

## Desarrollo de un Sistema Terapéutico por Radiación Infrarroja.

G. Álvarez Carreto<sup>1\*</sup>, A. Estrada García<sup>1</sup>, A. Ríos Urbina<sup>1</sup>, E. Valaguez Velazquez<sup>1</sup>, J.L. Fernández Muñoz<sup>2</sup>, M. Zapata Torres<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UPIITA, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México

<sup>2</sup>CICATA Unidad Legaria, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México

\* correo electrónico de contacto: alvarez.carreto.gerardo@gmail.com

**Resumen**— En este trabajo se presenta el desarrollo de un sistema terapéutico, que funciona mediante la emisión de luz infrarroja focalizada que generan los LEDs (Ligh Emisión Diode). Para determinar el rango de luz a utilizar se utilizaron los valores de absorción óptica reportados en la literatura. Para la construcción del sistema terapéutico se utilizó el diodo de luz infrarroja IR333-A marca everlight.

**Palabras clave**—Infrarrojo, LED, Terapia

### I. INTRODUCCIÓN

La fototerapia es un recurso ampliamente utilizado debido a su efecto sobre los tejidos biológicos, lo que potencialmente mejora la eficiencia muscular y la aptitud aeróbica. Estudios con animales han demostrado una mayor función mitocondrial, la microcirculación, y la oxigenación de tejidos es obtenida utilizando la fototerapia. Los estudios con seres humanos sanos demuestran mejoras en la función muscular, resistencia a la fatiga, tolerancia al ejercicio, disminución de las concentraciones de lactato y los marcadores de daño muscular [1].

La fototerapia que utiliza específicamente longitudes de onda de luz cercanas al infrarrojo (NIR) (~ 800-950nm), es una modalidad terapéutica que los clínicos utilizan cada vez más como paradigma terapéutico para lesiones y / o trastornos musculoesqueléticos agudos y crónicos. En concreto, la terapia de luz NIR es actualmente utilizada por los médicos para controlar y / o suprimir el dolor, la fatiga muscular, la osteoartritis, la inflamación y mejorar la reparación y regeneración de las lesiones de tejidos blandos [2-8].

A pesar de que existen reportes en la literatura del uso de terapia utilizando radiación, existen pocos estudios donde se optimice la longitud de onda en el tratamiento a realizar. Los equipos terapéuticos que podemos encontrar en nuestro país, utilizan una lámpara incandescente a la cual le colocan un filtro para obtener la longitud de onda deseada, lo cual implica la utilización de alto consumo (las lámparas son del orden de 250 W). En este trabajo se propone LED's infrarrojos, lo cual implica utilizar menos potencia y una radiación localizada debido al tipo de emisión que generan. En este trabajo se presenta el desarrollo de un sistema terapéutico utilizando LEDs con emisión en la región del espectro electromagnético infrarrojo cercano (NIR, por sus siglas en inglés). Para la obtención de la región óptima de la radiación se utilizó la simulación del espectro de absorbancia utilizando los datos reportados por Steven L. Jacques [9]. En base a lo anterior se determinó el LED a utilizar, fabricándose un arreglo de 25 LEDs.

### II. METODOLOGÍA

Para determinar el rango de longitudes de onda a utilizar, se utilizaron los datos de absorbancia reportados en la referencia [9]. En la figura 1 se presenta la curva de absorción para la sangre oxigenada y sin oxigenar, esta es relativa al contenido molar. Se representan los otros componentes que sirvan para calcular los espectros de absorción de los tejidos.

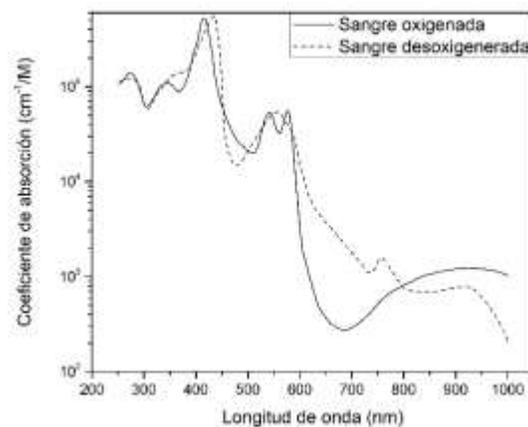


Fig. 1. Espectro de absorción óptica de la Sangre oxigenada y desoxigenada.

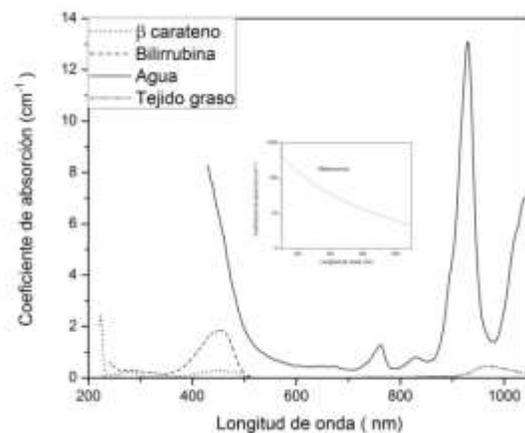


Fig. 2. Espectro de absorción óptica del B-Caroteno, Bilirrubina, Agua y tejido graso.

### III. RESULTADOS

Un medio absorbente de luz absorberá una fracción de luz incidente por cada incremento del trayecto recorrido dentro del medio. El coeficiente de absorción  $\mu_a(cm^{-1})$  se define como:

$$\mu_a = -\frac{1}{T} \frac{\partial T}{\partial L} \quad (1)$$

Donde T (sin dimensiones) es la transmisión o una fracción de luz incidente después de un incremento en la longitud de la trayectoria  $\partial L$  (cm). El cambio fraccionario de  $\frac{\partial T}{T}$  por  $\partial L$  produce una disminución exponencial en la intensidad de la luz en función del incremento de la longitud de la trayectoria L:

$$T = e^{-\mu_a L} = 10^{-\epsilon CL} = e^{-4\pi n^{11}L/\lambda} \quad (2)$$

En la referencia [9] se propone simular las propiedades ópticas de los tejidos, en función de la composición del mismo. Para lo cual proponen que la absorbancia la podemos obtener como:

$$\mu_a = BS\mu_{a.oxy} + B(1-S)\mu_{a.deoxy} + W\mu_{a.agua} + F\mu_{a.grasa} + M\mu_{a.melanosoma} + 2.3C_{bili}\epsilon_{bili} + 2.3C_{\beta C}\epsilon_{\beta C} \quad (3)$$

Donde:

S Hgb saturación de oxígeno de la vasculatura arteriovenosa mixta.

B Fracción media del volumen de sangre ( $f_{v,i}$ ).

W Contenido de agua ( $f_{v,agua}$ ).

Bili Concentración de bilirrubina (C(M)).

$\beta C$  Concentración de  $\beta$ -caroteno (C(M)).

F Contenido de grasa ( $f_{v,grasa}$ ).

M Volumen fraccionario de melanosoma ( $f_{v,melanosoma}$ ), o alternativamente la concentración molar de monómeros de melanina. (C(M)).

Los resultados del cálculo del coeficiente de absorción óptica de diferentes tejidos son presentados en la figura 3. En esta podemos observar que se tiene una ventana óptica importante, después de los 600 nm, región en la cual se tiene un bajo coeficiente de absorción. Los tejidos que contienen mayor cantidad de agua o tejido graso, tienen un borde de absorción cercano a los 800 nm y 920 nm. En base a estos resultados se utilizaron LEDs modelo IR333A marca everlight. Los cuales tienen un espectro de emisión en el rango de 880 nm a 1020 nm. Se realizó un arreglo de 25 LEDs conectados en paralelo para realizar nuestro sistema terapéutico, el diagrama electrónico utilizado es presentado en la figura 4. El sistema de alimentación de los leds infrarrojos está compuesto por 2 etapas las cuales están aisladas por un optoacoplador que permite el paso de corriente por medio de pulsos que emiten su led infrarrojo interno excitando un transistor para el paso de la corriente. Por medio de la tarjeta Arduino se genera una

secuencia de pulsos de 200 ms por periodo que permitirá la activación del optoacoplador. El módulo LM2596 nos permite regular el voltaje requerido, ya que el arreglo de pilas de Li-ion nos proporcionan 3.7 V, se recurrió a un arreglo de 2 pilas en serie, para mantener la corriente, pero sumar los voltajes. Teniendo un voltaje superior al requerido para alimentar el módulo de 7.4 V se regula de 3.5 a 5V ya que con la serie de pulsos que envía el Arduino nos proporciona una mayor intensidad en los leds. El voltaje regulado es conectado a 4N33 para su control determinado por el Arduino. Se separaron las etapas para generar en los leds una mayor intensidad luminosa.

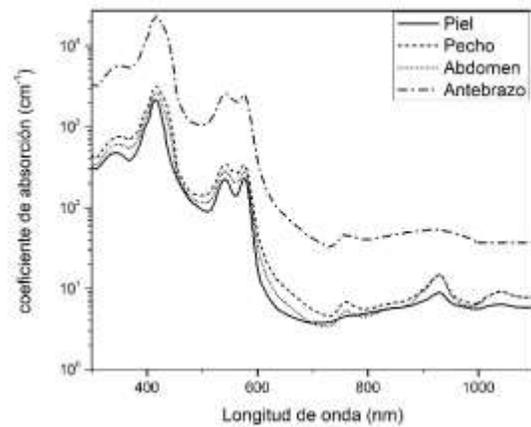


Fig. 3. Espectro de absorción óptica de la piel, pecho, abdomen y antebrazo.

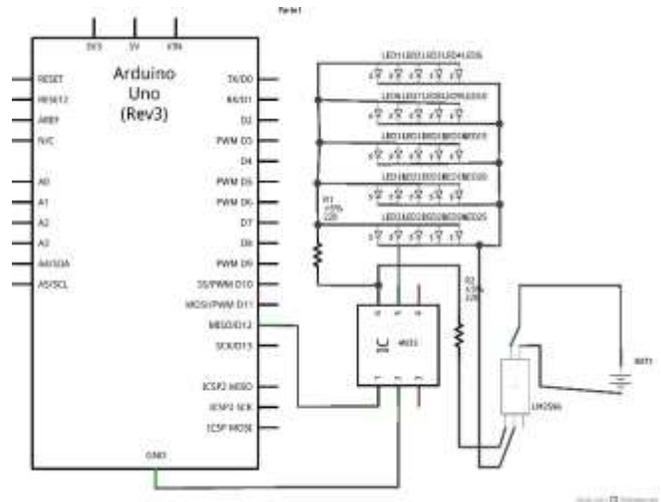


Fig. 4. Diagrama electrónico utilizado.

La emisión del sistema terapéutico El espectro obtenido fue caracterizado utilizando un espectrómetro USB4000 de la marca ocean optics. Para la medición se utilizó el software

Ocean View, un arreglo de fibras ópticas. En la figura 5 se presenta el espectro de emisión del sistema desarrollado.

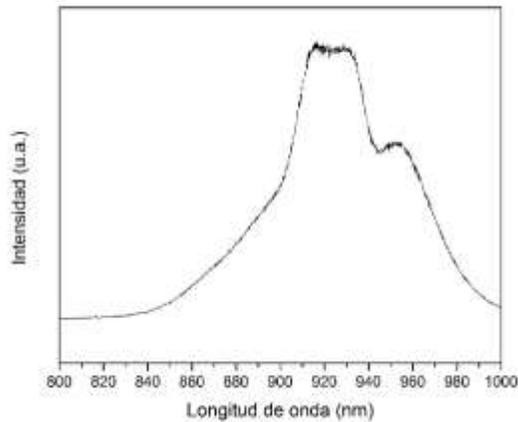


Fig. 5. Espectro de emisión del sistema desarrollado.

#### IV. DISCUSIÓN

El sistema de terapia desarrollado tiene su espectro de emisión en el infrarrojo, tal como se puede apreciar en la figura 5. De acuerdo a los cálculos realizados, este se puede utilizar en la fototerapia de músculos, siendo absorbida la radiación emitida por ellos, y no por la piel logrando con ello sea más eficiente. Es de vital importancia realizar su prueba en pacientes para valorar su eficacia.

#### V. CONCLUSIÓN

Se desarrolló un sistema de fototerapia utilizando un arreglo de LEDs con emisión en el infrarrojo, los cuales poseen un espectro de emisión en la ventana óptica necesaria para ser utilizados en la terapia muscular.

#### RECONOCIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional bajo el proyecto 20170201.

#### BIBLIOGRAFÍA

[1] Cristina de Oliveira Francisco, Thomas Beltrame, Cleber Ferraresi, Nivaldo Antonio Parizotto, Vanderlei Salvador Bagnato, Audrey Borghi Silva, Benedito Galvão Benze, Alberto Porta, and Aparecida Maria Catai, Evaluation of acute effect of light-emitting diode (LED) phototherapy on muscle deoxygenation and pulmonary oxygen up take kinetics in patients with diabetes mellitus: study protocol for a randomized controlled trial, study protocol, Francisco et al. *Trials* (2015) 16:572, DOI 10.1186/s13063-015-1093-3

[2] Linda M.-D. Nguyen, Angelina G. Malamo, Kelly A. Larkin-Kaiser, Paul A. Borsa, Peter J. Adhihetty Effect of near-infrared light exposure on mitochondrial signaling in C2C12 muscle cells Department of Applied Physiology and Kinesiology, University of Florida, Gainesville, FL 32611, United States

[3] Bibikova, A., Oron, U., 1993. Promotion of muscle regeneration in the toad (*Bufo viridis*) gastrocnemius muscle by low-energy laser irradiation. *Anat. Rec.* 235, 374–380.

[4] Borsa, P.A., Larkin, K.A., True, J.M., 2013. Does phototherapy enhance skeletal muscle contractile function and post exercise recovery? A systematic review. *J. Athl. Train.* 48, 57–67.

[5] Carrillo, J.S., Calatayud, J., Manso, F.J., Barberia, E., Martinez, J.M., Donado, M., 1990. A randomized double-blind clinical trial on the effectiveness of helium–neon laser in the prevention of pain, swelling

[6] Chow, R.T., Barnsley, L., 2005. Systematic review of the literature of low-level laser therapy (LLLT) in the management of neck pain. *Lasers Surg. Med.* 37, 46–52.

[7] Conlan, M.J., Rapley, J.W., Cobb, C.M., 1996. Biostimulation of wound healing by low energy laser irradiation. A review. *J. Clin. Periodontol.* 23, 492–496.

[8] Kaiser, K.L., Christou, E.A., Tillman, M.D., George, S.Z., Borsa, P.A., 2013. Near-infrared light therapy attenuates strength loss following strenuous resistance exercise. *J Athl Train* (in press).

[9] Steven L. Jacques. Optical properties of biological tissues: a review Lilge, L., Tierney, K., Nussbaum, E., 2000. Low-level laser therapy for wound healing: feasibility of wound dressing transillumination. *J. Clin. Laser Med. Surg.* 18, 235–240.