

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título
de Ingeniera Electrónica*

PROYECTO TÉCNICO:
**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS DE
ESTIMULACIÓN DE SENSOPERCEPCIONES CON UNA
INTERFAZ DE CONTROL A PARTIR DE SEÑALES DE
FRECUENCIA CARDIACA Y SATURACIÓN DE OXÍGENO”**

AUTORES:

MÓNICA DANIELA ANGAMARCA CASTILLO
GABRIELA MARISOL ANGAMARCA NAULA

TUTOR:

ING. VLADIMIR ESPARTACO ROBLES BYKBAEV, Ph. D

CUENCA - ECUADOR

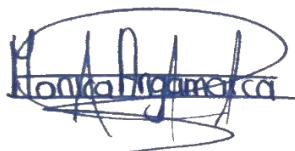
2022

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

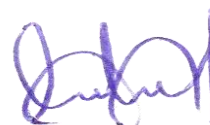
Nosotras, Mónica Daniela Angamarca Castillo con documento de identificación N° 0302249479 y Gabriela Marisol Angamarca Naula con documento de identificación N° 0302101878, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del trabajo de titulación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS DE ESTIMULACIÓN DE SENSOPERCEPCIONES CON UNA INTERFAZ DE CONTROL A PARTIR DE SEÑALES DE FRECUENCIA CARDIACA Y SATURACIÓN DE OXÍGENO”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniera Electrónica*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autoras nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero del 2022.



Mónica Daniela Angamarca Castillo
C.I. 0302249479

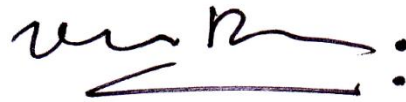


Gabriela Marisol Angamarca Naula
C.I. 0302101878

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS DE ESTIMULACIÓN DE SENSOPERCEPCIONES CON UNA INTERFAZ DE CONTROL A PARTIR DE SEÑALES DE FRECUENCIA CARDIACA Y SATURACIÓN DE OXÍGENO”**, realizado por Mónica Daniela Angamarca Castillo y Gabriela Marisol Angamarca Naula, obteniendo el *Proyecto Técnico* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero del 2022.



Ing. Vladimir Espartaco Robles Bykbaev, Ph. D

C.I. 0300991817

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

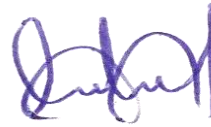
Nosotras, Mónica Daniela Angamarca Castillo con documento de identificación N° 0302249479 y Gabriela Marisol Angamarca Naula con documento de identificación N° 0302101878, autoras del trabajo de titulación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS DE ESTIMULACIÓN DE SENSOPERCEPCIONES CON UNA INTERFAZ DE CONTROL A PARTIR DE SEÑALES DE FRECUENCIA CARDIACA Y SATURACIÓN DE OXÍGENO”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría

Cuenca, febrero del 2022.



Mónica Daniela Angamarca Castillo

C.I. 0302249479



Gabriela Marisol Angamarca Naula

C.I. 0302101878

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios por guiarme y ser mi fortaleza a lo largo de mi vida, de manera especial a mis padres por su apoyo incondicional ya que gracias a ellos se me ah echo posible cumplir mis metas.

Agradezco a toda los que conforman la Catedra UNESCO Tecnologías de apoyo para la inclusión educativa, a IEEE SIGHT grupo de interés especial en tecnología humanitaria, a mis profesores de manera especial al Ing. Vladimir Robles mi tutor de tesis por su confianza y brindarme su apoyo en mi proceso investigativo, de igual manera al Ing. Efrén Lema por sus enseñanzas y compartirme sus conocimientos a lo largo del proyecto de titulación.

Mónica Daniela Angamarca Castillo

Agradezco a Dios por ser mi fortaleza y brindarme sabiduría y salud para culminar mis estudios, a mis padres, hermanos y sobrino por ser el pilar principal en todo el trayecto de mi vida universitaria y de manera muy especial a mi abuelita quien ha impuesto en mi valores éticos y morales para llegar a ser una persona responsable. También a mi tutor de tesis ing. Vladimir Robles quien ha sido una persona constante y paciente en la realización del proyecto de titulación por brindar su apoyo incondicional y al ing. Efrén Lema que me brindo sus conocimientos de manera desinteresada y en general al personal de la Catedra UNESCO por brindarme su apoyo y a todos mis amigos por apoyarme y contribuir en esta etapa de mi vida, gracias por existir.

Gabriela Marisol Angamarca Naula

DEDICATORIAS

El presente proyecto investigativo está dedicado a mis padres, José Luis y Raquel quienes son mi pilar fundamental, gracias a ellos he logrado todos mis propósitos, gracias padres por brindarme su amor, su trabajo sobre todo su sacrificio, por darme fortaleza y no dejarme vencer.

A mi esposo Javier por estar presente en mi vida y brindarme su apoyo incondicional, gracias amor por no dejarme caer y siempre sacarme una sonrisa en mis momentos de tristeza, a mi hija Mari Emilia por ser mi fortaleza, mi inspiración, tú eres la que me llena de felicidad y me das esas ganas de salir adelante y dar lo mejor de mí.

Finalmente quiero dedicar este proyecto a mis abuelos, de manera especial a mi abuelo Roberto, aunque ya no este entre nosotros, pero le doy gracias por ser más que un padre y brindarme sus consejos y valores, a mis tíos, primos y demás familiares por brindarme su apoyo cuando más lo necesitaba, gracias por aportar con un granito de arena y hacer esto posible.

Mónica Daniela Angamarca Castillo

Este proyecto va dedicado a mi abuelita Teresa Pichizaca quien ha sido una persona indispensable para mi vida gracias por todo su cariño y por sus enseñanzas, usted a pesar de sus dificultades me ha enseñado que en la vida se debe luchar por las cosas que anhelamos.

A mis padres Nicolás y Transito que me han brindado su apoyo incondicional gracias por sus consejos por ayudarme a cumplir una meta más en mi vida gracias a su esfuerzo.

A mis tíos y primos gracias por brindarme su apoyo incondicional y por formar parte de este proceso de aprendizaje.

Gabriela Marisol Angamarca Naula

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIAS.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	X
ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO.....	XII
JUSTIFICACIÓN (IMPORTANCIA Y ALCANCES).....	XV
OBJETIVOS.....	XVI
OBJETIVO GENERAL.....	XVI
OBJETIVOS ESPECÍFICO.....	XVI
1 CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA O ESTADO DEL ARTE	1
1.1 La estimulación multisensorial en niños con discapacidad.....	1
1.1.1 Discapacidad.....	1
1.1.2 Estimulación Multisensorial.....	1
1.2 Salas de estimulación de sensopercepciones para niños con discapacidad...	2
1.2.1 Tipos de salas Snoezelen y sus características.....	3
1.3 Salas de estimulación de sensopercepciones desarrolladas por la UPS	4
1.4 Cuadro comparativo y análisis	6
2 CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS PARA LA CREACIÓN DE UNA SALA DE ESTIMULACIÓN DE SENSOPERCEPCIONES PARA LA UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA “STEPHEN HAWKING”	7
2.1 Levantamiento de requerimientos	7
2.1.1 Requerimiento del módulo de vibraciones.....	7
2.1.2 Requerimiento del medidor de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno.8	
2.1.3 Requerimiento del módulo de tubo de luces	8
2.1.4 Requerimiento de cueva de luces.....	9
2.2 Determinación de funcionalidades de estimulación requeridas	9

2.3	Diseño 3D del ambiente y la estructura física de los módulos.....	10
2.3.1	Software Autocad.....	10
3	CAPÍTULO III: DISEÑO Y DESARROLLO ELECTRÓNICO	12
3.1	Cueva de Luces	12
3.1.1	Microcontrolador ESP32.....	12
3.1.2	Fibra óptica plástica	13
3.1.3	Tira de leds	13
3.1.4	Fuente conmutada 5V 10A.....	14
3.1.5	Esquemas Electrónicos.....	14
3.1.6	Diseño de la placa	15
3.2	Tubo de luces.....	15
3.2.1	Tubo de acrílico.....	16
3.2.2	Mini Bomba de aire.....	16
3.2.3	Esquemas Electrónicos.....	17
3.2.4	Diseño de la placa	17
3.3	Modulos de vibraciones.....	18
3.3.1	Manilla de vibraciones controladas de forma manual.....	18
3.3.2	Electrodos de vibracion controlada mediante la interfaz movil.....	22
3.4	Pulsioximetro.....	23
3.4.1	Pulsioximetro MAX30102.....	23
3.4.2	Esquema Electrónico.....	24
3.4.3	Diseño de la placa	24
3.5	interfaz de control de los modulos	25
3.5.1	Interaccion de la interfaz y el Tubo de Colores	27
3.5.2	Interaccion de la interfaz y la Cueva de Colores.....	28
3.5.3	Interaccion de la interfaz y el modulo de Vibracion	29
3.6	Diagrama de Flujo de interaccion	31
3.7	Codigo principal de la funcion de control	33
4	CAPÍTULO IV: VALIDACIÓN DEL PROYECTO Y RESULTADOS.....	35
	CONCLUSIONES	2
	TRABAJO A FUTURO	2
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	3
	APÉNDICES.....	9
	APÉNDICE A: ENCUESTA	9
	APÉNDICE B: FOTOGRAFÍAS DE VALIDACIÓN DE LOS PROTOTIPOS IMPLEMENTADOS.	17

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Software AutoCAD.....	10
Ilustración 2 Sala de sensopercepción.....	10
Ilustración 3 Sala de sensopercepciones	11
Ilustración 4 Micro controlador	12
Ilustración 5 Fibra óptica Plástica.....	13
Ilustración 6 Tira de Led's WS2812B	14
Ilustración 7 Fuente Conmutada 5V 10A	14
Ilustración 8 Esquema Electrónico realizado en el software fritzing.....	15
Ilustración 9 Simulación en Proteus PCB (a), diseño de la placa electrónica (b).....	15
Ilustración 10 Tubo acrílico transparente.....	16
Ilustración 11 Bomba de aire de 12V.....	16
Ilustración 12 Esquema Electrónico realizado en el software fritzing.....	17
Ilustración 13 Simulación del circuito (a), Diseño de la placa (b).....	17
Ilustración 14 Arduino mini ATTO	18
Ilustración 15 Placa MH CD42.....	19
Ilustración 16 Batería de polímero de iones de litio de 3.7V 150mA.....	19
Ilustración 17 Mini motores vibradores coin DC 3V 8mm	20
Ilustración 18 Conector jack DC.....	20
Ilustración 19 Esquema electrónico realizado en el software fritzing	21
Ilustración 20 Simulación del circuito (a), Diseño de la placa (b).....	21
Ilustración 21 Esquema electrónico realizado en el software fritzing.	22
Ilustración 22 Simulación del circuito (a), Diseño de la placa (b).....	23
Ilustración 23 Pulsioxímetro MAX30102.....	23
Ilustración 24 Esquema Electrónico realizado en el software fritzing.....	24
Ilustración 25 Simulación del circuito (a), Diseño de la placa (b).....	24
Ilustración 26 Interfaz de Control	25
Ilustración 27 Conexión de los Módulos	25
Ilustración 28 Cambio de color de los indicadores	26
Ilustración 29 Conexión del Pulsioxímetro.....	26
Ilustración 30 Visualización de los datos del paciente.....	27
Ilustración 31 Matices para el Tubo de Colores.....	27
Ilustración 32 Envío del color al Tubo de Luces	28

Ilustración 33 Variación de la intensidad luminosa	28
Ilustración 34 Matices para la Cueva de Colores.....	29
Ilustración 35 Envío de color a la Cueva de Luces	29
Ilustración 36 Variación de la intensidad vibratoria	29
Ilustración 37 Desconexión de los módulos y la Interfaz	30
Ilustración 38 Apagado de la Interfaz	30
Ilustración 39 Código de conexión en Python	34
Ilustración 40 Código de proceso de datos de la frecuencia cardíaca y Saturación de Oxígeno	34
Ilustración 41 Análisis estadístico y Diagrama de correlación entre variables.....	1

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Porcentaje de los resultados obtenidos de la encuesta	35
---	----

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un conjunto de módulos enfocados a la estimulación sensorial, medición de oxígeno y frecuencia cardíaca de los niños y adolescentes que son atendidos en la Unidad Educativa Especial “Stephen Hawking”. Los módulos diseñados se adaptan a la antropometría de los niños y adolescentes que requieran de este tipo de estimulación. Es importante señalar, que este tipo de terapia permite un mejor desarrollo sensorial, aspecto que es responsable de procesar la información vital en el área aprendizaje, resolución de problemas, razonamiento, lenguaje y creatividad. Por otra parte, ayuda al progreso en la parte motriz formada por los músculos, huesos y articulaciones, ya que son los encargados junto con el Sistema Nervioso del movimiento de nuestro cuerpo. Hay que destacar que los módulos no son invasivos y no afectan la integridad física de los pacientes.

El diseño de los prototipos cumple con guías para poder desarrollar este proceso de forma efectiva, considerando aspectos eléctricos, electrónicos y biomédicos. El bajo consumo de energía es una de las ventajas en estos dispositivos, por otro lado, los tamaños de los módulos son adaptados para ocupar un menor espacio y facilitar el uso de los mismos durante las distintas terapias que se realicen.

Los prototipos fueron implementados en una sala mediante una aplicación de control usando una tarjeta electrónica Raspberry Pi 4 que comanda los tres módulos mediante comunicación Bluetooth y permite la visualización de los datos del pulcioxímetro en línea. Estos datos se registran en una base de datos y a futuro permitirán realizar diversos análisis. Así mismo, los resultados servirán para diagnosticar el avance en la educación de los niños con discapacidad al determinar qué estímulos son activados al utilizar este tipo de espacios.

ABSTRACT

The objective, of this project is to develop a set of modules focused on sensory stimulation, oxygen measurement, and heart rate of children and adolescents who attend Unidad Educativa Especial “Stephen Hawking”. The designed modules are adapted to the anthropometry of children and adolescents that require this type of stimulation. It is important to take note that this type of therapy allows for better sensory development. A better sensory development is an aspect that is responsible for processing vital information in the areas of learning, problem solving, language, reasoning, and creativity. On the other hand, it benefits progress in the motor part formed by the muscles, bones, and joints, since they are responsible, within the Nervous System for the movement of our body. It should be noted that the modules are not invasive and do not affect the physical integrity of the patients.

The design of the prototypes complies with guidelines to be able to develop this process effectively, considering electrical, electronic, and biomedical aspects. Low energy consumption is one of the advantages of these devices. On the other hand, the sizes of the modules are adapted to occupy less space and facilitate their use during the different therapies that are carried out.

The prototypes were implemented in a room using a Raspberry Pi 4 electronic card that commands the three modules through Bluetooth communication. It also allows the visualization of the pulse oximeter data online. The data is registered in a database and will allow various analysis to be carried out in the future. The results will serve to diagnose the progress in the education of children with disabilities by determining what stimuli is activated.

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Cuenca, existen varios centros educativos que se enfocan en el tratamiento de niños con trastornos neurológicos a fin de ayudarles en el desarrollo de su desempeño ocupacional. De la misma manera estos centros ofrecen terapias especializadas a infantes con discapacidades, y de esta manera generan una mejor calidad de vida tanto en el paciente como es su familia.

La Unidad Educativa Especial Stephen Hawking, cumple con la ardua labor de brindar un servicio de trabajo para niños con parálisis cerebral. El centro educativo cuenta con una moderna estructura distribuida en áreas de terapia y aprendizaje siguiendo estándares de calidad técnica y a más de eso posee herramientas terapéuticas que posibilitan brindar un trabajo especializado. De igual forma cuenta con un equipo de profesionales capacitados para el desarrollo de sus funciones con los niños.

En la actualidad, la Unidad Educativa Especial Stephen Hawking, no posee una sala Snoezelen (sala de estimulación de sensopercepciones). Estas salas son de especial interés en el desarrollo de terapias de estimulación sensorial, ya que brinda posibilidades de estimular percepciones visuales, auditivas y táctiles.

Gracias al avance tecnológico se puede crear salas de estimulación sensorial en nuestro país, y en nuestra ciudad a un costo asequible, sin tener que importar los costosos aparatos que conforman dichas salas.

Por lo expuesto, a través del presente proyecto tiene el objetivo de implementar módulos de sensopercepciones en el instituto Stephen Hawking que se diseñaron según los requerimientos que los docentes de la institución. Por ello, se implementó un tubo de luces que genera burbujas con el fin de ayudar con la estimulación visual y auditiva, una cueva de luces donde la luz se refleja por filamentos de fibra óptica plástica, ayudando a la estimulación visual y táctil, el módulo de vibraciones que ayudará con la relajación de las zonas musculares y articulares, un pulsioxímetro que muestra los datos de frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno en línea (los mismos que serán registrados para generar una base de datos y a futuro ser procesados).

Dentro de este trabajo también se plantea un estudio teórico con el objetivo de brindar un apoyo en el aprendizaje de niños con discapacidad. El primer capítulo se trata de las estimulaciones multisensoriales en niños con discapacidad y los tipos de salas Snozelen junto con sus características. El segundo capítulo se analizan los requerimientos necesarios de una sala de estimulación de sensopercepciones. El tercer capítulo se presenta el diseño y desarrollo electrónico de los prototipos que se implementaron en el instituto. Finalmente, en el capítulo cuatro se realiza la validación preliminar del proyecto a través del análisis de percepción de los expertos en el área de trabajo de inclusión educativa.

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO

La sala de sensopercepciones conocida como Snoezelen, que es una contracción en holandés de dos palabras, “snuffelen” que significa “oler” y “doezelen” que significa “dormitar o relajar”, fue creada para brindar terapias de estimulación multisensorial con técnicas dirigidas a personas, niños y adultos para mejorar su condición de vida[1].

En la década de los 70 se implementó la primera sala Snoezelen en Holanda, al ver los resultados prometedores que proporcionan los efectos sensoriales dedicados especialmente al bienestar de las personas que tienen problemas motrices, sensoriales entre otros. Europa se unió a esta iniciativa a partir del año 2000; otros países del mundo como Estados Unidos y Canadá adoptaron la sala Snoezelen para remediar en parte los problemas que aquejan a un porcentaje de la población mundial[1].

Los módulos de sensopercepciones ayudan a mantener activos los sistemas visual, táctil y motor central de los niños y niñas que presentan discapacidades o a su vez ayudan a que estos no se atrofien. El espacio físico deberá estar equipado con dispositivos electrónicos adecuados, los mismos que permitan recaudar información valiosa para realizar un adecuado diagnóstico de terapia para las diferentes deficiencias de los niños[1].

En nuestro país las salas implementadas tienen diseños que ya existen en diferentes países del mundo. En la provincia del Azuay existen cinco salas implementadas en diferentes ciudades. En la ciudad de Cuenca existen tres salas: una de ellas se halla en el Instituto de Parálisis Cerebral del Azuay (IPCA) destinada para niños, niñas, adolescentes y jóvenes con discapacidad; la otra se encuentra en la Fundación HOPE que trata las necesidades de niños con enfermedades hemato-oncológicas malignas y benignas con criterio de calidad humana y la última sala se la localiza en la Universidad Politécnica Salesiana, la misma que está designada para el tratamiento de niños con discapacidad[2].

La mayoría de las salas tienen estimulación visual, táctil y auditiva, sin embargo, es necesario contar con estimulación a través de vibraciones, ya que un niño al poseer un cierto tipo de discapacidad y al recibir las vibraciones en su cuerpo podrá sentir relajación en sus músculos[3][4]. Los niños con parálisis cerebral tienen los

músculos tensionados y ante este problema, la Unidad Educativa Especial “Stephen Hawking” realizan tareas con estímulos de vibración de una manera manual. Para esto se usan dos balones grandes y cada fisioterapeuta golpea el balón generando la vibración que pasa a través del balón al niño. En base a esta problemática, la Unidad Educativa Especial “Stephen Hawking” solicita que se realice un prototipo para realizar el efecto de las vibraciones de manera automática y trabaje en conjunto con módulos de estimulación visual y táctil[5][6].

La parálisis cerebral infantil (PCI) es un trastorno motor que suele acompañarse de alteraciones cognitivas, sensibilidad, percepción, comunicación y conducta, así como musculoesqueléticos secundarios; se manifiesta principalmente como desórdenes en el movimiento y postura, y también afecta la deglución, habla, visión, deambulación, entre otros, alterando las actividades cotidianas de los niños, generando gran impacto biopsicosocial a nivel individual, familiar y comunitario[7].

El tratamiento de pacientes con esta patología se centra en los trastornos motores, sin olvidar que los problemas asociados requieren un manejo específico. Durante este proceso hay que considerar que el paciente con parálisis cerebral no es un paralizado cerebral, sino una persona con múltiples necesidades y potencialidades que requiere una atención integral multidisciplinaria[8].

Estos tipos de pacientes son tratados por un equipo multidisciplinario, el cual se encuentra integrado por un médico, un traumatólogo, un cirujano y un fisioterapeuta. Cada especialista puede realizar el tratamiento pertinente que el paciente requiera, pudiendo ser quirúrgico, ortopédico, toxina botulínica, educación, etc[8].

Desde la perspectiva del tratamiento fisioterapéutico la PCI se puede abordar con diferentes métodos, como: Vojta, Peto, Bobath, Rood, entre otros.

Método Vojta: El pilar básico es la valoración de las reacciones posturales, los reflejos primitivos, y la ontogénesis del paciente. Este método usa la locomoción refleja desde la posición de decúbito y en 3 posiciones básicas, así logra la activación de Sistema Nervioso Central (SNC) y estimulación Sistema Nervioso Autónomo (SNA), mejorando así la tensión arterial, sistema respiratorio, circulación periférica, relajación, estabilidad, función motora gruesa, función motora fina y marcha[9].

Método Bobath: Se puede modular patrones de movimiento anormales, facilitando el movimiento normal y estimulando en caso de hipotonía o inactividad muscular.

Este método presenta distintas características en la globalidad, en el tratamiento activo, modifica el tono muscular, el modular, ayuda a organizar en la línea media, da posibilidad de experiencia sensorio-motora, repetición de los patrones normales, modula los patrones patológicos de lo proximal a lo distal, trabaja la simetría del cuerpo, estimula la sensibilidad superficial y profunda[10].

JUSTIFICACIÓN (IMPORTANCIA Y ALCANCES)

Según datos proporcionados por el Consejo Nacional para la igualdad de Discapacidad en el Ecuador existe un 22,34 % y Cuenca con 19,22 % de discapacidad Intelectual, afectando a familias de diferentes estratos sociales y económicos, por lo que el gobierno debe invertir en instituciones que sean capaces de atender a este sector prioritario y brindar un servicio de calidad[11].

La implementación de la sala de sensopercepciones ayuda a que los niños tengan una rehabilitación adecuada, puesto que cada uno de los módulos refuerzan al desarrollo de las terapias de estimulación sensoriales suaves. El objetivo de esta sala es ayudar al paciente a limitar el estrés, otros beneficios es el descanso muscular global, la estimulación sensoria, la visual, la concentración y la motivación[12]. La sesión se realiza en la sala con pequeños grupos para facilitar a los docentes encargados ver comportamiento de cada uno de los niños y observar las sensaciones.

La Unidad Educativa Especial “Stephen Hawking” es una institución fiscal especial de parálisis cerebral y/o disfunción motora con una cobertura amplia, tendientes a la excelencia en la educación integral a la par con los últimos avances científicos y tecnológicos. La unidad educativa ha solicitado el diseño e implementación de una sala de sensopercepciones para niños y niñas entre 3 a 16 años que servirá como herramienta de apoyo para realizar las terapias incorporando un nuevo módulo de estimulación por vibración.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y construir una sala de estimulación de sensopercepciones con una interfaz de control a partir de señales de frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno para brindar soporte en la terapia de niños con parálisis cerebral.

OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Estudiar y conocer las salas Snoezelen existentes en Cuenca y las técnicas de estimulación y rehabilitación para niños con discapacidad en el contexto ecuatoriano.
- Desarrollar e implementar tres módulos para estimulación y rehabilitación en la sala de sensopercepciones: tubo de luces, cueva de fibra óptica y módulo para brindar estímulos vibratorios.
- Diseñar y desarrollar una Interfaz para el control del tubo de luces y el estímulo vibratorio en módulo de vibración.
- Desarrollar e implementar un sistema para la obtención de datos de frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno para los pacientes durante el uso de la sala.
- Diseñar y ejecutar un plan de experimentación para evaluar los módulos de la sala de sensopercepciones.

1 CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA O ESTADO DEL ARTE

1.1 LA ESTIMULACIÓN MULTISENSORIAL EN NIÑOS CON DISCAPACIDAD

EL análisis del desempeño ocupacional de los niños con trastornos neurológicos requiere el conocimiento de la función del sistema nervioso central (SNC), el procesamiento sensorial y la adaptación, el desarrollo del control motor y una apreciación de la complejidad del desarrollo neurológico en los niños[13].

Por esta razón la creación de la sala snoezelen deberá estar basada en conocimientos neurológicos y el escudriñar de manera adecuada el tipo de discapacidad de los usuarios para poder brindar un servicio de calidad y que pueda beneficiar de manera positiva a los niños de la Unidad Educativa Especial “Stephen Hawking.

1.1.1 DISCAPACIDAD

La discapacidad intelectual es el funcionamiento intelectual degradado con respecto al promedio general esta se manifiesta en el trascurso del desarrollo del niño y se asocia con variaciones de la conducta adaptativa trastornos de aprendizaje y con frecuencia presenta dificultades en el comportamiento[14].

Las personas con discapacidad incluyen a aquellas que tienen deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales a largo plazo que pueden impedir su participación plena y efectiva en la sociedad en igualdad de condiciones con los demás[15].

1.1.2 ESTIMULACIÓN MULTISENSORIAL

La inducción multisensorial es útil para estimular la conciencia del niño de la presencia de sensaciones y de este modo recopilando información a través de las partes del cuerpo. Un objeto cobrara sentido para el infante con discapacidad cuando pueda

reconocer o sentir a este en cualquier situación a través de cualquier modalidad sensorial que disponga[16].

La finalidad de la estimulación multisensorial es facilitar en las personas con discapacidad la adquisición de conceptos y experiencias con bases específicas para mitigar en la medida de lo posible el deterioro de las funciones afectadas de los niños que sufren de discapacidad esto siempre necesitaran materiales didácticos adecuados a sus características[16].

Por otra parte, la estimulación multisensorial en niños discapacitados, participantes de la Unidad Educativa Especial “Stephen Hawking, significara un aporte positivo para mejor su condición física y mental, lo que beneficia de manera directa a sus familias y semejantes, promoviendo un estilo de vida digno y en armonía con la sociedad.

1.2 SALAS DE ESTIMULACIÓN DE SENSO PERCEPCIONES PARA NIÑOS CON DISCAPACIDAD

Las salas snoezelen han causado gran impacto positivo en la sociedad brindando beneficios terapéuticos para las personas que sufren de discapacidades, estas facilitan la estimulación a estas personas de las mismas por medio de estas salas se proporcionado una forma de terapia estimulativa controlada[17].

Una sala snoezelen son espacios creados para brindar apoyo terapéutico positivo a las personas con discapacidad beneficiando a la integridad de los sentidos que por consiguiente mejoran la calidad de vida, educar, relajar o calmar brindando una experiencia multisensorial en cada sesión. Estos espacios tienen amplia aplicación, que activa los estímulos sensoriales[18].

Las aulas snoezelen contienen múltiples espacios como visuales, olfativos, comunicativos e interactivos el fin de la creación e implementación de esta sala es trabajar con alumnos y personas, estimulando de distinta forma a cada uno de ellos según sus características específicas[18].

En este contexto los espacios multisensoriales se han empleado para tratar un sin número de discapacidades utilizando la relajación estimulación, configurada por zonas o espacios en los que se amplían diferentes estímulos, a través de esto se potencia

las capacidades y permiten que el sujeto se abra al mundo de las emociones y sensaciones.

1.2.1 TIPOS DE SALAS SNOEZELEN Y SUS CARACTERISTICAS

1.2.1.1 TIPOS

Sala blanca

Se busca tener un ambiente relajante para que el usuario pueda tener seguridad, relajación y estimular los sentidos al momento de utilizar la misma propiciando el descubrimiento y la espontaneidad[19].

Sala negra

La utilización de la fluorescente es importante en este espacio ya que permite que determinados colores resplandezcan ayuda al aprendizaje, movimiento y búsqueda; es una potente actividad estimuladora[19].

Sala de aventura

Esta aula ayuda a estimula al niño en la parte perceptivomotora mediante el uso de actividades lúdicas en las que tienen que intervenir el movimiento y el ruido[19].

1.2.1.2 CARACTERÍSTICAS

La administración correcta del espacio de una sala snoezelen es crucial para su correcto funcionamiento de esto dependerá la eficacia del tratamiento a los niños con discapacidad, a continuación, se describe las características principales que se deben tener en cuenta dentro de una sala multisensorial:

Iluminación

Es uno de los puntos más importantes dentro de una sala multisensorial debido a que intervine directamente ante el individuo mientras más iluminada sea captará la atención de los niños deficiencias visuales, se tendrá que evitar se tendrá que evitar la falta de luz y los puntos oscuros dentro de la sala[20].

Resonancia y reverberación

Se tomará en cuenta la acústica de la sala teniendo como premisa que esta no debe ser totalmente insonora deberá facilitar momentos de silencio en los cuales no exista distractores auditivos[20].

Color

La estética del espacio visual de la sala se adecuará a las necesidades de los usuarios procurando la utilización de colores con contraste que facilitan la diferenciación de objetos y espacios en los niños con discapacidad visual[20].

Mobiliario

La accesibilidad de los mismos deberá ser una de las prioridades, se deberán adecuar ciertos elementos para que puedan ser utilizadas por personas con discapacidad motora visual o cualquier otra[19].

1.3 SALAS DE ESTIMULACIÓN DE SENSOPERCEPCIONES DESARROLLADAS POR LA UPS

Las salas implementadas por la Universidad Politécnica Salesiana son las siguientes:

“Parálisis Cerebral del Azuay (IPCA), destinada atención diurna en rehabilitación medico terapéutica y educación especial para niños y jóvenes con Parálisis Cerebral y Pluridiscapacidad”[21].

Misión

“El IPCA es un centro de atención multisectorial e integral de carácter fisco misional que cuenta con un equipo interdisciplinario en habilitación y rehabilitación medico terapéutico y educación especializada y ofrece programas de gestión acorde a las reales necesidades de los niños, niñas, adolescentes y jóvenes con discapacidad que requieren de nuestros servicios”[21].

Visión

“Ser un instituto pionero que permita la superación de niños, niñas, adolescentes y jóvenes con Parálisis Cerebral Infantil y otras discapacidades para alcanzar la inclusión social”[21].

“La Universidad del Adulto Mayor (UAM), está constituida por el personal docente, estudiantes y personal de apoyo. De esta manera se reconocen tres estamentos que participan del quehacer universitario, con funciones y responsabilidades definidas y claramente acotadas”[22].

Misión

“Fomentar e incrementar el nivel académico, científico-técnico de los estudiantes con conocimientos actualizados impartidos por profesionales docentes expertos en las materias que se imparten y con una direccionalidad acorde a los principios establecidos en la Constitución y en los programas internacionales dirigidos a los adultos mayores”[22].

Visión

“El Programa Académico de la Universidad del Adulto Mayor, será un referente nacional e internacional, por su calidad académica, su creatividad e innovación y sobre todo será el impulsor para que los adultos mayores, como un grupo de atención prioritaria, aporten a su colectivo, y al desarrollo local, regional y nacional”[22].

1.4 CUADRO COMPARATIVO Y ANÁLISIS

INSTITUCIÓN	ENFOQUE	EVALUACION	ANALISIS
Parálisis Cerebral del Azuay (IPCA)	Destinada para niños, niñas, adolescentes y jóvenes con discapacidad.	Ayudar a mejorar el desarrollo sicomotor en niños con parálisis cerebral.	La tecnología utilizada en la Institución es en base a la sala implementada en la Fundación CIMA que sirvió como una pauta para ajustar al sistema de las diferentes necesidades IPCA.
La Universidad del Adulto Mayor (UAM)	Capacitan a los adultos mayores en el campo de la Gerontología, Buen Vivir, Comunicación Electrónica y Microemprendimiento que permita un envejecimiento exitoso.	La sala está diseñada para brindar un ambiente relajante y confortable tanto para el paciente como para el personal que realiza la terapia.	Uno de los módulos implementados en la UAM es la ducha de fibra óptica donde el diseño físico es reducido, nuestra propuesta planteada en base a la sala de la Universidad Politécnica Salesiana es construir una cueva de fibra óptica más amplia con el fin de que el paciente tenga una mayor estimulación visual, táctil y sea confortable.
La Universidad Politécnica Salesiana	Laboratorios de las carreras de Educación Inicial y Básica.	La sala fue implementada para el uso de niños con o sin discapacidad ayudando a desarrollar múltiples sentidos.	La comunicación utilizada en la sala de la Universidad Politécnica Salesiana plantea una conexión Wifi con un mayor alcance y alto consumo energético, nuestra propuesta se basa en usar la conexión Bluetooth el cual posee un menor consumo energético y el alcance es óptimo para la sala a implementar.
Fundación HOPE	Ofrecen atención a niños, jóvenes y adultos con pluridiscapacidades mejorando sus destrezas y la calidad de vida con el fin de que aquellas personas se desarrollen en el ámbito social.	El espacio multisensorial en la fundación HoPe ayuda a estimular los distintos sentidos dependiendo de las distintas patologías que tienen los niños.	En la visita se pudo constatar que las características de la sala en tamaño son reducidas por lo que necesita trabajar con aire acondicionado, con respecto a los módulos el acabado es menos profesional.
Fundación CIMA ciudad de Cuenca	Destinada hacia niños con autismo ayudando a estimular los sentidos mediante terapias de lenguaje, psicología y terapias de estimulación temprana.	La implementación de la sala en la institución cumple con el propósito de ayudar a los niños que tienen dificultad de comunicarse con las demás personas.	La sala desarrollada en la Fundación CIMA plantea trabajar con módulos XBee S2, nosotros sugerimos no usar estos módulos porque es una tecnología que se está subutilizando por lo que estos módulos abarcan más distancia y el espacio para implementar la sala son reducidos.

2 CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS PARA LA CREACIÓN DE UNA SALA DE ESTIMULACIÓN DE SENSOPERCEPCIONES PARA LA UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA “STEPHEN HAWKING”

2.1 LEVANTAMIENTO DE REQUERIMIENTOS

2.1.1 REQUERIMIENTO DEL MÓDULO DE VIBRACIONES

El sistema de vibraciones dentro de la medicina actual ha generado grandes avances y más aún en la rama de la terapia ocupacional; puesto que ayuda a personas con problemas de parálisis parcial o completo aumentando la fuerza muscular, la función neuromuscular entre otros. La terapia pretende generar en el paciente un control de sus áreas afectadas para que pueda participar de sus actividades diarias[23].

El problema nace de distintas formas, puesto que, al no tener un funcionamiento o control normal, se dan problemas de motricidad o en el peor de los casos se pueden dar parálisis [4]. La manilla de vibraciones podrá generar en el paciente un estado de confort y control a dichas áreas; el objetivo de la manilla es apoyar a dichos músculos del cuerpo que no están en movimiento constante[24].

La vibración aplicada a ciertas partes musculares del cuerpo humano, está conformado por un sistema electrónico móvil, un emisor de ondas sinusoidales, el

mismo que permitirá al especialista realizar una intervención terapéutica en el paciente que posee algún tipo de atrofia muscular[6].

Existen diversos datos del uso de módulos de vibración en medicina, los mismos que son favorables para el paciente tratante. También existen contravenciones del mismo, puesto que, al estar expuesto a frecuentes amplitudes elevadas, esta genera en el paciente afecciones graves en el cuerpo. Estos parámetros están limitados en el módulo con un máximo de 40Hz y un mínimo de 0Hz de frecuencia el cual el niño puede estar sometido con el fin de no causarle ningún daño[23].

2.1.2 REQUERIMIENTO DEL MEDIDOR DE FRECUENCIA CARDIACA Y SATURACIÓN DE OXÍGENO.

El dispositivo de medidor de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno, es un pequeño dispositivo que sirve para medir la concentración de oxígeno en la sangre, el cual permitirá observar en tiempo real el estado de salud del paciente al momento de usar la sala[25][26]. El módulo permitirá recolectar datos del paciente que lo use y almacenarlo en un ordenador (Raspberry pi) generando una base que en trabajos futuros se podría analizar cuan eficiente resultó la sala[27][28].

+

2.1.3 REQUERIMIENTO DEL MÓDULO DE TUBO DE LUCES

El módulo de tubo de luces dentro de la terapia ocupacional, está enfocado hacia la estimulación visual. Ayudando a los pacientes a la relajación de los músculos de los ojos y por ende mental, generando un estado de tranquilidad[29].

El módulo consta de un sistema de luces que cambian de color a través de una interfaz móvil que consta de 16 colores diferentes disponibles según sea el requerimiento del terapeuta y una interfaz de control que permitirá cambiar la intensidad de las luces, apropiado para los niños con deficiencia visual. Todo esto junto se hallan dentro del cilindro transparente que está lleno de agua y en su base se encuentra un motor que genera burbujas de aire procurando un ambiente de relajación, llamativo y terapéutico[12][17].

2.1.4 REQUERIMIENTO DE CUEVA DE LUCES

La cueva de luces está conformada por filamentos de fibra óptica, y en su base u origen se halla un juego de luces el mismo que será controlado por el especialista de acorde a la terapia y a la necesidad del paciente.

El objetivo principal de la cueva de luces es generar en el paciente una sensación de relajamiento, tanto en lo visual como en lo táctil.

La cueva permitirá al paciente mirar el entorno de luces que se genera a través de la fibra óptica y a la vez podrá manipular los filamentos para una mayor diversión.

2.2 DETERMINACIÓN DE FUNCIONALIDADES DE ESTIMULACIÓN REQUERIDAS

La Unidad Educativa Especial "Stephen Hawking" brinda atención a niños con parálisis cerebral, uno de los propósitos del instituto es brindar un tratamiento terapéutico que ayuda a mejorar su condición de vida mediante estímulos, al ser niños con multidiscapacidades sus sentidos se ven afectados como: táctiles, auditivos, visuales, motores, etc[30].

Al palpar sus necesidades se va implementar módulos de sensopercepciones que ayuden a mejorar su estilo de vida.

Una de las propuestas por parte de los terapeutas fue un módulo que permita brindar estimulaciones visuales y auditivas, el cual proponemos un tubo de luces y así cumplimos con las necesidades de los pacientes.

La segunda propuesta es cumplir con estimulación visual y táctil en este caso es una cueva de luces cumpliendo así con las estimulaciones a petición[31].

La tercera propuesta es una estimulación vibratoria por lo que dimos a conocer al módulo de vibraciones para brindar relajamiento de las extremidades inferiores y extremidades superiores cumpliendo así las necesidades.

El ultimo modulo fue una propuesta innovadora por parte de nuestro tutor y es un módulo que permita tomar datos de pulso cardiaco, saturación de oxígeno y registrar los datos en una raspberry pi4, esto mientras el paciente utilice el módulo de vibraciones.

2.3 DISEÑO 3D DEL AMBIENTE Y LA ESTRUCTURA FÍSICA DE LOS MÓDULOS

El diseño de los prototipos de estimulación de censo percepción está dado por el software AUTOCAD MECANICO, el mismo que nos permite tener una visualización con un avance elevado de realidad 3D[32].

2.3.1 SOFTWARE AUTOCAD

El software AutoCAD, es un programa de diseño de CAD, computer asistencia dicen, diseño asistido por computadora, el cual, en base a su sistema de control, permite al operador diseñar en diversos planos.

En cada capítulo el contenido se planifica con el docente tutor. Deberá indicar cuál fue la metodología y como llego a desarrollar los objetivos planteados en el proyecto[32].



Ilustración 1 Software AutoCAD

Fuente: [33]

A continuación, se observa el aula de la Unidad Educativa Especial “Stephen Hawking” donde se va implantar los módulos desarrollados, el ambiente tiene una dimensión de 11.50 m de largo y 4.60 m de ancho, se puede observar que es un lugar amplio y cómodo para los niños.

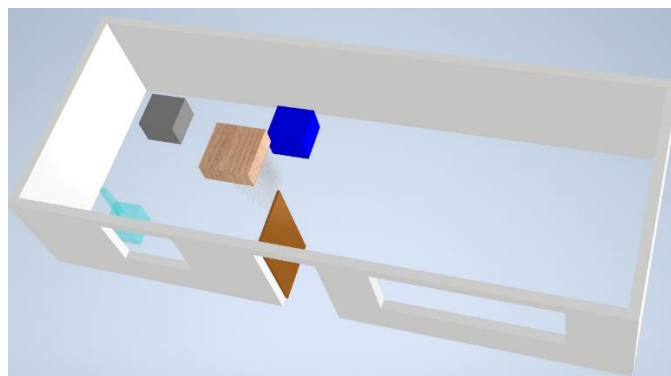


Ilustración 2 Sala de sensopercepción

Fuente: [Autor]

La asignación de los módulos se realizó junto con los especialistas y docentes de la Unidad educativa, los módulos se encontrarán en la parte izquierda del aula y la parte derecha servirá de recepción para los niños ya que el ingreso será con su respectiva silla de ruedas.

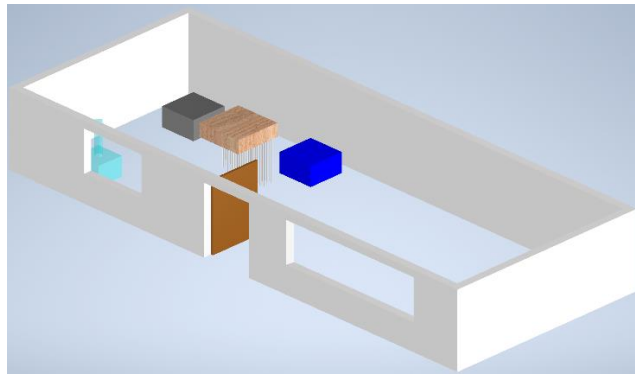


Ilustración 3 Sala de sensopercepciones
Fuente: [Autor]

3 CAPÍTULO III: DISEÑO Y DESARROLLO ELECTRÓNICO

Para este proyecto se ha desarrollado una estructura servidor-cliente, mediante una Raspberry Pi 4, que comanda los módulos Bluetooth de la sala de estimulación de sensopercepciones.

La Raspberry Pi 4 cumple las siguientes funciones:

- Control de comunicación de los módulos Bluetooth en línea.
- Almacena datos de saturación de oxígeno en la sangre y la frecuencia cardiaca, obtenidos a través del módulo Max30102 con comunicación I2C.

3.1 CUEVA DE LUCES

Este módulo tiene un dispositivo ESP32, luces "LED de control inteligente fuente de luz integrada (WS2812B)" y fibra óptica plástica.

3.1.1 MICROCONTROLADOR ESP32

Permite la conectividad dual Wifi/ Bluetooth, consume poca energía, tiene un alto nivel de integración y un bajo costo. Normalmente es utilizado en las industrias, telefonía móvil e internet de las cosas[34].

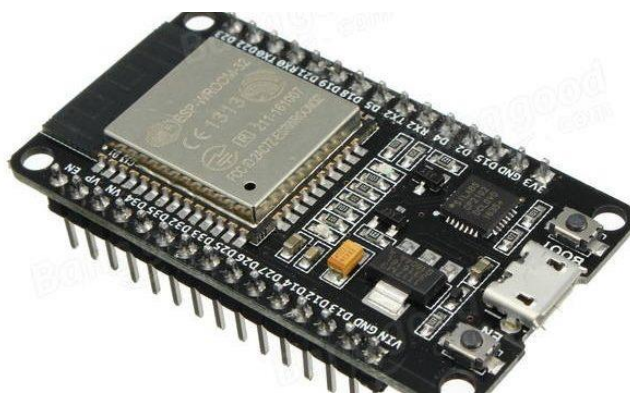


Ilustración 4 Micro controlador
Fuente: [34]

3.1.2 FIBRA ÓPTICA PLÁSTICA

La fibra óptica plástica es un polímero para transmitir luz y color. Se utiliza en salas multisensorial para estimular los sentidos de visión y tacto. Se crean diferentes formas de prototipos como arañas, cortinas, alfombras, duchas de fibra óptica plástica, etc.

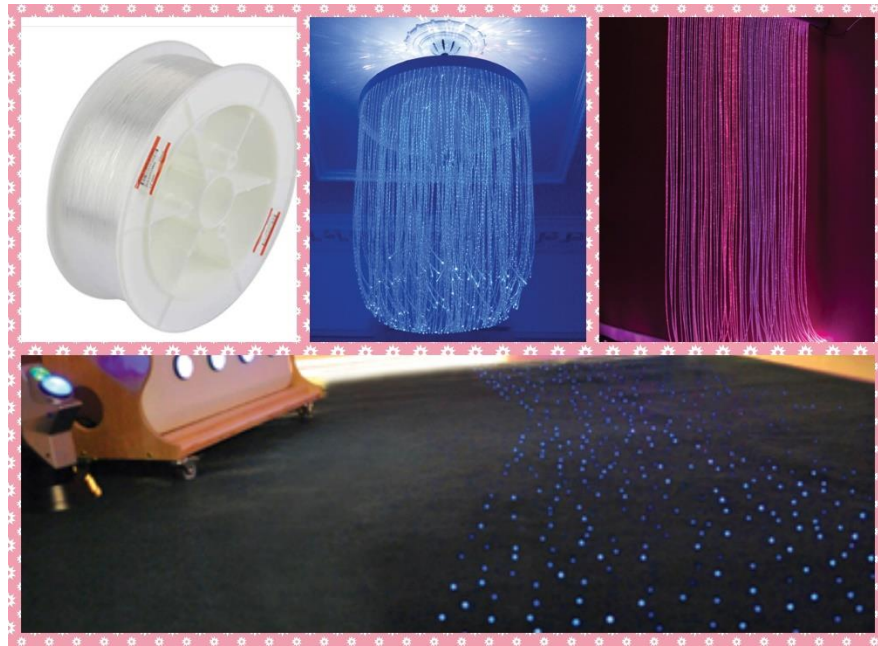


Ilustración 5 Fibra óptica Plástica

Fuente: [Autor]

3.1.3 TIRA DE LEDS

La tira de leds posee un chip SMD (WS2812B) direccionable con protocolo de comunicación DMX, para el control inteligente de los colores RGB. Estos integrados tienen un encapsulado 5050. La tira de leds tiene un pin de alimentación (VCC), un pin de tierra (GND) y un pin de datos (DIN)[35].



Ilustración 6 Tira de Led's WS2812B
Fuente: [35]

3.1.4 FUENTE CONMUTADA 5V 10A

Dispositivo electrónico que tiene como finalidad transformar la corriente alterna (AC) en corriente continua (DC)[36].



Ilustración 7 Fuente Conmutada 5V 10A
Fuente: [36]

3.1.5 ESQUEMAS ELECTRÓNICOS

El diagrama electrónico del prototipo; tiene un microcontrolador ESP32 de 38 pines, luces LED direccionable con chip (WS2812B). La fuente de alimentación de 5V a 10A alimentan las luces leds y un cable micro USB al microcontrolador. En la ilustración 8 se observa las conexiones de los pines 15, 4 y 14 del microcontrolador para el control de las luces LED.

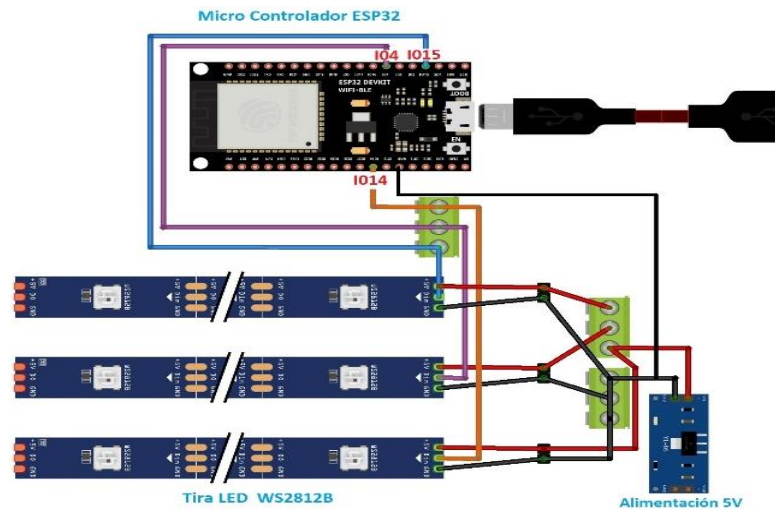


Ilustración 8 Esquema Electrónico realizado en el software fritzing
Fuente: [Autor]

3.1.6 DISEÑO DE LA PLACA

La simulación del circuito se realizó en el software Proteus PCB v 8.0 se visualiza en el literal (a) y la placa fue diseñada en el software Autodesk EAGLE v 9.6.2 literal (b) sus dimensiones son: 6x4.5 cm ver ilustración 9.

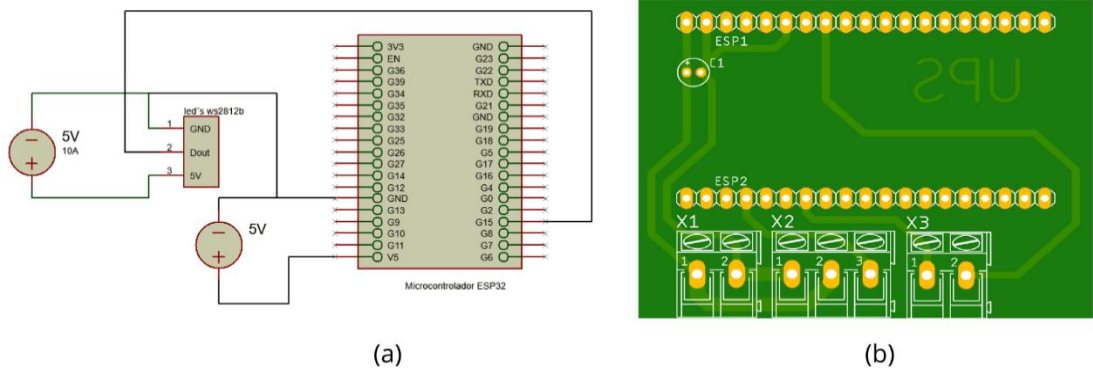


Ilustración 9 Simulación en Proteus PCB (a), diseño de la placa electrónica (b).
Fuente: [Autor]

3.2 TUBO DE LUCES

Este módulo está compuesto por un dispositivo ESP32, luces “LED de control inteligente, un tubo acrílico transparente y una mini bomba para generar burbujas mediante aire frío.

3.2.1 TUBO DE ACRÍLICO

El acrílico es un polímero fabricado en diferentes colores. Usualmente son utilizados para aplicaciones de arquitectura e ingeniería.



Ilustración 10 Tubo acrílico transparente
Fuente: [Autor]

3.2.2 MINI BOMBA DE AIRE

Es un dispositivo denominado bomba de vacío que opera 3 a 12 VDC y una corriente de trabajo de 450 mA. Trabaja con un nivel de ruido bajo y a una temperatura de 0-50C°[37].



Ilustración 11 Bomba de aire de 12V
Fuente:[37]

3.2.3 ESQUEMAS ELECTRÓNICOS

El diagrama electrónico del prototipo; tiene una alimentación de 5V a 10A , para la alimentación de las luces led con chip (WS2812B) y una fuente de 5V para alimentar al chip ESP32 el mismo que envía los datos por el Pin 15 a las luces y una alimentación de 12VDC para el funcionamiento de la bomba de aire.

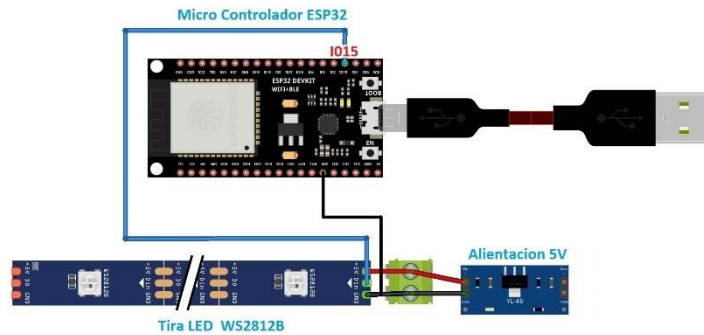


Ilustración 12 Esquema Electrónico realizado en el software fritzing
Fuente: [Autor]

3.2.4 DISEÑO DE LA PLACA

La simulación del circuito se realizó en el software Proteus PCB v 8.0 obsérvese en el literal (a) y el diseño de la placa se realizó en el software Eagle v 9.6.2 véase en el literal (b).

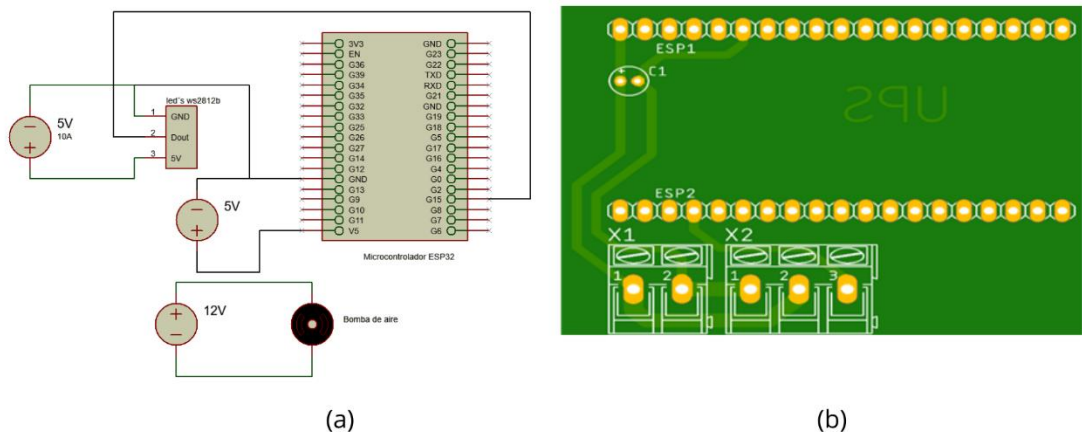


Ilustración 13 Simulación del circuito (a), Diseño de la placa (b)
Fuente: [Autor]

3.3 MODULOS DE VIBRACIONES

Se realizó dos prototipos de vibración:

- Manilla de Vibraciones controladas de forma manual.
- Electrodo de vibración controlada mediante una aplicación de escritorio.

A continuación, se redacta una breve descripción de cada dispositivo:

3.3.1 MANILLA DE VIBRACIONES CONTROLADAS DE FORMA MANUAL.

Este módulo está compuesto por un microcontrolador Arduino mini (ATTO), una placa de alimentación móvil MH CD42, una batería de polímero de Iones de litio de 3.7V 150mA, dos mini motores vibradores coin Dc 3v y un conector Jack de alimentación Dc de 4 pines.

3.3.1.1 MICROCONTROLADOR ARDUINO MINI ATTO

Es un dispositivo electrónico pequeño, que tiene integrado un chip ATmega32U4, fácil de programar y compatible con Arduino[38].

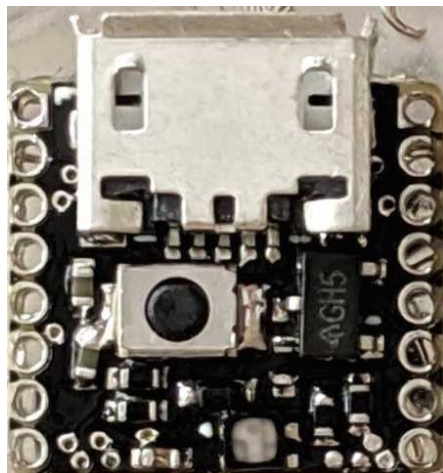


Ilustración 14 Arduino mini ATTO
Fuente: [39]

3.3.1.2 PLACA DE ALIMENTACION MOVIL MH CD42

Es gestor de carga para la batería y actúa como fuente de alimentación elevando el voltaje de 3.7V a 5V además cuenta con 4 diodos leds luz para mostrar los niveles de energía[40].



Ilustración 15 Placa MH CD42
Fuente: [41]

3.3.1.3 BATERIA DE POLÍMERO DE IONES DE LITIO DE 3.7V 150MA

Las baterías de polímero de Iones de litio son óptimas para realizar pequeños proyectos, el voltaje a la salida oscila entre los 4.2V. Además cuenta con un circuito de protección para evitar sobrecargas[42].



Ilustración 16 Batería de polímero de iones de litio de 3.7V 150mA
Fuente:[43]

3.3.1.4 MINI MOTORES VIBRADORES COIN DC 3V 8MM

Es un dispositivo electrónico que genera vibraciones, usualmente es usado en los teléfonos celulares [44].



Ilustración 17 Mini motores vibradores coin DC 3V 8mm
Fuente: [45]

3.3.1.5 CONECTOR JACK DE ALIMENTACION DC DE 4 PINES.

El conector jack Dc alimenta al módulo con 5 VDC, este dispositivo tiene diferentes aplicaciones en telefonía móvil, reproductores de CD, etc [46].

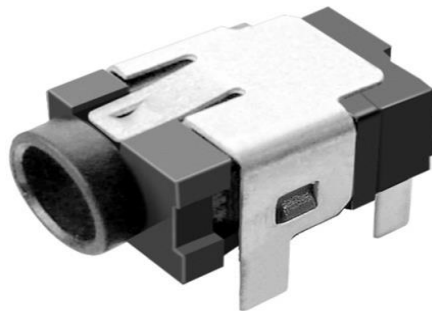


Ilustración 18 Conector jack DC
Fuente: [47]

3.3.1.6 ESQUEMAS ELECTRÓNICOS

El diagrama electrónico del prototipo; tiene una batería de 5V que alimenta al microcontrolador Atto, al Cargador de batería de Litio MH-CD42, a dos motores de vibración y dos pulsantes para su control de nivel de vibraciones, este módulo es especialmente para estimular las articulaciones del paciente.

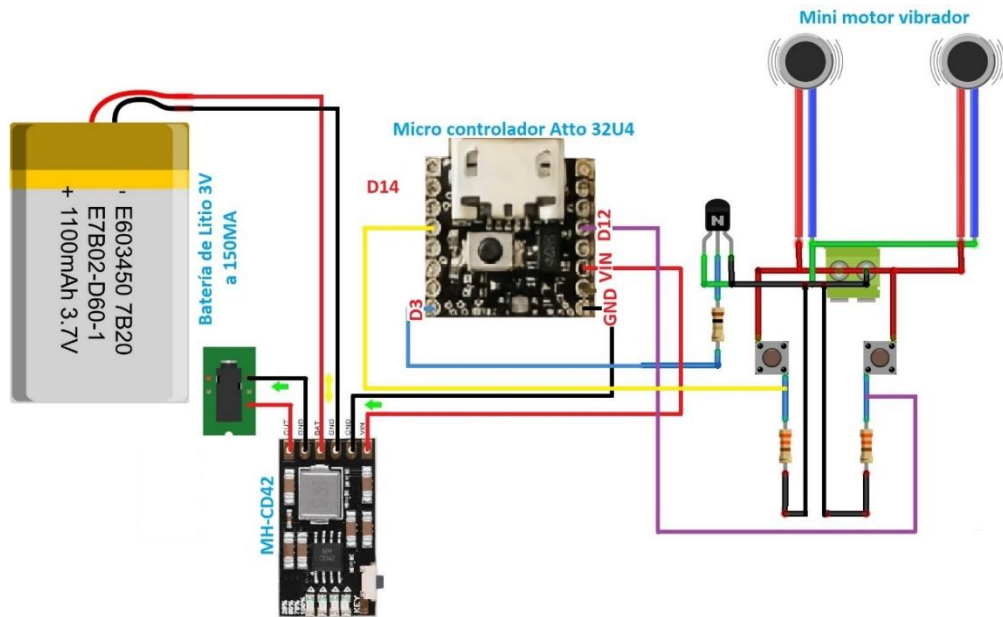


Ilustración 19 Esquema electrónico realizado en el software fritzing
Fuente: [Autor]

3.3.1.7 DISEÑO DE LA PLACA

La simulación del circuito se realizó en el software Proteus PCB v 8.0 obsérvese en el literal (a) y el diseño de la placa se realizó en el software Eagle v 9.6.2 véase en el literal (b).

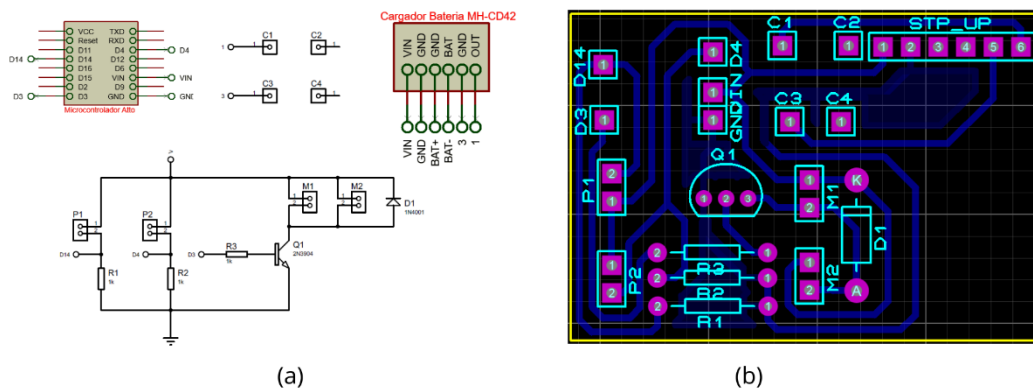


Ilustración 20 Simulación del circuito (a), Diseño de la placa (b)
Fuente: [Autor]

El diseño 3D de la manilla se la realizo en el software Inventor 2021, las medidas utilizadas siguen las normas antropométricas.

3.3.2 ELECTRODOS DE VIBRACION CONTROLADA MEDIANTE LA INTERFAZ MOVIL.

El módulo consta de un Microcontrolador ESP32, un jack de alimentación DC de 4 pines, resistencia 1Kohm y un transistor NPN 3904.

3.3.2.1 ESQUEMAS ELECTRÓNICOS

El diagrama electrónico del prototipo; tiene un jack de audio para la alimentación, un microcontrolador ESP32 para el control y los mini motores generan las vibraciones, a las partes musculares del paciente.

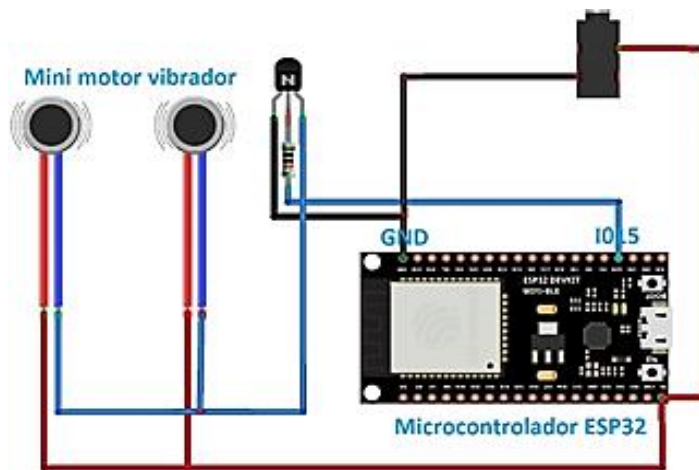


Ilustración 21 Esquema electrónico realizado en el software fritzing.
Fuente: [Autor]

3.3.2.2 DISEÑO DE LA PLACA

La simulación del circuito se realizó en el software Proteus PCB v 8.0 obsérvese en el literal (a) y el diseño de la placa se realizó en el software Eagle v 9.6.2 véase en el literal (b).

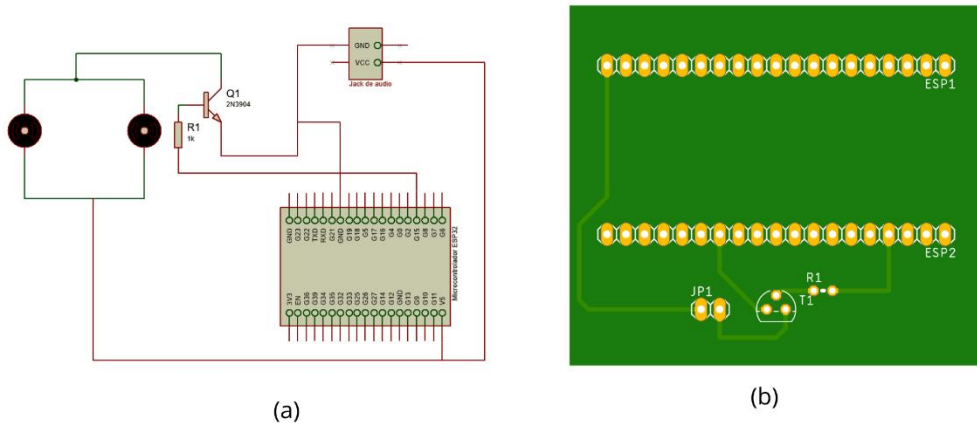


Ilustración 22 Simulación del circuito (a), Diseño de la placa (b)
Fuente: [Autor]

3.4 PULSIOXIMETRO

Está compuesto por un microcontrolador ESP32, dos integrados MAX30102 y una batería modelo Mini White con capacidad 2600mAh a 5 V.

3.4.1 PULSIOXIMETRO MAX30102.

En un dispositivo que permite medir el nivel de saturación de oxígeno en la sangre y la frecuencia cardiaca. El chip emplea un emisor de luz infrarroja y un sensor receptor que mide la cantidad de luz reflejada en la piel del paciente. [48].

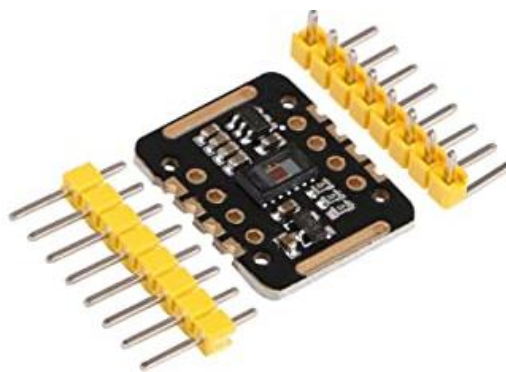


Ilustración 23 Pulsioxímetro MAX30102
Fuente:[49]

3.4.2 ESQUEMA ELECTRÓNICO

El diagrama electrónico del prototipo; tiene dos integrados MAX30102 color azul, dos microcontroladores ESP32, alimentados con 5VDC.

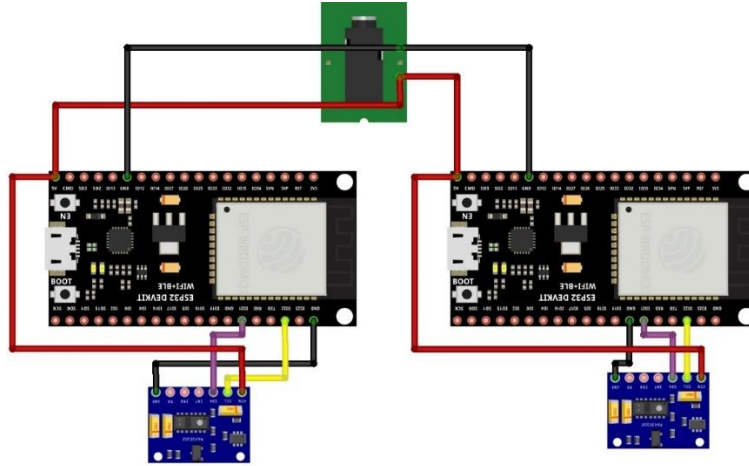


Ilustración 24 Esquema Electrónico realizado en el software fritzing
Fuente: [Autor]

3.4.3 DISEÑO DE LA PLACA

La simulación del circuito se realizó en el software Proteus PCB v 8.0 obsérvese en el literal (a) y el diseño de la placa se realizó en el software Eagle v 9.6.2 véase en el literal (b).

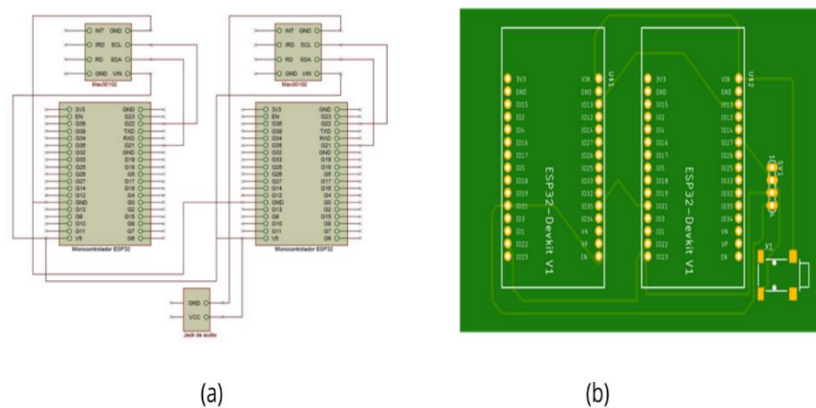


Ilustración 25 Simulación del circuito (a), Diseño de la placa (b)
Fuente: [Autor]

3.5 INTERFAZ DE CONTROL DE LOS MODULOS

La interfaz permite controlar cuatro módulos que son: tubo de colores, cueva de colores, módulo de vibraciones y el pulsioxímetro mediante una conexión vía Bluetooth. Los datos obtenidos del paciente con el pulsioxímetro se visualizan en el panel de control.

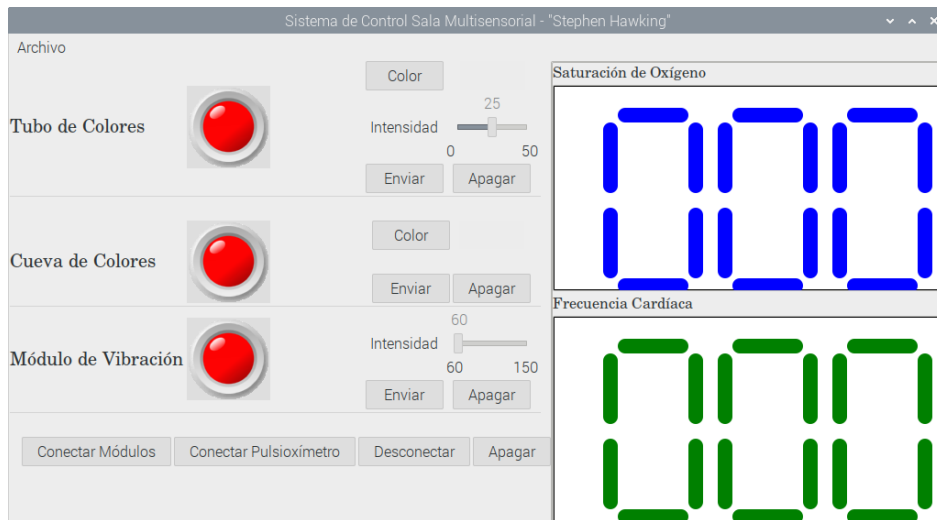


Ilustración 26 Interfaz de Control
Fuente: [Autor]

Para conectar los módulos tubo de colores, cueva de colores, módulo de vibraciones se realiza dando un clic en **Conectar Módulos** como se observa en la ilustración 27.

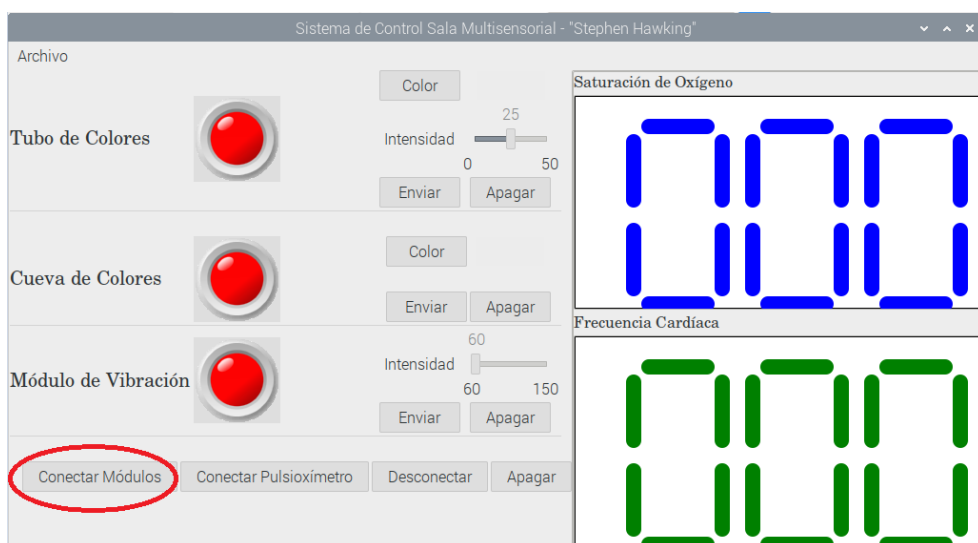


Ilustración 27 Conexión de los Módulos
Fuente: [Autor]

La interfaz consta de tres indicadores que cambian de color luego de realizar la **Conexión de Módulos**. El color rojo que significa apagado o fuera de conexión y el color verde significa encendido o conectado.

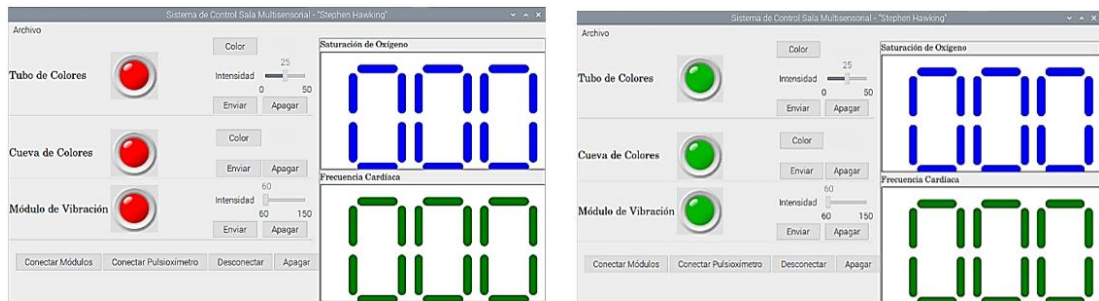


Ilustración 28 Cambio de color de los indicadores
Fuente: [Autor]

Para habilitar el pulsioxímetro se clic en **Conectar Pulsioxímetro**.

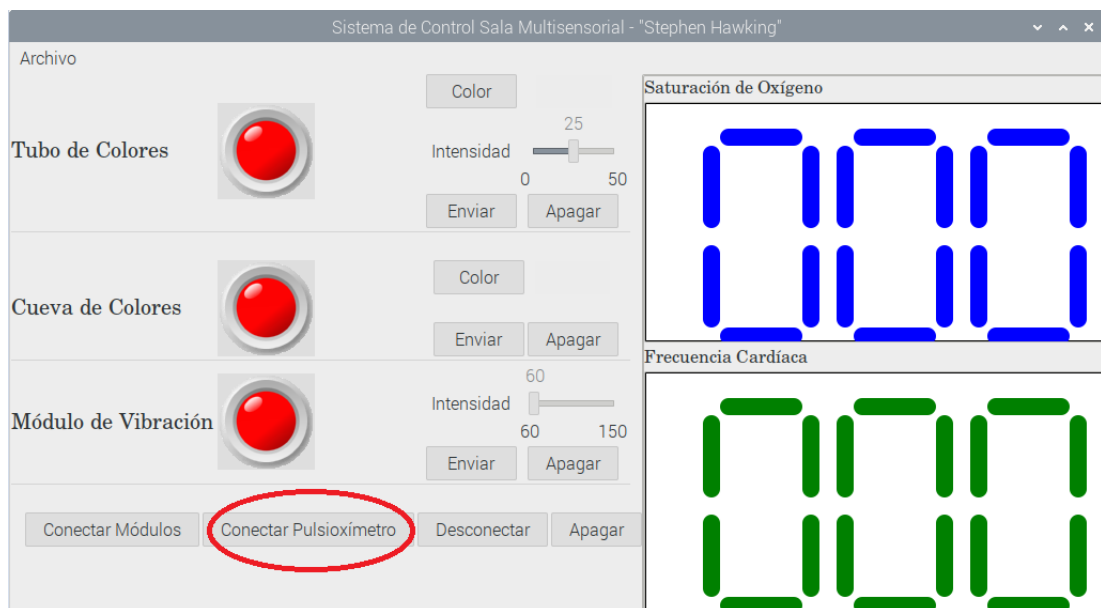


Ilustración 29 Conexión del Pulsioxímetro
Fuente: [Autor]

Una vez conectado, los datos se visualizan en la interfaz como se aprecia en la ilustración 30.

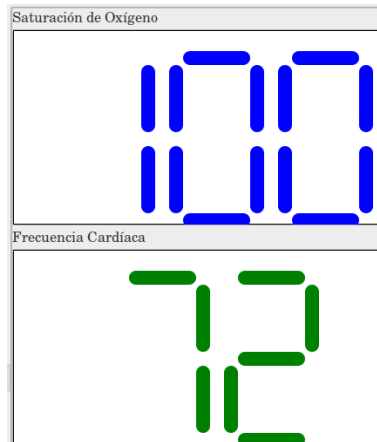


Ilustración 30 Visualización de los datos del paciente
Fuente: [Autor]

3.5.1 INTERACCIÓN DE LA INTERFAZ Y EL TUBO DE COLORES

La interacción entre la interfaz y el tubo de luces se da mediante el cambio de colores y la intensidad luminosa, los pasos a seguir son:

Al dar un clic en **Color** se despliega un panel de posibles colores, se selecciona un color y luego se da clic en **Select** para confirmar el cambio de color como se observa en la ilustración 31.

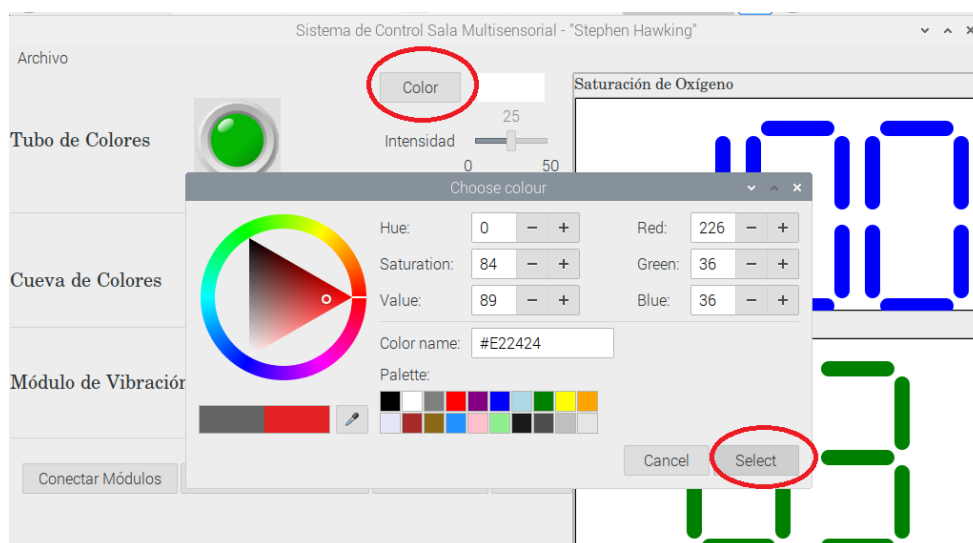


Ilustración 31 Matices para el Tubo de Colores
Fuente: [Autor]

Verificar el color en el panel de control y dar un clic en **Enviar**, automáticamente se visualiza el cambio de color en el módulo.

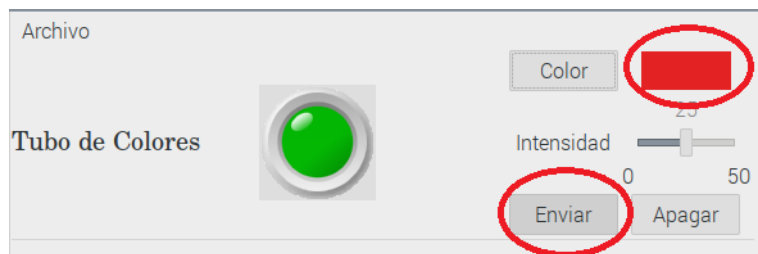


Ilustración 32 Envió del color al Tubo de Luces
Fuente: [Autor]

Para el cambio de intensidad luminosa se desliza la barra de **Intensidad** de derecha a izquierda o viceversa, luego dar clic en **Enviar** y automáticamente la intensidad lumínica de los leds varia.

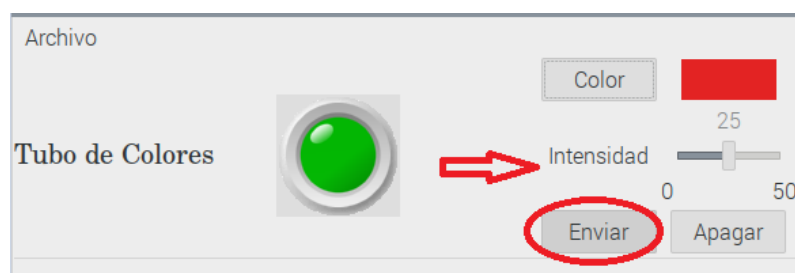


Ilustración 33 Variación de la intensidad luminosa
Fuente: [Autor]

3.5.2 INTERACCION DE LA INTERFAZ Y LA CUEVA DE COLORES

La interacción entre la interfaz y la cueva de luces se da mediante el cambio de colores, para ello seguir los siguientes pasos.

Al dar un clic en **Color** se visualiza un panel de colores posibles a seleccionar, luego dar un clic en **Select** obsérvese en la siguiente ilustración.

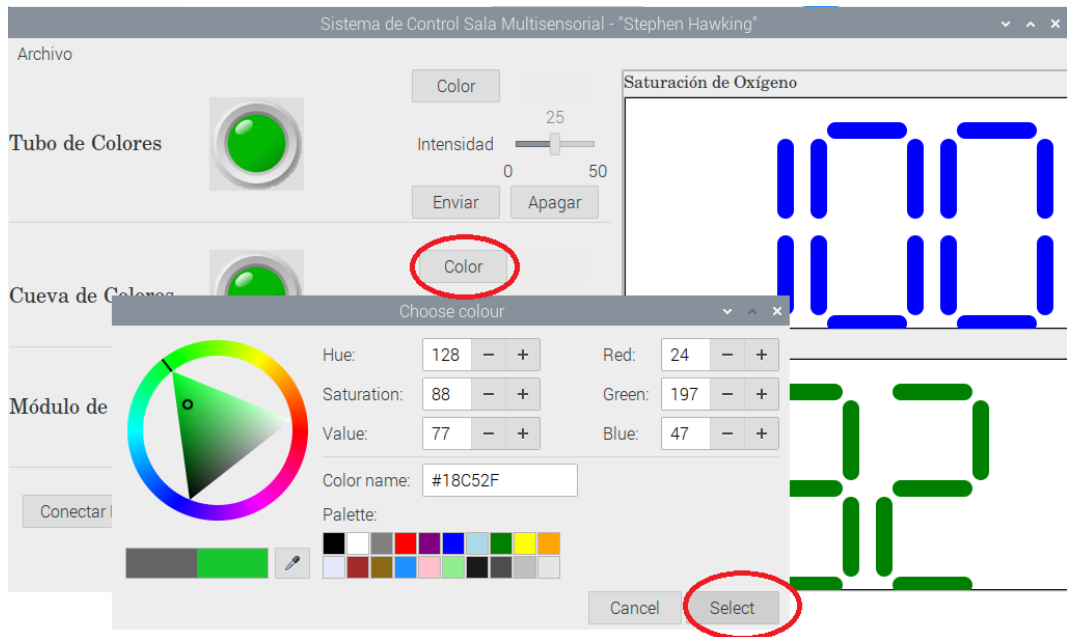


Ilustración 34 Matices para la Cueva de Colores
Fuente: [Autor]

Verificar el color en el panel de control y dar un clic en **Enviar** automáticamente se visualiza el cambio de color en el módulo.

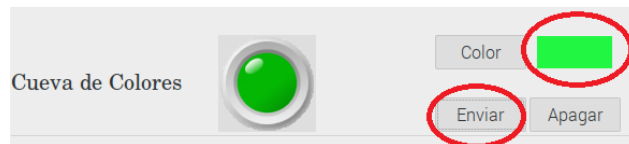


Ilustración 35 Envío de color a la Cueva de Luces
Fuente: [Autor]

3.5.3 INTERACCION DE LA INTERFAZ Y EL MODULO DE VIBRACION

Para el cambio de intensidad vibratoria se desplaza la barra de **Intensidad** de derecha a izquierda, luego dar un clic en **Enviar** y automáticamente la iluminación de los leds varia.

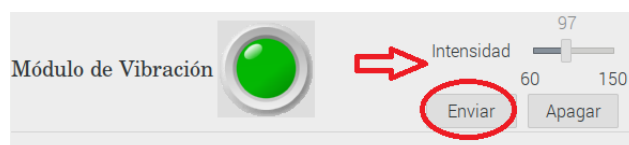


Ilustración 36 Variación de la intensidad vibratoria
Fuente: [Autor]

Luego de interactuar con la interfaz gráfica y con cada uno de los módulos se procede hacer un clic en **Desconectar**, concluirá la conexión de cada módulo Bluetooth. Como se observa en la ilustración 37.

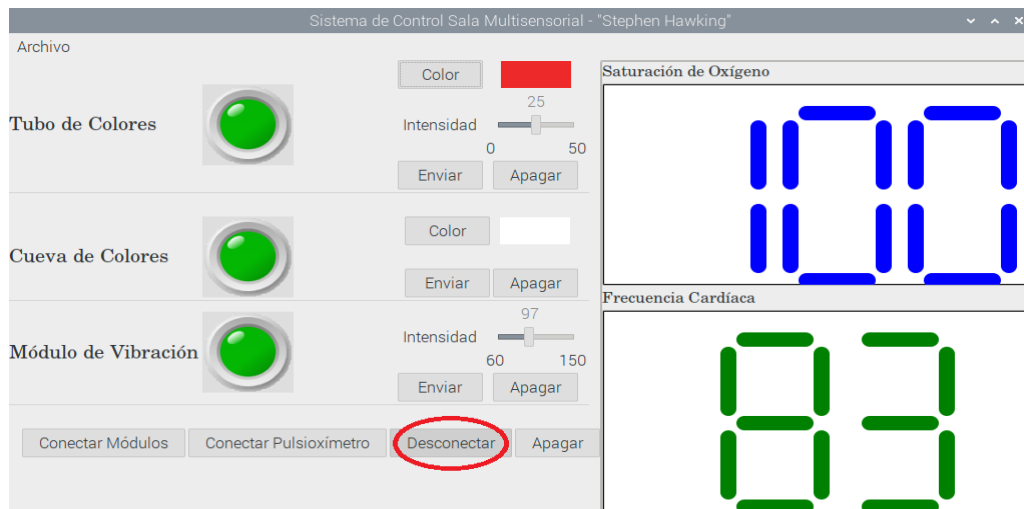


Ilustración 37 Desconexión de los módulos y la Interfaz
Fuente: [Autor]

Para finalizar dar un clic en **Apagar** y cerrara todo el sistema operativo, observese en la ilustracion 38.

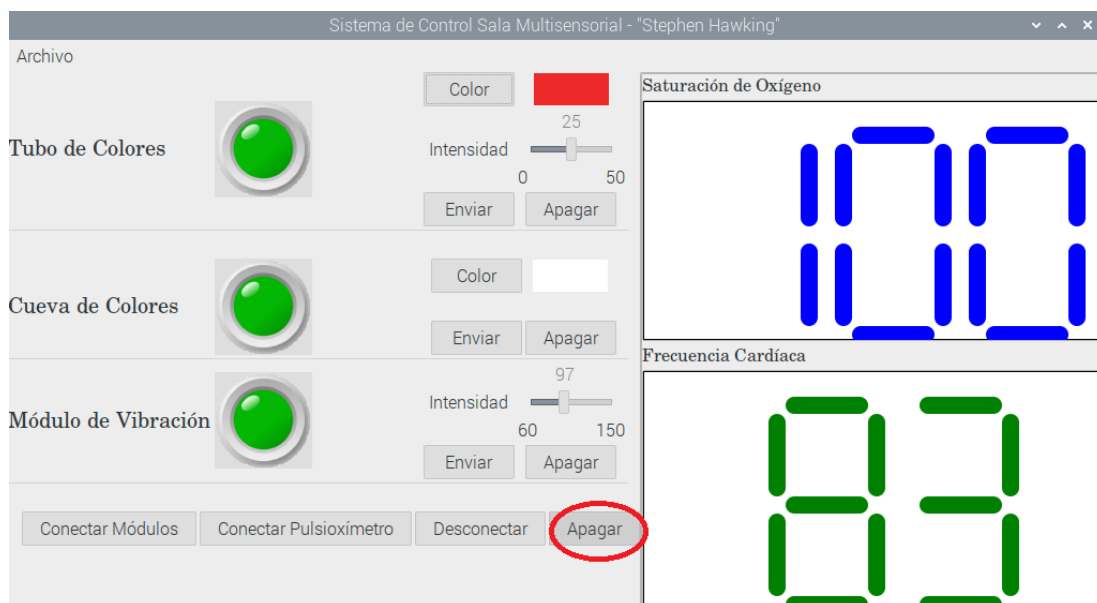


Ilustración 38 Apagado de la Interfaz
Fuente: [Autor]

3.6 DIAGRAMA DE FLUJO DE INTERACCION

Pasos a seguir en el diagrama de interacción.

1. Una vez ejecutada la interfaz o panel de control presionar **Conectar Módulos**.
2. Verificar los indicadores que se encuentran de color rojo reflejados en la interfaz, una vez que se conecte cambia al color verde que significa que la conexión fue un éxito
3. Si los colores de los indicadores permanecen de color rojo se procede a repetir el paso 1 las veces que sea necesario hasta que el color de los indicadores esté de color verde.
4. Realizar la conexión del pulsioxímetro seleccionando **Conectar Pulsioxímetro** si la conexión se ejecutó se mostrará un mensaje en la pantalla de la conexión fue un éxito caso contrario se mostrará error de conexión.
5. Al presentar un error de conexión se vuelve a ejecutar el paso 4 las veces que sea necesario hasta obtener el mensaje de conexión exitosa.

Una vez realizada las conexiones necesarias se puede interactuar con los módulos, en este caso el tubo de luces, la cueva de luces y el módulo de vibraciones.

Para controlar el tubo de luces se realiza los siguientes pasos.

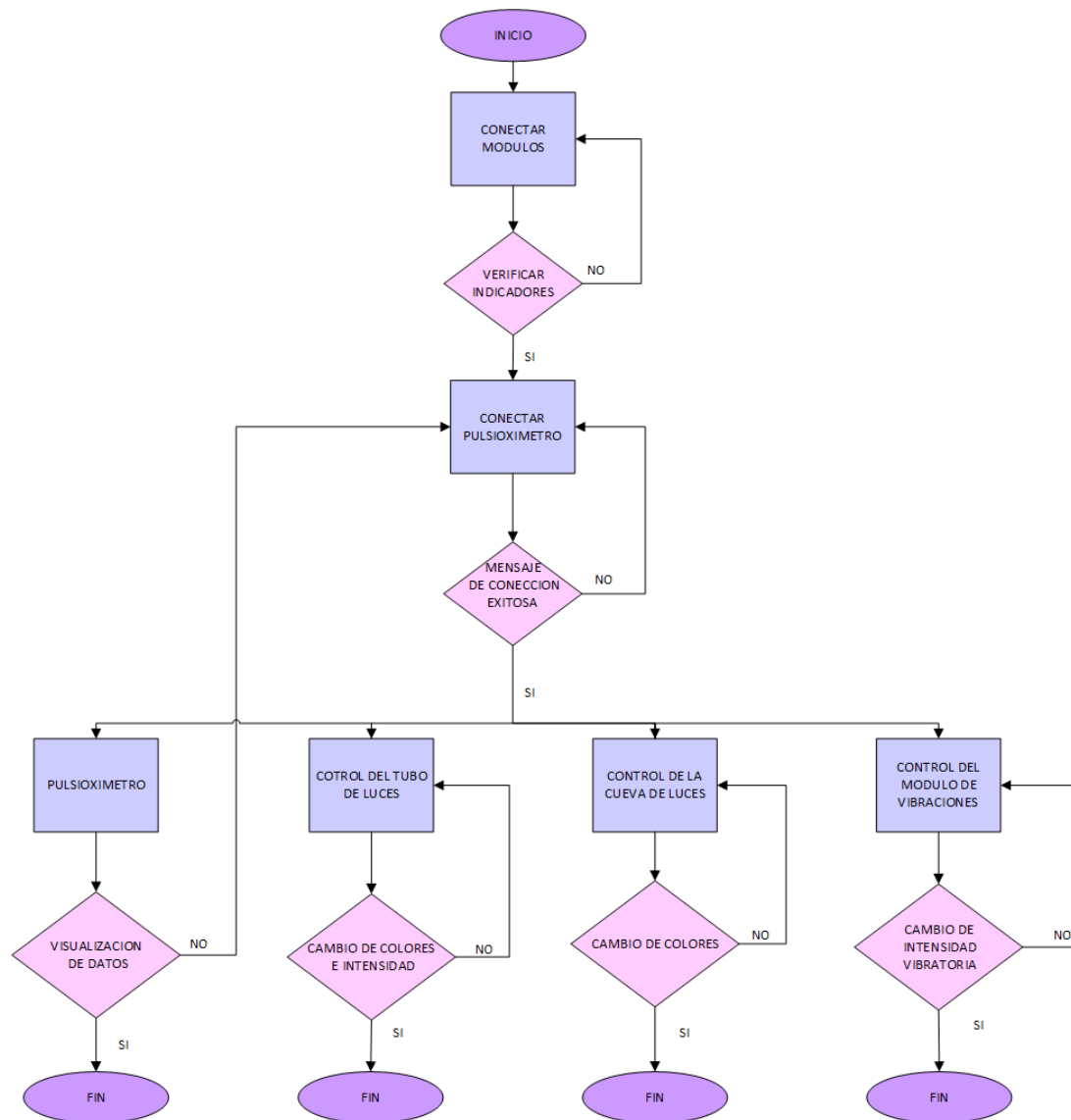
6. El tubo de luces cambia su matiz al presionar el botón **Color**, nos mostrara una gama de colores que se puede seleccionar mediante el mouse o a su vez de manera táctil si la computadora posee dicha tecnología, presionar el botón **Select** y luego seleccionar **Enviar**, automáticamente el color seleccionado y enviado se reflejara en el tubo de luces, para el cambio de intensidad, se ajusta al valor que se desee en la barra deslizadora y presionar el botón **Enviar** y automáticamente la intensidad del tubo varia.
7. Si el color y la intensidad del tubo de luces no varía se procede a repetir el paso 6.
8. Si los colores y la intensidad cambian sin ningún problema se da por finalizado el proceso de funcionamiento.

Para el control de la cueva de luces ejecutamos los siguientes pasos

9. La cueva de luces cambia su matiz al presionar el botón **Color**, muestra una gama de colores que se puede seccionar mediante el mouse o a su vez de manera táctil, luego presionar el botón **Select** y pulsamos **Enviar**, automáticamente el color seleccionado y enviado se reflejara en la cueva de luces.
10. Si el color de la cueva de luces no varía se repite el proceso del paso 9.
11. Si los matices cambian sin ningún problema se da por terminado el proceso de funcionamiento.

Para el control del módulo de vibraciones ejecutamos los siguientes pasos

12. Para variar la intensidad vibratoria, seleccionar el valor deseado en la barra deslizadora y presionar **Enviar**, automáticamente la intensidad vibratoria del módulo de vibración cambia automáticamente.
13. Si la intensidad vibratoria no cambia se procede a repetir el proceso 12.
14. Si la intensidad vibratoria cambia se da por terminado el proceso de funcionamiento.
15. Para verificar el funcionamiento del pulsioxímetro debe visualizar los datos en el panel de control.
16. Si los datos no se observan en la interfaz se procede a repetir el paso 4.
17. Si los datos son reflejados en la pantalla damos por finalizado el proceso del funcionamiento.



3.7 CODIGO PRINCIPAL DE LA FUNCION DE CONTROL

Las líneas de códigos más relevantes en de Python es la conexión entre la interfaz y los módulos mediante la Mac address, de la misma manera muestra dos mensajes importantes que son: **Connected** si la conexión fu exitosa entre los módulos y la interfaz o **Error en conexión del módulo** si fallo la conexión.

```

def connect_modules(self, event):
    i = 0
    if (event.Id==77 and self.flag_modules==False):
        for mac, port in zip(self.mac_addresses, self.ports_modules):
            print('Creating Socket {%s} Port {%i}' % (mac, port))
            if self.sockets_modules[i] == None:
                self.sockets_modules[i] = bluetooth.BluetoothSocket(bluetooth.RFCOMM)
            try:
                self.sockets_modules[i].connect((mac, port))

                print('Connected ...')
                self.buttonsModules[i].SetBitmapLabel(self.onpng)
                i+=1
                time.sleep(1)
                self.Refresh()
            except:
                print('Error en conexión del módulo {%s}' % mac)

```

Ilustración 39 Código de conexión en Python

Fuente: [Autor]

Como se observar en la ilustración 47, los hilos realizados son para el proceso de los datos de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno, cada uno de ellos son guardados en sockets que al recibir los datos se actualiza continuamente para reflejar en tiempo real.

```

def get_data_frecc(self, _args):
    len_oxData = 0
    while self.flag_frecc:
        if self.sockets_pulsi[1]!=None:
            oxData = self.sockets_pulsi[1].recv(4).decode().replace('\n','').replace(' ','')
            print('freccData: ', oxData)
            res = re.match(self.regex, oxData)
            if res:
                data = [oxData[i] for i in range(len(oxData))]
                if data!=self.dato_frecc:
                    self.dato_frecc = data
                    wx.CallAfter(self.lienzo.set_value, 1, data)

def get_data_pulsio(self, _args):
    len_oxData = 0
    while self.flag_pulsio:
        if self.sockets_pulsi[0]!=None:
            oxData = self.sockets_pulsi[0].recv(4).decode().replace('\n','').replace(' ','')
            print('oxData: ', oxData)
            res = re.match(self.regex, oxData)
            if res:
                data = [oxData[i] for i in range(len(oxData))]
                if self.dato_pulsio!=data:
                    self.dato_pulsio = data
                    wx.CallAfter(self.lienzo.set_value, 0, data)
        if 3==1:
            oxData = self.sockets_pulsi[1].recv(100).decode().replace('\n','').replace(' ','')
            print('puData: ', oxData)
            res = re.match(self.regex, oxData)
            if res:
                data = [oxData[i] for i in range(len(oxData))]
                self.lienzo.set_value(1, data)
            else:
                pass

```

Ilustración 40 Código de proceso de datos de la frecuencia cardiaca y Saturación de Oxígeno

Fuente: [Autor]

4 CAPÍTULO IV: VALIDACIÓN DEL PROYECTO Y RESULTADOS

Para llevar a cabo este proceso se desarrolló una encuesta que contiene 16 preguntas en escala de Likert, siendo el 1 el valor más bajo y 5 el más alto. Conforme a ello se procede a validar la encuesta con 15 profesionales, que trabajan con niños con discapacidad. Mediante un análisis en el software R studio se obtiene un test de Alfa de Cronbach de 0.83 valor que se encuentra dentro de los límites de confianza. Con lo cual se concluyó que existe correlación entre los ítems, es decir la encuesta es confiable.

Para el proceso de experimentación participaron 11 mujeres y 4 hombres, con una media de experiencia de 13.66 años y una desviación estándar de 11.83, con edades comprendidas entre los 27 y 62 años de edad (media de 43.73 y desviación estándar de 12.06). En la Figura 49, se puede observar que los participantes de la encuesta consideran que el manejo de la interfaz de control es “Totalmente fácil” 46.7% y un 40% que es “Fácil”. Asimismo, los docentes opinan que el manejo del módulo tubo de luces es “Totalmente fácil” con un 53.3% y un 33.3% “Fácil” de la misma forma el módulo cueva de luces 60% “Totalmente fácil” y un 26.7% “Fácil” igualmente para el módulo de vibración con un 33.3% “Totalmente fácil” y un 60% “Fácil”. Estas valoraciones son altamente positivas en cuanto a al manejo y la utilización de los módulos de la sala de senso percepciones.

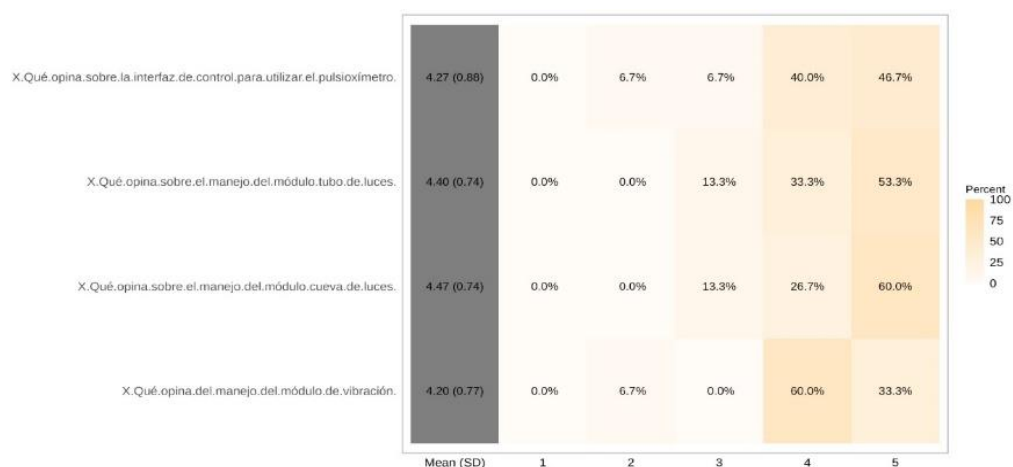


Tabla 1 Porcentaje de los resultados obtenidos de la encuesta
Fuente: [Autor]

En la ilustración 48 se analiza la distribución y los datos estadísticos de la correlación, entre las variables de género frente a la percepción que tienen los profesionales. En la primera fila se muestra la cantidad de personas que participaron en la encuesta, y también el diagrama de cajas y bigotes, que detallan en forma de diagrama de barras la cantidad de personas que evaluaron la facilidad uso de cada uno de los módulos. Respecto a la cueva de luces y tubo de luces, los resultados están referenciados a la escala de Likert y obtuvieron una puntuación entre 4 y 5 puntos como se observa en la parte inferior de la ilustración 48. Por otra parte, para el módulo de vibración tiene una variación alta y sus puntajes están entre 4 y 5.

En la ilustración 48 en la parte central se observa una matriz de 4x4. En la diagonal principal de la matriz se visualiza las curvas de percepción de cada uno de los módulos. Del mismo modo por encima de la diagonal se observa los datos de correlación. Además, en la parte inferior se encuentran la distribución de los datos en la escala del Likert.

La correlación con respecto a la percepción que tienen las personas del tubo de luces y de la cueva de luces es del 0.809, eso quiere decir que los entrevistados consideran que ambos módulos se pueden utilizar con facilidad. De forma similar la correlación entre la facilidad de uso del módulo de vibración y de la cueva de luces es 0.447, lo que indica que los entrevistados no tienen la misma percepción respecto a la facilidad de uso de los dos módulos. La correlación entre el pulsioxímetro y la cueva de luces es 0.776 de esta manera se observa que la facilidad de uso de los dos módulos es similar. Por otra parte, la correlación entre la facilidad de uso el módulo de vibración y el tubo de luces es 0.350, lo que significa que los entrevistados no perciben de igual manera la facilidad de uso de los módulos. Asimismo, la correlación entre la facilidad de uso del pulsioxímetro y el tubo de luces es 0.702, lo que significa que la percepción es poco equivalente entre los módulos. Finalmente, la correlación entre el pulsioxímetro y el módulo de vibración es 0.647, lo que indica que los participantes de la encuesta consideran que la facilidad de uso entre los módulos es medianamente similar.

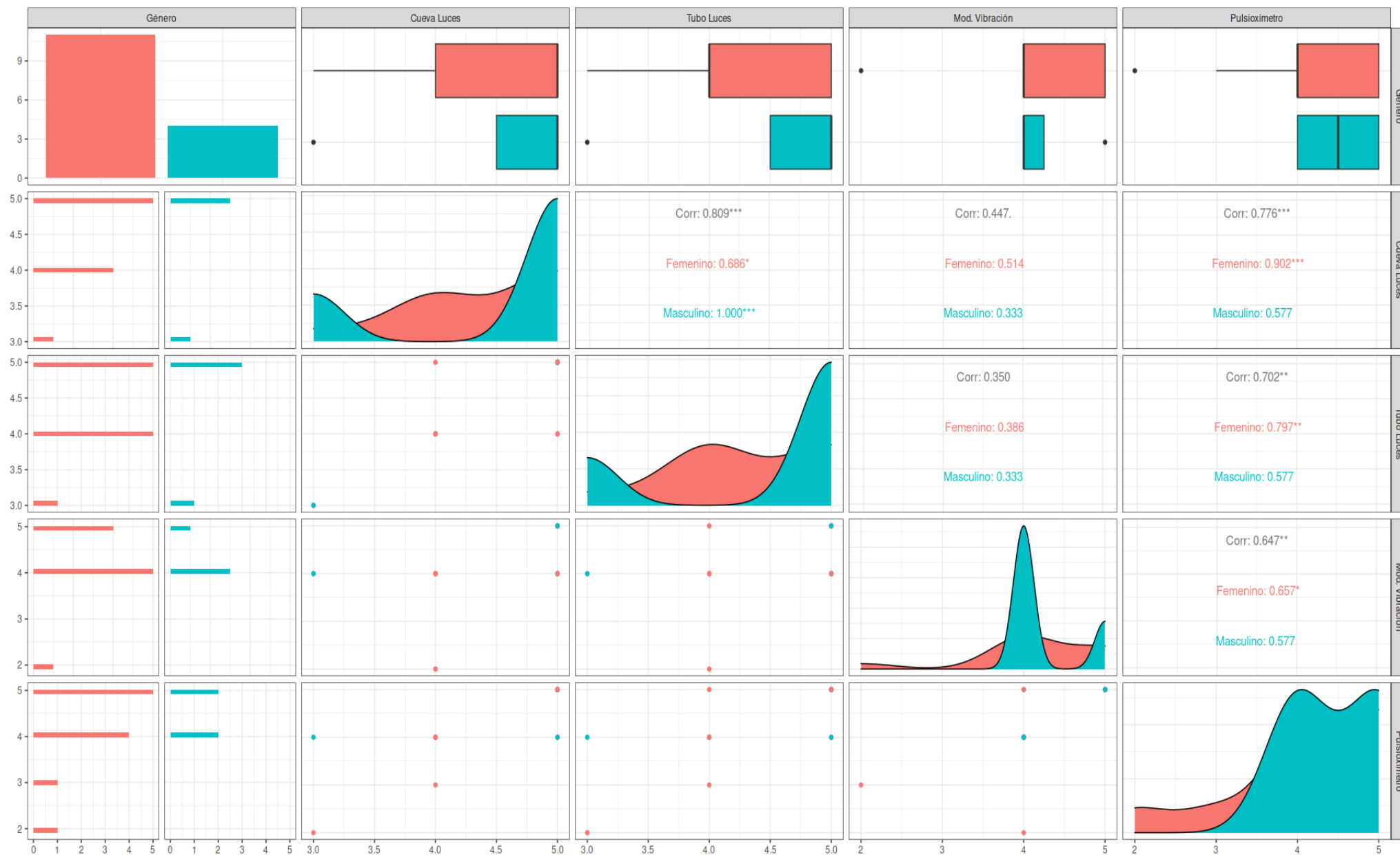


Ilustración 41 Análisis estadístico y Diagrama de correlación entre variables
Fuente: [Autor]

En las preguntas abiertas los comentarios más relevantes indican que los valores que se visualizan del pulsioxímetro son valores certeros, así mismo hay comentarios que sugieren que la luz se proyecte por toda la fibra.

CONCLUSIONES

Al visitar distintas instituciones de la ciudad de Cuenca que trabajan con niños que tienen discapacidad, se evidencio la falta de equipos apropiados para las terapias de estimulación sensorial. Para dar respuesta a esta problemática se pensó en soluciones adecuadas, en la que se realizó un arduo trabajo en los primeros prototipos, pruebas de campo, diseños de placas electrónicas, diseño de las carcasas en el Autodesk Inventor e implementación de cada uno de los módulos para estimular los sentidos de los niños. Para evaluar los módulos se planificó, diseñó y ejecuto encuestas a los profesionales respecto a: tamaño, uso, manejo y utilización de la interfaz de control de la sala. La percepción obtenida mediante datos estadísticos de correlación en la escala del Likert, muestran que la mayor cantidad de profesionales están “Totalmente de acuerdo” en el manejo de los módulos, con respecto al tamaño opinan que son “Ni grandes ni pequeños” en otras palabras que tienen un tamaño mediano y de igual manera para el uso de la interfaz la mayoría piensa que es “Totalmente fácil”.

TRABAJO A FUTURO

El análisis realizado en la sala de sensopercepciones, a partir de los resultados obtenidos por medio de las encuestas a especialistas de la rama, se determinó que se podría mejorar ciertos aspectos y procesos tales como:

- La implementación de un módulo o módulos, los mismos que permitan la estimulación en las áreas gustativas y olfativas en los estudiantes.
- La implementación de unas camillas autoajustables para el uso de terapias relajantes, etc.
- Implementar una base de datos para analizar la información generada por el pulsioxímetro, los mismos que se visualiza en la interfaz actual y se guarda directamente en la memoria de la Raspberry Pi4.
- Crear una aplicación móvil, la misma que facilite controlar los módulos en la sala de una manera sencilla, la misma que permita una mejor interacción entre el usuario y la sala de sensopercepciones, sin la necesidad de seguir un proceso de conexión y de manejo complejo del sistema actual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] Residencia Spa Felechosa, “SALA SNOEZELLEN, LOS BENEFICIOS DE LA ESTIMULACIÓN MULTISENSORIAL,” 12/12/2012. <http://residenciaspafelechosa.com/sala-snoezelen/>.
- [2] J. F. Guaicha Solórzano and F. E. Suconata Chimbo, “Diseño, levantamiento de requerimientos, desarrollo e implementación de 4 módulos de soporte tecnológico para la construcción de una sala de estimulación de sensopercepciones para el Instituto de Parálisis Cerebral del Azuay (IPCA).,” Universidad Politécnica Salesiana, 2019.
- [3] L. R. CABASÉS, “La Estimulación Multisensorial y los espacios Snoezelen,” 5 de Diciembre, 2017. <https://hablemosdeneurociencia.com/la-estimulacion-multisensorial-los-espacios-snoezelen/>.
- [4] M. Jaureguiberry, “Ingeniería Industrial Seguridad e Higiene en el Trabajo,” p. 7, 2011, [Online]. Available: <http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/segumar/a13-3/material/Vibraciones.pdf>.
- [5] S. Gómez Lopez, V. Hugo Jaimes, P. G. Cervia, M. Hernandez, and A. Guerrero, “Infant cerebral palsy,” *Archivos Venezolanos de Puericultura y Pediatría*, 2013. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06492013000100008&lng=en&nrm=iso&tlng=en.
- [6] K. A. Olama and N. S. Thabit, “Effect of vibration versus suspension therapy on balance in children with hemiparetic cerebral palsy,” *Egypt. J. Med. Hum. Genet.*, vol. 13, no. 2, pp. 220–224, 2012, doi: 10.1016/j.ejmhg.2011.11.001.
- [7] Servicio de Asistencia Psiquiátrica y Coordinación Sociosanitaria, Dirección Técnica de Atención Primaria, Gerencia Regional de Salud Federación, Federación ASPACE de Castilla y León, and Gerencia de Servicios Sociales, “Guía para el Seguimiento de la Parálisis Cerebral en Atención Primaria,” pp. 11–19.
- [8] P. Póo Argüelles, “Parálisis cerebral infantil,” *Pediatr. Integr.*, vol. 3, no. 4, p.

271, 1999.

- [9] M. Ortega Lendínez, “Efectividad de la terapia Vojta en parálisis cerebral infantil. Una revisión sistemática EVISIÓN SISTEMÁTICA,” Universidad de Jaén, 2014.
- [10] L. F. Sarabia Pardo, “Metodo bobath. Paralisis cerebral infantil,” 09/05/2011. https://www.efisioterapia.net/articulos/metodo-bobath-paralisis-cerebral-infantil?fbclid=IwAR1QmKuQWVFWBLFkfnTm2jj18MbceLOGG_bKJDJj7-nlhuRxZ3nVjYaR4SU.
- [11] “Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades.” <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>.
- [12] M. del C. Gómez Gómez, *Aulas Multisensoriales en Educación Especial* -, 1 edición. Ideaspropias Editorial, Vigo, 2009, 209AD.
- [13] E. Blesedell Crepeaun, *Terapia ocupacional*, Ed. Médica. 2008.
- [14] D. R. H. Martino and D. L. E. Barrera, *El niño discapacitado*. Tecnología Digital Xerox.
- [15] Moriche Inteligencia Límite | AEXPAINBA – Fundación M., “CONTEXTUALIZANDO LA INTELIGENCIA LÍMITE. CONCEPTO Y TIPOS DE DISCAPACIDAD INTELECTUAL.” https://inteligencialimite.org/inteligencialimite/2021/03/15/discapacidad-intelectual-concepto-y-tipos/?gclid=CjwKCAjw3_KIBhA2EiwAaAAliu0ayNEvkxtJiJqvsB259HejZxU0g7Rmll5uFOeY3TmWRRHylgiS1hoCuyAQAvD_BwE (accessed Aug. 18, 2021).
- [16] A. V. Sánchez Torres, “ESTIMULACIÓN MULTISENSORIAL PARA MEJORAR LA ATENCIÓN EN NIÑOS ENTRE 3 A 6 AÑOS CON SÍNDROME DE DOWN EN LA UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA AMBATO,” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2015.
- [17] Snoezelen Multi-Sensory Environments, “Snoezelen for Early Years.” <https://www.snoezelen.info/who-can-benefit/snoezelen-for-early-years/>

(accessed Dec. 04, 2020).

- [18] S. Gómez, V. Jaimes, C. Palencia, M. Hernández, and A. Guerrero, “Parálisis Cerebral Infantil,” *Arch. Venez. Pueric. Pediatr.*, vol. 76, no. 1, pp. 31–35, 2013.
- [19] Ortotecsa, “Salas multisensoriales Snoezelen (Espacio de luces, olores, sonidos y colores).” *I. Calderón Romero M, Arce Portillo E, López Lobato M, Muñoz Cabello B, Blanco Martínez B, Madruga Garrido M, al. Cryptogenic West Syndr. Clin. profile, response to Treat. Progn. factors. An Pediatr. 2018;89(3)176–82.*, pp. 3–5, 2018.
- [20] M. del C. Carbajo Vélez, “La Sala De Estimulación Multisensorial,” *Tabanque Rev. pedagógica, ISSN 0214-7742, N° 27, 2014 (Ejemplar Dedic. a La Educ. en Bras. Desarro. económico, Desigual. Soc. y lucha por la inclusión Soc. págs. 155-172, vol. 27, no. Educación en Brasil:Desarrollo económico, pp. 158–161, 2014,* [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5084331>.
- [21] IPCA, “Instituto de Parálisis Cerebral del Azuay.” <https://ipca.catedraunescoinclusion.org/nosotros/> (accessed Aug. 18, 2021).
- [22] UAM Programa Académico and Universidad del Adulto Mayor, “Misión, Visión y Principios - UAM | Universidad del Adulto Mayor de Cuenca Ecuador.” <http://uamcuenca.com/la-universidad/mision-vision-principios/> (accessed Aug. 18, 2021).
- [23] J. Majernik, M. Dziaková, and J. Zivcak, “Rehabilitation in Children with Neurological Disorders Using Whole Body Vibration,” Slovakia, 3, 2015.
- [24] J. Majernik, M. Dziakova, and J. Zivcak, “Utilization of whole body vibration in therapy of patients with neurological disorders,” *Int. Conf. Digit. Technol. 2013, DT 2013*, pp. 127–131, 2013, doi: 10.1109/DT.2013.6566299.
- [25] C. A. Gómez García and J. Velasco Medina, “Sistema de pulsioximetría y capnografía para dispositivos móviles Android,” *Rev. Ing. Biomédica*, vol. 8, no. 15, pp. 36–44, 2014, doi: 10.24050/19099762.n15.2014.593.

- [26] J. Alarcó Pérez, “Medida del nivel de saturación de oxígeno en sangre : desarrollo de un pulsioxímetro de bajo coste y comparativa con otros sistemas existentes,” 2015.
- [27] G. C. Mota, R. L. López, C. G. Galván, and B. B. Juárez, “Prototipo de un oxímetro de pulso con ESP8266 Wi-Fi Prototype of a Pulse Oximeter with ESP8266 Wi-Fi,” *Benemérita Univ. Autónoma Puebla*, vol. 128, no. 2016, pp. 1–10, 2016.
- [28] Á. Palacin Vázquez, “Trabajo Fin de Grado,” *Zaguan.Unizar.Es*, p. 70, 2020.
- [29] H. Fernando and D. Matute, “Diseño, desarrollo e implementación de una sala multisensorial para las personas de la tercera edad,” 2018.
- [30] InfoEscuelas, “STEPHEN HAWKING en CUENCA - Opiniones e información.” <https://www.infoescuelas.com/ecuador/azuay/stephen-hawking-en-cuenca/> (accessed Aug. 20, 2021).
- [31] A. Z. Maria Jose Tapia, “Implementación De Una Sala Snoezelen Para La Estimulación Multisensorial De Quince Niños Y Niñas Del Primer Año De Básica De La Comunidad Educativa ‘La Salle’ .,” 2009.
- [32] A. M, “AutoCAD: Características del software?” <https://www.3dnatives.com/es/autocad-cuales-caracteristicas-del-software-020420202/> (accessed Aug. 20, 2021).
- [33] Deingenierias, “autocad - Búsqueda de Google.” https://www.google.com/search?q=autocad&rlz=1C1CHBF_esEC938EC938&sxsrf=ALeKk03EZXzogKmfzTqkgcVvwtHR2WYOvg:1629993179518&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwih2c3jhc_yAhXrSzABHVALD-cQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1396&bih=685&dpr=1.38#imgrc=c8Oc7ewXnu6c1M (accessed Aug. 26, 2021).
- [34] “ESP32 WiFi Bluetooth Wroom-32D - Tienda Prometec.” <https://store.prometec.net/producto/esp32-wifi-bluetooth/> (accessed Mar. 09, 2021).
- [35] Electrónica, “Leds WS2812B - Búsqueda de Google.”

https://www.google.com/search?q=Leds+WS2812B&tbm=isch&ved=2ahUK Ewlr7j4ysryAhX_XjABHfDPAEgQ2-cCegQIABAA&oq=Leds+WS2812B&gs_lcp=CgNpbWcQAziECAAQQ1DuyQFYmNABYPDSAWgAcAB4AIABjAGIAeEGkgEDMC43mAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWfAAQE&scient=img&ei=SmIIYaXiIf-9wbkP8J-Dw (accessed Aug. 24, 2021).

- [36] UNIT ELECTRONICS, “fuent de conmutador 5V a 10a} - Búsqueda de Google.”

https://www.google.com/search?q=fuent+de+conmutador+5V+a+10a%7D&rlz=1C1CHBF_esEC938EC938&sxsrf=ALeKk014Be1exyPdM6BUEE_rt7IEJqA_uA:1629840713130&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwii9_vlzcryAhXGRDABHYBbDxMQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1396&bih=633#imgrc=Y71w1nfJx4 (accessed Aug. 24, 2021).

- [37] C. TechNologia, “Mini bomba de aire 3 a 12V.” <https://cdtecnologia.net/motores-y-bombas/642-mini-bomba-de-aire-3-a-12v.html> (accessed Aug. 26, 2021).

- [38] IOTBYHVM, “Placa ATTO: la placa compatible con Arduino más pequeña del mundo.” <https://iotbyhvm.ooo/atto-board-the-worlds-smallest-arduino-compatible-board/> (accessed Aug. 30, 2021).

- [39] NOTEBOOKCHECK, “atto - Búsqueda de Google.” https://www.google.com/search?q=atto&rlz=1C1CHBF_esEC938EC938&sxsrf=AOaemvLjPqQzB5rntZd1EeplkOS1KpMJ0A:1630342242982&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjB94SSmtnyAhUYQTABHaJkDJQQ_AUoAXoECAEQAw&biw=697&bih=625#imgrc=cINL6xIdOtQSoM (accessed Aug. 30, 2021).

- [40] “MH CD42 | Obsesionado con la tecnología,” *17 de julio*, 2019. <https://techobsessed.net/tag/mh-cd42/> (accessed Aug. 30, 2021).

- [41] “MH CD42 | Obsesionado con la tecnología,” *17 de julio*, 2019. .

- [42] “PKCELL Batería de Polímero de Litio 3.7V 150mAh | PC Factory.” <https://www.pcfactory.cl/producto/27598-pkcell-bateria-de-polimero-de-litio->

3-7v-150mah (accessed Aug. 30, 2021).

- [43] “PKCELL Batería de Polímero de Litio 3.7V 150mAh | PC Factory.” .
- [44] T. Make, “mini motor vibrador - Búsqueda de Google.”
https://www.google.com/search?q=mini+motor+vibrador&tbm=isch&ved=2ahUKEWjt6bGZv-PyAhVbW98KHZN9CDgQ2-cCegQIABAA&oq=mini+motor+vibrador&gs_lcp=CgNpbWcQAzoHCCMQ7wMQJzoFCAAQgAQ6BggAEAgQHID_O1jrWGDdWmgBcAB4AIABxgGIAAdESkgEEMC4xOZgBAKABAoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&s (accessed Sep. 03, 2021).
- [45] T. Make, “mini motor vibrador - Búsqueda de Google.” .
- [46] “conector jack de alimentacion de 4 pines - Búsqueda de Google.”
https://www.google.com/search?q=conector+jack+de+alimentacion+de+4+pin es&rlz=1C1CHBF_esEC938EC938&sxsrf=AOaemvKR-HAX7yyi_5S5EYSDHYetSRAIqA:1630961195911&tbm=isch&source=iu&ctx=1&fir=gBYHp9zwZR4_XM%252CCreXfObGakcQSM%252C_&vet=1&usg=AI4_-kRdzLZoK6MmrxdkowdX80JvQxuacw&sa=X&ved=2ahUKEwixuX1m-vyAhUNTDABHUKxCEMQ9QF6BAgMEAE#imgrc=gBYHp9zwZR4_XM (accessed Sep. 06, 2021).
- [47] “conector jack de alimentacion de 4 pines - Búsqueda de Google.” .
- [48] “Maxim Integrated.” <https://maximsupport.microsoft.com/en-us/knowledgebase/article/000098749> (accessed Sep. 13, 2021).
- [49] “Maxim Integrated.” .

APÉNDICES

APÉNDICE A: ENCUESTA



Encuesta para determinar la percepción de los docentes con respecto a los módulos de estimulación de sensopercepciones con una interfaz de control a partir de señales de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno de la “Unidad Educativa Stephen Hawking”.

***En esta sección indique sus datos:**

Indique su género:

Femenino

Masculino

Edad: _____

Profesión: _____

Lugar de trabajo: _____

¿Area en la que se despeña?: _____

Años de experiencia profesional: _____

Años de experiencia en el trabajo con personas con discapacidad:

1. ¿Qué opina sobre el manejo del módulo cueva de luces?

Totalmente fácil

Fácil

- Ni fácil ni difícil
- Un poco difícil
- Muy difícil

2. ¿Qué opina sobre el manejo del módulo tubo de luces?

- Totalmente fácil
- Fácil
- Ni fácil ni difícil
- Un poco difícil
- Muy difícil

3. ¿Qué opina del manejo del módulo de vibración?

- Totalmente fácil
- Fácil
- Ni fácil ni difícil
- Un poco difícil
- Muy difícil

4. ¿Qué opina sobre la interfaz de control para utilizar el pulsioxímetro?

- Totalmente fácil
- Fácil
- Ni fácil ni difícil
- Un poco difícil
- Muy difícil

5. ¿Considera que la cueva de luces podría ser una herramienta de apoyo para desarrollar la percepción visual y táctil en niños con discapacidad?

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- Un poco en desacuerdo
- No estoy de acuerdo

6. ¿Qué opina sobre el uso del tubo de luces como herramienta de apoyo para desarrollar la percepción visual, auditiva y táctil en niños con discapacidad?

- Totalmente fácil
- Fácil
- Ni fácil ni difícil
- Difícil
- Totalmente difícil

7. ¿Qué opina sobre el uso del módulo de vibración como herramienta de apoyo para desarrollar la percepción visual, auditiva y táctil en niños con discapacidad?

- Totalmente fácil
- Fácil
- Ni fácil ni difícil
- Difícil
- Totalmente difícil

8. ¿Qué opina sobre el uso del pulsioxímetro para medir frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en los niños con discapacidad que usan la sala la multisensorial?

- Totalmente fácil
- Fácil
- Ni fácil ni difícil
- Difícil
- Totalmente difícil

9. ¿Cree que estos módulos ayudan a mejorar la percepción sensorial de los niños con discapacidad?

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- Un poco en desacuerdo
- No estoy de acuerdo

10. ¿Cree que los módulos ayudan a que los niños se relajen?

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- Un poco en desacuerdo
- No estoy de acuerdo

11. ¿Qué opina del tamaño del módulo cueva de luces?

- Muy grande
- Grande
- Ni grande ni pequeño
- Pequeño
- Muy pequeño

12. ¿Qué opina del tamaño del módulo tubo de luces?

- Muy grande
- Grande
- Ni grande ni pequeño
- Pequeño
- Muy pequeño

13. ¿Qué opina del tamaño de la manilla del pulsioxímetro?

- Muy grande
- Grande
- Ni grande ni pequeño
- Pequeño
- Muy pequeño

14. ¿Qué opina del tamaño de la manilla de vibración?

- Muy grande
- Grande
- Ni grande ni pequeño
- Pequeño
- Muy pequeño

15. ¿Qué opina sobre el proceso de colocar el pulsioxímetro en los niños con discapacidad?

- Totalmente fácil
- Fácil
- Ni fácil ni difícil
- Un poco fácil
- Nada fácil

16. ¿Qué opina sobre el proceso de colocar la manilla de vibración en los niños con discapacidad?

- Totalmente fácil
- Fácil
- Ni fácil ni difícil
- Un poco fácil
- Nada fácil

A continuación, se presenta la encuesta evaluada por los diferentes profesionales del área de estimulación de niños con discapacidad para la evaluación de los prototipos implementados en la Unidad Educativa especial “Stephen Hawking”



Encuesta para determinar la percepción de los docentes con respecto a los módulos de estimulación de sensopercepciones con una interfaz de control a partir de señales de frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno de la "Unidad Educativa Stephen Hawking".

Esta encuesta tiene por objetivo determinar la percepción de los docentes con respecto a los módulos de estimulación de sensopercepciones con una interfaz de control a partir de señales de frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno de la "Unidad Educativa Stephen Hawking".

***En esta sección indique sus datos:**

Indique su género:

- Femenino
 Masculino

Edad: 30 años

Profesión: Terapeuta Física

Lugar de trabajo: Fundación NOPE

¿Are en la que se desempeña?: Fisioterapia

Años de experiencia profesional: 5 años

Años de experiencia en el trabajo con personas con discapacidad: 6 años

1. ¿Qué opina sobre el manejo del módulo cueva de luces?

- Totalmente fácil
 Fácil
 Ni fácil ni difícil
 Un poco difícil

Muy difícil

2. ¿Qué opina del manejo del módulo tubo de luces?

- Totalmente fácil
- Fácil
- Ni fácil ni difícil
- Un poco difícil
- Muy difícil

3. ¿Qué opina del manejo del módulo de vibración?

- Totalmente fácil
- Fácil
- Ni fácil ni difícil
- Un poco difícil
- Muy difícil

4. ¿Qué opina sobre la interfaz de control para utilizar el pulsioxímetro?

- Totalmente fácil
- Fácil
- Ni fácil ni difícil
- Un poco difícil
- Muy difícil

5. ¿Considera que la cueva de luces podría ser una herramienta de apoyo para desarrollar la percepción visual y táctil en niños con discapacidad?

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- Un poco en desacuerdo
- No estoy de acuerdo

6. ¿Qué opina sobre el uso del tubo de luces como herramienta de apoyo para desarrollar la percepción visual, auditiva y táctil en niños con discapacidad?

- Totalmente fácil
- Fácil
- Ni fácil ni difícil
- Difícil

Totalmente difícil

7. ¿Qué opina sobre el uso del módulo de vibración como herramienta de apoyo para desarrollar la percepción visual, auditiva y táctil en niños con discapacidad?

- Totalmente fácil
- Fácil
- Ni fácil ni difícil
- Difícil
- Totalmente difícil

8. ¿Qué opina sobre el uso del pulsioxímetro para medir frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno en los niños con discapacidad que usan la sala multisensorial?

- Totalmente fácil
- Fácil
- Ni fácil ni difícil
- Difícil
- Totalmente difícil

9. ¿Cree que estos módulos ayudan a mejorar la percepción sensorial de los niños con discapacidad?

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- Un poco en desacuerdo
- No estoy de acuerdo

10. ¿Cree que los módulos ayudan a que los niños se relajen?

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- Un poco en desacuerdo
- No estoy de acuerdo

11. ¿Qué opina del tamaño del módulo cueva de luces?

- Muy grande
- Grande
- Ni grande ni pequeño
- Pequeño
- Muy pequeño

12. ¿Qué opina del tamaño del módulo tubo de luces?

- Muy grande

- Grande
- Ni grande ni pequeño
- Pequeño
- Muy pequeño

13. ¿Qué opina del tamaño de la manilla del pulsioxímetro?

- Muy grande
- Grande
- Ni grande ni pequeño
- Pequeño
- Muy pequeño

14. ¿Qué opina del tamaño de la manilla de vibración?

- Muy grande
- Grande
- Ni grande ni pequeño
- Pequeño
- Muy pequeño

15. ¿Qué opina sobre el proceso de colocar el pulsioxímetro en los niños con discapacidad?

- Totalmente fácil
- Fácil
- Ni fácil ni difícil
- Un poco fácil
- Nada fácil

16. ¿Qué opina sobre el proceso de colocar la manilla de vibración en los niños con discapacidad?

- Totalmente fácil
- Fácil
- Ni fácil ni difícil
- Un poco fácil
- Nada fácil

**APÉNDICE B: FOTOGRAFÍAS DE VALIDACIÓN DE LOS
PROTOTIPOS IMPLEMENTADOS.**

