



Diseño e Implementación de un Prototipo de Fototerapia de Bajo Costo para Pacientes con Trastorno Afectivo Estacional.

Autores:

Marco Antonio León Rodríguez

Yuri Marcela Martínez Jiménez

**Trabajo de grado como prerrequisito como obtención del grado de tecnología en
electromedicina**

Director:

José Escorcía Gutiérrez

Facultad de Ingenierías

Programa de Ingeniería Biomédica

Barranquilla

2022



**Diseño e Implementación de un Prototipo de Fototerapia de Bajo Costo para Pacientes con
Trastorno Afectivo Estacional.**

Marco Antonio León Rodríguez

Yuri Marcela Martínez Jiménez

Director:

José Escorcía Gutiérrez

Facultad de Ingenierías

Programa de Ingeniería Biomédica

Barranquilla

2022

Tabla de contenido

Introducción	1
Planteamiento del Problema	2
Alcance (opcional)	3
Objetivos	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos.....	3
Justificación	4
Marco Teórico.....	5
Estado del Arte o Antecedentes	8
Marco Conceptual	11
Marco Legal	13
Metodología	15
Diseño	16
Materiales y Métodos.....	18
Resultados	24
Discusión	30
Conclusiones y Recomendaciones	31
Referencias.....	32

Listado de Tablas

Tabla 1.....	14
Tabla 2.....	17
Tabla 3.....	19
Tabla 4.....	22

Listado de Figuras

Figura 1.....	6
Figura 2.....	6
Figura 3.....	16
Figura 4.....	19
Figura 5.....	20

Resumen

El **trastorno Afectivo Estacional** más conocido como **TAE**, es una alteración del estado de ánimo que se produce siguiendo un patrón, es decir en las mismas épocas todos los años, este desorden se caracteriza por generar en quienes lo padecen una profunda depresión.

Este *trastorno* por lo general se produce en las épocas del año, donde se presenta menos luz solar, sus principales síntomas son, *depresión*, desanimo, desaliento, decaimiento, melancolía y desesperanza entre otros.

Para tratar este desorden se recomienda iniciar un tratamiento, el cual consiste, primeramente, en la implementación de *fototerapia* y en la correcta administración de medicamentos, como dicho tratamiento puede resultar algo costoso, en este proyecto se propone el diseño e implementación de un prototipo de bajo costo, para tratar este trastorno, respetando los principios fundamentales de operación de los equipos de fototerapia.

Palabras claves:

Alteración, Depresión, Estacional, Fototerapia, Trastorno.

Abstract

Seasonal Affective Disorder, better known as SAD, is an evolution of mood that occurs following a pattern, that is, at the same times every year, this disorder is characterized by generating deep depression in those who suffer from it.

This disorder usually occurs at times of the year, where there is less sunlight, its main symptoms are depression, discouragement, decay, melancholy and hopelessness among others.

To treat this disorder, it is recommended to start a treatment, which consists, first, in the implementation of phototherapy and the correct administration of medications, as said treatment can be somewhat expensive, in this project the design and implementation of a prototype of low cost, to treat this disorder, respecting the fundamental operating principles of phototherapy equipment.

Keyword's:

Alteration, Depression, Seasonal, Phototherapy, Upset.

Introducción

Los episodios de depresión son uno de los problemas más comunes con los que los profesionales de la salud suelen encontrarse, ya que este tipo de episodios de depresión siguen una referencia, mejor dicho, un patrón, en el caso del trastorno afectivo estacional (TAE) se sigue un patrón estacional, sucediendo en estaciones como invierno y otoño.

Norman E. Rosenthal, fue el psiquiatra sudafricano, quien por primera vez describió en el año 1980 la depresión estacional, seguida por Acuña quien agregó unos periodos de alternancia a el primer diagnóstico en los periodos de primavera y verano, abriendo de este modo la puerta a el estudio de la fototerapia como tratamiento. Siendo este mismo el primero en llevar a cabo la implementación de la fototerapia; gracias a esto pudo publicar en 2005 el "Winter Blues" el cual iba principalmente dirigido a pacientes que sufren este trastorno, desde luego basados en la investigación de Rosenthal.

En la actualidad este trastorno es reconocido y avalado por el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM) dándole lugar al reconocimiento del trastorno, lo que a su vez conllevó a la materialización de diversos prototipos que pudieran incursionar en el uso de control del TAE.

Planteamiento del Problema

El Trastorno Afectivo Estacional es un desorden que en la actualidad afecta a un gran número de personas cuya prevalencia se halla entre el 1 y el 10% de la población mundial y no solo eso, sino que también es uno de los causales del suicidio ya que afecta potencialmente el estado de ánimo de los pacientes, sumiéndolos en grandes depresiones y de caimientos que los va consumiendo poco a poco o al menos así lo hacen ver las búsquedas realizadas en **Pubmed** y en diferentes revistas relacionados con la salud, de junio de 2014 y diciembre del 2020, donde se definen este trastorno como un potencial causante de dolor.

Por estas razones la ciencia se ha visto obligada a estudiar dicho trastorno, buscando encontrar respuesta que permitan ayudar a quienes lo padecen y es aquí donde surge la fototerapia como la mejor opción para tratar este trastorno, ya que se ha podido demostrado que la exposición de una luz blanca y brillante por 10 o 20 minutos al día puede tener efectos benéficos.

Pero he aquí un nuevo punto a evaluar, no todos los pacientes tienen la posibilidad de contar con un dispositivo que les permita hacerse terapias todos los días y en la comodidad de sus casas, primero los equipos son algo costosos, segundo su portabilidad tiende a ser un poco difícil por cuestiones de movilidad.

Ahora bien, ¿si es posible diseñar un dispositivo que suministre destellos de luz al nivel de simular la luz de un equipo de fototerapia y que sea rentable para los pacientes del TAE?

Alcance (opcional)

«Diseñar un dispositivo para fototerapia con dimensiones y peso adecuados para su movilidad y de bajo costo basado en las especificaciones técnicas del documento adjunto»

Objetivos

Objetivo General

Diseñar e implementar un prototipo de fototerapia de bajo costo, para fines terapéuticos en pacientes con trastorno afectivo estacional.

Objetivos Específicos

1. Definir los requerimientos de diseño para el prototipo de fototerapia.
2. Diseñar un prototipo de fototerapia con fines terapéuticos con minimización de costos para su implementación.
3. Realizar ensayos y pruebas a el prototipo, con el fin de validar su funcionamiento y verificar su eficacia frente a pacientes con trastorno afectivo estacional.

Justificación

La presente investigación se enfocará en el estudio del trastorno afectivo estacional, con el fin de validar el diseño e implementación de un dispositivo que permita ayudar a controlar los síntomas que este produce en los pacientes que lo padecen, ya que, debido a los recientes estudios efectuados sobre este trastorno se ha podido demostrar que esta patología cada vez se hace más común en los diferentes países del mundo, causando una diversidad de problemáticas que van desde algo tan sencillo como es un cambio en el estado de ánimo, hasta algo más complejo, como lo es quitarse la vida.

Este trabajo permitirá mostrar los beneficios que conllevará la implementación de este prototipo en cada uno de los pacientes, ya que las características bajo las cuales será creado buscarán que los pacientes puedan adaptarse a una nueva realidad, dentro de la cual las crisis depresivas serán mucho más reducidas. Este proyecto también ofrecerá una mirada integral sobre el comportamiento del TAE con el paso de los años, a fin de colaborar a tratar este trastorno, de modo que se pueda mejorar la vida de quienes lo padecen.

Marco Teórico

Definición de Depresión: De acuerdo con el Manual Diagnóstico y Estadístico de las Enfermedades Mentales en su cuarta edición [DSM IV] (APA,1994) la enfermedad depresiva se define como una patología que altera el ánimo o el humor de manera predominante.

El TAE en la actualidad es reconocido por ser un trastornó multifactorial, en el que influyen tanto factores ambientales como genéticos, dado que no es una patología que reconozca su origen a una sola condición comprobada.

De manera complementaria, este también se puede definir por sus características como una condición que devasta la vida emocional de quien lo padece provocando, cambios significativos en sus conductas, la forma de actuar, forma de ver el mundo y en cómo se siente ante los problemas y situaciones que se le s presenten en la vida.

En la última década se evidencio que la personalidad de los pacientes juega un papel importante en el desarrollo y la manifestación del trastornó afectivo estacional, ya que al realizar un estudio donde se valoraban diferentes áreas de la conducta humana, se pudo descubrir que los pacientes afectados por el TAE presentan más rasgos de neuroticismo, comparados con pacientes que no padecen el trastornó (pacientes sanos) además de la alta transmisión de la serotonina.

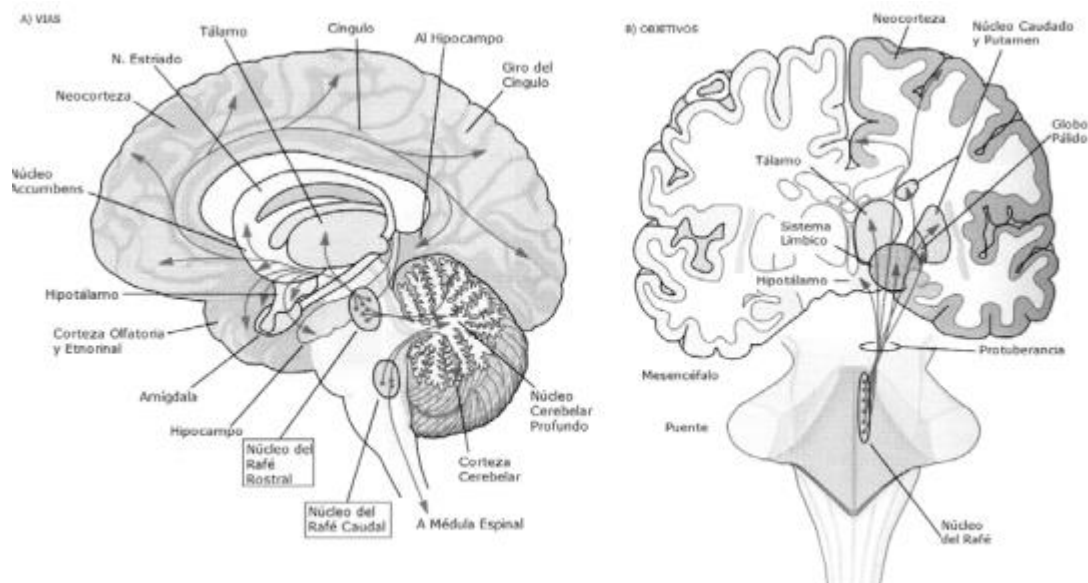


Figura 1. A) vías de transmisión de la serotonina. y B) sus sitios de proyección, objetivos.

Modificado de Kandel, 1991.

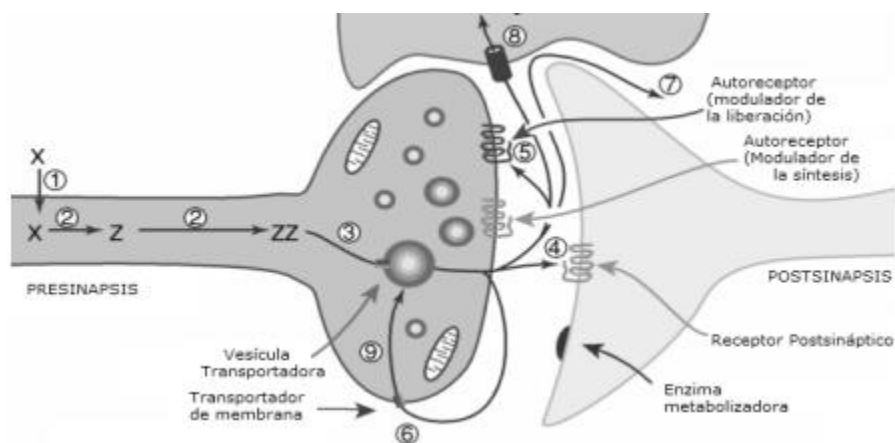


Figura 2. Representación de la vida de un neurotransmisor (NT). El NT receptado se inactiva mediante su degradación metabólica (9). Modificado de Academic Press 1999.

Para este tipo de Trastornos se ha investigado que la Fototerapia o También llamada luminoterapia o terapia de luz, es uno de los primeros tratamientos recomendados a quienes sufren de Trastorno Afectivo Estacional (TAE), como se le llama a la depresión estacional o invernal, se puede presentar en invierno cuando los días son más oscuros y húmedos, y alcanzan a ver pocas horas de luz solar al día, debido a que el organismo recibe una menor cantidad e intensidad de luz natural, y esto afecta a algunos neurotransmisores y de la hormona melatonina.

La importancia de la luz

En verano, la luz del sol es brillante, rica en fotones, que a través del nervio óptico y de la glándula pineal (en el centro del cerebro) estimulan la producción de serotonina, neurotransmisor responsable del estado de ánimo y de la energía, y regula la secreción de melatonina, hormona responsable del ciclo del sueño. En invierno, en tanto, los fotones se vuelven opacos y llegan en menor número a la retina, confundiendo al sistema circadiano y generando perturbaciones en la secreción de serotonina y melatonina, disminuyendo la primera y aumentando la segunda. Este escenario, desfavorable para algunas personas, provoca una baja del ánimo y pérdida de vitalidad, sensibilidad emocional, aumento del apetito de carbohidratos (su consumo incrementa la producción de serotonina), un decaimiento especialmente vespertino (al atardecer la persona se siente peor y al amanecer, mejor), aumento de tiempo de sueño nocturno y somnolencia durante el día. (Revista Paula, 2015).

¿Cómo funciona?

La máquina de fototerapia, generalmente de tecnología led, emite una luz brillante rica en fotones y cuya intensidad se mide en lux. La luz de la fototerapia contiene entre 5 y 10 mil lux, similar a

la del verano (la luz opaca de invierno solo tiene unos 500 lux). Estos impulsos lumínicos ayudan a regular el sistema circadiano, ya que tienen características similares a la luz natural del verano, dándole señales al cuerpo de que es de día y que necesita mayor energía (Revista Paula, 2015).

Estado del Arte o Antecedentes

A continuación, veremos antecedentes de investigaciones e informes acerca de la fototerapia como tratamiento para el Trastorno Afectivo Estacional, ya cual nos ayudara a tener una visión más amplia en la investigación.

El Trastorno Afectivo Estacional es una patología frecuente en la práctica clínica habitual, cuya prevalencia se halla entre el 1 y el 10% de la población. Se define como la presencia de episodios depresivos mayores recurrentes en una época determinada del año con remisión total posterior cuando es superada dicha estación. En su fisiopatología están implicados diferentes mecanismos tales como: la alteración del ritmo circadiano, la sensibilidad retiniana a la luz, el metabolismo anormal de la melatonina y la disminución de la secreción de neurotransmisores, sobre todo de la serotonina. El tratamiento se basa en la fototerapia o farmacoterapia, optando por uno u otro según las características clínicas del paciente. El objetivo de este artículo es hacer una revisión clínica sobre dicho trastorno para su mejor reconocimiento y manejo. (Gatón Moreno, M. A., González Torres, M. Á., & M.G, 2014 diciembre)

Este trastorno nace en algunos pacientes por la ausencia o falta de luz natural adecuada por lo cual administrar altos niveles de luz e iluminación intensa ayudan a estos pacientes favorablemente,

Sensibilidad retiniana a la luz: Algunas evidencias sugieren que los pacientes con TAE tienen déficits en el procesamiento de la luz, llegando a desarrollar síntomas por la falta de una luz adecuada y respondiendo favorablemente a una iluminación intensa. Se han relacionado los síntomas atípicos del TAE con el déficit a la exposición a una luz diurna, los sujetos que se exponen a valores bajos de iluminación presentan síntomas depresivos atípicos con más frecuencia que los más expuestos (Fresno D, Pedrejón C, Benaberre A, Valle J, Arrauxo A, Vieta E. 2006)

El mecanismo de acción de la fototerapia consiste en parte, en disminuir la depleción de triptófano presente en los pacientes con TAE. Existen estudios, en los que han encontrado mayores niveles de triptófano en abril y mayo, mientras que disminuye considerablemente al final del verano y principios del otoño (Terman M, Terman JS, Quintkin FM, Cooper TB, Lo ES, Gorman JM, 1988)

Una de las mayores incógnitas contempladas en esta investigación era la manera en la cual se implementaría y administraría este tipo de terapia para pacientes con este trastorno.

La dosis inicial de administración debe ser de 15-20 min al día y gradualmente ir aumentando hasta 30-45 min de exposición a 10000 lux (unidad photométrica) (luz de oficina: 50000). Esta dosis es suficiente para revertir los síntomas en la mayoría de los pacientes. La duración del tratamiento media debe ser de unas 2-4 semanas, ya que el efecto antidepresivo pleno de la fototerapia tarda unas 3 semanas en aparecer (Eastman CI, Young MA, Fogg LF, Liu L, Meaden PM, 1998)

A continuación, veremos investigaciones similares a la del actual proyecto, donde se evidencia el uso diseño e implementación de prototipo de lámparas de fototerapia como tratamiento para diferentes patologías.

El prototipo que se presenta se basa en una lámpara de fototerapia Led, el mismo que posee un sistema de control digital de luminosidad para el tratamiento de ictericia y un mecanismo de posicionamiento de la matriz de Leds.

- La lámpara de fototerapia estará conformada por una matriz de 12 Leds, los cuales poseen características especiales para la degradación de la bilirrubina en el cuerpo del paciente. La distribución lumínica que ofrece el diseño de la matriz de Leds permite obtener una distribución lumínica en todo el cuerpo RN (recién nacido), esto es debidamente estudiado y calculado para alcanzar los índices de radiación lumínica para maximizar el metabolismo de la bilirrubina en la sangre del neonato, (Cuenca Vicente, A. L, 2014)

La fototerapia utiliza la energía lumínica para modificar la forma y la estructura de la bilirrubina, convirtiéndola en moléculas (foto productos) que pueden excretarse mediante bilis u orina, por lo que este método terapéutico se ha convertido en el más eficaz para el tratamiento de ictericia en los recién nacidos.

La presente tesis busca diseñar e implementar un **PROTOTIPO DE LÁMPARA DE FOTOTERAPIA** que tenga incorporado un sistema de control estable, efectivo y fácil de utilizar para los usuarios en el tratamiento de ictericia en neonatos y que pueda ser empleado en el país. (Carlos Moncada, 2018)

Para la lámpara se selecciona una tira LED RGB la cual se utilizará la luz AZUL, se diseñará el driver de potencia en base a transistores MOSFET, y se controlará mediante señales PWM para variar la corriente y la potencia de los leds. Esta lámpara contara con un control de posición

mediante un servomotor que se encargara de variar el ángulo de iluminación de la lámpara. (Carlos Moncada, 2018)

Marco Conceptual

- **Trastorno Afectivo Estacional:** Un trastorno afectivo estacional (TAE) es una depresión que sigue un patrón estacional, es decir, que ocurre solo en un período específico del año. En el trastorno afectivo estacional, el paciente presenta síntomas de depresión en otoño y/o invierno, cuando los días son más cortos y las horas de luz solar se reducen. El trastorno afectivo estacional está desencadenado por la respuesta del cerebro a los cambios estacionales en la luz solar. Cuando los días vuelven a ser más largos, la persona supera la depresión. (D'Arcy Lyness, PhD, 2020)
- **Fototerapia:** La fototerapia, también conocida como «terapia de luz», utiliza luz blanca brillante que imita la luz del día y tiene efectos beneficiosos, de este modo, tratar el trastorno afectivo estacional. Puede emplearse de manera conjunta con otros tratamientos antidepresivos. (Hernández, 2022)
- **Antidepresivos:** Los antidepresivos son un tipo de drogas psicotrópicas cuya función, a grandes rasgos, es la de animar a los individuos con depresión. Durante la depresión parecen escasear algunos neurotransmisores como la noradrenalina o la serotonina que elevan el estado de ánimo y la excitación; la mayor parte de los antidepresivos actúan aumentando la disponibilidad de dichos neurotransmisores (Myers, 2006).

- **Alteración:** Del latín alterativo, alteración es la acción de alterar. Este verbo indica un cambio en la forma de algo, una perturbación, un trastorno o un enojo (Definición. de, 2022).
- **Depresión:** La depresión se puede describir como el hecho de sentirse triste, melancólico, infeliz, abatido o derrumbado. La mayoría de nosotros se siente de esta manera de vez en cuando durante períodos cortos. La depresión clínica es un trastorno del estado anímico en el cual los sentimientos de tristeza, pérdida, ira o frustración interfieren con la vida diaria durante un período de algunas semanas o más (MedlinePlus, 2022).
- **Trastorno:** El término trastorno tiene diferentes usos. Puede hacer referencia a una alteración leve de la salud o a un estado de enajenación mental, por ejemplo. Trastorno es, por otra parte, la acción y efecto de trastornar (invertir el orden regular de algo o perturbar el sentido o la conducta de alguien) (Definición. de, 2022).
- **Hardware:** Es la parte física de un ordenador o sistema informático. Está formado por los componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos, tales como circuitos de cables y luz, placas, memorias, discos duros, dispositivos periféricos y cualquier otro material en estado físico que sea necesario para hacer que el equipo funcione (S, 2019).

- **Software:** Es un término informático que hace referencia a un programa o conjunto de programas de cómputo, así como datos, procedimientos y pautas que permiten realizar distintas tareas en un sistema informático (S, 2019).
- **Prototipo:** Este término se emplea para nombrar al primer dispositivo que se desarrolla de algo y que sirve como modelo para la fabricación de los siguientes o como muestra. (Definición. de, 2022).
- **Potencia:** La potencia es la cantidad de trabajo que se realiza por unidad de tiempo. Puede asociarse a la velocidad de un cambio de energía dentro de un sistema, o al tiempo que demora la concreción de un trabajo. Por lo tanto, es posible afirmar que la potencia resulta igual a la energía total dividida por el tiempo. (Definición. de, 2022).
- **Mosfet:** Las siglas MOSFET vienen de las palabras Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect-Transistor, que en español significan transistor de efecto de campo metal-óxido semiconductor. En otras palabras, un MOSFET es un transistor, un componente eléctrico que se encarga de regular la salida de voltaje a partir de una tensión de entrada dada (Definición, 2020).

Marco Legal

A continuación, se dará a conocer la normativa legal donde se fundamenta la investigación:

Normativa / Estándar	Objeto	Ámbito
Resolución 4816 de 2008	“Por la cual se reglamenta el Programa Nacional de Tecnovigilancia”	Legal – Nacional
Resolución 4002 de 2007	“Por la cual se adopta el Manual de Requisitos de Capacidad de Almacenamiento y/o Acondicionamiento para Dispositivos Médicos”	Legal – Nacional
Decreto 4725 de 2005	“Por la cual se reglamenta el régimen de registros sanitarios, permisos de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos para uso humano”	Legal – Nacional
Resolución 434 de 2001	“Por la cual se dictan normas para la evaluación e importación de tecnologías biomédicas, se define las de importación controlada y se dictan otras disposiciones”	Legal – Nacional

Norma de Gestión Riesgo ISO-14971	La norma para la gestión del riesgo en los dispositivos médicos.	Legal – Nacional
Norma IEC-60601	Este grupo incluye todo el conjunto de normas de la serie 60601 sobre requisitos de seguridad para sistemas eléctricos; requerimientos y pruebas de compatibilidad electromagnética (EMC); programación de sistemas eléctricos médicos, relacionada con el uso de programas de cómputo en los equipos y orientada a gestionar el riesgo por el uso de algoritmos de programación; y todos los estándares colaterales para líneas específicas de equipos.	Legal – Nacional

Tabla 1. Resumen de la normativa Legal. (Creación Propia, 2022)

Metodología

A continuación, se describe cada uno de los pasos utilizados para llevar a cabo este proyecto, los cuales se dividen en:

- **Diseño de un prototipo de fototerapia:** Diseño del prototipo, creación del esquemático y distribución del mismo en la placa perforada.
- **Compra de componentes y equipo:** Se procede a la compra de componentes, como lo son los Led Luxon, Resistencias, Potenciómetro, etc...
- **Montaje del Hardware:** Se realiza todo el montaje del esquema electrónico del prototipo y se monta en la placa perforada.
- **Creación del Software:** Se realiza la práctica común en programación.
- **Realización de ensayos y pruebas al prototipo:** Se hacen pruebas con el fin de validar su funcionamiento.

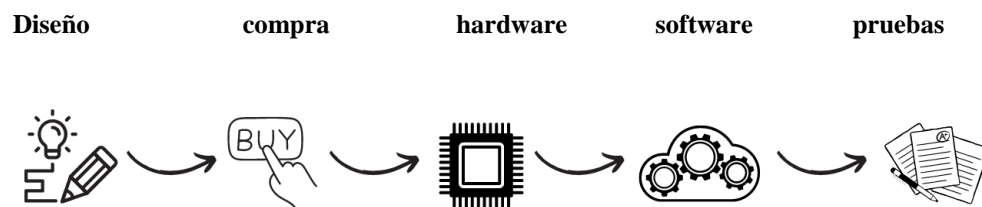
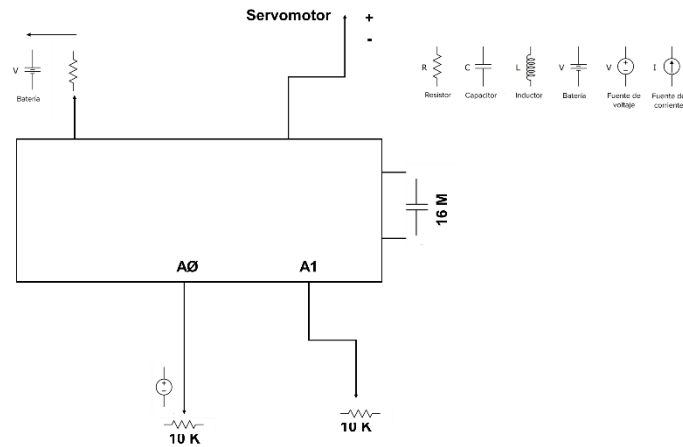


Figura 3. Diagrama de bloques de la metodología. (Creación Propia, 2022)

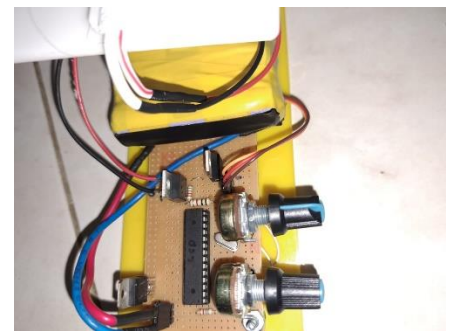
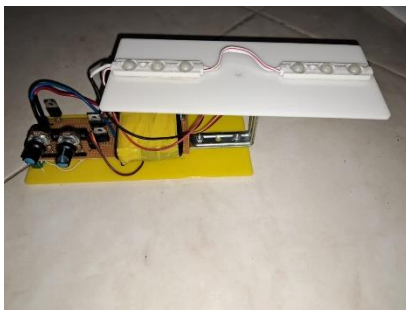
Diseño



creación propia

El presente proyecto según su propósito responde al tipo de investigación aplicada porque pretende diseñar y desarrollar un prototipo de fototerapia de bajo costo, para fines terapéuticos en pacientes con trastorno afectivo estacional.

A su vez, para llevar a cabo la investigación se trabaja con un enfoque cualitativo debido a que se utilizó un proceso inductivo y recurrente para realizar el diseño y desarrollo de un prototipo de fototerapia de bajo costo, para fines terapéuticos en pacientes con trastorno afectivo estacional, y se evaluará dicho sistema a través de ensayos y pruebas al prototipo con el fin de validar su funcionamiento, con el fin de llevar a cabo conclusiones generalizadas que puedan ser proyectadas en el tiempo.



Evidencia

Materiales y Métodos

Para el desarrollo de este proyecto investigativo se emplean herramientas de software como, sitio web de Canva, para ilustración, Paint para la ilustración y creación del esquema electrónico del proyecto, Arduino para la programación del software del prototipo.

Componentes y equipos utilizados para el armado del prototipo:

Componentes y equipo	
Descripción	Unidades
Placa Arduino UNO o similar	1
LED Luxon 1.5W	6
Servomotor	1
Mosfet potencia	1
Pack power 12V	1
Regulador de voltaje de 5V	2
Controladores de 20K	2
Fuente de alimentación regulada 15V 1A o un Adaptador 15V 1A	1
Tarjeta Perforada	1
Bornera 3P o Terminal de tornillo de tres vías	1

Tabla 2. Componentes y equipos necesarios para el montaje del prototipo. (Creación Propia, 2022).

Se obtendrá la información tanto fuentes primarias (Desarrollo de pruebas), como de fuentes secundarias. (Bases de datos).

Fuentes Primarias: Integradas por la observación directa y experimentación en el proceso, y el desarrollo de pruebas de funcionamiento del prototipo.

Fuentes Secundarias: Se utilizará material bibliográfico de soporte, tales como artículos científicos, capítulos de libros y proyectos de investigación realizado. (Scielo, Pubmed, ScienceDirect y Google Sholar).

Procedimientos

Diseño y creación del esquemático:

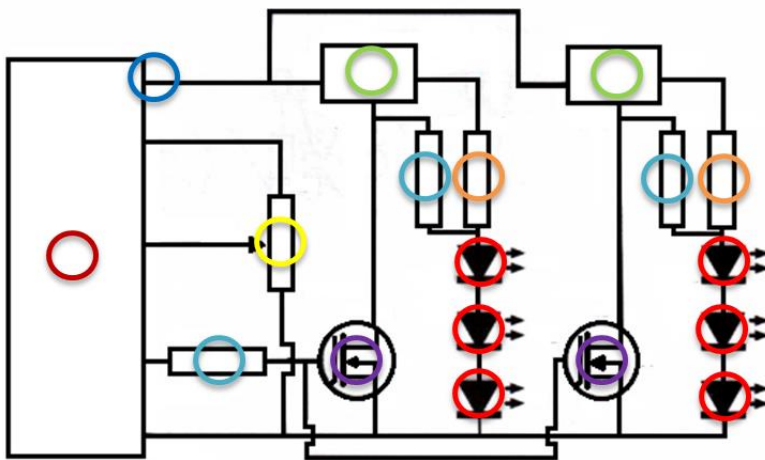


Figura 4. Esquemático del proyecto. (Creación Propia, 2022)

Reconocimiento de componentes

Descripción	Color
Placa Arduino UNO o similar	
LED Luxon 1W	
Resistencia $1K\Omega$ 0,5W	
Resistencia 4Ω 2W	
Potenciómetro lineal 100K	
Regulador de voltaje LM317	
FET 2N7000	
Fuente de alimentación regulada 15V 1A o un Adaptador 15V 1ª	

Tabla 3. Reconocimiento de componentes por colores. (Propia Creación, 2022)

Esquemático Eléctrico del proyecto:

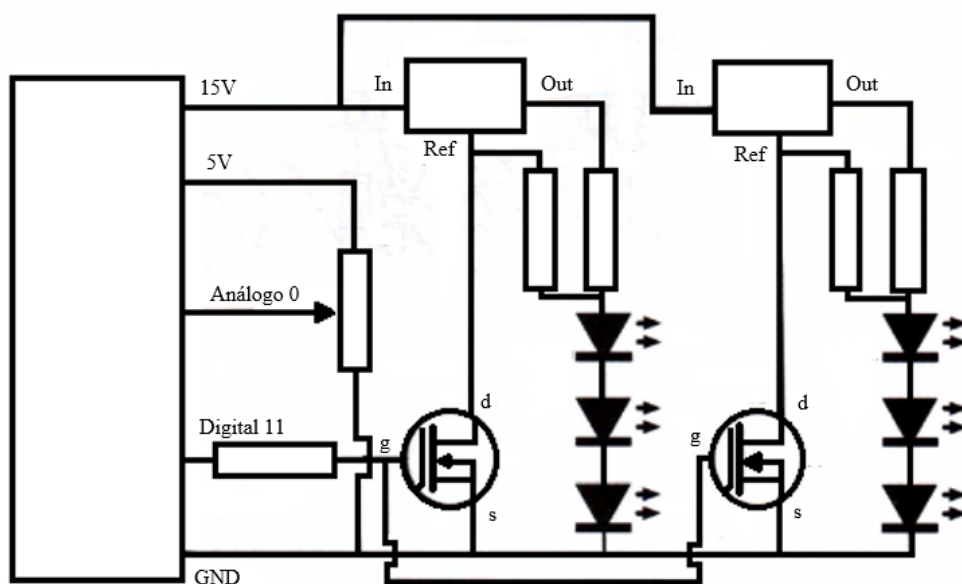


Figura 5. Esquemático de la conexión electrónica. (Creación Propia, 2022)

Hardware

Comenzaremos utilizando el pin 11 para nuestro control de salida. Como se puede ver en el esquema electrónico, los LEDs están ordenados en dos columnas de a tres. Éstos se alimentan desde una fuente externa de 15 V. Puesto que cada LED consume altos niveles de mA. Cada columna necesitará 300 mA, por lo que la alimentación debe poder proporcionar 0,6 A (1 A para mayor seguridad).

Estamos utilizando dos circuitos integrados que incorporan un adaptador de voltaje, con objeto de limitar la corriente que llega a los LED. La salida de los reguladores de voltaje será normalmente de 1,25 V por encima del voltaje del pin Ref del chip. Esto significa que si manejamos nuestros LED con una resistencia de 4 Ω .

Seguimos con el FET (transistor de efecto campo) cuando este se activa, hará bajar el voltaje del pin Ref del regulador a una tensión lo suficientemente baja como para evitar que circule cualquier corriente por los LED, provocando su apagado. Ambos FET se controlan desde el mismo pin digital 11.

El circuito se ha montado sobre una placa perforada, que es simplemente una placa con agujeros, sin ningún tipo de conexiones. Este tipo de placas sirve de estructura para insertar los componentes, siendo necesario cablearlas por la parte de abajo, ya sea empalmando juntos los terminales o mediante cables. Lo más sencillo es soldar dos hilos en cada LED antes de colocarlos en la placa. Es una buena idea marcar los terminales del LED mediante colores:

El cable rojo para el positivo y negro o azul para el negativo, para que queden identificados de forma correcta. Es recomendable dejar un espacio entre los LEDs y la placa perforada.

Los terminales con tornillo de la placa son para GND y 15 V de la fuente de alimentación y para una entrada de control. Cuando conectamos ésta a la placa Arduino, los 15 V vendrán del pin Vin de la Arduino, que a su vez se alimenta de una fuente de alimentación externa de 15 V.

Vamos a conectar directamente el potenciómetro en el conector Analog In (entrada analógica) de la placa Arduino. La separación entre los terminales del potenciómetro es de unos 5 mm.

Las entradas analógicas también se pueden utilizar como salidas digitales añadiendo 14 a su número de pin. Por tanto, para disponer de 5 V en un extremo de nuestro potenciómetro y de 0V en el otro, vamos a establecer las salidas analógicas de los pines 0 y 4 (pines digitales 14 y 18) a 0V y 5V.

Software

Listado de programación
<pre>#include <Servo.h> Servo servomotor; int angulo; int valor; int potenciometro = A1; //Pin analogo a dónde va el potenciómetro int LED = 5; // LED en pin 5 int BRILLO; int POT = 0; // potenciómetro en pin A0</pre>

```
void setup(){  
  pinMode(LED, OUTPUT); // pin 3 como salida  
  servomotor.attach(6); //Pin PWM 6 del Arduino  
  pinMode(potenciometro, INPUT);  
}  
  
void loop(){  
  BRILLO = analogRead(POT) / 4; // valor leído de entrada analogica dividido por 4  
  analogWrite(LED, BRILLO); // brillo del LED proporcional al giro del potenciometro  
  valor = analogRead(A1); //Lee los valores del potenciometro  
  angulo = map(valor, 0, 1023, 0, 180); //Convierte el valor del potenciometro en angulos  
entre 0 y 180 grados  
  servomotor.write(angulo);  
  delay(10);  
}
```

Tabla 4. Listado de Programación. (Propia Creación, 2022)

Cargamos el sketch terminado del Proyecto desde el Arduino Sketchbook, luego se tienen que conectar los cables desde Vin. GND. Y el pin digital 11 de la placa Arduino a los tres terminales de tornillo del módulo LED. Conectamos la fuente de alimentación de 15 V en el conector de alimentación de la placa Arduino y probamos.

Resultados

En el 2004 la universidad politécnica de salesiana, publico un artículo en el cual describía un proyecto que consistía en el diseño de un prototipo de lámparas de fototerapias, este proyecto para ser aprobado en primera instancia tuvo que ser sometido y pasar por una prueba de indicación, la cual constaba de un periodo de prolongación de aproximadamente 24 horas, de modo que al exponerse en contacto con un paciente no provocara resultados adversos a los deseados, como el prototipo paso la prueba fue sometido a una segunda, pero esta vez con un control más riguroso y con una duración de 72 horas.

Todo esto permitió validar la estructura del dispositivo y que, si cumpliera con los requerimientos que se plantearon durante su creación, este dispositivo fue creado para tratar trastornos en neonatos, lo cual a simple pensar hace saber que su estructura debería de estar bien fundamentada por el grado de delicadeza con la que se debe tratar a este tipo de pacientes.

Ahora bien, si se pudo validar un dispositivo de fototerapia para pacientes neonatos representado un alto nivel de dificultad, cuanto más veras puede ser la creación de este dispositivo para tratar el trastorno afectivo estacional (TAE) en pacientes con un sistema inmunológico mucho mas desarrollado, además de que por las estadísticas y el historial representativo de este tipo de dispositivos, se cuenta con una gran probabilidad superior al 85% de lograr su validación de una manera satisfactoria, suponiendo lograr la viabilidad de su uso, en la población que padece de este trastornó.

El proyecto cuenta con un diseño un poco ambicioso que puede ofrecerle al mercado un gran aporte, tanto en el desarrollo de nuevas tecnologías como en la adquisición de una manera más practica de tratar un trastorno de esta magnitud.

Eso en cuento a la parte teórica, porque en la practica se llevaron a cabo 2 fases para determinar la viabilidad del dispositivo:

1. **Evaluación del producto:** buscando evaluar el dispositivo, se tomo como referencia personal capacitado con previo conocimiento de esta tecnología en el ámbito médico, (ingenieros biomédico e ingenieros electrónicos) quienes inicialmente se enfocaron en determinar si era seguro implementar este dispositivo en pacientes sin que hubiera la más mínima posibilidad de poner en riesgo su salud, por lo que consideraron importante realizar unas pruebas, una de ellos era determinar la emisividad de luz que tiene el dispositivo, para ello se midió con ayuda de dos luxómetros la cantidad de lux que el dispositivo puede emitir a lo largo de diferentes puntos entre su rango máximo, para luego determinar por medio de un diagrama comparativo si esa cantidad de lux puede ser dañina o no para el cuerpo humano.



Evidencia

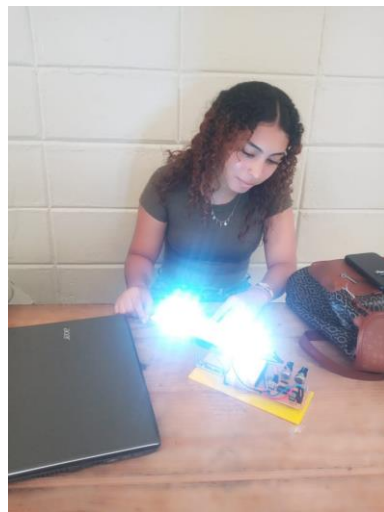
Resultados:

En su emisión mas baja el dispositivo arrojó 57.4 lux lo que representa que el dispositivo no es peligroso para el ser humano ya que en zona de clima cálidos como las de la costa la emisividad recibida en ambientes controlados por los pacientes es alrededor del 100-200 hasta 300-500 lux. De modo que se pudo comprobar que no representa un peligro para los pacientes.

2. Evaluación del proceso:

para evaluar el proceso de funcionamiento del dispositivo se tomó como población los habitantes de la ciudad de barranquilla, se tomo una muestra de 20 personas las cuales pudieron apreciar el funcionamiento del dispositivo; esta prueba constaba de 2 fase:

1. Que durante un lapso de 5 minutos estuvieran frente a la luz emitida por el dispositivo.
2. En base a las opiniones obtenidas en la primera fase, llenaran una encuesta por medio de la cual se evaluaría los posibles resultados de implementar este dispositivo en pacientes.



Evidencia

SATISFACCION FORMULARIO DE ENCUESTA

Procedimiento: Fototerapia
 Paciente (Nombre): Valeria Esther Beltrán León
 Documento de Identidad (C.C): 22581647
 Dirección (Ubicación): Carrera 21b #78b - 32
 Edad: 30
 Sexo: F

SU OPINION NOS IMPORTA

¿Cuál es su opinión sobre los siguientes aspectos?

	MALO	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
¿Cómo se encontraba su estado de ánimo antes de entrar a la sección de fototerapia?		x			
¿Cómo se sintió durante la Fototerapia?			x		
¿Cómo calificaría la sección de Fototerapia?			x		
¿Cómo se sintió luego de la sección de Fototerapia?			x		
	NO	SI			
¿Recomendaría el Prototipo?		x			
¿Tomo algún medicamento antes de la fototerapia?	x				

SATISFACCION FORMULARIO DE ENCUESTA

Procedimiento: Fototerapia
 Paciente (Nombre): Merly Esther Palacios
 Documento de Identidad (C.C): 100256487
 Dirección (Ubicación): Carrera 22a #57b - 31
 Edad: 24
 Sexo: F

SU OPINION NOS IMPORTA

¿Cuál es su opinión sobre los siguientes aspectos?

	MALO	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
¿Cómo se encontraba su estado de ánimo antes de entrar a la sección de fototerapia?	x				
¿Cómo se sintió durante la Fototerapia?			x		
¿Cómo calificaría la sección de Fototerapia?				x	
¿Cómo se sintió luego de la sección de Fototerapia?			x		
	NO	SI			
¿Recomendaría el Prototipo?		x			
¿Tomo algún medicamento antes de la fototerapia?	x				

Encuesta

FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA INVESTIGACIONES EN EL PROGRAMA DE INGENIERIA BIOMEDICA

GRUPO DE INVESTIGACIÓN [SEPTIMO SEMESTRE]
 [INGENIERIA BIOMEDICA - FACULTAD DE INGENIERIAS]
 CORPORACION UNIVERSITARIA REFORMADA

[Barranquilla], [día], [mes], [año]

Nombre de la prueba o del procedimiento: FOTOTERAPIA

Yo, [Nombre de la persona que autoriza la participación en la prueba o procedimiento]
 Con documento de identificación CC () TI () #

Actuando como (seleccionar una de las dos opciones siguientes):

() Usuario autónomo, de manera libre y voluntaria, en ejercicio pleno de mis facultades.

() Acompañante o responsable de [Nombre de la persona o menor de edad que participará en la prueba o procedimiento pero que no es autónoma para autorizar su propia participación] con documento de identificación TI () CC () # , según las facultades que me confiere la ley colombiana (Decreto 1546/98, artículo 9) o por delegación del usuario directamente.

Hago constar que

Una vez informado sobre los propósitos, objetivos, pruebas/procedimientos que se llevarán a cabo durante la investigación denominada "[DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO DE FOTOTERAPIA DE BAJO COSTO PARA PACIENTES CON TRASTORNO AFECTIVO ESTACIONAL]", y los posibles riesgos que se puedan generar de la prueba o procedimiento, autorizo mi participación o la de la persona bajo mi responsabilidad, en la misma, así como el uso de los datos obtenidos con fines estrictamente académicos e investigativos.

Declaro, adicionalmente, que se me ha informado que:

1. Mi participación en esta investigación es completamente libre y voluntaria y puedo retirarme de ella en cualquier momento.
2. No recibiré beneficio personal de ninguna clase por la participación en este proyecto/producto, ni retribución económica alguna. Sin embargo, se espera que los resultados obtenidos permitan incidir positivamente en los procesos de mejoramiento de personas con condiciones similares a las mías, o a las de la persona bajo mi responsabilidad.
3. Toda la información obtenida y los resultados de la investigación serán tratados confidencialmente; en virtud de ello, esta información será archivada en papel y/o medio electrónico, bajo la custodia del grupo de investigación [Séptimo semestre], adscrito al programa académico [Ingeniería Biomédica], perteneciente a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Corporación Universitaria Reformada y la responsabilidad de los investigadores participantes en el proyecto/producto.
4. Puesto que toda la información en este proyecto de investigación es llevada bajo condición de anonimato, los resultados personales no pueden estar disponibles para terceras personas como empleadores, organizaciones gubernamentales, compañías de seguros, medios de

FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA INVESTIGACIONES EN EL PROGRAMA DE INGENIERIA BIOMEDICA

GRUPO DE INVESTIGACIÓN [SEPTIMO SEMESTRE]
 [INGENIERIA BIOMEDICA - FACULTAD DE INGENIERIAS]
 CORPORACION UNIVERSITARIA REFORMADA

comunicación u otras instituciones educativas. Esto también aplica al cónyuge, miembros de la familia y médicos (o profesionales de salud tratantes) de los participantes.

5. En caso de requerir mis datos personales, las fotografías, los videos y otra información, resultantes de la aplicación de la prueba o procedimiento para presentación con fines estrictamente académicos o científicos en eventos tales como seminarios, congresos, cursos, simposios, revisiones de casos clínicos y publicaciones, entre otros tipos de espacios de divulgación científica, autorizo su uso, si así lo considero, a través de la firma de este documento.

Hago constar que el presente documento ha sido leído y entendido por mí en su integridad. Por lo anterior, hago constar que he sido informado a satisfacción sobre los procesos, procedimientos o pruebas que se realizarán por parte de los profesionales participantes en el proyecto como investigadores y, por tanto, doy mi consentimiento.

Firma del usuario y/o acudiente con su respectiva huella:

Firma del usuario _____ Huella índice derecho _____

Firma del acudiente _____ Huella índice derecho _____

Firma del investigador principal y/o de los coinvestigadores que tengan relación directa con la aplicación del procedimiento o prueba:

Investigador principal _____

Investigador Secundario _____

Coinvestigador 1 _____

Consentimiento informado

Resultados:

	MALO	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE	
¿Cómo se encontraba su estado de ánimo antes de entrar a la sección de fototerapia?	5	6	9	0	0	<p>¿Cómo se encontraba su estado de ánimo antes de entrar a la sección de fototerapia?</p> <p>0% 25% 45% 30%</p> <p>■ MALO ■ REGULAR ■ BUENO ■ MUY BUENO ■ EXCELENTE</p>
¿Cómo se sintió durante la Fototerapia?	1	8	10	1	0	<p>¿Cómo se sintió durante la Fototerapia?</p> <p>0% 5% 50% 40% 5%</p> <p>■ MALO ■ REGULAR ■ BUENO ■ MUY BUENO ■ EXCELENTE</p>
¿Cómo calificaría la sección de Fototerapia?	1	11	8	1	0	<p>¿Cómo calificaría la sección de Fototerapia?</p> <p>0% 5% 52% 38% 5%</p> <p>■ MALO ■ REGULAR ■ BUENO ■ MUY BUENO ■ EXCELENTE</p>

	MALO	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE	
¿Cómo se sintió luego de la sección de Fototerapia?	1	11	8		1	<p>¿Cómo se sintió luego de la sección de Fototerapia?</p> <p>REGULAR: 55% BUENO: 40% MUY BUENO: 5% EXCELENTE: 0%</p>
		SI	NO			
¿Recomendaría el Prototipo?		17	3			<p>¿Recomendaría el Prototipo?</p> <p>SI: 85% NO: 15%</p>
		SI	NO			
Tomo algún medicamento antes de la fototerapia		9	11			<p>¿Tomo algún medicamento antes de la fototerapia?</p> <p>SI: 45% NO: 55%</p>

Una vez realizadas todas las encuestas se pudo observar que el dispositivo podría tener una gran aceptación

3. Evaluación del trabajo:

Basado en los resultados obtenidos de los anteriores puntos se permite determinar que la aceptación de este dispositivo puede generar un alto impacto en la sociedad, ya que se pudo comprobar que su funcionamiento si esta acorde con los propósitos bajos los cuales fue creado.

Discusión

Uno de los objetivo de este proyecto se basa en la validar los requerimientos de diseño de un prototipo de fototerapias de bajo costo, pero para validar dichos requerimientos se hizo necesario estudiar, investigar y trabajar con proyectos similares al presente, uno de los punto mas interesantes que se pudo comparar sobre estas propuestas, tuvo que ver con el rediseñamiento de una máquina de fototerapia hospitalaria, donde se tomaron la libertad de escoger un dispositivo convencional y adaptarlo, en este estudio se pudo apreciar que las pieza implementadas en la nueva reestructuración era en su totalidad un 99% más baratas que las original , esto a su vez demuestra primero que si es posible crear un dispositivo de fototerapias de bajo costos, y segundo que se puede evaluar su funcionamiento, pues resulta que ese rediseñamiento no solo fue más económico sino que también pudo ser usado de modo que su funcionalidad y vida útil pueden ser prolongados sin suponer fallas en su funcionamiento.

Sea importante recalcar que el diseño de un dispositivo como este es no solo implica tomar estructuras de base sólida dadas por el mercado, sino que tomar lo que para el paciente sea hace cómodo y mezclarlo con lo que sea hace bueno para mejora su salud, de modo que se pueda obtener confort y seguridad.

Conclusiones y Recomendaciones

Se debe realizar más estudios sobre el trastorno afectivo estacional para llegar a un mejor conocimiento tanto de su fisiopatología como de su tratamiento y manejo. Es necesario concienciar de la existencia de los trastornos afectivos estacionales para lograr un mejor reconocimiento del trastorno entre los médicos de atención primaria, especialistas y pacientes.

Dentro del marco histórico de la evolución de TAE, se pudieron evaluar incidencias que demostraron que la exposición de una luz blanca que simule la luz del día puede ayudar a los pacientes que padecen este trastorno, ahora bien, la aplicación o implementaron de esta luz, no es algo tan sencillo como ponerse de bajo de un foco, pues se hace necesario manejar unos criterios de tiempo, ya que la exposición excesiva de esta luz puede provocar daños irreversibles en los pacientes, ¿cómo así? Primeramente, la piel está expuesta a una luz que puede producir cambios en la dermis (manchas, irritaciones e incluso cáncer) y por si fuera poco se pueden producir cambios significativos en la producción de ciertos tejidos, esto se podrá evidenciar en la caída del cabello o la falta de crecimiento de la uña.

La implementación de este tipo de terapias, por lo general es suministrada bajo parámetros médicos dependiendo la condiciones de los pacientes con rango entre los 10 y 20 minutos, esto con el fin de evitar complicaciones desifactorias como las anteriormente expuestas, cabe destacar que en anteriores investigaciones se plantea un diseño para este equipo con parámetros enfocados a la regulación de tiempo buscando que el mismo equipo controle los tiempo de funcionamiento,

de modo que pueda detectar cuanto tiempo de terapia es necesario según las necesidades de cada paciente.

Ahora otro punto a evaluar, son la frecuencia de radiación a la que estará expuesto los pacientes del TAE ya que a mayor frecuencia de emisión de la luz debería implementarse en un rango menor de tiempo en comparación de cuando la radiación es baja.

Esto permite decir que el diseño de un equipo a esta magnitud no solo permitirá mejorar la vida de las personas que padecen de este trastorno, sino que también supone un avance significativo en la forma de tratar y controlar el mismo trastorno, también representaría un gran paso para el desarrollo de próximas investigaciones relacionadas con este tema.

Referencias

- Alonso, A. (2018, 14 febrero). *Antidepresivos: definición y características*. Psyciencia. <https://www.psyciencia.com/antidepresivos-definicion-caracteristicas/>

- *Diseño de dispositivos médicos.* (2012). elHospital.
<https://www.elhospital.com/temas/Diseno-de-dispositivos-medicos+8090832?pagina=4>
- Hernandez, M. D. C. (2022, 25 enero). *¿Qué es la fototerapia y para qué sirve?* Mejor con Salud. <https://mejorconsalud.as.com/que-es-fototerapia-para-que-sirve/>
- *Trastorno afectivo estacional (para Adolescentes) - Nemours KidsHealth.* (2020). TeensHealth. <https://kidshealth.org/es/teens/sad.html>
- Gatón Moreno, M. A., González Torres, M. Á., & Gaviria, M. (2015). Trastornos afectivos estacionales, “winter blues”. *Revista de la Asociación Española de Neuropsiquiatría*, 35(126), 367–380. <https://doi.org/10.4321/s0211-57352015000200010>
- De Ciencias, D., De, B.-D., Ambientales, C., Rebeca, L., Dueñas, G., Sergio, M., Ortega, M., Díaz, E. G., Luis, F., Cerdán, S., Guadalajara, J., & Alis C O En, E. (s/f). UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS. Udg.mx:8080. Recuperado el 12 de mayo de 2022, de http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4855/Garibay_Duenas_Rebeca_Maycell.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Trastorno afectivo estacional. (2003). *Mental Health and Behavior.* <https://medlineplus.gov/spanish/seasonalaffectedisorder.html>

- Trastorno afectivo estacional. (s/f). MayoClinic.org. Recuperado el 12 de mayo de 2022, de <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/seasonal-affective-disorder/symptoms-causes/syc-20364651>
- Fresno D, Pedrejón C, Benaberre A, Valle J, Arrauxo A, Vieta E. Trastorno Afectivo Estacional. JANO. 2006; 14-20.
- Eastman CI, Young MA, Fogg LF, Liu L, Meaden PM. Bright light treatment of winter depression: a placebo-controlled trial. Arch Gen Psychiatry 1998; 55 (10): 883.
- Cuenca Vicente, A. L. (2014). *“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE LÁMPARA DE FOTOTERAPIA CON SISTEMA DE CONTROL DIGITAL PARA TRATAMIENTO DE ICTERICIA EN NEONATOS”*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6309/1/UPS-CT002883.pdf>
- CASTRO MONCADA, J. U. A. N. C. A. R. L. O. S. (2018, junio). *“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA LAMPARA DE FOTOTERAPIA LED CON CONTROL DE LUMINOSIDAD PARA TRATAMIENTO DE ICTERICIA EN NEONATOS”*.
- Cuenca Vicente, A. L. (2014). *“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE LÁMPARA DE FOTOTERAPIA CON SISTEMA DE CONTROL DIGITAL PARA TRATAMIENTO DE ICTERICIA EN NEONATOS”*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6309/1/UPS-CT002883.pdf>
- *Definición de alteración* — *Definicion.de.* (2022). Definición.de. <https://definicion.de/alteracion/>

- *Definición de potencia* — *Definicion.de.* (2022). Definición.de.
<https://definicion.de/potencia/>
- *Definición de prototipo* — *Definicion.de.* (2022). Definición.de.
<https://definicion.de/prototipo/>
- *Definición de trastorno* — *Definicion.de.* (2022). Definición.de.
<https://definicion.de/trastorno/>
- *Depresión.* (2022). MedlinePlus. <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003213.htm>
- Gatón Moreno, M. A., González Torres, M. Á., & M.G. (2014, diciembre). *Trastornos afectivos estacionales, “winter blues”.* scielo. <https://doi.org/10.4321/S0211-57352015000200010>
- *¿Qué es un MOSFET y para qué sirve? - Definición.* (2020, 1 octubre). GEEKNETIC.
<https://www.geeknetic.es/MOSFET/que-es-y-para-que-sirve>
- S. (2019a, julio 11). *Significado de Hardware.* Significados.
<https://www.significados.com/hardware/>
- S. (2019b, agosto 1). *Significado de Software.* Significados.
<https://www.significados.com/software/>
- Revista Paula. 1 jul 2015 03:10 PM Tiempo de lectura: 5 minutos. (2021, 24 septiembre). *Fototerapia para combatir la depresi³n estacional.* La Tercera.
<https://www.latercera.com/paula/fototerapia-para-combatir-la-depresion-estacional/>