

Universidad Inca Garcilaso De La Vega
Facultad de Tecnología Médica
Carrera de Terapia Física y Rehabilitación



**PROCEDIMIENTOS DE FOTOTERAPIA CON LÁSER
TERAPÉUTICO EN TERAPIA FÍSICA**

Trabajo de Suficiencia Profesional

Para optar por el Título Profesional

QUISPE RAMOS, José Luis

Asesor:

Lic. Morales Martínez, Marx

Lima – Perú

Junio - 2017



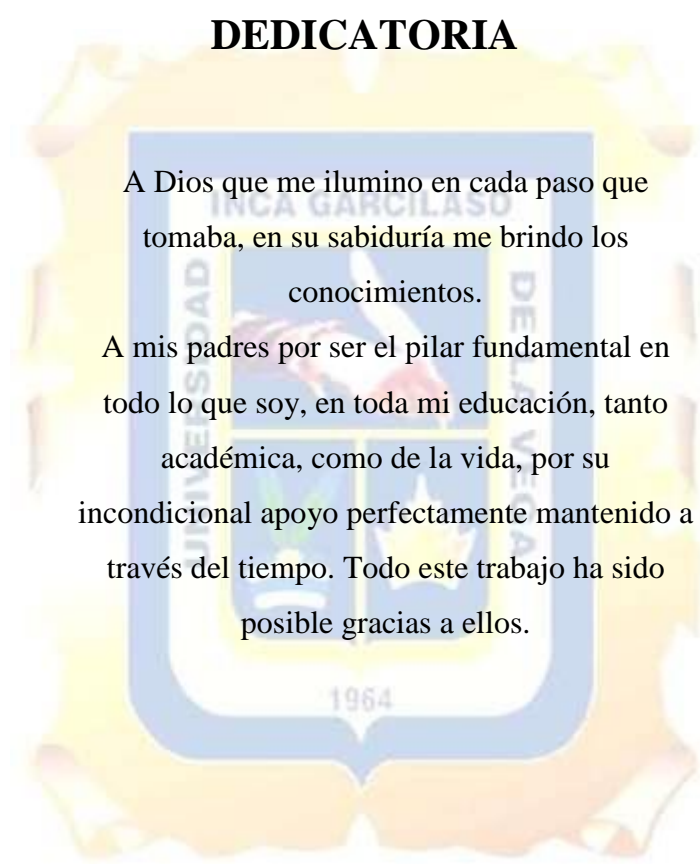


**PROCEDIMIENTOS DE FOTOTERAPIA CON LÁSER
TERAPÉUTICO EN TERAPIA FÍSICA**

DEDICATORIA

A Dios que me ilumino en cada paso que tomaba, en su sabiduría me brindo los conocimientos.

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo. Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.



AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater, UIGV, por haberme cobijado y alimentado de conocimientos en mi estancia universitaria

Al asesor Lic. Marx Morales, por la participación valiosa en el desarrollo de esta investigación. Además, de agradecer su comprensión, paciencia, tiempo y la dedicación que tuvo para que esto saliera de manera exitosa.



RESUMEN

El láser terapéutico es una forma de energía del espectro electromagnético, utilizado en fisioterapia como una técnica que consiste en aplicar esta energía al organismo para facilitarle su actividad bioquímica. El término láser corresponde a las siglas de la expresión Light by Amplification Stimulated Emission of Radiation; que traducida es, luz amplificada estimulada por emisión de radiación. La energía luminosa se transmite por el espacio en forma de ondas que contienen pequeños “paquetes de energía” llamados fotones cada fotón contiene una cantidad definida de energía dependiendo de su longitud de onda (color). El presente trabajo de investigación está orientado a presentar una alternativa de tratamiento fisioterapéutico mediante la aplicación del láser en pacientes. El principal objetivo es ayudar a los pacientes a reducir el dolor que dificulta su normal desenvolvimiento en las actividades cotidianas, y contribuir en su pronta recuperación en beneficio de su desarrollo, sea laboral, social o deportivo. La terapia láser, utiliza ampliamente en lesiones osteomuscular, tendinoso ligamentoso donde se mejora significativamente la sintomatología dolorosa y la limitación funcional.

PALABRAS CLAVES: Láser, Fototerapia, Energía, Fotón, Terapia física.

ABSTRACT

The therapeutic laser is a form of energy of the electromagnetic spectrum, used in physiotherapy as a technique that consists in applying this energy to the organism to facilitate its biochemical activity. The term laser corresponds to the acronym of the expression Light by Amplification Stimulated Emission of Radiation; what is translated, amplified light stimulated by radiation emission. The light energy is transmitted through space in the form of waves containing small "energy packages" called photons. Each photon contains a defined amount of energy depending on its wavelength (color). The present research work is aimed at presenting an alternative physiotherapeutic treatment through the application of laser in patients. The main objective is to help patients reduce the pain that hinders their normal development in daily activities, and contribute to their quick recovery for the benefit of their development, be it work, social or sports. Laser therapy, widely used in musculoskeletal, tendinous ligament injuries where pain symptoms and functional limitation are significantly improved.

KEYWORDS: Laser, Phototherapy, Energy, Pain, Photon, Physical Therapy

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT.....	7
TABLA DE CONTENIDO.....	8
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I: FOTOTERAPIA CON LASER TERAPÉUTICO.....	11
1.1 DEFINICIÓN DE FOTOTERAPIA	11
1.2 MECANISMO DE ACCIÓN.....	11
1.3 CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS DE LA FOTOTERAPIA	12
1.4 LEYES FÍSICAS DE UTILIDAD EN LUMINOTERAPIA	12
1.4.1. Ley del inverso del cuadrado de la distancia.	12
1.4.2. Ley del coseno de Lambert.	13
1.4.3. Ley de Bunsen-Roscoe.	13
1.4.4. Ley de Grothaus-Draper	13
1.5. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA LUZ EN SU INTERACCIÓN CON EL TEJIDO	14
1.5.1. Reflexión.	14
1.5.2. Refracción.....	14
1.5.3. Transmisión.	14
1.5.4. Dispersión.....	15
1.6. LÁSER TERAPÉUTICO	15
1.6.1. DEFINICIÓN	15
1.6.2. HISTORIA.....	16
1.6.3. GENERACIÓN DE LA LUZ.....	17
1.6.3.1 Luz No Coherente	18
1.6.3.2 Leyes De La Luz	19
1.7. TIPOS DE LÁSER	25
1.7.1. Método De Producción.....	25
1.7.2. Tipo De Emisor Y Sus Efectos.....	28
CAPÍTULO II PROCEDIMIENTOS DE FOTOTERAPIA CON LÁSER	30

2.1	SEGÚN SU LONGITUD DE ONDA EL LÁSER SE DIVIDE EN:.....	30
2.2	SE DIVIDE EN 3 CATEGORÍAS:.....	30
2.3	POR SU FORMA DE EMISIÓN:.....	30
2.4	POR LA FORMA DE BOMBEO:.....	30
2.5	POR SU POTENCIA.....	31
2.6	SISTEMA DE BOMBEO:.....	31
2.6.1.	Bombeo Óptico: En el que se emplea una fuente luminosa, del tipo lámpara de flash de xenón u otro láser, generalmente de menor longitud de onda (ej. Láser de rubí).....	31
2.6.2.	Bombeo Eléctrico: Se basa en hacer pasar una corriente eléctrica a través del material activo, habitualmente un gas (ej. Láser de He-Ne), o a través de un semiconductor (ej. Láser de As-Ga).	31
2.6.3.	Bombeo Químico: Se fundamenta en la creación de energía, a través de la ruptura de enlaces químicos (ej. Láser de Flúor -Hidrógeno).....	31
CAPÍTULO III APLICACIÓN Y EFECTOS		32
3.1	CAVIDAD RESONANTE	32
3.2	EFFECTOS FISIOLÓGICOS.....	32
3.3	MODALIDADES DE APLICACIÓN DEL LÁSER.....	36
3.4	DETERMINACIÓN DE LA DOSIS DE RADIACIÓN.....	37
3.5	INDICACIONES:	39
3.6	CONTRAINDICACIONES:	39
3.7	TÉCNICA DE APLICACIÓN.....	40
3.8	MEDIDAS DE PRECAUCIÓN:	40
3.9	CUIDADOS DEL EQUIPO	40
3.10	MÉTODOS DE APLICACIÓN DEL LÁSER.....	41
CONCLUSIONES		43
BIBLIOGRAFÍA		44
ANEXOS		47

INTRODUCCIÓN

La fototerapia es el tratamiento no invasivo con luz bajo ciertas características de longitud de onda y potencia. Diferentes longitudes de onda de la luz. Forma de energía del espectro electromagnético, utilizado en fisioterapia como una técnica que consiste en aplicar esta energía al organismo para facilitarle su actividad bioquímica. El láser terapéutico es una forma de energía del espectro electromagnético, utilizado en fisioterapia como una técnica que consiste en aplicar esta energía al organismo para facilitarle su actividad bioquímica Light by Amplification Stimulated Emission of Radiation; que traducida es, luz amplificada estimulada por emisión de radiación. (1) Durante los últimos 20 años la ciencia y la tecnología se han desarrollado a un ritmo vertiginoso, como nunca en la historia de la humanidad, la Fisioterapia y Rehabilitación no han sido la excepción. Alrededor del mundo nuevas tecnologías se siguen desarrollando y vemos desde México como otros países ya las están utilizando en la práctica clínica con muy buenos resultados, es el caso de la Terapia Láser.(2) El Láser en fisioterapia, es un procedimiento tecnológico por el cual se consigue que la luz obtenida posea determinadas propiedades, como el ser monocromática (una sola longitud de onda), Coherente y Colimada. Esta tecnología nos permitirá saber la potencia luminosa exactamente disponible en todo momento y el poder controlarla. Ello nos conducirá a pensar con precisión en la cantidad de energía luminosa que recibirá el paciente de forma controlada y precisa en todo momento del tratamiento. Se divide en 3 categorías: Láser de potencia: quirúrgico. Para terapia percutánea incruenta, Láser de baja potencia: láser ligero (He-Ne).y Láser de mediana potencia: Terapéutico. (16)

CAPÍTULO I:

FOTOTERAPIA CON LASER TERAPÉUTICO

1.1 DEFINICIÓN DE FOTOTERAPIA

La fototerapia es el tratamiento no invasivo con luz bajo ciertas características de longitud de onda y potencia. Diferentes longitudes de onda de la luz, entre la visible (400-770nm), el infrarrojo (770 nm. a 1000 micras) y la luz ultravioleta (322 nm) han sido investigadas para promover el tratamiento de la piel, músculos, nervios, tendones, cartílagos, huesos, y células dentales. Este tratamiento tiene buenas respuestas con luz entre los 500-1000nm. Y en los 322 nm (1), (2)

Los investigadores sugieren que la energía de baja potencia acelera muchos estados de la piel. La densidad de energía (energía por unidad de área) necesaria para optimizar la regeneración celular es relativa de acuerdo al tipo de célula a evaluar. Existe un consenso en que el tratamiento adecuado se encuentra en el rango de 4.0 a 6.0 J/cm² o más pero con debidas precauciones y con la dosimetría adecuada bajo análisis médico (3)

Dentro del conjunto de tecnologías existentes para la realización de la foto terapia tenemos: la fototerapia láser, la fototerapia con LEDs y la fototerapia UV

1.2. MECANISMO DE ACCIÓN

La fototerapia o fotobiomodulación se refiere a uso de fotones con irradiación no térmica. Para alterar la actividad biológica. Para este fin se utilizan fuentes coherentes de luz (láser). Fuentes de luz no coherentes (lámparas o diodos emisores de luz. led o. en ocasiones. una combinación de ambos.

Se ha observado una respuesta dosis-dependiente. Donde los niveles más bajos de luz tienen un efecto mucho mejor que los niveles más altos. Las principales aplicaciones médicas de la fototerapia tienen como objetivo principal reducir el dolor y la inflamación. Y la reparación de los tejidos dañados y facilitar su regeneración. Así como prevenir eh

daño tisular en has situaciones donde es probable que se desarrollen. La radiación láser tiene una longitud de onda y de exposición radiante dependientes de la capacidad para alterar el comportamiento celular (estimulando o inhibiendo actividad (todo ello en ausencia de calentamiento significativo).

1.3. CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS DE LA FOTOTERAPIA

La luz forma parte de las denominadas radiaciones electromagnéticas. El conjunto de todas las radiaciones electromagnéticas conocidas constituye un espectro continuo de extraordinaria amplitud, que se extiende desde las ondas radioeléctricas más largas hasta los rayos gamma más energéticos. En el espectro electromagnético, las diferentes radiaciones se disponen en orden decreciente de longitud de onda (lo que equivale a un orden creciente de frecuencia) (4-9).

1.4 LEYES FÍSICAS DE UTILIDAD EN LUMINOTERAPIA

Para las aplicaciones médicas de las radiaciones empleadas en fototerapia, es muy importante tener en cuenta una serie de leyes y propiedades que rigen el comportamiento de las ondas electromagnéticas. (11)

1.4.1. Ley del inverso del cuadrado de la distancia.

Establece que la intensidad de una radiación electromagnética, que incide sobre una superficie determinada, está en relación inversa con el cuadrado de la distancia entre el foco emisor y la superficie.

De este modo, en la medida que se separa el foco emisor de la superficie de tratamiento, esta pierde significativamente energía. Esta ley se evidencia cada día cuando se aplican diferentes radiaciones en el ámbito de la fisioterapia. Cuando se aleja el emisor del sitio de lesión, la intensidad disminuye en correspondencia y por ende, disminuye la dosis aplicada. Este hecho por sí solo, puede ser la causa del fracaso de un programa de tratamiento, cuando se aplica menos de la dosificación propuesta. (11)

1.4.2. Ley del coseno de Lambert.

Establece que la máxima intensidad de la irradiación, sobre una superficie, se obtiene cuando el haz incide perpendicularmente sobre esta. Si la incidencia no es perpendicular, por el fenómeno de reflexión, se “pierde” parte de la radiación y por tanto, disminuye la intensidad. En este caso, y por la forma del cuerpo humano, generalmente hacemos aplicaciones en regiones corporales que son de forma cónica, entonces se debe tratar en lo posible que la zona objeto de tratamiento quede en una ubicación perpendicular al sentido de desplazamiento de la radiación. No es el caso de la aplicación del láser, para el cual es imprescindible lograr la mayor perpendicularidad entre el rayo y la superficie de exposición. Este principio es fácil de cumplir, ya que el tamaño de los cabezales y el *spot*, es pequeño. (11)

1.4.3. Ley de Bunsen-Roscoe.

Establece que el producto de la intensidad de la radiación por el tiempo de aplicación, elevado a una potencia n (exponente de Schwazchild), es constante. Se refiere a la importancia de un mínimo de intensidad al para obtener los efectos, y que esta intensidad está en relación inversamente proporcional con el tiempo de aplicación, para obtener la misma densidad de energía y por consiguiente, los mismos efectos. De alguna manera, esta ley confirma las anteriores. Se debe estar atento a la hora de calcular la dosis, y tener en cuenta todos los factores que pueden afectar la intensidad de la radiación, en el recorrido hacia la zona de lesión. (11)

1.4.4. Ley de Grotthus-Draper

Indica que, desde el punto de vista de los efectos biológicos, solo es eficaz la radiación absorbida. De este modo, en la metodología de tratamiento, cuando se calcula una dosis, se hace a partir de la energía que se va a absorber, por lo que se evita a toda costa la reflexión, la dispersión en otros tejidos; además se tiene en cuenta la capacidad de transmisión o penetración y la longitud de onda utilizada. Todo esto es importante para aplicar la dosis requerida al tejido que se quiere estimular. (11)

1.5. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA LUZ EN SU INTERACCIÓN CON EL TEJIDO

Todos los fenómenos que se mencionarán ocurren a la vez. En muchos casos, uno de estos fenómenos predomina hasta excluir, prácticamente a los otros. Solo la fracción de un haz luminoso que, al incidir sobre un tejido, consigue un efecto determinado, será aquella que realice el fenómeno de absorción (Ley de Grotthus-Draper). (12-15)

1.5.1. Reflexión.

Al interactuar con el tejido biológico, parte de los fotones pueden ser reflejados en todas las interfases; en el caso de la piel, en la interfase aire- epidermis, en la interfase epidermis-dermis, en la interfase dermis- hipodermis y así sucesivamente, en dependencia de la capacidad de penetración del haz incidente. La menor reflexión se produce cuando el ángulo de incidencia del haz sobre la superficie es de 90° , situación que debe buscarse para evitar la pérdida de energía. Debido a las características de los tejidos biológicos, de constituir superficies e interfases muy irregulares, la reflexión que se produce es de tipo difusa. (12-15)

1.5.2. Refracción.

Tiene lugar siempre que un haz de luz pasa de un medio a otro con diferente índice de refracción. La consecuencia inmediata es la desviación de la trayectoria de dicho haz al atravesar la interfase entre ambos medios. El ejemplo práctico clásico y más popular se observa al introducir una cuchara en un vaso de agua. A simple vista pareciera que la cuchara se deforma, sin embargo lo que ocurre es que los rayos de luz se desvían al atravesar los medios de diferente densidad y diferente índice de refracción. (12-15)

1.5.3. Transmisión.

Se refiere al recorrido del haz incidente dentro del tejido, es la proporción de flujo radiante que atraviesa el medio. Depende fundamentalmente del fenómeno de absorción y de la reflexión, siendo inversamente proporcional para ambos casos. Se relaciona con el término de profundidad de penetración. (12-15)

1.5.4. Dispersión.

Es la proporción del flujo radiante que “se entretiene” dentro del tejido, puede ser la suma de la energía que se refleja y se refracta. Aunque la dispersión atenúa de alguna manera la transmisión, se plantea que puede constituir un paso previo a la absorción. De modo que la dispersión de la luz, en los tejidos, tiene tres importantes repercusiones: aumento de la reflexión, incremento de la absorción y distribución de la luz más isotrópica en la región distal a la superficie. (12-15)

Es el proceso que constituye el objetivo de la fototerapia, significa la cantidad de energía que adquiere el tejido. Son múltiples las posibilidades de niveles de absorción, podrá ser una macromolécula contenida en la membrana celular, o una molécula en la matriz de un organelo subcelular, o puede que la absorción ocurra dentro del material genético del núcleo celular, incluso en una molécula libre en el intersticio o un átomo determinado. Es la única porción de energía que desencadena un efecto biológico y por ende, un efecto terapéutico. Depende en primer lugar, de la longitud de onda utilizada, además de la intensidad y el tiempo de exposición. Existen varios factores que disminuyen la absorción. Todos deben ser bien conocidos por los fisioterapeutas. (12-15)

1.6. LÁSER TERAPÉUTICO

1.6.1. DEFINICIÓN

El láser terapéutico es una forma de energía del espectro electromagnético, utilizado en fisioterapia como una técnica que consiste en aplicar esta energía al organismo para facilitarle su actividad bioquímica. El término láser corresponde a las siglas de la expresión Light by Amplification Stimulated Emission of Radiation; que traducida es, luz amplificada estimulada por emisión de radiación.

La energía luminosa se trasmite por el espacio en forma de ondas que contienen pequeños “paquetes de energía” llamados fotones cada fotón contienen una cantidad definida de energía dependiendo a su longitud de onda (color). (16)

1.6.2. HISTORIA

El origen del láser fue a través de investigaciones sobre la luz realizadas durante el siglo XIX, pero fue hasta el siglo XX cuando comenzó su verdadera aplicación médica. En el año 1,900 aparece la teoría de Planck en esta se descubre que la energía no se propaga por ondas sino por paquetes. Años después, esta teoría es complementada por Einstein en su teoría cuántica donde llama fotones a esos paquetes de luz. (17).

El antecesor del láser es el máser, llamado así al igual que el láser por ser una sigla tomada de un conjunto, en este caso Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation, este emitía energía en forma de microondas; fue descrito por primera vez.

En 1952 por Weber, y mejorado en 1958 por Prokhorov, Basov, Townes y Schawlow los cuales recibieron el Premio Nobel de física en 1,964.

En 1,960 el americano Theodore H. Maiman consiguió la primera emisión de un láser de rubí irradiado por una lámpara de destellos de xenón. A él se le atribuye haberle puesto el nombre de láser para diferenciarlo del máser, ya que el láser emite energía en forma de onda luminosa y el máser en forma de microondas. En 1,961 se realiza en Estados Unidos la primera intervención quirúrgica con láser dentro del campo de la oftalmología. Desde ese momento, cada año que pasaba suponía un importante avance en los tratamientos con láser, pasándose del rubí al helio-neón y a otros gases, y se Reduce cada vez más el tamaño del aparato y dotándole cada vez más de mejores prestaciones. El láser, en fisioterapia, comenzó a utilizarse hacia finales de los años 70 dándole una utilidad principalmente cicatrizante y estimulante del metabolismo celular. (17).

Su introducción se basó en gran parte en la abreviatura comercializada del nombre, y se le atribuyeron propiedades mágicas, con publicaciones de nulo valor científico que la desacreditaron. Aunque estudios posteriores demostraron su valor en campos concretos e interesantes efectos experimentales, in vitro, sobre todo en animales, y trabajos controlados demostraron su eficacia en ciertas patologías, actualmente aún hay muchos escépticos. En Estados Unidos está más difundido, y por ejemplo en Escandinavia es uno

de los cuatro aparatos más empleados en fisioterapia. (18).

A partir de experiencias realizadas a principios de los setenta, se comenzó a observar que la irradiación láser de bajo nivel energético, sin llegar a producir efecto térmico, podía tener una acción estimulante sobre ciertos procesos biológicos, como la cicatrización o la resolución del edema y la inflamación. Esta modalidad atérmica de tratamiento constituye la laserterapia de baja intensidad o de baja potencia, de especial interés en medicina física. (19).

1.6.3. GENERACIÓN DE LA LUZ

La luz es emitida por los átomos cuando estos mantienen sus electrones sometidos a estado de agitación considerable. (16).

Esta imagen muestra un átomo y sus partes, donde en el centro se ve el núcleo y las pequeñas esferas son los electrones. De forma que, cuando los electrones rompen los equilibrios de circulación por sus respectivas orbitas, saltan de unas a otras, por ser éstos estimulados mediante alguna energía, absorben parte de la energía aplicada para liberarla inmediatamente en forma de fotones o cuantos de energía contenidos en ondas electromagnéticas del espectro luminoso. Dicho fenómeno es la emisión de radiación. Cuando un átomo absorbe energía, ésta permite la emigración de sus electrones de orbitas cercanas al núcleo hacia el exterior. En el momento que cede la aplicación de energía, los electrones emigrados vuelven a su órbita original, cercana al núcleo, y liberan la energía absorbida, vemos esto en la figura N° 1. Pero si la energía absorbida por el átomo no era precisa en sus parámetros y en cantidad, la irradiada o emitida en forma de fotones posee características precisas de longitud de onda y cantidad, potencia. (16)

La utilización del láser en la industria para cortes de materiales o empleo en cirugía se basa en concentrar gran cantidad de energía en un pequeño punto, con la posibilidad de regular la superficie del punto y la potencia aplicada que, al contar con el tiempo y movimiento, se convierte en una gran herramienta. Lógicamente en fisioterapia, se usa para aportar energía al organismo de forma moderada, medida y controlada, sin causar daños celulares.

En el generador de láser, cuando un átomo ha liberado un fotón y éste invade a un segundo, provoca que libere a la vez otro fotón. Los dos fotones, a la par, van a Estimular a otros, con lo que aumenta el número de electrones estimulados y fotones emitidos en progresión aritmética, así concreta, una reacción en cadena. (16)

Si los átomos utilizados en este fenómeno son distintos, cada uno emitirá en su propia longitud de onda y distinta energía cuántica. Esto proporcionará luz policromática, es decir una luz en diversos colores. Pero si los átomos usados son homólogos, las características de la radiación emitida serán las mismas para todos, así permite disponer de una energía luminosa monocromática, un solo color.

Este fenómeno conducirá a establecer una diferencia fundamental entre la luz normal y la luz procedente de la tecnología láser. De esta forma se ve en la figura N. ° 2 que la luz policromática posee distintas longitudes de onda, lo que provoca interferencias entre ellas, divergencia del haz y nuevos colores, es decir luz no coherente. Luego se observan en la figura N. ° 3 todas las ondas iguales y superpuestas, sin interferencias, sin divergencia y se mantiene el mismo color en un rayo paralelo, es decir luz coherente.

1.6.3.1 Luz No Coherente

La luz es energía electromagnética emitida por la materia en determinados niveles de agitación atómica. Al ser emitida, se traslada por el espacio vacío a través de algunos cuerpos que permiten el paso entre sus espacios interatómicos e intermoleculares. Avanza como ondas electromagnéticas, al igual que las ondas de radio, televisión, rayos X, calor. (16).

Los seres humanos poseen terminaciones nerviosas en la piel, especializadas para detectar el calor, que son ondas electromagnéticas en la banda de infrarrojos. Para la luz hay en la retina terminaciones nerviosas encargadas de captarla y convertir sus diferencias u oscilaciones en información para el cerebro. El oído también está diseñado para captar ondas sonoras, aunque no tienen nada que ver con la energía electromagnética, más bien, proceden de la energía cinética.

La luz es una radiación electromagnética que también manifiesta efectos sobre las

reacciones químicas, desde simples a muy complejas, fenómenos que son aprovechados por los organismos vivos, por ejemplo la función clorofílica de las plantas verdes, la síntesis de vitamina D en la piel, la destrucción de pequeños microorganismos en bandas de ultravioletas, entre otros.

El espectro electromagnético en general se puede medir de dos formas, por frecuencia de oscilación de las ondas y por longitud de onda entre dos crestas sucesivas como vemos en el figura N.º 4. La frecuencia es inversamente proporcional a la longitud de onda, ya que para obtener una de ellas, se divide la velocidad de propagación, como constante, entre la otra. La velocidad de propagación de las ondas del espectro electromagnético se expresa en metros por segundo, ya que es el producto entre la longitud de cada evolución por el número de evoluciones. (16)

En la imagen se ejemplifica la longitud de onda entre dos crestas sucesivas marcadas por una línea horizontal negra La frecuencia viene dada en hercios, ciclos por segundo, al ser resultado de dividir la velocidad de propagación entre la longitud de onda. La longitud de onda, distancia entre dos ondas en metros, es el cociente de velocidad de propagación entre frecuencia. (16).

1.6.3.2 Leyes De La Luz

En la proyección de un película en una sala oscura, se puede observar que los haces de rayos luminosos que salen del proyector obedecen a una serie de leyes físicas; la pantalla debe estar a determinada distancia para conseguir el tamaño de la imagen adecuado y la intensidad lumínica suficiente, divergencia del haz. La pantalla debe mantenerse ligeramente curvada hacia los costados para que no se deformen las figuras y reciba igual luminosidad toda la superficie, concavidad del plano receptor, ángulo alfa. El haz de rayos no cambia de sentido, desde su origen hasta la pantalla, direccionalidad. El haz de rayos contiene distintas intensidades lumínicas, y depende del grado de luz que le permite pasar la semi opacidad de la película, pasa a través de ciertos elementos más o menos conductores de esta energía. Se ve la pantalla por reflejarse la luz en ella, reflexión. Se ven las figuras enfocadas y nítidas porque las lentes del proyector refractan la luz de forma regulada como para conseguir la nitidez en la pantalla, refracción. Si se coloca la mano frente y próxima al objetivo del proyector, se nota calor procedente de las intensas ondas de energía luminosa, si se aleja la mano, se siente el cese de calor. La luz porta energía y su densidad

disminuirá con la distancia si el haz diverge.

En estas observaciones, se intuyen las leyes que regulan la luz en general, las que interesan para compararlas con la luz láser, ya que ésta rompe algunas de las que rigen la luz no láser o no coherente.

La luz no láser está formado por corpúsculos, posee direccionalidad, reflexión, refracción, es poli cromática. Se somete a la ley de la distancia, ley de la divergencia, ley de la absorción, ley de la intensidad/tiempo. (16).

a. Teoría Corpuscular

Newton enunció la teoría que atribuye a la luz su composición por corpúsculos de materia, o fotones, procedentes de los átomos cuando sus electrones están en estado de agitación, por aplicarles determinadas energías. La energía radiada por los átomos se mide en cuantos de energía, ésta depende de la constante de Planck y la frecuencia.

b. Teoría ondulatoria

Huygens aportó su teoría, y explicó que la luz estaba formada por ondas de energía electromagnética de una determinada longitud de onda y su frecuencia correspondiente. En realidad, se dan las dos simultáneamente, es decir, sobre las ondas cabalgan los fotones.

c. Direccionalidad

La propagación de la luz avanza en la línea recta por el vacío o por sustancias que permitan su paso, transparentes. La línea recta se mantiene siempre que el haz no cambie de medio o fluido con distintas densidades de materia. Figura N° 5 (16)

En la imagen se ve una linterna donde se muestra que la luz avanza en línea recta por el vacío.

d. Reflexión

Cuando la luz alcanza un objeto o superficie de un medio o fluido distinto al que se encuentra, parte es reflejada y parte es absorbida, esto depende de las condiciones y angulación de choque, junto con las características de la materia y de la superficie del objeto; cuanto más pulida esté, mayor nivel de reflexión se manifestará en perjuicio del menor porcentaje de penetración de la materia.

e. Refracción

Cuando los rayos de luz son absorbidos y pasan de una sustancia a otra, o de un medio a otro de distinta densidad, se produce un cambio de dirección en su trayectoria, que implica, a su vez, cambios en el color, es decir, en su frecuencia o longitud de onda. Figura N° 6 (16).

En la imagen se ejemplifican las leyes de reflexión y refracción.

f. Poli Cromatismo

La luz habitualmente está compuesta por varios colores, aunque pueden predominar unos sobre otros e, incluso, filtrarse uno del conjunto. Lo cierto es que la pureza absoluta es muy difícil conseguirla, salvo con tecnología láser.

g. Ley de la distancia o divergencia

Dado que la luz ambiental está formada por distintas longitudes de onda, distintos colores, provocará que los rayos se separen unos de otros en su avance, de forma que la densidad de los rayos por unidad de superficie disminuye, decrece la densidad de energía. Por lo dicho, la potencia de la luz normal o ambiental recibida en la unidad de la superficie disminuye, como media, de forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa al objeto del foco. Figura N° .7 (16)

En la imagen se observa que la luz medida en la pantalla de observación, no lo es en toda la pantalla, sino que será la recibida en una superficie igual a la del punto de origen luminoso, es decir, si el foco de origen tiene 10cm^2 , en la pantalla colocada a distancia se tomarán también 10cm^2 como zona de comparación

h. Ley de la concavidad

Cuando avanza un haz de rayos procedente de un foco que no produce concentración, éste aumenta su anchura progresivamente, y diverge. Así como se ve en el figura N° .8 (16).

Esto implica que si una superficie plana recibe luz procedente de un punto, recibirá más energía en la zona iluminada por los rayos centrales del foco que en los bordes de dicha superficie, debido fundamentalmente, a la mayor longitud del vector que representa los rayos del centro, se atiende así a la siguiente formula; la intensidad del rayo divergente o superficie plana, es igual a la intensidad del rayo central por el coseno del ángulo formado entre ambos.

i. Leyes de la absorción

La luz que llega a una superficie, no toda es absorbida, depende de características propias de la materia que compone la superficie receptora y del objeto, para que sean absorbidos distintos porcentajes de la intensidad aplicada. Se analiza a continuación un fenómeno muy importante que ayudará a entender algunos efectos fisiológicos en el organismo que se consiguen con la aplicación de tratamientos de luz, de tipo láser o normal.

La materia está compuesta por átomos y moléculas formadas por éstos. Las moléculas y átomos se mantienen unidos entre si y dependen de dos fuerzas opuestas; cohesión y repulsión. Cuando se establece un equilibrio entre ambas fuerzas, se crea una distancia interatómica o intermolecular, y queda un vacío por el cual puede avanzar un rayo de luz, si su longitud de onda es igual o menor que las dimensiones del hueco, hasta que probablemente tope, en su camino con algún átomo o molécula que lo desvíe o que lo

absorba para transformar esta energía en otra, la cual agitará al átomo o a la molécula y generará movimiento o mayor agitación molecular, posiblemente se romperá un enlace químico o provocará la síntesis de un nuevo enlace.

Estos fenómenos y la capacidad de penetrar dentro de la materia vienen dados por el tamaño de los espacios intermoleculares, tamaño molecular y de las longitudes de onda de los rayos luminosos que la invaden. Dado que el rayo avanza en un frente ondulatorio, de manera que cuanto menor sea la superficie de dicho frente, mayores son las posibilidades de inducirse en la materia sin chocar con los átomos o moléculas. En el figura N° .9 (16) En la imagen se observa que en cualquier materia el tamaño de la molécula representadas por las esferas y los espacios intermoleculares varían, así mismo, las longitudes de onda de los rayos luminosos que la invaden representados por las flechas.

Es posible el efecto de alteración de la materia, detalle de la lupa, se genera con longitudes de ondas muy cortas, en los ultravioletas tipo C o inicio de las radiaciones ionizantes. Los infrarrojos poseen mayor longitud de onda y les costará más penetrar la materia. Los gases presentan grandes espacios intermoleculares; los líquidos tienen menores espacios intermoleculares y los sólidos, en general, son más opacos o de mayor densidad de materia, con lo que no permiten el paso a través del suyo, salvo en longitudes de ondas muy cortas o si su arquitectura molecular posee un alto grado de organización prismática a modo de cristales.

j. Ley de la energía recibida por tiempo de aplicación

Si se necesita aplicar una determinada cantidad de energía lumínica a una superficie concreta, deben tenerse en cuenta dos parámetros fundamentales; la potencia de la luz que incide y el tiempo de aplicación, de tal forma que si se desea aplicar 20 joules, podemos hacerlo de varias formas; aplicar mucho tiempo y poca intensidad o poco tiempo y mucha intensidad, ejemplo $20 \text{ J} = 4 \text{ W}$ en 5 seg., 20 W en 1 seg.

Matemáticamente es cierto pero se sabe que si se está sometido a luz débil, sea láser o no, el organismo lo absorbe perfectamente sin problemas. Pero si se expone a luz excesivamente potente, aun al estar poco tiempo, las células no la soportan y son dañadas. Es fundamental el concepto de velocidad en la aplicación.

Los fisioterapeutas se ven obligados a trabajar con ciertos márgenes de potencia según el comportamiento orgánico, para conseguir los efectos buscados, deben tener en cuenta que potencias luminosas bajas no son prácticas y potencias luminosas altas pueden dañar los tejidos orgánicos aún en poco tiempo. El láser quirúrgico se basa en depositar mucha potencia sobre un pequeño punto en un breve instante, por ejemplo, 300 J. En fisioterapia, es recomendable utilizar de 1 a 10 W para barridos, nunca en aplicación puntual. Esta ley debe ser matizada cuando se habla del láser y sus efectos fisiológicos, ya que se ha comprobado que resulta más eficaz si se aplican potencias entre 5 y 10 W, que cuando se aplican las bajas, aunque los joules recibidos matemáticamente sean los mismos.

k. Difracción y luminiscencia

La difracción es un fenómeno que, cuando la longitud de onda es mayor que el espacio por el que se introduce, se deforma la onda y se difracta, es decir, cambia la dirección parte de ella como si le costara despegarse del borde del objeto que impide su paso. Este fenómeno produce una divergencia del haz que provoca interferencia con otros haces difractados e interferenciales entre ellos con nuevas frecuencias y con longitudes de onda. En resumen nuevos colores. Esto se observa en la figura N° .10 (16).

Esto es una de las causas por las que determinadas sustancias reflejan colores no contenidos y la luz que los ilumina.

En la vida cotidiana, es cada vez más frecuente observar luminiscencias de las ropas de vestir en las salas de fiesta, la llamada tinta visible, solo visible bajo ultravioletas, entre otras, sustancias que, al ser iluminadas con la llamada luz negra, sufren interferencias que producen nuevas longitudes de onda en la banda visible. Sin embargo, no todos los casos de luminiscencia se deben a este fenómeno; otros proceden de emisión espontánea de

radiaciones en la banda de luz visible, irradiadas por las moléculas o átomos que forman la sustancia luminiscente a temperatura ambiente, sin que dichas moléculas no sean sometidas a agitación atómica por aplicación de calor y otras energías. El fósforo es uno de los elementos que poseen esta característica. Todos los elementos muestran su espectro de emisión característico bien en la banda de microondas, infrarrojos, luz visible, ultravioletas y otras de longitud de onda, como los elementos radioactivos.

1.7. TIPOS DE LÁSER

Se pueden establecer varios tipos según distintas pautas; por la consecución y su elemento productor, banda del espectro electromagnético en que se emite, niveles de potencia, sistema de aplicación, y tipo y efectos biológicos. Se explicarán tres.

1.7.1. Método De Producción

En cuanto a la forma de conseguir la luz láser y el elemento del que se obtiene.

❖ Láser de gases

Elaborado mediante descargas eléctricas sobre determinados gases. Se consiguen al partir de; un tubo cilíndrico, hermético y alargado que contenga el gas o la mezcla de los gases. El tubo en sus extremos posee sendos espejos paralelos entre sí, con el fin de conseguir reflexiones infinitas de los rayos. Uno de los espejos presenta en su centro un pequeña zona del 5 al 20% de semitransparencia. El tubo soporta dos electrodos destinados a aplicar descargas eléctricas de alto voltaje, destinadas a excitar o ionizar al gas.

El generador de impulsos eléctricos aplica descargas de alto voltaje a la mezcla de gases mediante electrodos destinados a tal fin, para ionizarlos o desequilibrarlos electrónicamente, es decir, hace que los electrones salten de su órbita de conducción a la órbita de valencia, más distante del núcleo, y así absorbe energía, para inmediatamente, volver a su órbita original, libera energía en forma de radiación fotónica sin interrupciones en una determinada longitud de onda.

Los fotones que tomen el sentido paralelo a la longitud del tubo serán reflejados repetidas veces por los espejos y, repetidas veces, estimularán la emisión de otros fotones que

seguirán al primero, paralelos entre sí, de forma tal que, en el sentido longitudinal al tubo, se consigue un efecto de amplificación luminosa muy por encima de la que se puede producir en el resto de las direcciones. Por el centro de uno de los espejos, saldrá un pequeño haz de rayos que mantendrán el paralelismo entre sí. La forma del haz láser, el diámetro del haz, la superficie del haz, el grado de divergencia, el medio de transmisión al paciente, son datos que los aporta Fabricante y que se debe tener muy en cuenta en el momento de materializar la aplicación (16).

❖ Láser de Diodo

Obtenido por el paso de corriente a través de un semiconductor, para obtener luz láser, se opera con un pequeño componente electrónico denominado diodo. Un diodo son dos minerales de distintas características eléctricas, los cuales puestos en contacto dejan pasar una corriente eléctrica en un solo sentido, pero no en el inverso. En la unión o caras de contacto de ambos prismas de minerales semiconductores, se produce transformación de energía u ondas electromagnéticas en la banda de infrarrojos, rojo u otros colores, además de calor como residuo no útil. La longitud de onda depende del tipo de minerales y de su dopaje, la potencia se consigue con mayor o menor intensidad de corriente eléctrica que circule entre ambos prismas.

En la vida cotidiana se observa éste fenómeno en muchos casos y circunstancias, los dígitos luminosos de una calculadora u otro aparato, así como los mandos a distancia de los televisores y también los LED o puntos luminosos que aparecen en los aparatos modernos para informar de su funcionamiento. Por este sistema se consigue gran variedad de longitudes de onda o colores.

Los equipos de emisión láser por diodo constan de un aparato donde se controlan las características del tipo de aplicación, el tiempo y la generación de los impulsos eléctricos, que, conducidos por un cable, van a terminar en el cabezal de aplicación, el cual a la vez es el receptáculo del diodo generador de luz láser.

Luego el aplicador o cabezal consiste en una caja donde se encuentran el diodo, un espejo en contacto con el diodo y un sistema óptico destinado a reducir al máximo la divergencia de los rayos emitidos, con el fin de aprovechar mejor el rendimiento luminoso. (16).

Llama la atención el tamaño y pesadez del cabezal; ello es debido al sistema refrigerador del diodo. También el cable que une el cabezal con el aparato generador de impulsos eléctricos es grueso y bien protegido, por supuesto, para tratar de evitar posibles fugas eléctricas a causa de la alta intensidad circundante por el cable.

❖ Láser de Rubí

Producido por destellos luminosos sobre cristales dopados con elementos semiconductores, este sistema no tenía utilidad en fisioterapia, pero se inicia su aplicación. Para conseguir el láser de rubí se necesita partir de un cilindro de cristal fabricado a temperaturas mayores de lo habitual, alrededor de 1,500 grados, con elementos químicos ytrio o itrio, aluminio y granate, abreviado YAG, pero contaminado o dopado con cierta cantidad de minerales raros como el neodimio o una mezcla de cromo y óxido de aluminio y otros.

Sobre éste cilindro de cristal se descargan fuertes destellos luminosos de luz blanca con lámparas de flash a lo largo de su cara tubular para bombardear electrónicamente al rubí y estimular la emisión de fotones. Los destellos son reconducidos por las caras que corresponden a las bases del cilindro en forma de luz láser. En este caso, la estimulación para la emisión es producida por los destellos de las lámparas y no por descargas eléctricas como en el caso del gas o a través de diodos. Todo este conjunto, cilindro de cristal y lámparas, es contenido dentro de un recipiente bien refrigerado, de forma tal, que frente a una de las caras planas del rubí se encuentra el orificio por el que surge el haz de rayos láser. La otra cara plana, o base del cilindro, se encuentra adherida a un espejo que refleja los rayos hacia la abertura opuesta.

El láser de rubí es emitido a destellos o impulsos, pulsátil, a la misma frecuencia que los destellos estimuladores. Su potencia es considerable, y puede llegar hasta 1,000 W o más.

Su utilización más frecuente es para la industria; en medicina, para cirugía, tiende al desuso. Se emite en la banda de infrarrojos con una longitud de onda aproximada de 1.006nm, y depende del grado y tipo de mineral contaminante del cristal. (16)

1.7.2. Tipo De Emisor Y Sus Efectos

❖ Láser de Helio-Neón, He-Ne

Procede de la mezcla de ambos gases, luego el sistema de producción es por la metodología de cañón con tubo de gas. Emerge en forma de gas paralelo, colimado y muy fino, sin pérdida de potencia con la distancia. Se emite en la banda del rojo con longitud de onda que ronda los 633nm. Es de emisión continua y la potencia emitida es la eficaz, puede hacerse pulsado. Sus potencias son muy bajas, habitual 15, 17, 20mW, como mucho 50mW, y requiere de sesiones muy prolongadas, a no ser que se aplique en puntos aislados o barridos de puntos.

Sus efectos se apoyan en transformaciones bioquímicas y síntesis de aminoácidos y cadenas proteínicas, en las que se requiere el aporte de luz visible, el rojo en este caso, que no las típicas ultravioletas.

❖ Láser de Dióxido De Carbono, CO²

Procede de la mezcla de ambos gases, por lo que el sistema de producción es por la metodología de cañón con tubo de gas. Emerge en forma de haz paralelo, colimado y muy fino, sin pérdida de potencia con la distancia, se emite en la banda de infrarrojos con longitud de onda comprendida entre los 905 y los 1.006nm. Para su control visible se le superpone otro haz de helio neón. Es de emisión continua y la potencia emitida es la eficaz, puede hacerse pulsado. Sus potencias son regulables y elevadas, dando lugar a sesiones cortas y con grandes posibilidades de manejo. Son buenas potencias de 0.1 a 10 W.

Siempre deben aplicarse en barridos de toda una superficie, pues en un punto quemaría. Sus efectos se apoyan en aporte energético que la electroquímica del organismo requiere para acelerar su metabolismo energético y de síntesis.

❖ Láser de Arseniuro De Galio, Ar-Ga

Procede del paso de energía eléctrica a través de un diodo. Se emite en la banda de infrarrojos con longitud de onda comprendida entre los 780 y 905nm, aunque se utilizan y fabrican gran variedad. Es de emisión pulsada y la potencia eficaz debe calcularse, no puede hacerse continuo, salvo algunos modelos de diodo. Sus potencias son regulables desde 0.1 a 100mW, aunque pueden conseguirse algunos vatios. Se aplican mediante cabezal, punto a punto, para poca potencia o por cañón con barrido divergente, en los que superan 1W de potencia eficaz.

Sus efectos se apoyan en aporte energético que la electroquímica del organismo requiere para acelerar su metabolismo energético y de síntesis. (16)



CAPÍTULO II

PROCEDIMIENTOS DE FOTOTERAPIA CON LÁSER

Láser Blando: (Soft láser), de baja energía, también llamados terapéuticos, que producen bioestimulación celular. Se aplican para acelerar la regeneración tisular, cicatrización de heridas, con propósitos analgésicos, antiinflamatorios, homeostáticos y activador de los mecanismos naturales de defensa. Los más usados son los de Helio- Neón (He-Ne), Arseniuro de galio (Ga As) y Arseniuro de galio y aluminio (Ga Al As).

2.1 SEGÚN SU LONGITUD DE ONDA EL LÁSER SE DIVIDE EN:

- Visible: 380-780 nm
- Invisible:
 - Infrarrojo: más de 780 nm
 - Ultravioleta: menor 380 nm

2.2 SE DIVIDE EN 3 CATEGORÍAS:

- Láser de potencia: quirúrgico. Para terapia percutánea incruenta.
- Láser de baja potencia: láser ligero (He-Ne).
- Láser de mediana potencia: Terapéutico.

2.3 POR SU FORMA DE EMISIÓN:

- Continuo
- Pulsátil

2.4 POR LA FORMA DE BOMBEO:

- Óptico
- Eléctrico
- Químico

2.5 POR SU POTENCIA

- Baja: menor de 1 W
- Alta: mayor de 1 W

2.6 SISTEMA DE BOMBEO:

Los emisores de radiación láser, emplean sistemas de bombeo, para elevar los electrones a niveles energéticos superiores. Estos sistemas aportan energía externa para aumentar el número de átomos excitados y así garantizar la inversión de la población.

Existen diversos sistemas de bombeos:

2.6.1. Bombeo Óptico: En el que se emplea una fuente luminosa, del tipo lámpara de flash de xenón u otro láser, generalmente de menor longitud de onda (ej. Láser de rubí).

2.6.2. Bombeo Eléctrico: Se basa en hacer pasar una corriente eléctrica a través del material activo, habitualmente un gas (ej. Láser de He-Ne), o a través de un semiconductor (ej. Láser de As-Ga).

2.6.3. Bombeo Químico: Se fundamenta en la creación de energía, a través de la ruptura de enlaces químicos (ej. Láser de Flúor -Hidrógeno).

CAPÍTULO III

APLICACIÓN Y EFECTOS

3.1 CAVIDAD RESONANTE

Una vez creada y mantenida la inversión de la población en el medio activo, el hecho que completa el proceso de producción láser es el empleo de una cavidad resonante, compuesta por dos espejos perfectamente paralelos, uno en cada extremo del material activo. El láser está construido de forma que el haz de radiación, al reflejarse pase sucesivas veces por el medio activo; de este modo el número de fotones emitidos se amplifica a cada paso, uno de los dos espejos es parcialmente reflectante y permite que parte del haz salga fuera de la cavidad.

La cavidad resonante permite alcanzar tres objetivos esenciales:

- Aprovechar al máximo la inversión de población.
- Realizar la amplificación en una única dirección.
- Lograr la predominante monocromaticidad de la emisión.

Cuando la inversión de población se ha producido, la caída espontánea de unos cuantos electrones al nivel estable origina los fotones, con la frecuencia adecuada para iniciar la reacción en cadena de emisión estimulada, en un medio que siempre mantiene un nivel de población invertida (gracias al sistema de bombeo) y en el que constantemente hay fotones de idéntica frecuencia pasado a su través, manteniendo la emisión estimulada hasta que cese el bombeo.

3.2 EFECTOS FISIOLÓGICOS

Los efectos de la radiación del láser están dados por la acción de la energía luminosa absorbida. La absorción se efectúa en las capas superficiales de la dermis en donde es aplicado, pero sus efectos terapéuticos se producen en profundidad y a distancia. La energía depositada en los tejidos superficiales se magnifica en otras zonas y planos y sus efectos biológicos se potencializan en una inducción biológica llamada “efecto cascada”. La radiación láser de baja densidad de potencia estimula la reparación de los tejidos. La

inducción biológica se basa en

Los fenómenos de:

3.1.1. Reflexión

3.1.2. Difusión

3.1.3. Absorción

3.1.4. Transmisión

La absorción de la radiación láser en el organismo provoca:

A. Efectos Primarios O Directos:

Por su posición en el espectro electromagnético el láser tanto visible como el invisible, tiene efectos fotoquímicas y térmicos, pero en fisioterapia, por su baja intensidad, calienta menos de 1° C y su acción terapéutica se basa en los efectos fotoquímicas de la luz. Por su poca penetración actúa solo en un nivel muy superficial, pero se inician procesos químicos que pueden mediar en reacciones más profundas. La energía depositada en el tejido, cuando se irradia con láser terapéutico, es absorbida por los fotorreceptores (pigmentos) que se encuentran en las diferentes estructuras celulares ocurriendo en ellas los efectos primarios: bioenergético, bioeléctrico, bioquímico, bioestimulante. La absorción de fotones de determinada longitud de onda por los fotorreceptores provoca la transformación de la actividad funcional y metabólica de la célula. Los efectos directos o primarios, por absorción de la energía, se limitan al punto de aplicación, a la profundidad de penetración y al tiempo que dura la aplicación. Estimulan reacciones celulares, como la síntesis de ATP, ADN, proteínas o bloqueando otras como la síntesis de prostaglandina E, mediadora del dolor. Otras acciones son la normalización del potencial de membrana celular y la bioestimulación. A partir de los efectos primarios se producen efectos secundarios o indirectos, en una zona más extensa y profunda, que perduran después de la aplicación. El principal efecto es el aumento de la microcirculación local con efectos tróficos, antiinflamatorios y de regulación vascular.

❖ **Efecto Bioenergética**

Se basa en la necesidad de reservas energéticas (ATP) en la célula para poder desarrollar su actividad. Cuando la célula se encuentra dañada, éstas disminuyen y por tanto, su actividad se altera. La radiación láser actúa directamente sobre los fotorreceptores de la cadena respiratoria activando y facilitando el paso de ADP a ATP, lo que incrementa la

reserva de energía en el interior de las mitocondrias y ello facilita las reacciones interestructurales y la activación del aparato nuclear.

❖ **Efecto Bioeléctrico**

La célula en reposo es electronegativa con un potencial de membrana de -90 mv. La motilidad iónica depende de la concentración de iones en el intra y el extracelular. El transporte iónico puede ser pasivo (gradiente electroquímico) o activo (bomba de cationes); este requiere de un factor energético dado por la hidrólisis del ATP. Este efecto induce a "normalizar el potencial de membrana"; por lo cuál el láser favorece el reequilibrio celular. El mantener dicho potencial, condiciona el bloqueo de la transmisión de los estímulos dolorosos hacia centros superiores del neuroeje. Estos efectos contribuyen a reparar las pérdidas de sustancia en úlceras de diverso origen, heridas traumáticas y quirúrgicas; incrementa la velocidad de regeneración de las fibras nerviosas y estimula la reparación del tejido óseo (18)

❖ **Efecto Bioquímico**

Estamos posiblemente ante el efecto más importante y necesario para obtener resultados positivos con la terapia. Cuando una célula resulta dañada ya sea por una infección, lesión o por la propia degeneración de la célula durante un tiempo, las mitocondrias reaccionan produciendo óxido nítrico. Dicho proceso desemboca en la reducción de enzima ATP lo que termina conduciendo a la acumulación de oxígeno y al conocido estrés oxidativo. o El estrés oxidativo podemos encontrarlo en procesos inflamatorios y si no se trata, da lugar a la muerte celular. o La aplicación de una cierta dosis de láser frío o de baja potencia (con la densidad de energía y la longitud de onda correctas) estimula las mitocondrias del interior de las células dando lugar a una mayor producción de la enzima ATP, esencial para el transporte de energía. Gracias a la mayor cantidad disponible de esta enzima, las células pueden hacerse con nutrientes de una manera más rápida reduciendo así dicho estrés oxidativo y dando lugar a una recuperación más temprana.

❖ **Efecto Bioestimulante**

La función celular parte de la activación de los genes contenidos en el núcleo. El DNA es activado por el ATP, y comienza la síntesis proteica que tiene como resultados finales la formación de proteínas estructurales, de enzimas que intervienen en los procesos

metabólicos y de enzimas y proteínas necesarias en los procesos extracelulares o tisulares. Al actuar la radiación láser como agente activador de la síntesis proteica y, por tanto, de la función celular, se acelera la división y multiplicación celulares.

❖ **Efecto inhibitorio**

Existen investigaciones que demuestran un efecto contrario a la bioestimulación, cuando se produce depresión de los procesos intracelulares, y esto origina inhibición de la multiplicación celular. Dicho fenómeno ocurre por la irradiación con láser de baja densidad de energía, pero con parámetros físicos diferentes a los utilizados para la bioestimulación.

B. Efectos Indirectos:

❖ **Efecto Analgésico Antiinflamatorio:**

- Inhibe la transmisión del estímulo doloroso normalizando el potencial de membrana
- Actúa sobre los procesos inflamatorios localizados. (17)
- Durante la inflamación las prostaglandinas producen vasodilatación, lo que contribuye a la salida del plasma al espacio intersticial, lo que trae la formación de edema.

❖ **Efecto Trófico y Regenerador:**

El estímulo de la microcirculación, junto a otros fenómenos producidos en las células, favorece que se produzcan los procesos de reparación, lo que contribuye a la regeneración y cicatrización de pérdidas de sustancia. Por otra parte, otros fenómenos celulares, como el aumento de la producción de ATP celular, la síntesis proteica y la modulación de la síntesis enzimática, junto a la activación de la multiplicación celular, favorecen la velocidad y calidad de los fenómenos reparativos.

❖ **Efecto Circulatorio:**

- Aumento de nutrientes y oxígeno que junto a la eliminación de catabolitos contribuyen a mejorar de la zona
- Incremento de los elementos defensivos tanto hormonales como celulares (17)

3.3 MODALIDADES DE APLICACIÓN DEL LÁSER

La aplicación del láser requiere de: conocer las características de funcionamiento, las instrucciones generales y especiales del tipo de emisor, proporcionar al paciente un tratamiento selectivo en base a una dosificación adecuada, aplicar correctamente el tratamiento con las precauciones de seguridad para el paciente y terapeuta.

Potencia de emisión y energía aplicada La potencia de emisión del láser se expresa directamente en mW. Sin embargo, la potencia final aplicada al paciente depende del tamaño del punto luminoso en que se concentra la potencia de emisión y se expresa en W/cm². En general, es de 50 mW/cm².

Lo que realmente le debe interesar al terapeuta es la cantidad de energía que aplica al paciente en un punto determinado y el total en una sesión. La unidad de medida de energía es el julio (J) y los J/cm² (es decir, la cantidad de energía por punto) se obtienen multiplicando la potencia (W/cm²) por el tiempo de aplicación. El margen terapéutico es de 0,1 a 4 J/cm², aunque algunos utilizan dosis mayores. Los aparatos actuales suelen calcular automáticamente la dosis en J/cm² de acuerdo con la potencia del aparato y el total acumulado durante el tratamiento, mostrando en pantalla en todo momento el número de puntos tratados, los que faltan por tratar y la energía total administrada.

Penetración:

Al penetrar en los tejidos, que son heterogéneos, se produce una intensa reflexión interna que dispersa el haz y disminuye rápidamente su intensidad. La penetración depende de la absorción por los tejidos que va atravesando y la longitud de onda del láser. Casi el 99% de la radiación láser entre 300 y 1000 nm, que incluye

prácticamente la totalidad de los aparatos empleados en fisioterapia, se absorbe en los primeros 3,6 mm de tejido. Generalmente se acepta que el nivel de penetración eficaz es solo de 1-4 mm. Sin embargo, aunque el láser actúa en un nivel muy superficial, los procesos químicos iniciados pueden mediar reacciones mucho más profundas.

3.4 DETERMINACIÓN DE LA DOSIS DE RADIACIÓN

Los controles para una terapia adecuada y precisa vienen incorporados con cada equipo, sin embargo es necesario conocer la dosificación.

Densidad de energía (Julios/cm²)= $\frac{\text{Potencia (W)} \times \text{Tiempo (s)}}{\text{Superficie (cm}^2\text{)}}$

Superficie (cm²)

Tiempo (s)= $\frac{\text{Densidad de la energía (Julios/ cm}^2\text{)} \times \text{Superficie (cm}^2\text{)}}{\text{Potencia (W)}}$

Potencia (W)

D= Julios

P= milivatios

T= segundos

S= cm cuadrados. (Depende la superficie del cabezal del láser 0.8cm² o 0.5cm²).

Existe diversidad de criterios en cuanto a los parámetros de energía, potencia y tiempo a utilizar y la relacionan con los efectos terapéuticos que deseamos lograr en el paciente. Así, hay autores, que plantean que lo importante es la cantidad de energía depositada por superficie o fluencia (J/cm²) y consideran que la luz se dispersa en el tejido en un área de 1 cm², sin tener en cuenta, que la dispersión depende del tipo de tejido y coloración de este, estableciéndose como promedio, los siguientes rangos:

Cuadro 4. Dosis del láser

EFEECTO DESEADO		DOSIS RECOMENDADA
Analgésico	Dolor muscular	2-4J/cm ²
	Dolor articular	4-8 J/cm ²
Antiinflamatorio	Agudas	4-6 J/cm ²
	Crónicas	4-8 J/cm ²
Reparación tisular		8-12J/cm ²

Otros autores, sin embargo, consideran que la potencia empleada por unidad de tiempo, también llamada densidad de potencia o irradiación (mW/cm^2) es el factor decisivo para lograr el efecto terapéutico deseado, estableciendo como promedio los siguientes rangos:

Cuadro 5. Efectos del láser

Efecto analgésico	100 - 220 mW/cm^2
Efecto antiinflamatorio	100 - 200 mW/cm^2
Efecto regenerativo	1 - 100 mW/cm^2
Efecto inhibitorio	+ 400 mW/cm^2
Estimulación punto acupuntural	0,1 - 100 mW/cm

Uno de los métodos de dosificación vigente en la actualidad, considera el área que abarca el haz de luz láser igual a 1 cm^2 para cualquier tipo de tejido y expresa la densidad de energía según el tipo de tejido a irradiar, independientemente del efecto terapéutico:

Cuadro 6. Tipo de tejido

Tejido blando	2 - 4 J/cm^2
Tejido óseo	4, 5 - 6 J/cm^2
Tejido dental	4 - 5,5 J/cm^2
Tejido nervioso	5 - 6,5 J/cm^2

Otro aspecto a considerar en la planificación del tratamiento es la frecuencia de irradiación, pudiendo irradiarse diariamente o en días alternos (2 ó 3 veces por semana) en dependencia de la enfermedad a tratar, sea un proceso agudo o crónico, presencia de dolor, severidad de la lesión y experiencia personal, según resultados obtenidos. El número de sesiones a programar puede ser hasta 20 como máximo, dependiendo su cumplimiento de la evolución que tenga el paciente, recomendándose una o dos aplicaciones más después de eliminado el dolor o curada la lesión, por lo general en fisioterapia los tratamientos no tienen más de 10 sesiones. Debe tenerse en cuenta que los signos y síntomas de la patología a tratar

presenten una respuesta favorable a partir de la segunda o tercera irradiación y si la respuesta es nula o el cuadro clínico se agrava, debe revalorarse la dosis o la indicación terapéutica. Si el paciente recibió las aplicaciones planificadas y durante ese período, el cuadro clínico mejoró ostensiblemente, debe realizarse un descanso de un mínimo de 7-10 días, para valorar de nuevo la continuación del tratamiento.

3.5 INDICACIONES:

- Neuralgias
- Neuritis periféricas
- Herpes zoster
- Artritis
- Traumatismos: tendinitis, esguinces, contusiones, hemartritis, periartritis, etc.
- Cicatrización y reparación tisular.
- Quemaduras
- Injertos cutáneos
- Para estimular el crecimiento de las fibras nerviosas lesionadas y en la consolidación del callo óseo.
- Enfermedades reumáticas de los tejidos blandos: osteoartritis deformante y en espondilo artrosis anquilosante.

3.6 CONTRAINDICACIONES:

Absolutas:

- Procesos tumorales
- Procesos bacterianos
- Retina

Relativas:

- Embarazos
- Epilepsias

3.7 TÉCNICA DE APLICACIÓN

- ✓ Localizar el sitio de lesión o trastorno.
- ✓ Limpiar la piel de la zona de aplicación con una gasa empapada de alcohol.
- ✓ Retirar todo objeto metálico.
- ✓ Paciente y fisioterapeuta deben usar anteojos polarizantes para no sufrir alteraciones en la retina.
- ✓ Para aplicar el láser se debe tomar en cuenta el tipo de aparato y la calidad de emisión. La forma de la irradiación, la potencia, frecuencia y duración, tipo de aplicador.

3.8 MEDIDAS DE PRECAUCIÓN:

- ✓ Poseer la información adecuada acerca del tratamiento que va a realizar.
- ✓ No excederse en el tiempo de exposición ni en el número de sesiones a irradiar (solo las estrictamente necesarias).
- ✓ No exponer los ojos a la acción directa del rayo que provoca lesiones irreversibles, por lo que es necesario la protección ocular, mediante gafas, para el paciente y el operador del equipo. Se prohíbe la irradiación sobre párpados y en la zona comprendida en los límites óseos de la cavidad ocular o peri ocular
- ✓ No deben existir superficies reflectantes en el área de trabajo
- ✓ No utilizar instrumentos metálicos auxiliares durante la irradiación laser, para evitar la reflexión de la luz máxima iluminación del campo operatorio para evitar cansancio visual del operador
- ✓ Puede utilizarse barrera física de protección plástica en la punta del aplicador

3.9 CUIDADOS DEL EQUIPO

- ✓ El equipo debe estar conectado a tierra.
- ✓ Debe comprobarse la funcionalidad de la llave de seguridad, así como el comprobador de emisión y de tiempo.
- ✓ No debe flexionarse la fibra óptica en ángulo mayor de 45°.
- ✓ La superficie activa de la fibra óptica o pieza de mano debe ser limpiada con soluciones antisépticas, no corrosivas
- ✓ No utilizar soluciones abrasivas para la limpieza general del equipo.
- ✓ Colocar el equipo en un lugar seguro, evitando golpes, vibraciones o someterlo a intenso

calor y humedad.

3.10 MÉTODOS DE APLICACIÓN DEL LÁSER

- **Láser de pie o articulado**

Es un tipo de láser con forma de cañón. Se apoya sobre el suelo mediante un sistema de varias ruedas que facilitan su desplazamiento a la hora de fijar un punto a tratar. Es muy utilizado, debido su comodidad en el tratamiento, ya que se sitúan los parámetros y se pone en funcionamiento y parada de forma automática, no siendo necesaria la presencia del terapeuta durante su aplicación. Posee una serie de articulaciones que facilitan su acoplamiento a la zona a tratar. Tiene capacidad de cabeceo de arriba hacia abajo, y un sistema manual o mecánico de ascenso o descenso, así como facilidad para realizar movimientos laterales

- **Láser puntual**

Es una técnica de irradiación que consiste en depósitos de energía en un punto o superficie, en contacto directo con la zona, cuyo tamaño dependerá del diámetro de la fibra óptica o spot del haz. Esta técnica se aplica en la estimulación de puntos de acupuntura, denominada también como láser puntura, con el objetivo de lograr fundamentalmente analgesia, sedación y estimular mecanismos de defensa general del organismo, resultando una técnica altamente ventajosa. También la técnica puntual puede utilizarse en el tratamiento de lesiones, realizando varios depósitos de energía, alrededor de la lesión de forma circunscrita, hasta ir disminuyendo gradualmente el tamaño o superficie de la lesión. El láser emite fotones que producen reacciones fototérmicas y fotoquímicas como sucede con la luz normal, pero debido a su monocromaticidad, coherencia y elevada intensidad, la absorción de energía por parte del organismo es mayor, aumentando de esa manera sus efectos biológicos.

- **Láser zonal**

Este tipo de láser abarca una zona mayor, por lo que es más aconsejable en patologías que presentan una superficie de tratamiento amplia y que es difícil tratar con la aplicación puntual.

- **Láser de Barrido**

Es la aplicación del láser mediante el cual, el haz de luz no permanece inmóvil como en las aplicaciones anteriores sino que está formado por un conjunto de haces que realizan un barrido sobre una zona previamente marcada por el terapeuta de forma manual o escaneada. Son barridos en forma circular, de zigzag o espiral realizando giros tanto a favor como en contrasentido de las agujas del reloj. Esta aplicación permite ser aplicada en zonas amplias debido a esa función de barrido, y como en las aplicaciones anteriores el paciente deberá de permanecer completamente inmóvil. Cabe señalar que esta modalidad es la que más discusiones ha despertado sobre su eficacia en los últimos años, siendo considerado por muchos autores su efecto como puramente psicológico o como efecto placebo.

- **Láser de lápiz**

El cabezal tiene forma de lapicero con forma variada dependiendo de las casas comerciales. Las técnicas de aplicación, consiste en situar la parte activa de este cabezal directamente sobre la piel del paciente. La marcha y la pausa se suelen accionar con un pedal para control permanente por parte del terapeuta.

- **Láser de pistola**

Tiene la comodidad de su forma, ya que en aplicaciones largas es mucho más cómodo. En vez de disponer de un pedal para encendido y pausa, el terapeuta realiza estas acciones con el gatillo de la pistola.

Tanto en los láseres de lápiz como en los de pistola, existe una distancia de seguridad entre la zona que se acopla a la piel del paciente y la zona activa de emisión del láser. Esta distancia suele estar comprendida entre 0.5 y 1 cm y asegura que la zona emisora no toque directamente la piel para evitar posibles complicaciones, así como medida de higiene. Su ventaja respecto a las aplicaciones anteriores, es que podremos concentrar toda la energía láser en un único punto, por lo que el tratamiento será mucho más efectivo que con el resto de técnicas que dispersan más la radiación. Existen estudios que confirman esta teoría, y que destacan como única técnica efectiva la aplicación con un láser puntual.

CONCLUSIONES

1. La aplicación de laser de baja potencia acelera muchos estados de la piel para optimizar la regeneración celular y el tratamiento adecuado. Se encuentra en el rango de 40 a 60 j/cm.
2. Los tipos de laser más usados en fisioterapia son los de Helio-Neón (He-Ne), Arseniuro de galio (Ga As) y Arseniuro de galio y aluminio (Ga Al As).
3. El principal objetivo es ayudar a los pacientes a reducir el dolor y la limitación funcional. El láser, se utiliza ampliamente en lesiones osteomuscular, tendinoso ligamentoso.
4. Uno de los métodos de dosificación vigente en la actualidad, considera el área que abarca el haz de luz láser igual a 1 cm² para cualquier tipo de tejido y expresa la densidad de energía según el tipo de tejido a irradiar, independientemente del efecto terapéutico
5. Existe varios métodos de aplicación, Láser de pie o articulado, zona, puntual, barrido de lápiz y de de pistola.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ministerio de Salud del Perú (MINSA). 2005
2. Ryer Alex. The handbook of the Light. 2nd edition, International Light, Newburyport, MA 01950, 1997
3. Whelan, Harry T. Light Emitting Diodes Aid Wound Healing, Health link, 2006.
4. Robertson V., Ward A., Low J., and Reed A., Infrared and Visible Radiation, In: Electrotherapy Explained. Principles and Practice, Butterworth Heinemann ELSEVIER 2006; Chapter 16, p 459-98.
5. Harlen F. Physics of Infrared and microwave therapy. In: M. F. Docker (ed.) Physics in Physiotherapy, p. 18. London: Hospital Physicists Association Conference report series 35, 1982.
6. Balibar F.: Einstein 1905. Dall'etere ai quanti. Kami ed., Roma 2005.
7. Born M.: Física Atómica. Bollati Boringhieri, Torino, 2004.
8. Einstein A.: L'evoluzione de la Física. Bollati Boringhieri, Torino, 2004.
9. Frederick J.E., Liao Y.: Photosynthetically active sunlight at high southern latitudes. Photochem Photobiol., 2005; 81: 603-8.
10. Alex Ward. Sound and Electromagnetic Waves, In: Biophysical Bases of Electrotherapy, Mount Waverley: Excell Biomedical Publications, 2004; Chapter 9, p: 214-46
11. Robertson V., Ward A., Low J., and Reed A., Electromagnetic Radiation, In: Electrotherapy Explained. Principles and Practice, Butterworth Heinemann ELSEVIER 2006; Chapter 14, pp 425-40
12. Rohan K., Lindsey K., Roecklein K., Lacy T.: Cognitive-behavioral therapy, light therapy, and their combination in treating seasonal affective disorder. J Affect Disord, 2004; 80, p. 273-83.

13. Forbes D., Morgan D., Bangma J., et al.: Light therapy for managing sleep, behaviour, and mood disturbances in dementia. *Cochrane Database Syst Rev*, 2004; 2.
14. Skjerve A., Bjorvath B., Holsten F.: Light therapy for behavioral and psychological symptoms of dementia. *Int J Geriatr Psychiatr*, 2004; 19, p. 516- 22.
15. Martiny K., Simonsen C., Lunde M., et al.: Decreasin TSH levels in patients with seasonal affective disorder (SAD) responding to 1 week of bright light therapy. *J Affect Disord*, 2004; 79, p. 253-7.
16. William E. Prentice *Medicina Deportiva técnicas deportivas* 1993; pp 185-186
17. Martínez, M., Pastor, J., Sendra, F. *Manual de Medicina Física*. Barcelona. Harcourt Brace Publishers International. 2002. pp. 156-176.
18. Abergel P.M., Lam T.S.,: "Efectos biológicos del Láser". *Inv. Clínica Láser*. Vol.III (1):7-14. 1986
19. Plaja, J. *Analgesia por medios físicos*. España. Editorial McGraw-Hill. 2003. pp. 174-178, 181-183.
20. Martínez, M., Pastor, J., Sendra, F. *Manual de Medicina Física*. Barcelona. Harcourt Brace Publishers International. 2002. pp. 156-176.
21. Valladares Bartolomé Julia, fisioterapeuta
22. Dr. Jesús Gutiérrez 16 de Mayo del 2008.
23. el FT Luis Benito CallerosAldrete. *Terapeuta e instructor certificado en terapia láser clase IV*. Agosto 2011. (México).
24. Cameron M. *Agentes Físicos en Rehabilitación*. Tercera Edición, Editorial Elsevier España. 2009.
25. Dacos J. *Vademécum de Kinesioterapia*. Primera Edición, Editorial El Ateneo, Buenos Aires-Argentina. 1985
26. Krussen. *Medicina Física y Rehabilitación*. Tercera Edición. Editorial Panamericana, Madrid-España. 2000
27. Callero, L. *Láser Terapia en Fisioterapia y Rehabilitación*. 2011. Recuperado el 22 de junio de 2012, disponible en: <http://terapialaser.mx/home/?p=1>
28. Bjordal, J. *El tratamiento con láser de baja frecuencia*. 2008. Recuperado el 14 de mayo de 2012, disponible en: http://espanol.news.yahoo.com/s/reusters/080513/n_health/salud_tendon_aquiles
29. EBRARY: Domínguez, T., Gutiérrez, A., Torres, Á. y Alián. *El láser y sus Aplicaciones*. En: *Memorias del programa científico Universidad* 2010. Cuba.

Disponible en:

<http://site.ebrary.com/lib/utasp/docDetail.action?docID=10390140&p00=aplicaci%C3%B3n%20laser>

30. Bravo, T. Surgimiento del láser. 2010. Recuperado el 28 de marzo de 2012, disponible en:

<http://files.sld.cu/rehabilitacion-fis/files/2010/11/laserterapia-conferencia-dra-tania-bravo.pdf>.

31. Varoona, S. *Ortopedia y Traumatología*. Segunda Edición, Editorial Panamericana, México.

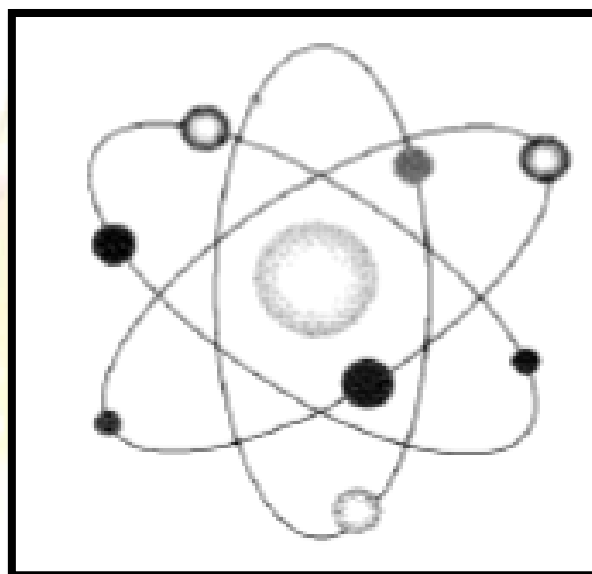




ANEXOS

ANEXO 1

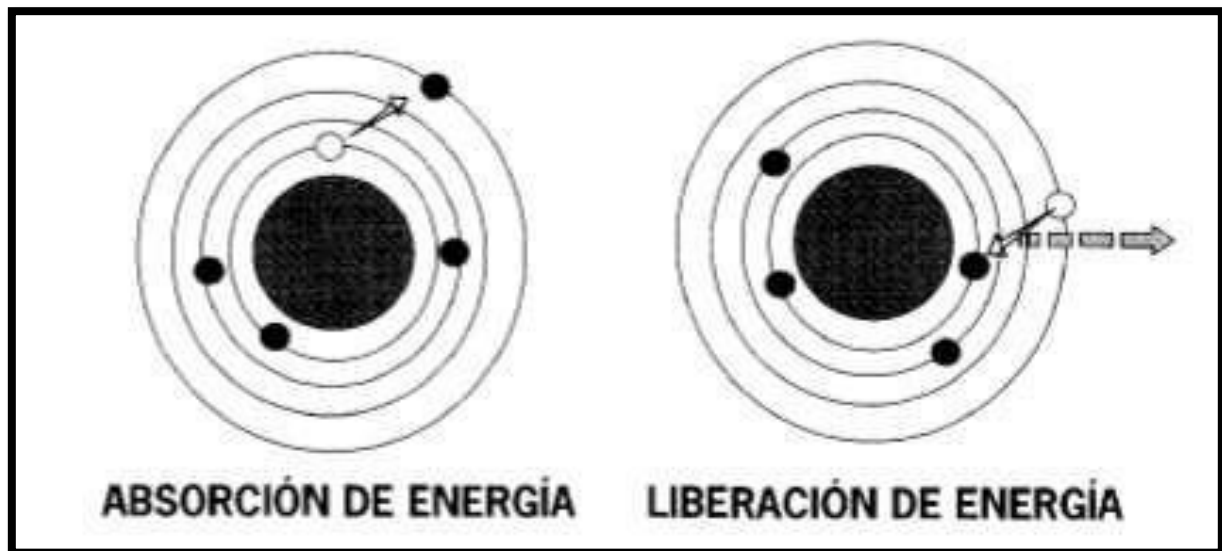
Generación de la luz



Referencia: Herrera M. Efectos de la aplicación de láser terapéutico en pacientes sometidos a cirugía artroscópica de rodilla Informe de tesis para optar el título de Licenciada. Universidad Rafael Landívar. 2014. Disponible en:
<http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/09/01/Herrera-Melanie.pdf>

ANEXO 2

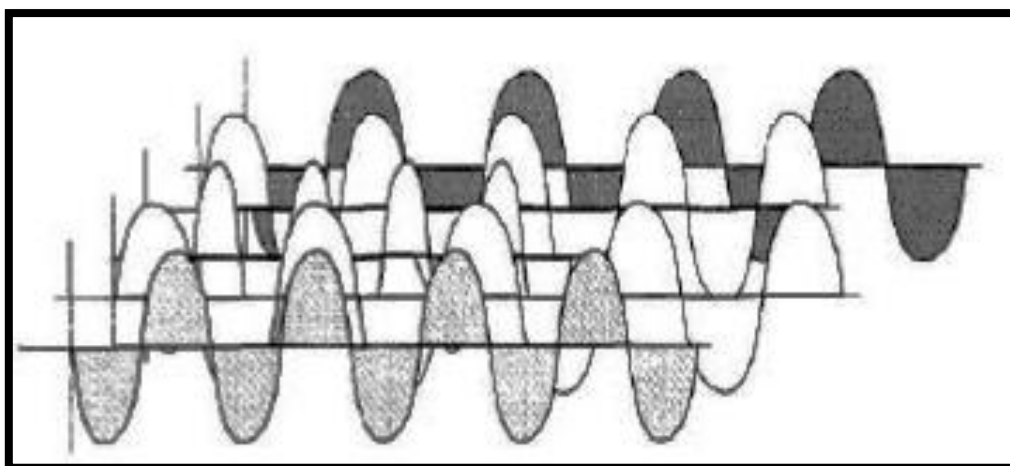
Absorción y Liberación de Energía



Referencia: Aragona, et al. Estudio Reconstrucción artroscópica de ligamento cruzado posterior. Se compara simple banda y doble banda proximal, ambas técnicas con simple banda a distal. Asociación Argentina de Artroscopia y Sociedad Latinoamericana de Artroscopia, Rodilla y Deporte. Vol.14. Buenos Aires. 2012. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/09/01/Herrera-Melanie.pdf>

ANEXO 3

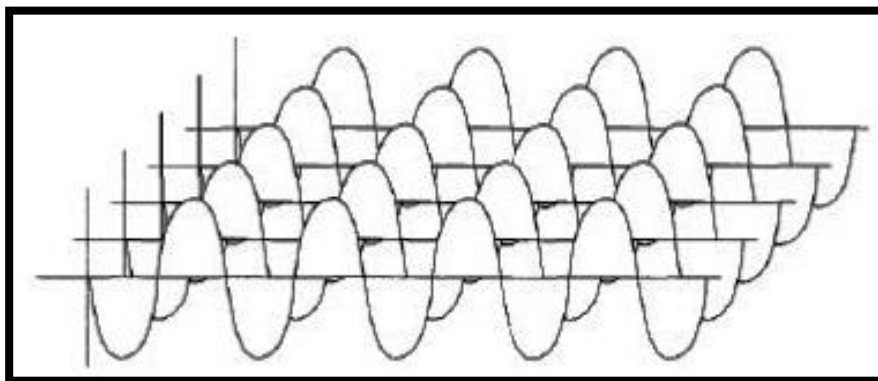
Luz no Coherente



Referencia: Aragona, et al. Estudio Reconstrucción artroscópica de ligamento cruzado posterior. Se compara simple banda y doble banda proximal, ambas técnicas con simple banda a distal. Asociación Argentina de Artroscopia y Sociedad Latinoamericana de Artroscopia, Rodilla y Deporte. Vol.14. Buenos Aires. 2012. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/09/01/Herrera-Melanie.pdf>

ANEXO 4

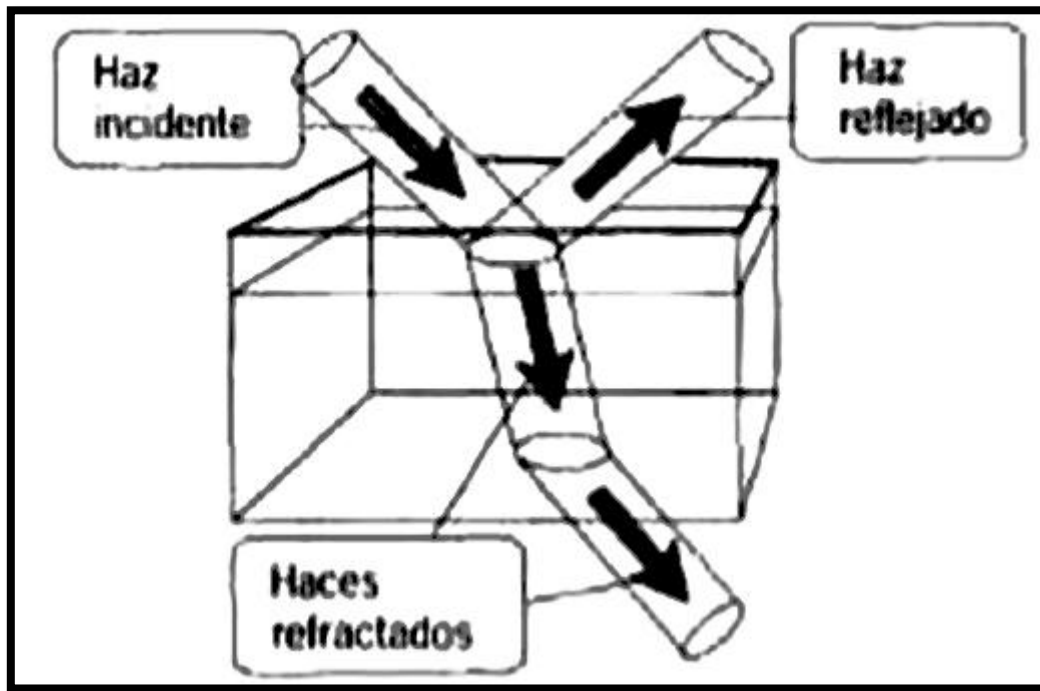
Luz Coherente



Referencia: Aragona, et al. Estudio Reconstrucción artroscópica de ligamento cruzado posterior. Se compara simple banda y doble banda proximal, ambas técnicas con simple banda a distal. Asociación Argentina de Artroscopia y Sociedad Latinoamericana de Artroscopia, Rodilla y Deporte. Vol.14. Buenos Aires. 2012. Disponible en:
<http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/09/01/Herrera-Melanie.pdf>

ANEXO 5

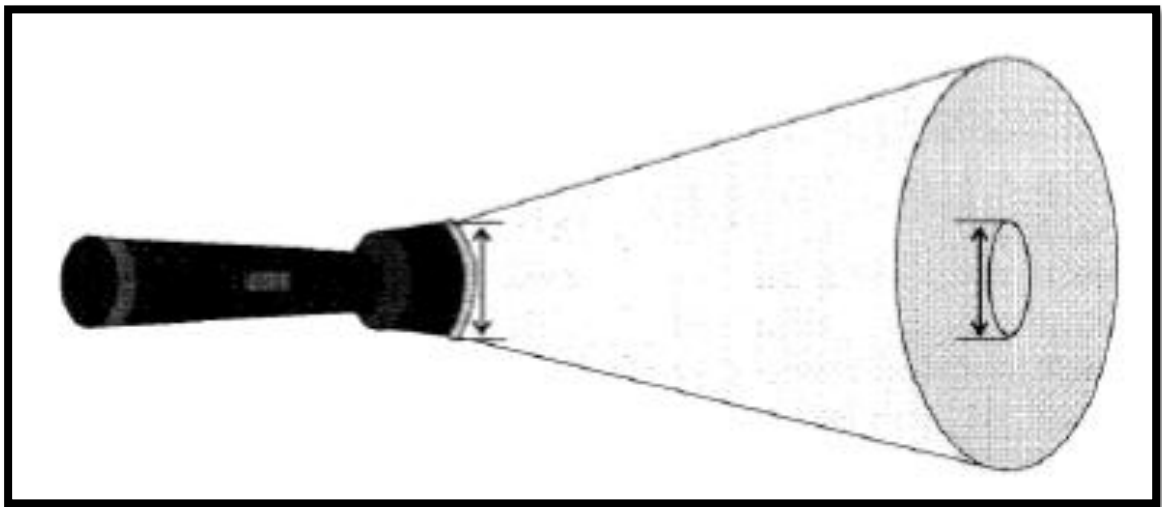
Leyes de Reflexión y Refracción



Referencia: Aragona, et al. Estudio Reconstrucción artroscópica de ligamento cruzado posterior. Se compara simple banda y doble banda proximal, ambas técnicas con simple banda a distal. Asociación Argentina de Artroscopia y Sociedad Latinoamericana de Artroscopia, Rodilla y Deporte. Vol.14. Buenos Aires. 2012. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/09/01/Herrera-Melanie.pdf>

ANEXO 6

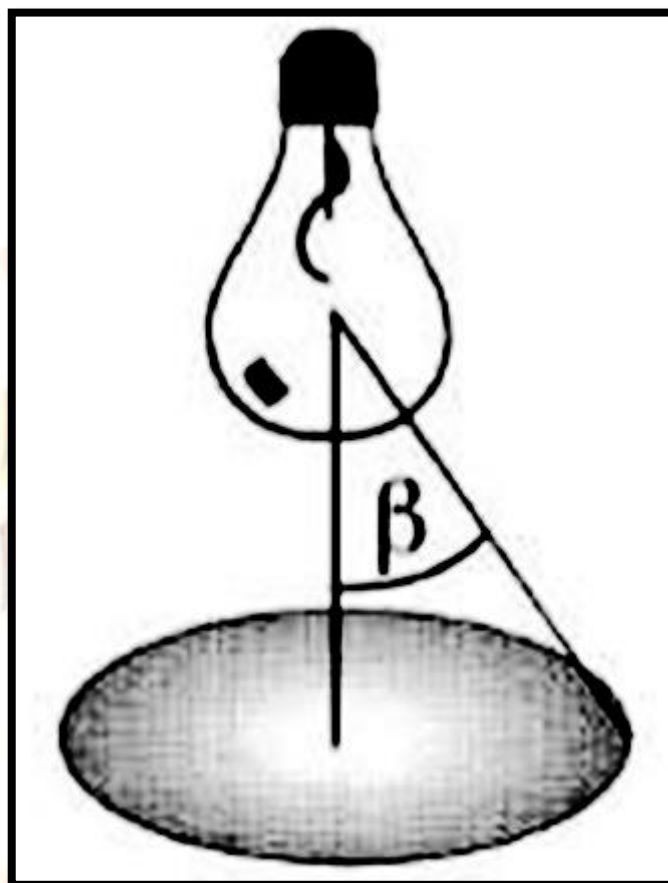
Ley de la distancia o divergencia



Referencia: Aragona, et al. Estudio Reconstrucción artroscópica de ligamento cruzado posterior. Se compara simple banda y doble banda proximal, ambas técnicas con simple banda a distal. Asociación Argentina de Artroscopia y Sociedad Latinoamericana de Artroscopia, Rodilla y Deporte. Vol.14. Buenos Aires. 2012. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/09/01/Herrera-Melanie.pdf>

ANEXO 7

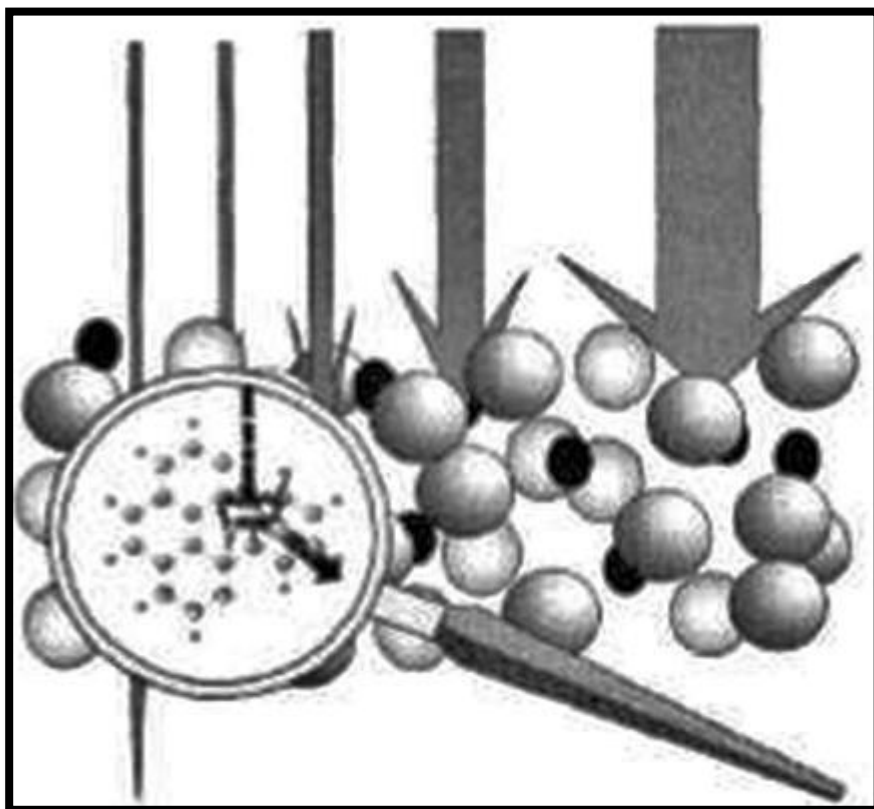
Ley de la concavidad



Referencia: Aragona, et al. Estudio Reconstrucción artroscópica de ligamento cruzado posterior. Se compara simple banda y doble banda proximal, ambas técnicas con simple banda a distal. Asociación Argentina de Artroscopia y Sociedad Latinoamericana de Artroscopia, Rodilla y Deporte. Vol.14. Buenos Aires. 2012. Disponible en:
<http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/09/01/Herrera-Melanie.pdf>

ANEXO 8

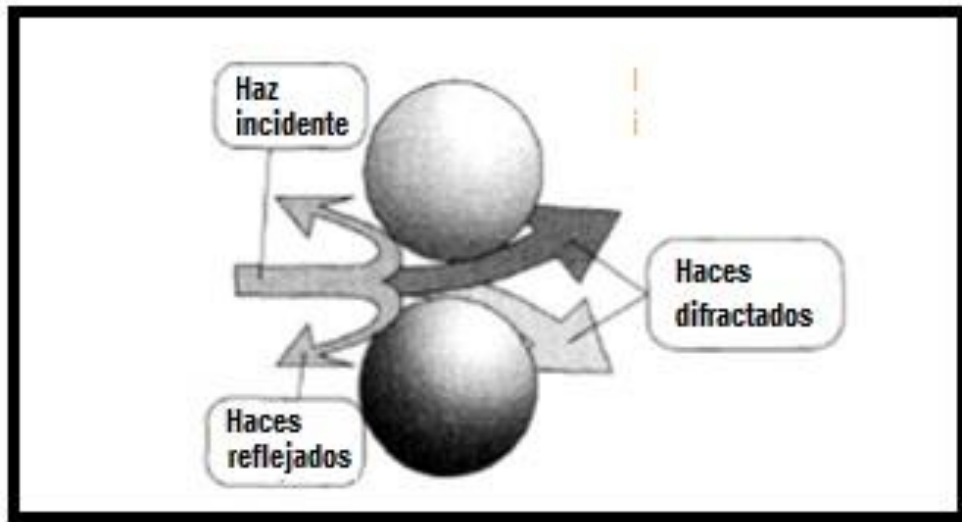
Leyes de la absorción



Referencia: Aragona, et al. Estudio Reconstrucción artroscópica de ligamento cruzado posterior. Se compara simple banda y doble banda proximal, ambas técnicas con simple banda a distal. Asociación Argentina de Artroscopia y Sociedad Latinoamericana de Artroscopia, Rodilla y Deporte. Vol.14. Buenos Aires. 2012. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/09/01/Herrera-Melanie.pdf>

ANEXO 9

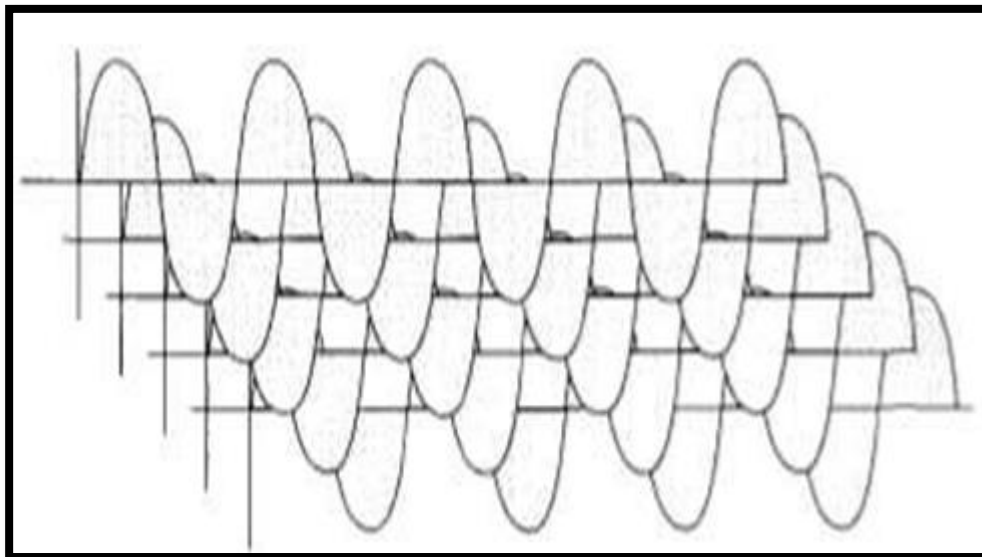
Difracción y luminiscencia



Referencia: Aragona, et al. Estudio Reconstrucción artroscópica de ligamento cruzado posterior. Se compara simple banda y doble banda proximal, ambas técnicas con simple banda a distal. Asociación Argentina de Artroscopia y Sociedad Latinoamericana de Artroscopia, Rodilla y Deporte. Vol.14. Buenos Aires. 2012. Disponible en:
<http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/09/01/Herrera-Melanie.pdf>

ANEXO 10

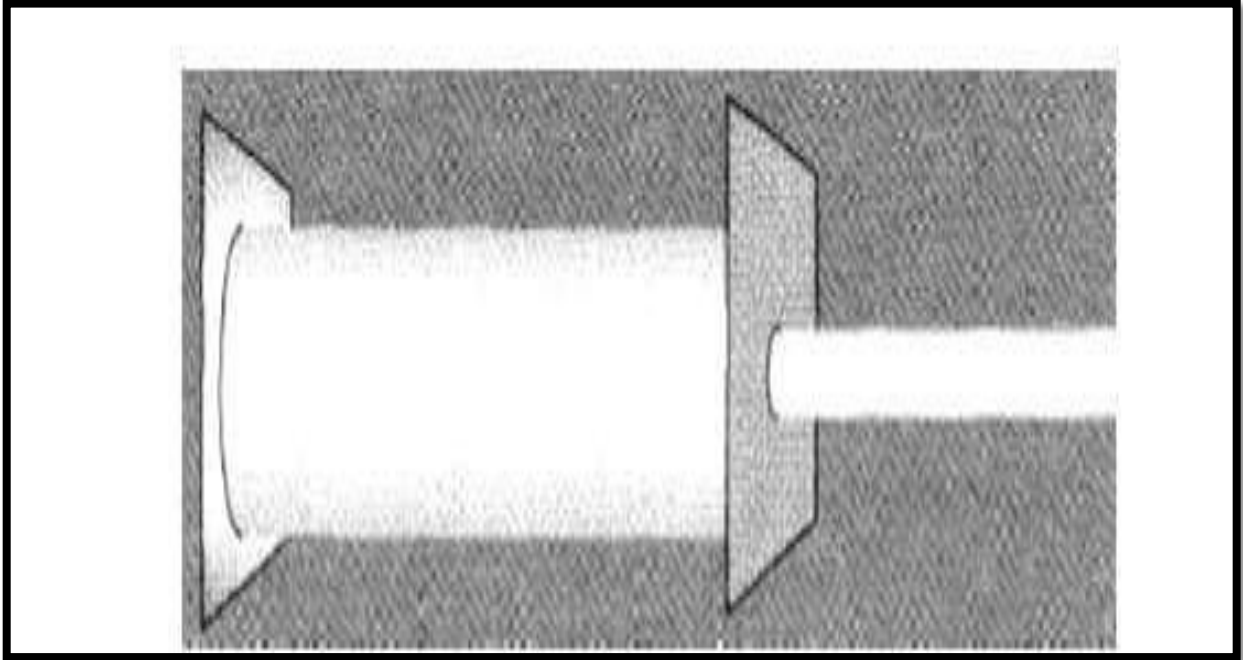
Coherencia



Referencia: Aragona, et al. Estudio Reconstrucción artroscópica de ligamento cruzado posterior. Se compara simple banda y doble banda proximal, ambas técnicas con simple banda a distal. Asociación Argentina de Artroscopia y Sociedad Latinoamericana de Artroscopia, Rodilla y Deporte. Vol.14. Buenos Aires, 2012. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/09/01/Herrera-Melanie.pdf>

ANEXO 11

No divergencia



Referencia: Aragona, et al. Estudio Reconstrucción artroscópica de ligamento cruzado posterior. Se compara simple banda y doble banda proximal, ambas técnicas con simple banda a distal. Asociación Argentina de Artroscopia y Sociedad Latinoamericana de Artroscopia, Rodilla y Deporte. Vol.14. Buenos Aires. 2012. Disponible en:
<http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/09/01/Herrera-Melanie.pdf>

ANEXO 12

Laser Articulado



Referencia: Alibaba. Articulado Q switched 7 brazo nd YAG láser C8 máquina del retiro del tatuaje. 1999. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/articulated-q-switched-7-joint-arm-nd-yag-laser-c8-tattoo-removal-machine-60593916685.html>

ANEXO 13

Láser Puntual



Referencia: Rehabmedic. Diodos (Simple/Puntual) para Láser, 2017.
Disponible en: <http://www.rehabmedic.com/diodos-simple-puntual-para-laser.html>

ANEXO 14

Láser Zonal



Referencia: PRIM. Laserterapia ¿Qué es la laserterapia. 2007. Recuperado el 20 de enero 2019.
Disponible en: <http://www.enraf.es/categoria-producto/laserterapia/>

ANEXO 15

Láser de Barrido



Referencia: FisiMarket. Laser de barrido TR1 HP, 2007. Recuperado el 20 de enero 2019.

Disponible en: <https://www.fisiomarket.com/2947-laser-de-barrido-tr1-hp.html>

ANEXO 16

Laser de Pistola



Referencia: RehabMedi. Productos de medicina deportiva y fisioterapia. 2017. Recuperado el 20 de enero 2019. Disponible en: www.rehabmedic.com

ANEXO 17

Láser de lápiz



Referencia: Rehabmedic. Láser de pistola. 2015. Recuperado el 20 de enero 2019.
Disponible en: <http://www.rehabmedic.com/laser-pistola-lp50.html>