córnea provocados por un riesgo UV, por ejemplo.

En un ejemplo, un OHAD combina una pluralidad de repuestas de aversión. Por ejemplo, la respuesta de contracción de la pupila se combina con la respuesta de aversión de la mirada, o bien la respuesta de parpadeo se combina con la respuesta de aversión de la mirada. Por ejemplo, la respuesta de aversión a la mirada proporciona 1.200 veces la exposición (en 5 minutos) para una fuente UV primaria y 2,5 veces la exposición para fuentes primarias de infrarrojo cercano y de infrarrojo lejano, para una misma duración de la exposición, en tanto que la respuesta de contracción de la pupila proporciona hasta 12 veces la exposición para fuentes primarias en el visible o el infrarrojo cercano. En este ejemplo, el beneficio combinado para una fuente primaria UV es 1.200 veces la exposición, para una fuente primaria visible es hasta 12 veces la exposición, para el infrarrojo cercano es hasta 30 veces la exposición (es decir, la combinación de 2,5 veces y 12 veces), y para el infrarrojo lejano es 2,5 veces la exposición. Por otra parte, el disparo de un OHAD antes del de la fuente primaria, tal como 0,5 segundos antes, puede reducir las proporciones de dosis retinal en los espectros visible e infrarrojo cercano.

Pueden combinarse una o más respuestas de aversión con un sensor de movimiento u otro dispositivo de bloqueo mutuo para aumentar la seguridad ocular dentro de una NHZ, en caso necesario. También, puede utilizarse una respuesta de parpadeo para reducir la exposición tanto de la retina como de la córnea a cero durante el tiempo en que el párpado está cerrado. Combinando las respuestas fisiológicas que se obtienen como resultado de un OHAD y otros dispositivos de seguridad, es posible mitigar o evitar el daño que pudiera ser causado por una amplia variedad de riesgos ópticos.

En un ejemplo, tal como el que se ha ilustrado esquemáticamente en la Figura 4, un detector 400 comprende una primera fuente óptica 410, tal como un láser primario, de tal manera que la primera fuente óptica tiene una zona de riesgo óptico C, E, tal y como se ilustra en las Figuras 6 y 7. El detector 400 comprende un sensor 420 para interrogar una señal procedente de una sustancia estimulada por la primera fuente óptica 410, tal y como se ha ilustrado esquemáticamente en la Figura 4, por ejemplo. El detector 400 comprende una segunda fuente óptica 440, tal como un haz de láser secundario 140, que puede ser emitido por un láser secundario. Por ejemplo, el haz de láser secundario 140 comprende un haz visible con una intensidad óptica seleccionada para estimular al menos una respuesta de aversión fisiológica o de evitación en una persona. El detector 400 comprende un sistema óptico 147, 149 destinado a dirigir al haz visible de manera tal, que el haz visible se superpone sobre un haz 142 emitido por la fuente óptica primaria 410 en al menos una parte de la zona de riesgo nominal C, E de la fuente óptica primaria 410. La segunda fuente óptica 440 puede ser capaz de inducir la al menos una respuesta de aversión fisiológica o de evitación en al menos la parte de la zona de riesgo nominal del láser primario, de tal manera que la exposición óptica al haz emitido por la fuente óptica primaria 410 es mitigada por la al menos una repuesta de aversión fisiológica o de evitación estimada en las personas por la segunda fuente óptica 440. Por ejemplo, el haz 142 del láser primario comprende energía emitida que tiene una longitud de onda ultravioleta, de modo que no se emite luz visible por la fuente óptica primaria 410 y no se estimula ninguna respuesta de aversión fisiológica o de evitación por la fuente óptica primaria 410. En un ejemplo, el haz de la fuente óptica primaria 410 incluye uno o más láseres y comprende energía emitida que comprende longitudes de onda ultravioleta de doble banda. El sensor y el láser primario pueden proporcionar un sistema para detección de exclusión Raman tal, que las trazas residuales procedente de los productos químicos producen una señal cuando se exponen a las longitudes de onda ultravioleta de doble banda, por ejemplo. Las longitudes de onda ultravioleta de doble banda pueden incluir energía emitida a longitudes de onda de 248 nanómetros y de 355 nanómetros, por ejemplo. En un ejemplo, el sistema óptico incluye un primer espejo 143 para redirigir el haz visible procedente de la segunda fuente óptica 440, y un segundo espejo 141 para redirigir el haz visible redirigido por el primer espejo 143, tal y como se ilustra en las Figuras 13-15, por ejemplo. El sistema óptico puede incluir un expansor de haz 147, y el haz visible procedente del segundo espejo 141 puede ser dirigido a través del expansor de haz 147, de tal manera que el haz diverge. Una vez que el haz visible se ha dirigido a través del expansor de haz 147, el haz visible puede ser dirigido a través de un colimador de haz 149, de tal manera que el haz visible divergente se hace más colimado, de modo que la anchura efectiva A del haz colimado 140 es mayor que la anchura de riesgo nominal B del haz 142 de la fuente óptica primaria 410, tal como se ilustra en las Figuras 4-5 y 13-15, por ejemplo. Aquí, la anchura efectiva se refiere a la anchura del haz de una fuente óptica secundaria de un OHAD, que corresponde a la magnitud de intensidad óptica mínima para que el haz de la fuente óptica secundaria para estimular una respuesta fisiológica seleccionada.

El sistema óptico puede incluir un combinador óptico 450, tal como se ilustra esquemáticamente en la Figura 4, que puede haberse dispuesto tras el colimador de haz 149, por ejemplo, por lo que el haz visible 140 se superpone sobre el haz 142 emitido por la fuente óptica primaria 410 en al menos una parte de la zona de riesgo óptico del haz 142 de la fuente óptica primaria 410. El sistema óptico puede incluir una óptica de apuntamiento de haz 430, tal como un espejo de apuntamiento ajustable, de tal manera que la óptica de apuntamiento de haz 430 es capaz de redirigir

tanto el haz visible 140 de la fuente óptica secundaria 440 como el haz 142 de la fuente óptica primaria 410 hacia un objetivo (no mostrado) situado a una cierta distancia del detector 400.

En un ejemplo, un circuito de retardo temporal 462 está incluido dentro de un controlador 460, el cual puede proporcionarse como un dispositivo de bloqueo mutuo, de tal manera que el disparo del detector se retrasa durante un tiempo de retardo o impide toda puesta en marcha del haz 142 emitido por la fuente óptica primaria 410. Por ejemplo, el tiempo de retardo puede retrasar la fuente óptica primaria hasta después de la puesta en marcha del haz visible 140 de la segunda fuente óptica 440. En un ejemplo, puede seleccionarse un retardo de 100 milisegundos, de 200 milisegundos, de 250 milisegundos o de 300 milisegundos. Por ejemplo, un sensor 420 puede estar integrado con el controlador 460 para determinar cuándo, o si, la segunda fuente óptica 440 está operativa. Si el sensor 420 no detecta el haz visible 142, o si el haz visible 142 es detectado a menos de una magnitud de umbral, entonces el dispositivo de bloqueo mutuo puede evitar el disparo de la fuente óptica primaria 410. En un ejemplo, puede proporcionarse una anulación manual 463 para anular el dispositivo de bloqueo mutuo 464, tal como se ilustra esquemáticamente en la Figura 4. Alternativamente, el detector puede no tener una anulación manual.

Un circuito de retardo temporal puede ser capaz de retrasar la puesta en marcha del haz 142 emitido por la fuente óptica primaria 410 durante al menos 100 microsegundos, por ejemplo, de tal manera que puede iniciarse una respuesta de contracción de la pupila o de parpadeo por la segunda fuente 440 antes del disparo del haz 142 de la fuente óptica primaria 410. En un ejemplo, el circuito de retardo temporal es capaz de retrasar el inicio del haz emitido por el láser primario durante al menos 250 microsegundos.

Un método para implementar un dispositivo de evitación de riesgo óptico puede comprender una etapa de seleccionar un sistema de evitación de riesgo óptico que combine una pluralidad de respuestas de evitación de riesgo óptico en una persona. Aquí, se define una respuesta de evitación de riesgo óptico como una respuesta fisiológica o conductual que es capaz de mitigar los daños que se ocasionarían, en caso contrario, por un riesgo nominal al tejido ocular humano, incluyendo daños retinales o daños en la córnea, de tal modo que el riesgo nominal se define dentro de una zona de riesgo nominal en la norma ANSI. La pluralidad de respuestas de evitación de riesgo óptico seleccionadas de entre las respuestas de evitación de riesgo óptico pueden consistir en una respuesta de parpadeo, una respuesta de contracción de la pupila y una respuesta de aversión de la mirada, por ejemplo. El método puede incluir integrar el sistema de evitación de riesgo óptico con un riesgo óptico primario, de tal manera que el sistema de evitación de riesgo óptico mitiga o elimina el riesgo nominal de daños en una córnea o una retina de la persona. Por riesgo nominal de daños debe entenderse que se utiliza aquí la norma ANSI Z136.1-2007 para determinar si existe un peligro o riesgo nominal dentro de una zona de riesgo nominal (NHZ) cuando se hace funcionar el riesgo óptico primario en ausencia del dispositivo de evitación de riesgo óptico (OHAD), y el OHAD funciona para mitigar o eliminar el peligro o riesgo nominal dentro de al menos una parte de la NHZ. La ANSI 136.6 se utiliza, también, en ocasiones tales como a la hora de determinar el grado de sensibilidad y el grado crítico, tal y como se ilustra en los dibujos. Existen otras normas, tales como las que se encuentran en la 21 C.F.R. 1040, la DODI 6055.15 o la IEC 60825, si bien las normas ANSI, en los capítulos 136.1 y 136.6, se utilizan coherentemente para definir los grados o magnitudes utilizados en esta memoria. El OHAD puede proporcionar un sensor de movimiento u otro sensor para evitar el disparo de un riesgo óptico primario cuando se detecta una persona dentro de, por ejemplo, cualquier NHZ residual. Combinando una respuesta de evitación de riesgo óptico con un dispositivo de bloqueo mutuo, el dispositivo de bloqueo mutuo es capaz de evitar que se dispare el riesgo óptico primario, hasta que el dispositivo de evitación de riesgo óptico determina que el disparo del riesgo óptico primario es seguro para las personas. El control del controlador 460 puede incluir un dispositivo de bloqueo mutuo 464 y un circuito de retardo temporal 462, o bien el dispositivo de bloqueo mutuo puede incluir el circuito de retardo temporal 462. Puede utilizarse la combinación de un dispositivo de bloqueo mutuo en un sistema de OHAD para impedir que se dispare el riesgo óptico primario durante un periodo de retardo temporal predeterminado o durante un periodo de retardo temporal seleccionable por un usuario del OHAD. El periodo de retardo temporal puede ser al menos 100 milisegundos, más preferiblemente al menos 250 milisegundos, en caso de que se requiera una respuesta de parpadeo o una respuesta de contracción de la pupila antes del disparo de un riesgo óptico primario.

En un ejemplo, la etapa de combinar incluye supervisar una zona de riesgo nominal en busca de la presencia de una persona y evitar el disparo del riesgo óptico primario hasta que todas las personas estén fuera de una zona de riesgo nominal residual. Por zona de riesgo nominal residual quiere decirse la zona de riesgo nominal, si es que la hay, una vez que se ha tenido en consideración la mitigación por parte del OHAD del riesgo nominal de daños ocasionado por un riesgo óptico primario. En un ejemplo alternativo, se proporciona un retardo temporal incluso una vez que todas las personas se encuentran fuera de la zona de riesgo nominal residual. Esta etapa de supervisión puede ser automatizada proporcionando un sensor capaz de detectar una persona / animal dentro de la zona de riesgo nominal residual, tal como un sensor de movimiento. Por ejemplo, una vez que un sensor de movimiento ha detectado un movimiento compatible con la presencia de una persona dentro de la zona de riesgo nominal residual durante un periodo previo al disparo del riesgo óptico primario, el dispositivo de bloqueo mutuo impide que se dispare el riesgo óptico primario. Cuando el dispositivo de bloqueo mutuo impide el disparo del riesgo óptico primario, puede proporcionarse un aviso o alarma audible o visible. Por ejemplo, tal aviso o alarma puede indicar al usuario de un detector que la zona de riesgo nominal no está despejada y/o puede proporcionar un aviso a cualquier persona que se encuentre en la zona de riesgo nominal residual. En un ejemplo, se incorpora dentro del OHAD un sistema de detección del rostro humano, tal como el módulo de detección del rostro humano divulgado en la

Publicación de Patente de los EE.UU. N° 2007/0098229, publicada el 3 de mayo de 2007, y en la Patente de los EE.UU. N° 6.184.926, que fue expedida el 6 de febrero de 2001, la cual divulga un sistema para detectar un rostro humano en entornos no controlados.

5 Un ejemplo de método que se sirve de un dispositivo de evitación de riesgo óptico para mitigar o eliminar un riesgo óptico nominal dentro de una zona de riesgo nominal, comprende seleccionar un dispositivo de evitación de riesgo óptico que tiene una intensidad y una longitud de onda de la radiación emitida tales, que una pluralidad de respuestas de evitación de riesgo óptico mitigan o eliminan un riesgo óptico nominal de un riesgo óptico primario. Integrando el OHAD con un riesgo óptico primario, un dispositivo de bloqueo mutuo puede impedir que se dispare el riesgo óptico primario hasta que la pluralidad de respuestas de evitación del riesgo óptico mitiguen o eliminen el riesgo óptico nominal del riesgo óptico primario, por ejemplo.

10 Es la intención que otras combinaciones y variaciones de las características de los ejemplos de la invención divulgada estén incluidas dentro del alcance de la invención, y los ejemplos no deben ser tomados como limitativos de ninguna de las reivindicaciones que finalmente se expidan.

En lo que sigue se proporcionan las Tablas 1 y 2:

15 Tabla 1

Duración de la fuente primaria (segundos)	Mitigación del riesgo retinal
0,1	11X
0,5	9X
1	5X
2	3X

Tabla 2

Longitud de onda de la fuente primaria	Duración de la fuente primaria					
	1 s	10 s	1 min	5 min	10 min	1 hora
UV (< 400 nm)	4X	40X	240X	1.200X	2.400X	14.400X
Visible (400 – 700)	No calculada					
IR cercano (700 – 1.400)	1,4X	2,5X	2,5X	2,5X	2,5X	2,5X
IR lejano (> 1.400)	1,4X	2,5X	2,5X	2,5X	2,5X	2,5X

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Un dispositivo de evitación de riesgo óptico (400) que comprende:  
un láser primario (410), de tal manera que el láser primario (410) tiene una zona de riesgo nominal;  
un sensor (420) para interrogar una señal procedente de una sustancia estimulada por el láser primario;
- 5 un láser secundario (440), que emite un haz visible (140) para estimular al menos una respuesta de evitación de riesgo óptico capaz de mitigar los daños causados por el láser primario (410);  
un sistema óptico que incluye un combinador óptico (450) para dirigir el haz visible (140) de tal manera que el haz visible (140) se superpone sobre un haz (142) emitido por el láser primario (410) en al menos una parte de la zona de riesgo óptico del láser primario (410);
- 10 de tal modo que el láser secundario (440) es capaz de inducir la al menos una respuesta de evitación de riesgo óptico en al menos la parte de la zona de riesgo óptico del láser primario (410), de tal manera que la exposición óptica al haz (142) emitido por el láser primario (410) es mitigada por la al menos una respuesta de evitación de riesgo óptico.
- 15 2.- El dispositivo de evitación de riesgo óptico (400) de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el haz (142) del láser primario (410) comprende energía emitida que tiene una longitud de onda ultravioleta.
- 3.- El dispositivo de evitación de riesgo óptico (400) de acuerdo con la reivindicación 2, en el cual el haz (142) del láser primario (410) incluye uno o más láseres, y el haz (142) del láser primario (410) comprende energía emitida que comprende longitudes de onda ultravioleta de doble banda, y el sensor y el láser primario proporcionan un sistema para detección de exclusión Raman de manera tal, que las trazas residuales de los productos químicos producen una señal cuando se exponen a las longitudes de onda ultravioleta de doble banda.
- 20 4.- El dispositivo de evitación de riesgo óptico (400) de acuerdo con la reivindicación 3, en el cual las longitudes de onda ultravioleta de doble banda incluyen energía emitida a longitudes de onda de aproximadamente 248 nanómetros y 355 nanómetros.
- 5.- El dispositivo de evitación de riesgo óptico (400) de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el sistema óptico incluye un primer espejo (143) para redirigir el haz visible (140) procedente del láser secundario, y un segundo espejo (141) para redirigir el haz visible (140) redirigido por el primer espejo (143).
- 25 6.- El dispositivo de evitación de riesgo óptico (400) de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el sistema óptico incluye un expansor de haz (149) y el haz visible (140) es dirigido a través del expansor de haz (149), de tal manera que el haz diverge, y un colimador de haz (149), donde, una vez que el haz visible (140) se ha dirigido a través del expansor de haz (149), el haz visible (140) es dirigido a través del colimador de haz (149), de tal modo que el haz visible divergente (140) se hace más colimado, de forma que una anchura efectiva del haz colimado es mayor que una anchura de riesgo nominal del haz (142) del láser primario (410).
- 30 7.- El dispositivo de evitación de riesgo óptico (400) de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el sistema óptico incluye una óptica de apuntamiento de haz (430), de tal manera que la óptica de apuntamiento de haz (430) es capaz de redirigir tanto el haz visible (140) del láser secundario (440) como el haz (142) del láser primario (410) hacia un objetivo situado a una distancia del detector (400).
- 35 8.- El dispositivo de evitación de riesgo óptico (400) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un circuito de retardo temporal (462), de tal manera que el disparo del detector retrasa durante un tiempo de retardo toda puesta en marcha del haz (142) emitido por el láser primario (410), hasta después de una puesta en marcha del haz visible (140) del láser secundario (440).
- 40 9.- El dispositivo de evitación de riesgo óptico (400) de acuerdo con la reivindicación 8, en el cual el circuito de retardo temporal (462) es capaz de retrasar la puesta en marcha del haz (142) emitido por el láser primario (410) durante al menos 100 milisegundos.
- 10.- El dispositivo de evitación de riesgo óptico (400) de acuerdo con la reivindicación 8, en el cual el circuito de retardo temporal (462) es capaz de retrasar la puesta en marcha del haz (142) emitido por el láser primario (410) durante al menos 250 milisegundos.
- 45 11.- Un método para implementar un dispositivo de evitación de riesgo óptico a fin de mitigar un riesgo óptico primario, de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende:
- 50 seleccionar un sistema de evitación de riesgo óptico capaz de inducir una respuesta de evitación de riesgo óptico seleccionada de entre respuestas de evitación de riesgo óptico consistentes en una respuesta de parpadeo, una respuesta de contracción de la pupila y una respuesta de aversión de la mirada;

integrar el sistema de evitación de riesgo óptico con un haz de láser del riesgo óptico primario; y

determinar cuándo el disparo del haz de láser es seguro para las personas, y permitir el disparo únicamente cuando un dispositivo de bloqueo mutuo determina que el disparo del haz de láser es seguro para las personas.

- 5 12.- El método de acuerdo con la reivindicación 11, en el cual la etapa de seleccionar combina una pluralidad de respuestas de evitación de riesgo óptico de una persona, de tal manera que la pluralidad de respuestas de evitación de riesgo óptico se selecciona de entre las respuestas de evitación de riesgo óptico consistentes en la respuesta de parpadeo, la respuesta de contracción de la pupila y la respuesta de aversión de la mirada.
- 10 13.- El método de acuerdo con la reivindicación 11, en el cual el dispositivo de bloqueo mutuo incluye un circuito de retardo temporal, y la etapa de combinar evita que se dispare el riesgo óptico primario durante un periodo de retardo temporal.
- 14.- El método de acuerdo con la reivindicación 13, en el cual el periodo de retardo temporal es al menos 100 milisegundos.
- 15.- El método de acuerdo con la reivindicación 13, en el cual el periodo de retardo temporal es al menos 250 milisegundos.
- 15 16.- El método de acuerdo con la reivindicación 11, en el cual la etapa de combinar incluye supervisar una zona de riesgo nominal con respecto a la presencia de una persona y evitar que se dispare el riesgo óptico primario hasta que todas las personas se hayan apartado de la zona de riesgo nominal.
- 20 17.- El método de acuerdo con la reivindicación 16, en el cual la etapa de supervisar se ha automatizado proporcionando un sensor de movimiento, de tal modo que, cuando el sensor de movimiento detecta un movimiento compatible con la presencia de una persona dentro de la zona de riesgo nominal durante un cierto periodo de tiempo previo al disparo del riesgo óptico primario, el dispositivo de bloqueo mutuo impide el disparo del riesgo óptico primario.
- 18.- El método de acuerdo con la reivindicación 17, en el cual, cuando el dispositivo de bloqueo mutuo impide que se dispare el riesgo óptico primario, se proporciona un aviso audible o visible.
- 25 19.- Un método para utilizar un dispositivo de evitación de riesgo óptico de acuerdo con la reivindicación 1, a fin de mitigar o eliminar un riesgo óptico nominal dentro de una zona de riesgo nominal, que comprende:
- seleccionar un dispositivo de evitación de riesgo óptico que tiene una intensidad y una longitud de onda de la radiación emitida tales, que al menos una de una pluralidad de respuestas de evitación de riesgo óptico mitiga o elimina un riesgo óptico nominal de un riesgo óptico primario;
- 30 integrar el dispositivo de evitación de riesgo óptico con el riesgo óptico primario; e
- impedir el disparo del riesgo óptico primario hasta que la pluralidad de respuestas de evitación de riesgo óptico mitiguen o eliminen el riesgo óptico nominal del riesgo óptico primario.
- 35 20.- El método de acuerdo con la reivindicación 19, en el cual la etapa de integrar incluye seleccionar una óptica tal, que el riesgo óptico primario tenga un haz, y el haz no presente una anchura de haz convergente, enfocada, y el dispositivo de evitación de riesgo óptico tenga un haz con una anchura de haz que sea mayor que la anchura de haz del haz del riesgo óptico primario, dentro de toda una zona de riesgo nominal del riesgo óptico primario.

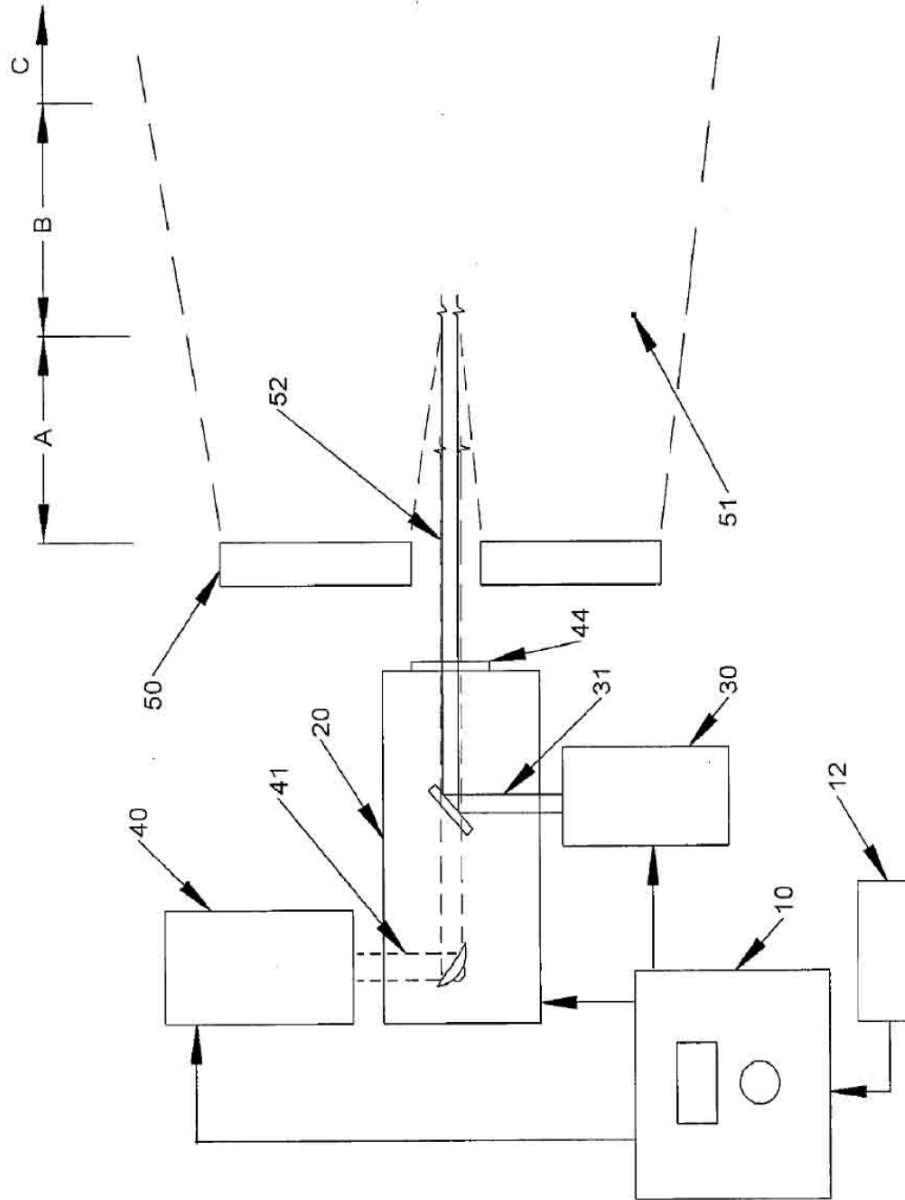
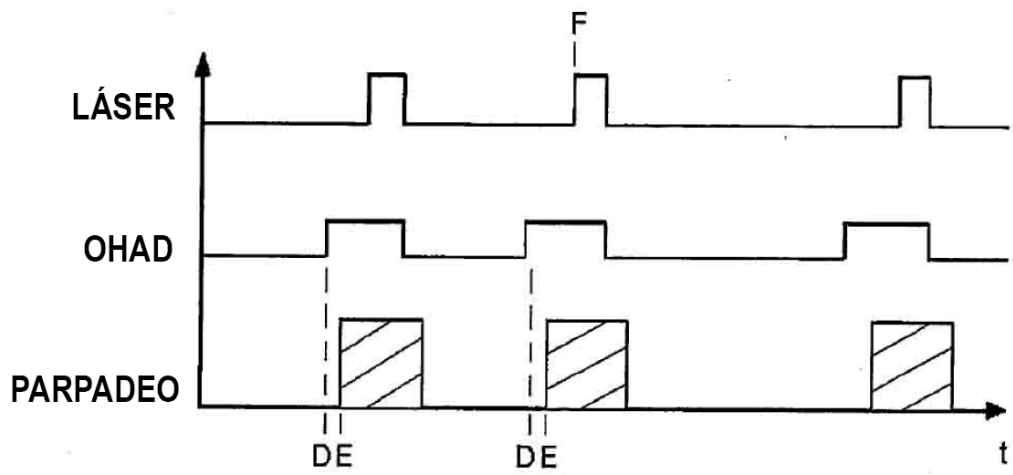
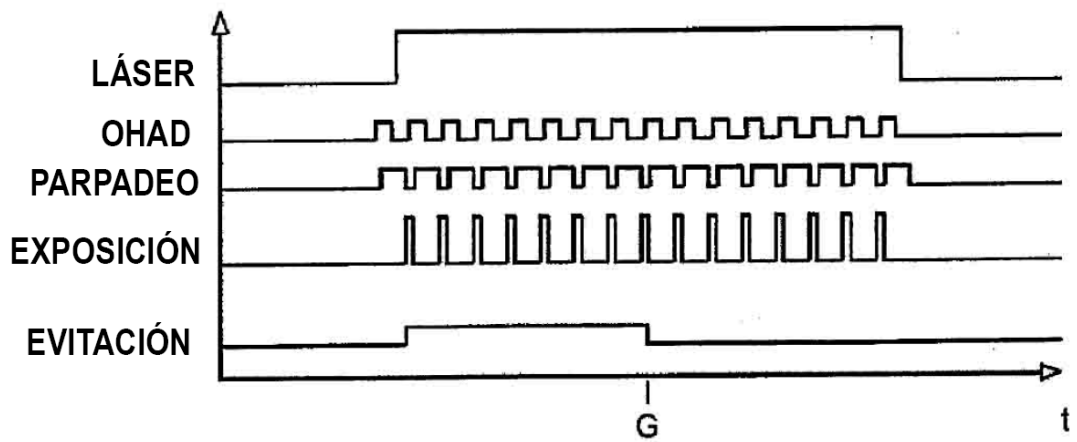


FIG. 1

**FIG. 2**



**FIG. 3**





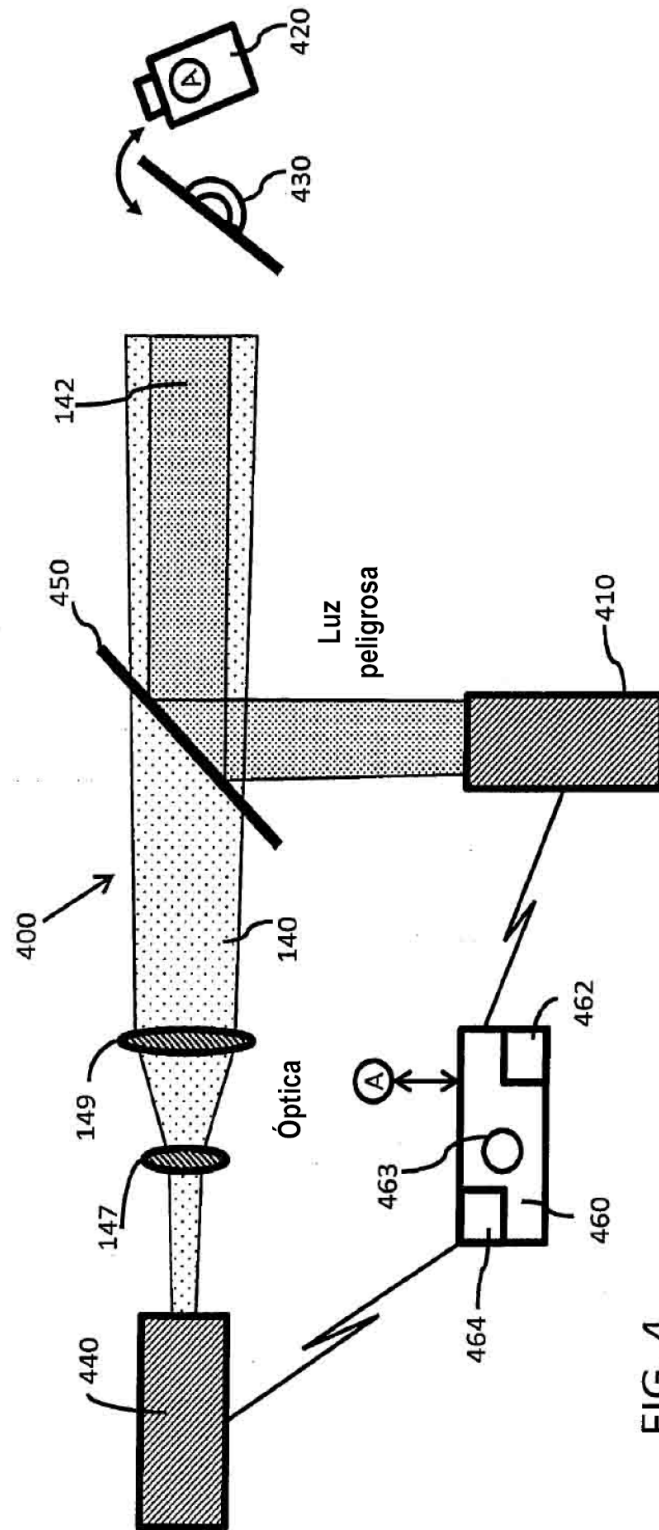


FIG. 4

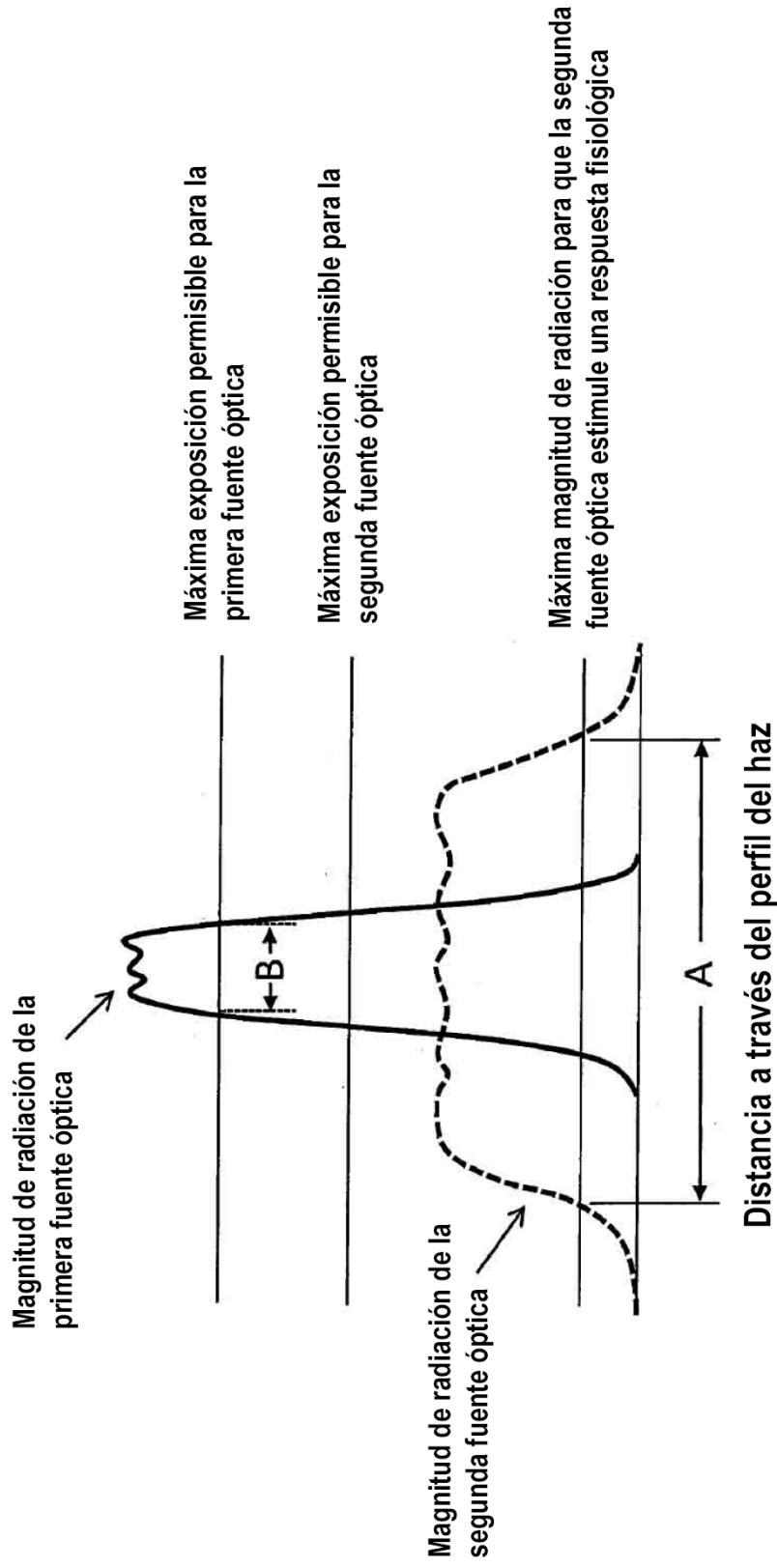


FIG. 5

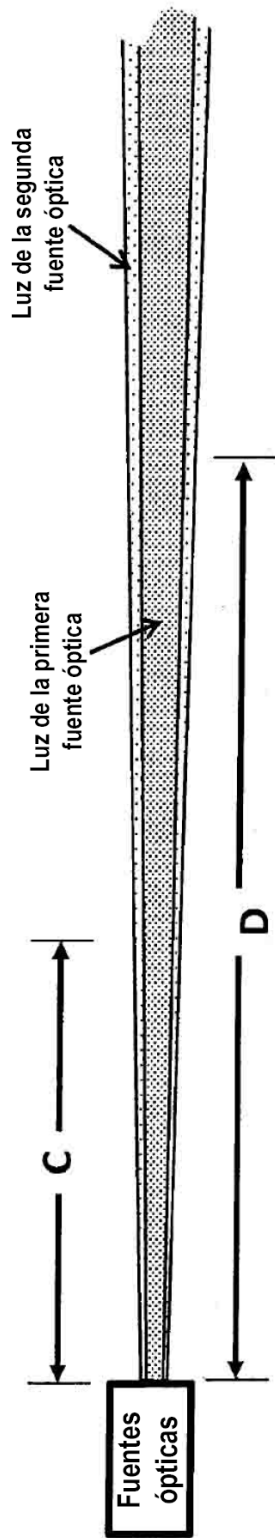


FIG. 6

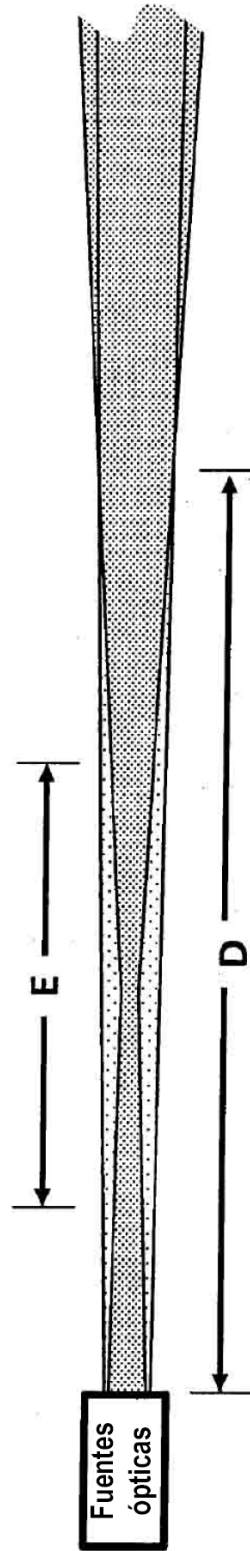
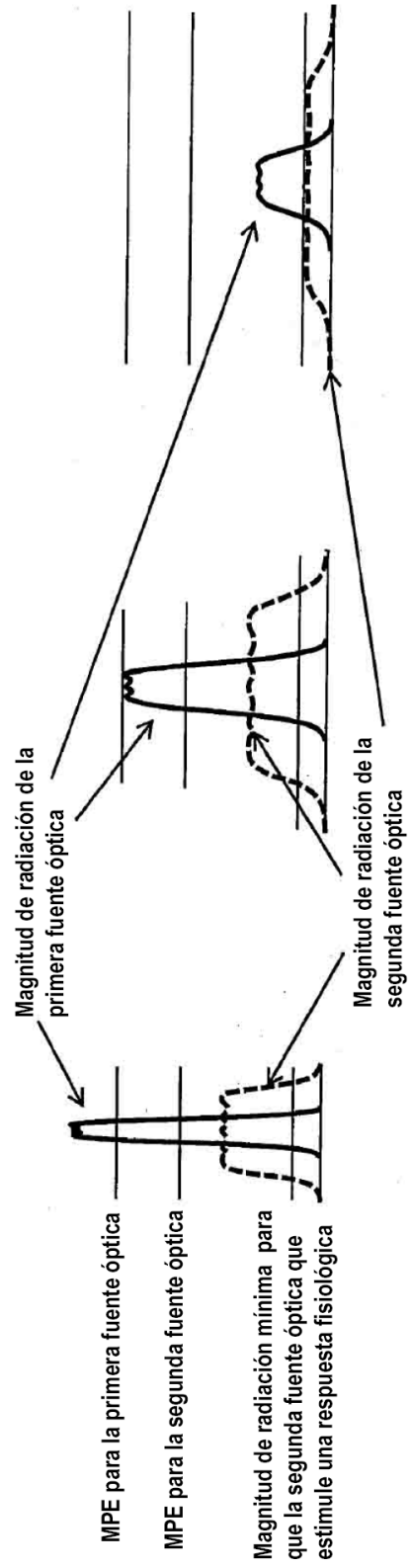
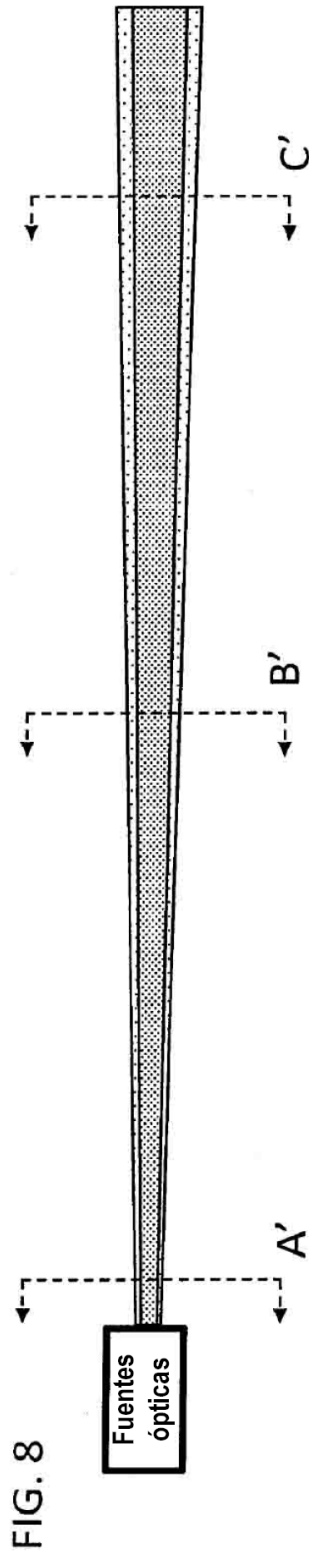


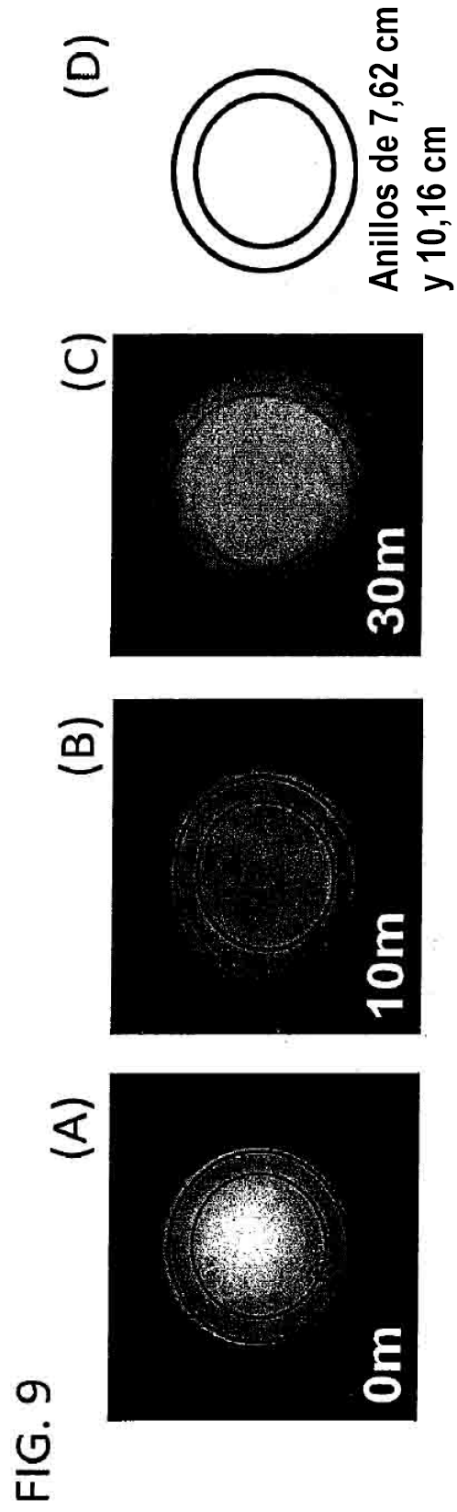
FIG. 7



**FIG. 8A**

**FIG. 8B**

**FIG. 8C**



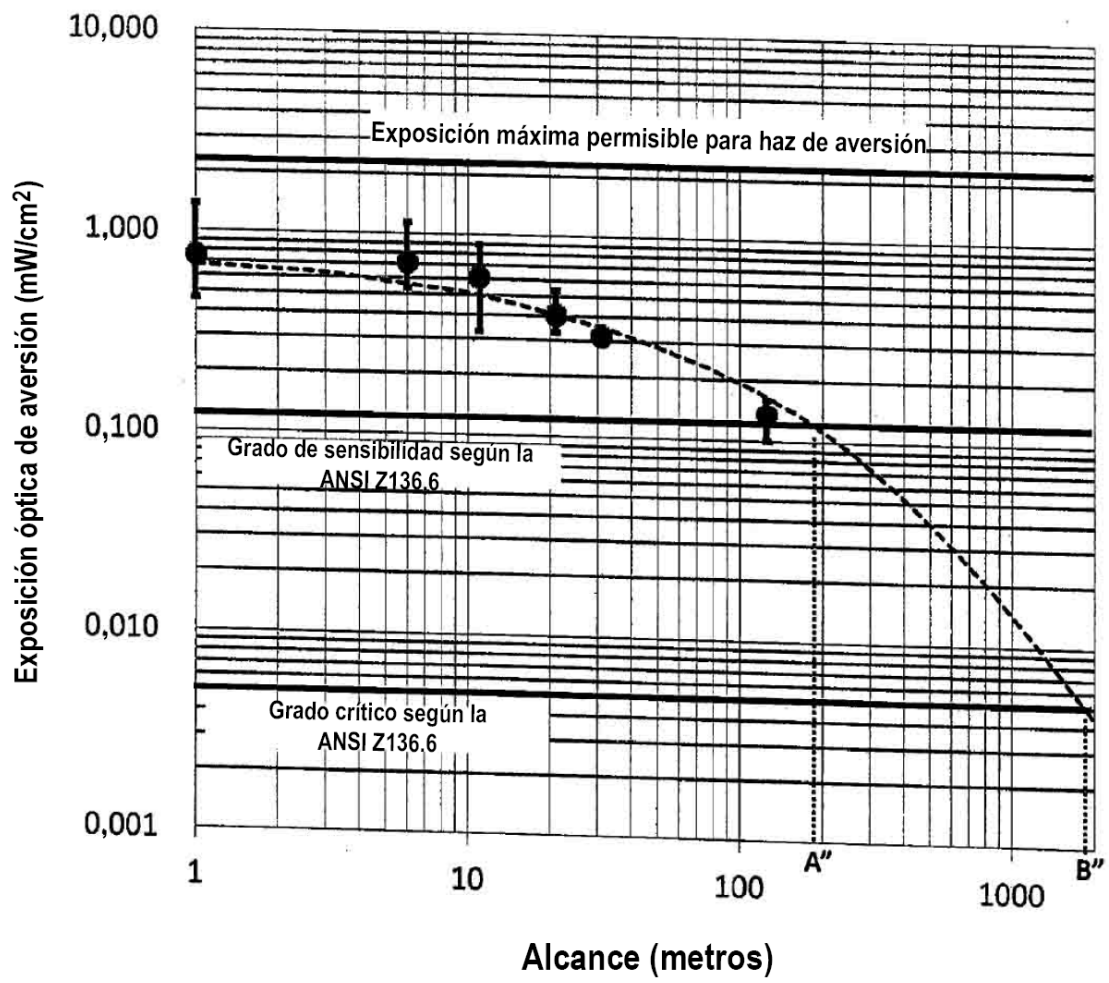


FIG. 10

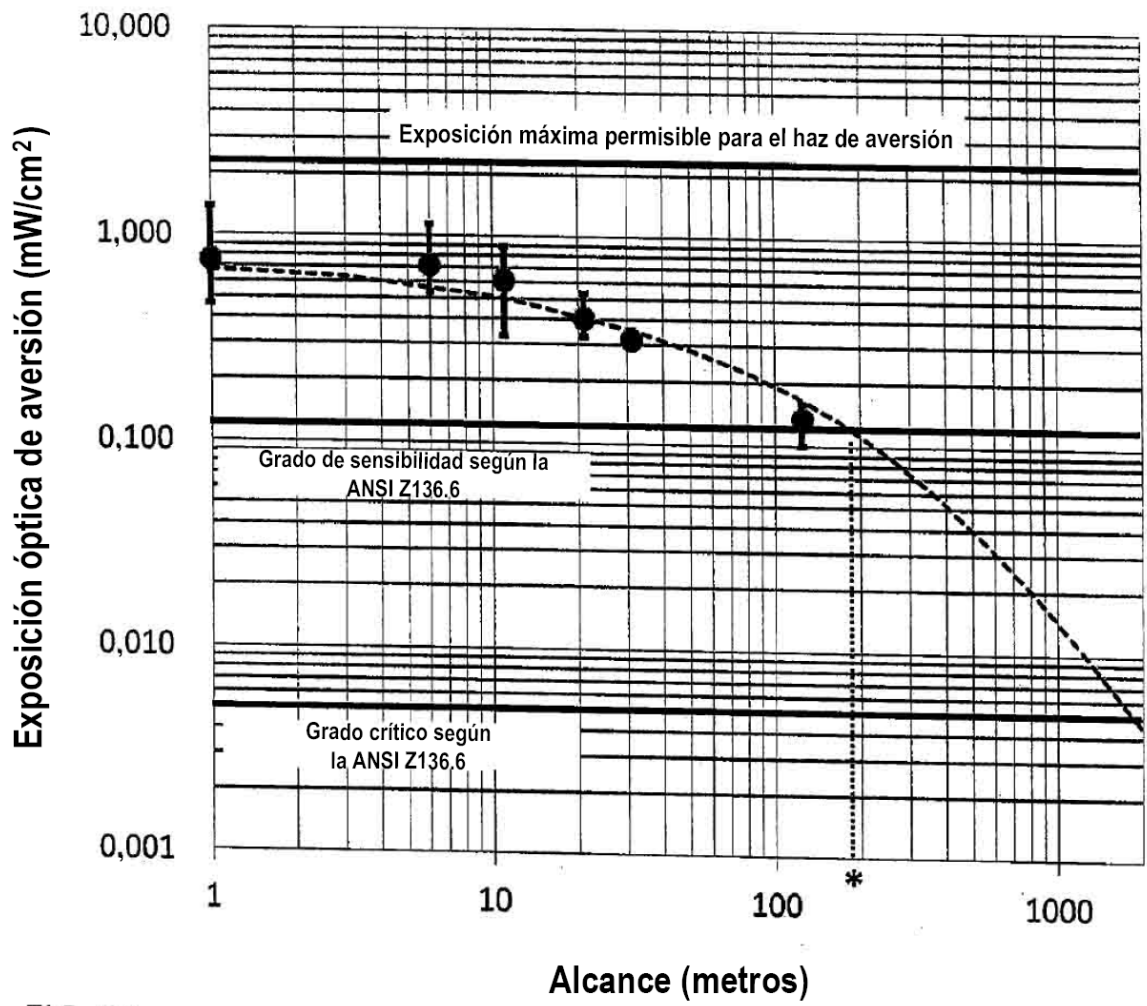


FIG. 11

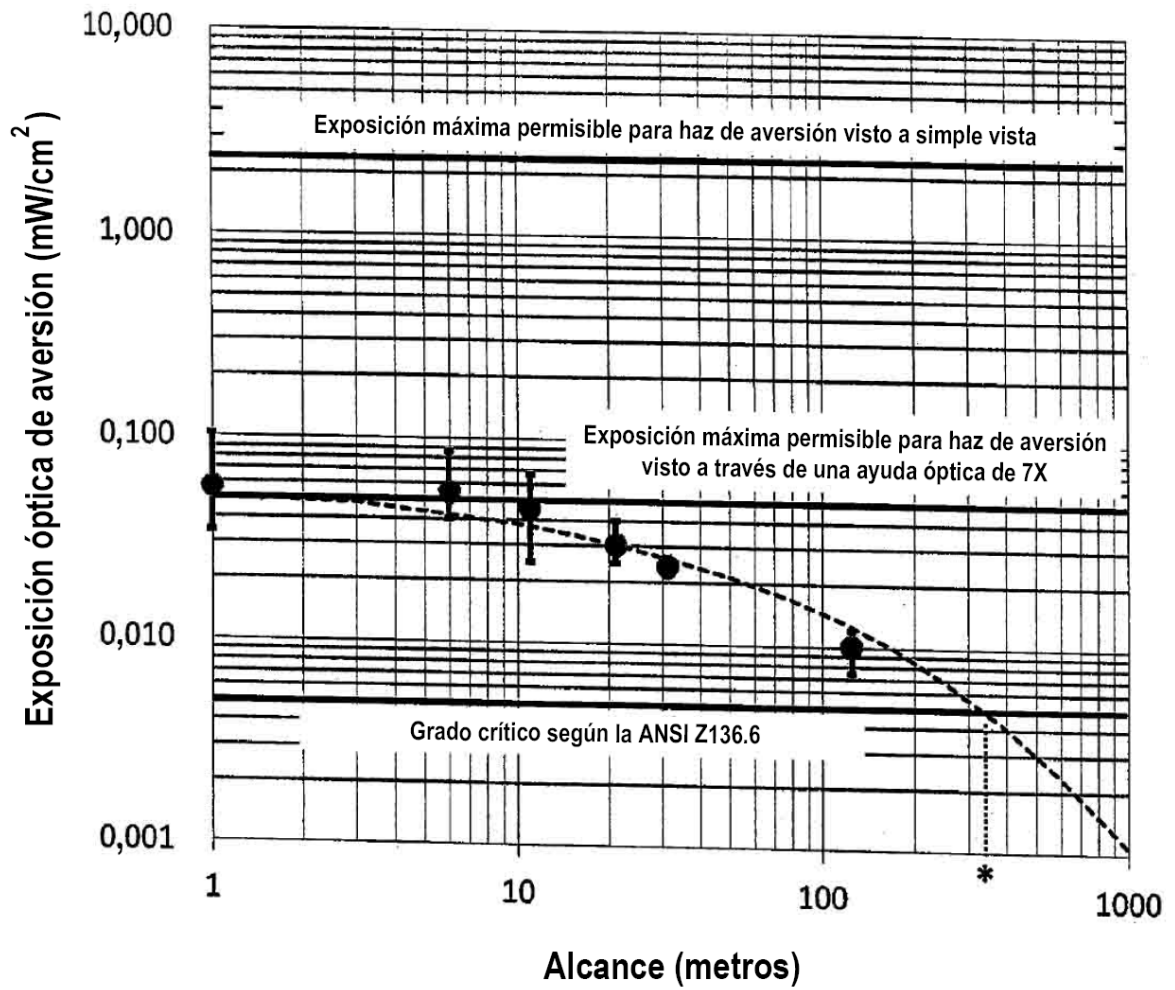


FIG. 12



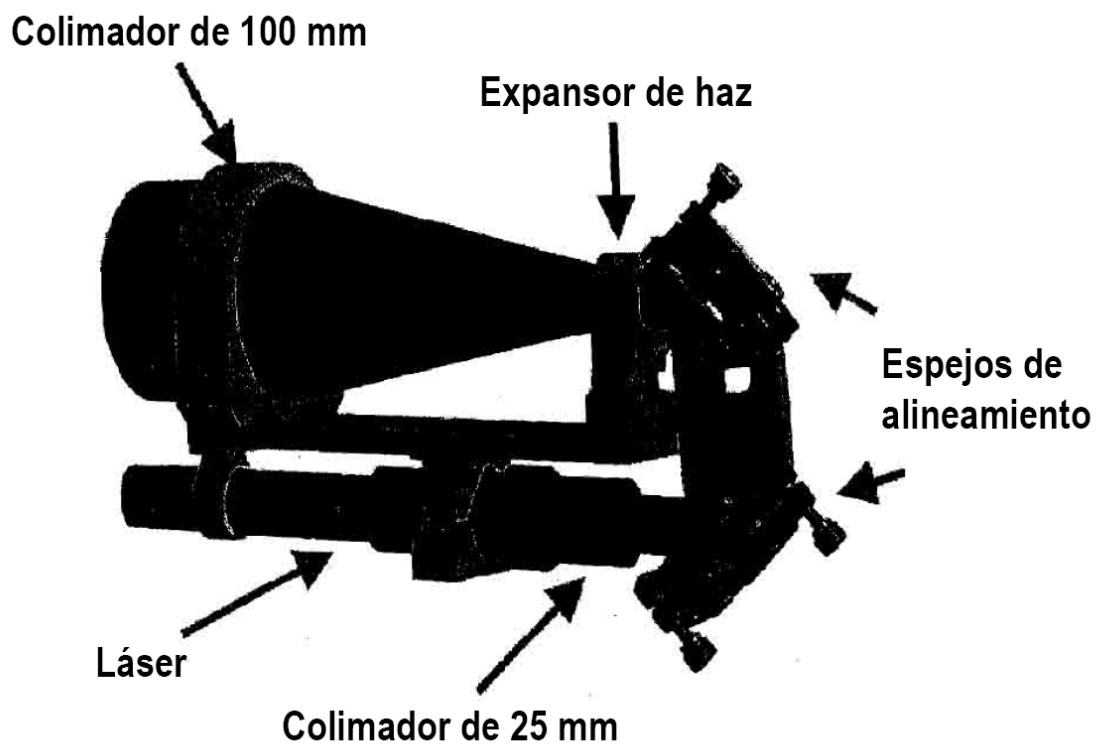


FIG. 13

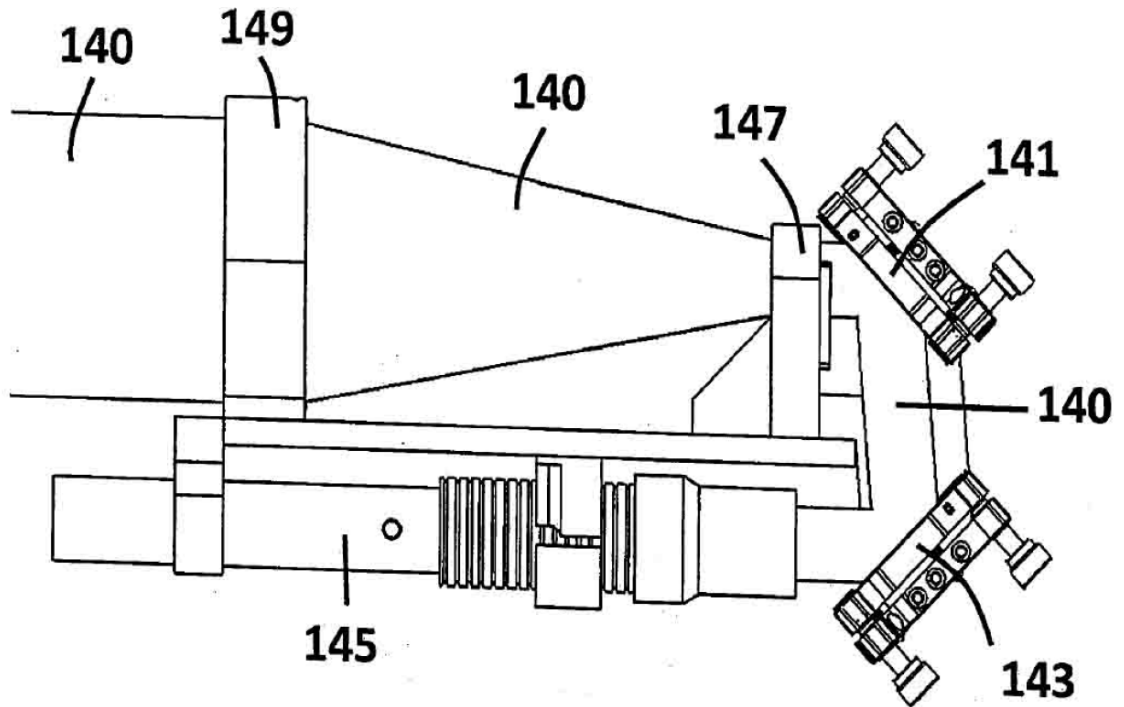


FIG. 14

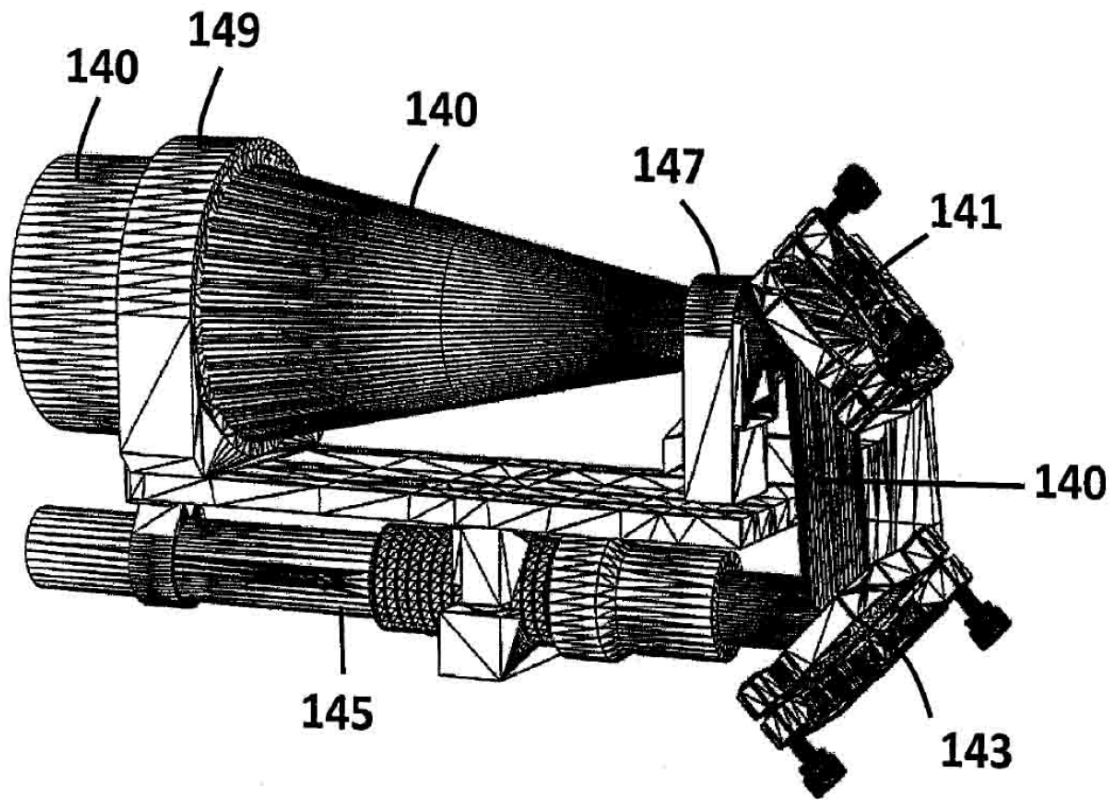


FIG. 15

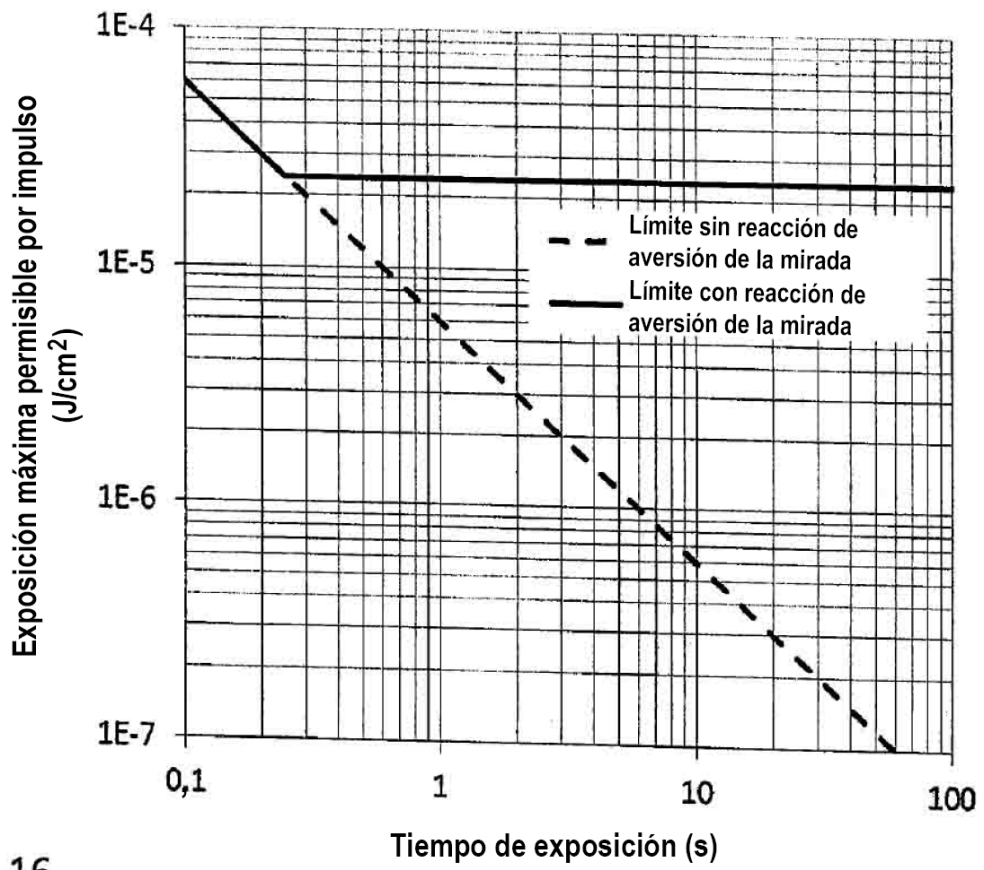


FIG. 16

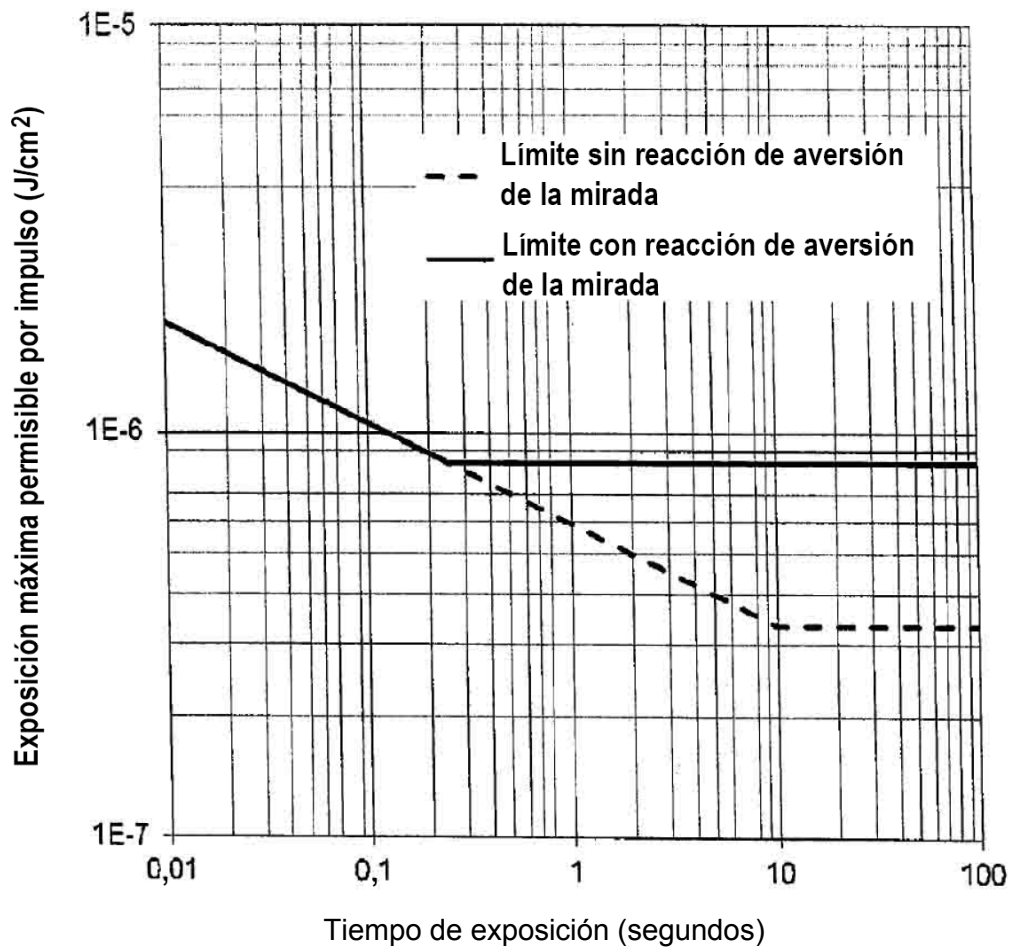


FIG. 17

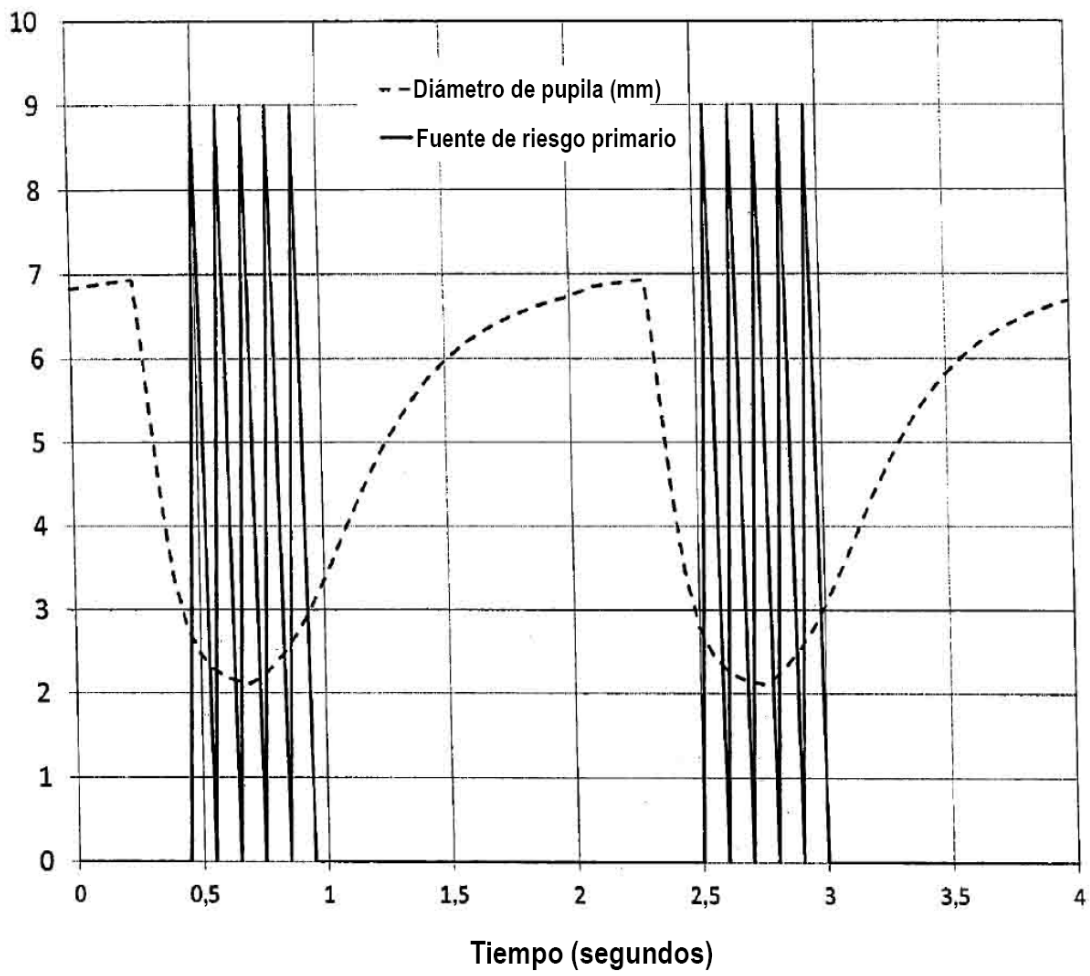


FIG. 18

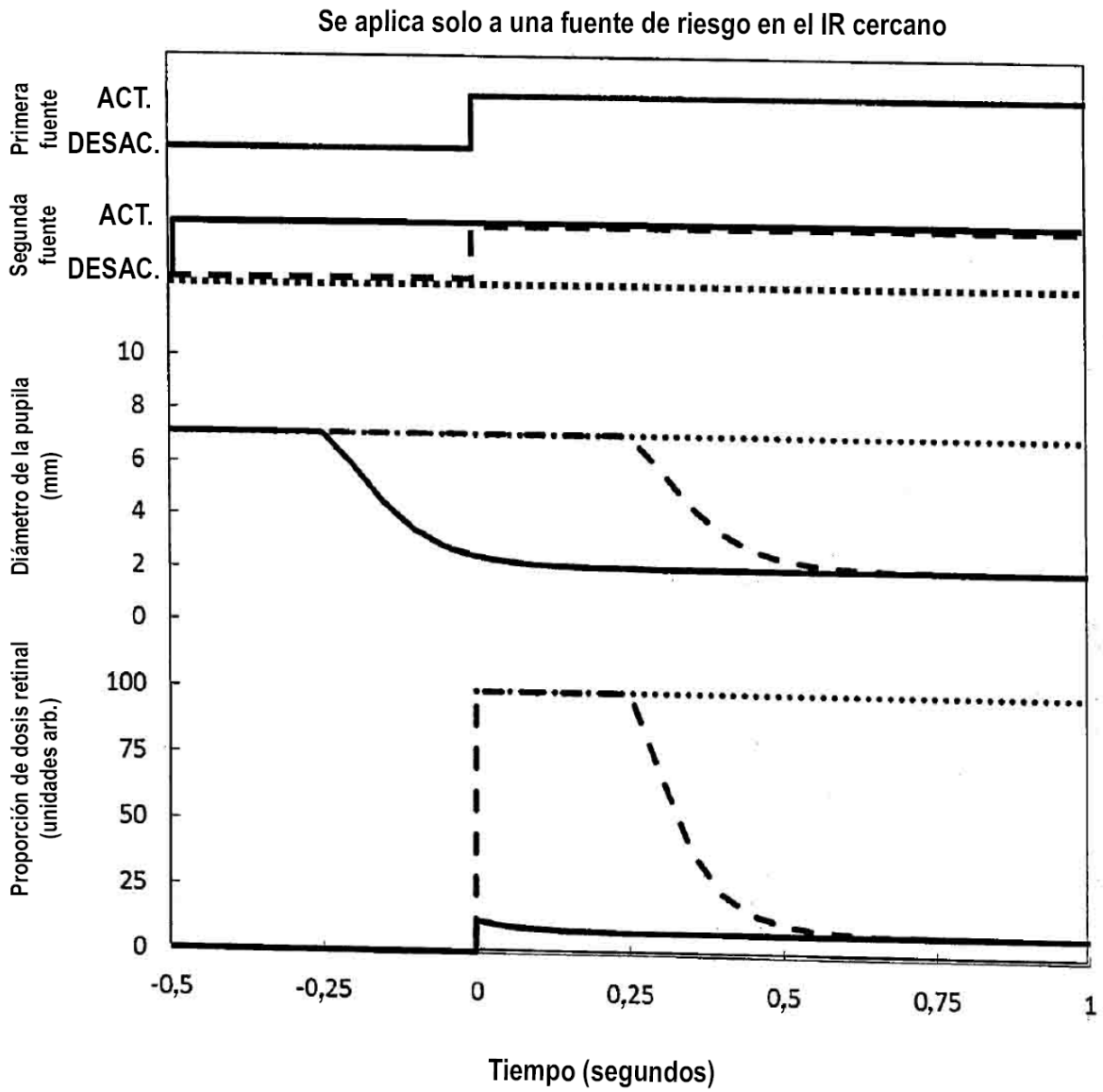


FIG. 19

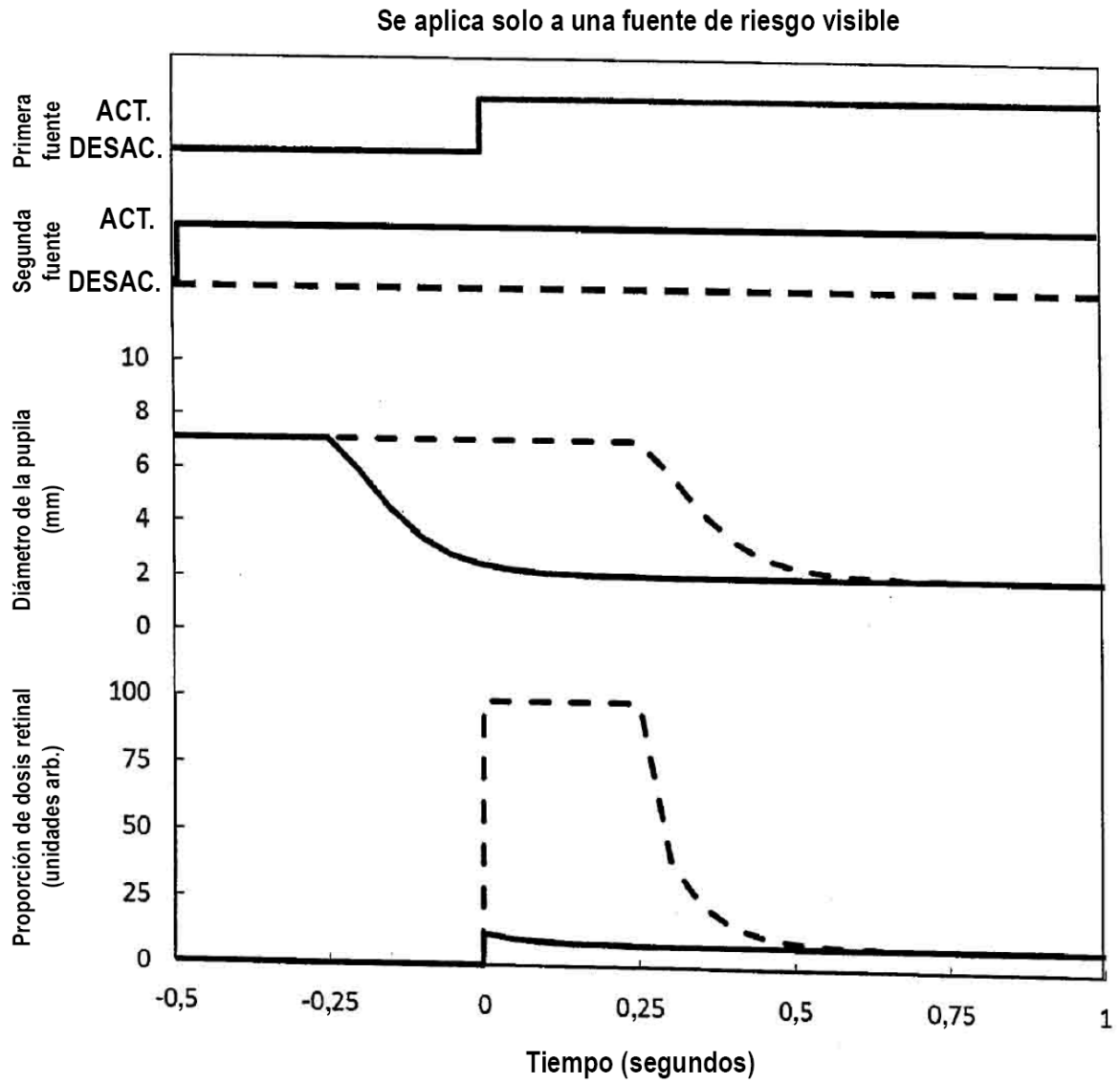


FIG. 20