



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE BIOMEDICINA**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN ENTORNO MULTISENSORIAL PARA LA ESTIMULACIÓN
TEMPRANA EN NIÑOS CON DISCAPACIDADES (SÍNDROME DE DOWN, AUDITIVA Y
VISUAL), EN EDADES DE 3 A 10 AÑOS, EN LA CLÍNICA MATERNIDAD MITAD DEL
MUNDO, SEDE CAYAMBE**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de:
INGENIERAS EN BIOMEDICINA**

AUTORAS: SAMI NAYELI MORÁN SALAZAR

ANAHÍ CAROLINA TAPIA CARRANZA

TUTOR: KERLY JESENIA BOLAÑOS VACA

Quito-Ecuador

2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotras, Sami Nayeli Morán Salazar con documento de identificación N° 1004961247 y Anahí Carolina Tapia Carranza con documento de identificación No. 1723338800 manifestamos que:

Somos las autoras y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 5 de agosto del año 2025

Atentamente,

Sami Nayeli Morán Salazar
1004961247

Anahí Carolina Tapia Carranza
1723338800

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotras, Sami Nayeli Morán Salazar con documento de identificación No. 1004961247 y Anahí Carolina Tapia Carranza con documento de identificación No. 1723338800 , expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del Proyecto Técnico: “IMPLEMENTACIÓN DE UN ENTORNO MULTISENSORIAL PARA LA ESTIMULACIÓN TEMPRANA EN NIÑOS CON DISCAPACIDADES (SÍNDROME DE DOWN, AUDITIVA Y VISUAL), EN EDADES DE 3 A 10 AÑOS, EN LA CLÍNICA MATERNIDAD MITAD DEL MUNDO, SEDE CAYAMBE”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieras en Biomedicina, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 5 de agosto del año 2025

Atentamente,



Sami Nayeli Morán Salazar
1004961247



Anahí Carolina Tapia Carranza
1723338800

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Kerly Jesenia Bolaños Vaca con documento de identificación N° 0401307855, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: IMPLEMENTACIÓN DE UN ENTORNO MULTISENSORIAL PARA LA ESTIMULACIÓN TEMPRANA EN NIÑOS CON DISCAPACIDADES (SÍNDROME DE DOWN, AUDITIVA Y VISUAL), EN EDADES DE 3 A 10 AÑOS, EN LA CLÍNICA MATERNIDAD MITAD DEL MUNDO, SEDE CAYAMBE, realizado por Sami Nayeli Morán Salazar con documento de identificación N° 1004961247 y por Anahí Carolina Tapia Carranza con documento de identificación N° 1723338800, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 5 de agosto del año 2025

Atentamente,



Kerly Jesenia Bolaños Vaca

0401307855

Dedicatoria o Lema

Dedico este trabajo con profundo agradecimiento a mi familia.

A mis padres, Carlos y Carolina, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser el pilar fundamental de mi vida.

A mis hermanas, Michaela, Danna y Valentina, por compartir conmigo risas, complicidad y un lazo irrompible.

A mis abuelos: Carlos, Jaque, Aníbal, Marina y Rocío, gracias por su ternura, por cada palabra de aliento, y por la sabiduría que me han transmitido con amor.

Un reconocimiento especial a mi amada bisabuela Rebeca, por su presencia luminosa y su ejemplo de fortaleza, y al recuerdo imborrable de mi bisabuelo Carlos, quien vive para siempre en nuestros corazones. *"Papi, tu longa mayor lo consiguió"*.

A mi querido tío Marco, tan lindo como siempre, que nunca dudaba en prestarme justo lo que necesitaba, ya fuera una herramienta, un esfero o cualquier material. Gracias por estar siempre, por tu apoyo incondicional y tus sabios consejos.

A mis amigos del alma, Jona, Fer y Génesis. Gracias por cada año compartido en esta carrera, por su apoyo constante, su cariño incondicional y por esa increíble capacidad de adaptarse a cualquier plan con alegría y buena vibra. Ustedes hicieron este camino mucho más llevadero, y por eso siempre tendrán un lugar especial en mi corazón. Finalmente, dedico este logro a mis ángeles en el cielo: Tío Cris, Mamita Fany y mi querido amigo Fran, quienes desde el cielo me acompañan, me inspiran y me dan fuerzas para seguir avanzando con fe hacia un futuro lleno de propósito.

Este logro también es suyo.

Anahí Carolina Tapia Carranza

Dedicatoria o Lema

Dedico este trabajo a las personas más especiales de mi vida. A mi madre María Elena, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios. Su fuerza, dedicación y confianza en mí han sido la base para salir adelante a pesar de las dificultades. Le agradezco por estar siempre a mi lado, guiándome con su sabiduría y dándome el impulso para seguir adelante, incluso cuando el camino parecía incierto. Este es el triunfo de ambas. Le quiero mucho. A mis abuelitos, Rosa y Emilio, por su sabiduría, cariño y ejemplo de fortaleza. A mis tíos y tía, por su aliento y confianza. Sin ustedes, este logro no habría sido posible. Gracias por ser mi roca, mi guía y mi motivación. A Alex, que ha estado conmigo en los momentos buenos y malos. Tu apoyo y ayuda en esta trayectoria de estudio han sido fundamentales para mí. Gracias por tu paciencia y tu comprensión.

Sami Nayeli Morán Salazar

Agradecimientos

A Dios, quien ha sido mi guía constante y fuente inagotable de fortaleza. Agradezco Su infinita bondad y el camino iluminado que me permitió recorrer durante esta etapa. En cada paso, en cada reto, Él fue mi refugio y mi impulso.

Dedico también este logro a todas las personas que ya no están físicamente, pero que se han convertido en mis ángeles: aquellos que me cuidan desde el cielo y me dan fuerza para seguir adelante.

A mi querida bisabuela Rebeca y a mi querido tío Marco, gracias por haber sido faros de sabiduría, amor y entrega en mi vida. Mamita Rebe, tu ejemplo de fortaleza, tu cariño sincero y tu apoyo incondicional han sido una inspiración constante. Gracias por todo lo que has hecho por mí y por seguir acompañándome con tu luz.

A mi madre Carolina, por su amor incondicional, su ejemplo de esfuerzo y perseverancia, y por creer siempre en mí. Mamá, gracias por ser mi roca, por tus palabras sabias y por enseñarme que con fe y dedicación, todo es posible.

A mi padre Carlos, por sus enseñanzas, por su respaldo constante, y por mostrarme con su ejemplo el valor del trabajo honesto y la importancia de nunca rendirse. Papá, este logro también es tuyo.

A mis hermanas Michaela, Danna y Valentina, por ser mi compañía en los momentos buenos y difíciles, y por ser una fuente constante de alegría y motivación. Estoy segura de que ustedes también alcanzarán grandes metas.

A mis abuelos Carlos, Jaque, Aníbal, Marina y Rocío, gracias por cada palabra de aliento, por sus abrazos y por brindarme la sabiduría de la experiencia con tanto amor.

A mis grandes amigos de esta etapa: Jona, Fer y Génesis, por su apoyo constante, por compartir años de carrera con paciencia, cariño y por adaptarse con una sonrisa a cualquier plan. Gracias por estar, por sumar, por ser.

Dedico con todo mi corazón este proyecto al equipo de la Maternidad Mitad del Mundo, en especial a los niños y familias que confiaron en los procesos de estimulación temprana. Su valentía y entrega diaria fueron mi mayor inspiración.

Agradezco profundamente a los profesionales y compañeros de la clínica, quienes aportaron su experiencia, su confianza y su tiempo para que este trabajo se convirtiera en una realidad significativa.

Finalmente, a todas aquellas personas que, de una u otra manera, contribuyeron a este proyecto con sus conocimientos, su apoyo y sus palabras de aliento:

Este logro es reflejo del esfuerzo colectivo y del compromiso de todos. Gracias infinitas.

Anahí Carolina Tapia Carranza

Agradecimientos

Primero, quiero agradecer a Dios , quien siempre ha estado conmigo, escuchando mis plegarias y guiándome en cada paso de este camino. Su presencia constante me ha dado la fortaleza para seguir adelante en los momentos más difíciles.

A mi madre María Elena, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios. Sin ella, no habría podido llegar hasta aquí. Gracias, mami, por ser esa persona que siempre se preocupa por mí y me cuida con tanto cariño. Sé que ha hecho un esfuerzo muy grande para sacarme adelante, y por ello, le agradezco profundamente. Siempre ha estado a mi lado, en las buenas y en las malas, siendo un pilar fundamental en mi vida. Gracias por ser tanto madre como padre para mí, por darme lo que necesitaba y por ser un ejemplo de fortaleza y perseverancia. Es un modelo a seguir, demostrando siempre que, no importa lo que pase, hay que seguir adelante. Le amo y le agradezco por todo lo que ha hecho por mí.

A mi bisabuelita , que sé que desde el cielo me cuida y me guía. Su amor y su sabiduría siguen siendo una luz que me acompaña.

A mi familia , por su apoyo incondicional y por estar siempre a mi lado, dándome fuerzas para seguir luchando por mis sueños.

A Alex , que ha estado conmigo en los momentos buenos y malos, brindándome su amor, apoyo, paciencia y comprensión. Su presencia ha sido un pilar fundamental en mi vida y en este proceso.

A los ingenieros que han compartido su conocimiento y enseñanzas conmigo, guiándome a lo largo de este camino académico y profesional.

A la Clínica Mitad del Mundo, ubicada en la ciudad de Cayambe, y a todas las personas que hicieron posible la culminación de este proyecto. Gracias por brindarme la oportunidad de crear un cuarto multisensorial, el cual será de gran ayuda para la estimulación auditiva y visual de las niñas y niños con discapacidad, me siento profundamente agradecida por haber sido parte de este proyecto.

Finalmente, me agradezco a mí misma por el esfuerzo, la dedicación y la determinación que me han permitido llegar hasta aquí. Este logro es fruto del trabajo constante y el compromiso con mis objetivos.

Sami Nayeli Morán Salazar

Resumen

Este estudio denomina implementación de un entorno multisensorial, para la estimulación temprana en la Clínica Maternidad Mitad del Mundo, sede Cayambe, para niños de 3 a 10 años con discapacidades (Síndrome de Down, visual y auditiva), tuvo como objetivo Implementar un entorno multisensorial en la Clínica Maternidad Mitad del Mundo, sede Cayambe, mediante estrategias terapéuticas adaptadas e integradas, para la estimulación temprana de niños de 3 a 10 años con discapacidades (síndrome de Down, auditiva y visual) y potencializar áreas de desarrollo cognitivo, social, motor, para lo cual fue necesario realizar un diagnóstico inicial que identificó las necesidades sensoriales de los participantes, seguido de la adecuación de un espacio multisensorial equipado con estímulos visuales, auditivos y táctiles. Las intervenciones incluyeron actividades como juegos interactivos, ejercicios con espejos Montessori y circuitos sensoriales adaptados, aplicados en sesiones regulares durante 12 semanas. Los resultados mostraron avances significativos. En el procesamiento auditivo, el nivel normal pasó de 0 % a 12,5 %, mientras que en el visual y táctil aumentó hasta 18,8 % y 25 %, respectivamente. La integración sensorial global alcanzó un 18,8 % en nivel normal tras la intervención. Estos progresos validaron la efectividad del entorno multisensorial en promover el desarrollo integral de los niños. Se concluye que el proyecto no solo cumplió con los objetivos que fueron planteados, sino que también ofrece un modelo replicable para otras comunidades. Se recomienda optimizar recursos tecnológicos, capacitar al personal y establecer programas de evaluación continua para garantizar la sostenibilidad del impacto.

Palabras clave: Estimulación multisensorial, discapacidad visual, discapacidad auditiva, síndrome de Down, integración sensorial, Síndrome de Down.

Abstract

This study, titled "Implementation of a Multisensory Environment for Early Stimulation at the Clínica Maternidad Mitad del Mundo, Cayambe Branch," focused on children aged 3 to 10 years with disabilities (Down syndrome, visual, and auditory impairments). Its objective was to implement a multisensory environment at the Clínica Maternidad Mitad del Mundo, Cayambe Branch, using adapted and integrated therapeutic strategies to enhance the cognitive, social, and motor development of children with disabilities (Down syndrome, visual, and auditory). The study involved an initial diagnosis to identify the sensory needs of the participants, followed by the setup of a multisensory space equipped with visual, auditory, and tactile stimuli. Interventions included activities such as interactive games, exercises with Montessori mirrors, and adapted sensory circuits, applied in regular sessions over 12 weeks. The results demonstrated significant progress. In auditory processing, the normal level increased from 0% to 12.5%, while visual and tactile processing improved to 18.8% and 25%, respectively. Overall sensory integration reached 18.8% in the normal range after the intervention. These advancements validated the effectiveness of the multisensory environment in promoting the comprehensive development of children. The study concludes that the project not only achieved its stated objectives but also offers a replicable model for other communities. Recommendations include optimizing technological resources, providing staff training, and establishing continuous evaluation programs to ensure sustainable impact.

Keywords: Multisensory stimulation, visual impairment, auditory impairment, Down syndrome, sensory integration.

Índice

Resumen	9
Abstract	10
1 Introducción	19
2 Objetivos	20
2.1 Objetivo general	20
2.2 Objetivos específicos	20
3 Marco Teórico	20
3.1 Discapacidad	20
3.1.1 <i>Tipos de discapacidad</i>	21
3.1.2 <i>Discapacidad auditiva</i>	21
3.1.3 <i>Discapacidad visual</i>	22
3.1.4 <i>Discapacidad visual congénita</i>	23
3.1.5 <i>Cataratas Congenitas</i>	24
3.1.6 Glaucoma de inicio infantil:	24
3.1.7 Megaloftalmia anterior:	25
3.1.8 Retinopatía:	25
3.1.9 Atrofia óptica:	25
3.2 Síndrome de Down	25
3.3 Trastorno	26
3.3.1 <i>Trastorno del Desarrollo de la Coordinación</i>	26
3.3.2 <i>Trastorno de lenguaje</i>	27
3.3.3 <i>Trastorno de los sonidos del habla</i>	27
3.3.4 <i>Trastorno del desarrollo de la coordinación</i>	28
3.4 Espacio multisensorial	28
3.4.1 <i>Teorías de desarrollo sensorial</i>	29
3.4.2 <i>Teoría de la integración sensorial</i>	29
3.4.3 <i>Teoría de la maximización de información sensorial</i>	29
3.4.4 <i>Teoría de la codificación predictiva en percepción sensorial</i>	30
3.4.5 <i>Teoría de sensibilidad al procesamiento sensorial</i>	30
3.4.6 <i>Teoría de la plasticidad sensomotora en el desarrollo conceptual</i>	30
3.5 Implementación del entorno multisensorial	31
3.5.1 <i>Sala Blanca</i>	31
3.5.2 <i>Sala Negra</i>	31
3.5.3 <i>Sala de Aventuras</i>	32
3.5.4 <i>Divisiones de espacio</i>	32
3.5.5 <i>Luces cascadas</i>	33
3.5.6 <i>Luces LED</i>	34
3.5.7 <i>Proyector</i>	35
3.5.8 <i>Parlante</i>	36
3.5.9 <i>Cajetín de Mando</i>	36

3.5.10	<i>Cable THWN</i>	37
3.5.11	<i>Espejo Montessori</i>	37
3.5.12	<i>Eliminación de Luz Solar</i>	38
3.5.13	<i>Tatami Infantil y esponja</i>	38
3.5.14	<i>Decoración en el entorno Multisensorial</i>	40
Referencias		40
3.6	Estimuladores Sensoriales	41
3.6.1	<i>Plataforma de programación: Arduino IDE</i>	41
3.6.2	<i>Software de Diseño PCB: Proteus Design Suite</i>	41
3.6.3	<i>Microcontrolador: Arduino Mega</i>	42
3.6.4	<i>Módulo reproductor de audio: Mp3-TF-16p</i>	43
3.6.5	<i>Regulador de voltaje LM2595</i>	43
3.6.6	<i>Sensor táctil</i>	44
3.6.7	<i>Fuentes de Alimentación</i>	44
3.6.8	<i>Cinta neón</i>	45
3.6.9	<i>Sensor piezo eléctrico</i>	46
4	Metodología	47
4.1	<i>Diagnóstico Inicial</i>	47
4.2	<i>Tipo de investigación</i>	48
4.3	<i>Instrumento</i>	49
4.4	<i>Muestra</i>	50
4.5	<i>Criterios de Muestra</i>	51
4.6	<i>Hipótesis</i>	51
4.7	<i>Aplicación de la intervención</i>	51
4.7.1	<i>Intervención con terapias</i>	51
4.7.2	<i>Terapia de intervención para niños con discapacidad visual</i>	52
4.7.3	<i>Terapia de intervención para niños con discapacidad auditiva</i>	53
4.7.4	<i>Intervención para niños con Síndrome de Down</i>	54
4.8	<i>Adecuación de la sala multisensorial</i>	55
4.9	<i>División técnica de las áreas funcionales</i>	57
4.10	<i>Instalación del Sistema Eléctrico del Cuarto Multisensorial</i>	59
4.10.1	<i>Cálculo del alimentador de voltaje</i>	60
4.11	<i>Estimulador multisensorial de luces y sistema de generación de sonido al caminar</i>	64
4.11.1	<i>Sistema Visual</i>	64
4.11.2	<i>Sistema Auditivo</i>	72
4.11.3	<i>Diagrama de flujo General</i>	78
4.12	<i>Panel de Control Digital de Estimulación Auditiva, Visual y Táctil</i>	78
4.12.1	<i>Desarrollo del Código en Arduino IDE</i>	80
4.12.2	<i>Diseño y Fabricación de la PCB</i>	81
4.12.3	<i>Análisis por bloques funcionales del circuito</i>	82
4.12.4	<i>Resultado final</i>	89
5	Resultados	92

6	Discusión	126
7	Conclusiones y Recomendaciones	127
7.1	Conclusiones	127
7.2	Recomendaciones	127
8	Bibliografía	128
	Referencias	128
9	Anexos	134
A	Anexo: Imágenes Y Test a Evaluar en el proceso de la implementación del cuarto multisensorial.	134
B	Anexo: Código de Arduino para el Estimulador Sensorial	140
C	Anexo: Código en Arduino del Panel de Control digital	142
D	Anexo: Diseño del circuito del estimulador sensorial Panel de Control Digital	145

Lista de Tablas

1	Características de los niños en el estudio	47
2	Clasificación del Nivel de Procesamiento Sensorial	48
3	Áreas de procesamiento y objetivos	49
4	Rango e Interpretación de Conductas	50
5	Criterios de exclusión	50
6	Criterios de inclusión	50
7	Distribución por Edad, Género y Tipo de Discapacidad	51
8	NEC 2023	59
9	Recomendación de calibre según tipo de carga	59
10	Cálculo de caída de tensión por equipo y conductor recomendado	61
11	Dimensiones del diseño del mueble multisensorial	71
12	Relación entre entradas, salidas, pistas y duración de respuesta.	80
13	Resumen de resistencias clave en el sistema	89
14	Escala Likert evaluación sistema auditivo - niños con discapacidad auditiva	93
15	Escala Likert evaluación sistema auditivo - niños con discapacidad visual	95
16	Escala Likert evaluación sistema auditivo - niños con Síndrome de Down	97
17	Escala Likert, Evaluación sistema táctil niños con discapacidad auditiva	99
18	Escala Likert, Evaluación Sistema Táctil - Niños Discapacidad Visual	101
19	Escala Likert, Evaluación sistema táctil - Niños con Síndrome de Down	103
20	Escala Likert, Evaluación Procesamiento Vestibular - Niños con Discapacidad Auditiva	105
21	Escala Likert, Evaluación Procesamiento Vestibular - Niños con Discapacidad Visual	107
22	Escala Likert, Evaluación Procesamiento Vestibular - Niños con Síndrome de Down	109
23	Escala Likert, Evaluación Sistema Visual - Niños con Discapacidad Auditiva	111
24	Escala Likert, Evaluación Sistema Visual - Niños con Discapacidad Visual	113
25	Escala Likert, Evaluación Sistema Visual - Niños con Síndrome de Down	115
26	Escala Likert Evaluación Procesamiento conductual - niños con discapacidad Auditiva	117
27	Escala Likert Evaluación Procesamiento conductual - niños con discapacidad Visual	119
28	Escala Likert Evaluación Procesamiento conductual - niños con Síndrome de Down	121
29	Pretest y post test de la evaluación de integración sensorial - Discapacidad Auditiva	122
30	Pretest y post test de la evaluación de integración sensorial - Discapacidad Visual	122

31	Pretest y post test de la evaluación de integración sensorial - Síndrome de Down	123
32	Pruebas de rango con signos de Wilcoxon	124

Lista de Figuras

1	Discapacidad auditiva.	22
2	Discapacidad visual congénita	24
3	Glaucoma de inicio infantil.	24
4	Retinopatía infantil.	25
5	Atrofia Óptica	26
6	Habitación pintada de color blanco.	31
7	Sala oscura.	32
8	Sala de Aventuras.	32
9	División de la habitación en dos áreas funcionales: una sección destinada para la estimulación auditiva y otra centrada para la estimulación visual.	33
10	Incorporación de luces en cascada para crear un ambiente tranquilo.	34
11	Colocación de luces LED en el techo en forma de curvas, junto a algodón que simula la apariencia de nubes.	35
12	Instalación del proyector, herramienta importante para la estimulación visual de los niños con discapacidad.	35
13	Instalación del parlante, herramienta importante para la estimulación auditiva de los niños con discapacidad.	36
14	Instalación del espejo Montessori para que los niños estimulen sus habilidades y desarrollen confianza.	38
15	Cubrir todas las áreas por donde entre luz visible, para optimizar la captación de todo lo que se encuentra dentro del cuarto multisensorial.	39
16	Tatami.	40
17	Esponja.	40
18	Decoración de la habitación con dibujos, cortinas lumínicas combinadas con luces y objetos de colores, diseñados para captar la atención de los niños.	40
19	Logotipo del Arduino IDE en Uptodown.	41
20	Logotipo de Proteus Design Suite.	41
21	Arduino Mega 2560.	42
22	Distribución de pines del Arduino Mega 2560.	42
23	Distribución de pines del Mp3-TF-16p.	43
24	Módulo Regulador de Voltaje LM2595 y Distribución de sus Pines	44
25	Sensor táctil.	44
26	Fuentes de poder 24v y 12v.	46
27	Disco piezo eléctrico.	47
28	Caracterización de la muestra según género y discapacidad	51
29	Esquema de la sala multisensorial	55
30	Pintado de color blanco.	56
31	Instalación de las luces LED de cascada y tiras LEDs.	57
32	División de área visual y auditiva.	57
33	Plano de instalación de la esponja en el área visual y tatami en el área auditiva.	58
34	Resultado de la sala con la colocación del piso de tatami y esponja	58

35	Estructura eléctrica del Tablero de Control	62
36	Tablero de control, para encender y apagar cada estímulo sensorial.	63
37	Botón de Emergencia.	63
38	Señal Piezo eléctrico	64
39	Diodo Zener	64
40	Señal Con el Diodo Zener	65
41	Señal Filtrada	66
42	Simulación del comparador	67
43	PCB en Proteus	67
44	Simulación reles	69
45	Capas del soporte	70
46	Dimensiones de estructura	70
47	Ubicación de Sensores Piezo electricos	72
48	Diagrama módulo de audio	74
49	Diagrama modulo de audio soldado	75
50	Diagrama módulo de audio soldado	76
51	Esquema de trabajo	77
52	Esquema de trabajo	78
53	Diagrama de flujo.	79
54	PCB del software Proteus Design Suite	81
55	Circuito sensor + optoacoplador 4N25	82
56	Circuito de conexión del microcontrolador con el sensor táctil de 24V, el módulo de audio y el relé para la activación de la cinta de neón.	84
57	Circuito de conexión del módulo MP3-TF-16P	85
58	Circuito de activación de relé con transistor	88
59	Diseño de la caja.	89
60	La caja cuenta con un forro de material adhesivo y suave.	90
61	Figuras utilizadas para la estimulación visual y táctil.	90
62	Reproducción de audio para la estimulación auditiva.	91
63	Resultado final del juego de estimulación.	91
64	Sistema Auditivo niños con discapacidad auditiva	92
65	Sistema Auditivo- Discapacidad Visual	94
66	Sistema Auditivo - Síndrome de Down	96
67	Sistema Táctil - Discapacidad Auditiva	98
68	Sistema Táctil - Discapacidad Visual	100
69	Sistema Táctil - Síndrome de Down	102
70	Procesamiento Vestibular - Discapacidad Auditiva	104
71	Procesamiento vestibular- Discapacidad Visual	106
72	Procesamiento Vestibular - Síndrome de Down	108
73	Sistema Visual - Discapacidad Auditiva	110
74	Sistema Vestibular - Discapacidad Visual	112
75	Sistema Visual - Síndrome de Down	114
76	Procesamiento conductual - Discapacidad Visual	116
77	Procesamiento conductual - Discapacidad Visual	118
78	Procesamiento Conductual - Síndrome de Down	120
79	Limpieza General del Cuarto	134

80	Firma de Consentimientos informados	134
81	Colocación de aparatos electrónicos	135
82	Adecuaciones	135
83	Colocación del Tatami	136
84	Terminación del cuarto	136
85	Terapias realizadas	137
86	Terapias Realizadas	137
87	Diseño e implementación del PCB, con los componentes correctamente posicionados y soldados.	145

1. Introducción

El desarrollo humano es un proceso complejo en el que cada estímulo sensorial desempeña un papel fundamental en la construcción de capacidades individuales. En el caso de los niños con discapacidades, esta complejidad se intensifica, requiriendo estrategias especializadas de intervención temprana que potencien sus habilidades. En este contexto, los espacios multisensoriales, como las salas Snoezelen, han emergido como entornos terapéuticos innovadores que proporcionan estímulos sensoriales agradables y contribuyen a la reducción de conductas disruptivas. (Chávez Aliaga & Estrada Chávez, 2024)

A nivel global, la discapacidad es una realidad que demanda atención especializada. Según datos de la OMS, aproximadamente el 15 % de la población mundial, es decir, cerca de mil millones de personas, viven con algún tipo de discapacidad, siendo la mayoría residentes en países en desarrollo. En Ecuador, esta situación adquiere una relevancia particular. Según información proporcionada por el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS), existen 1.439 niños con discapacidad auditiva, 983 con discapacidad visual y 8.763 con discapacidad intelectual entre 3 y 12 años. (Rodríguez Gómez, 2023)

La localidad de Cayambe, ubicada en la provincia de Pichincha, presenta uno de los porcentajes más altos de personas con discapacidad, representando un 5,23 % del total de su población. Específicamente, en Cayambe hay 446 personas con discapacidad auditiva, de las cuales el 1,12 % son niños entre 6 y 12 años; 250 personas con discapacidad visual, con un 2,80 % de niños entre 0 y 12 años; y 589 personas con discapacidad intelectual, siendo el 9,85 % niños en el mismo rango de edad. (Rodríguez Gómez, 2023)

Por otro lado, la Clínica Maternidad Mitad del Mundo, sede Cayambe, atiende a 22 niños que acuden a terapias y presentan algún tipo de discapacidad visual, auditiva o Síndrome de Down.

La estimulación multisensorial se presenta como una herramienta estratégica para activar áreas cerebrales que se relacionan con la plasticidad neuronal, facilitando respuestas efectivas a distintos contextos. Además, estos espacios promueven el desarrollo de habilidades adaptativas en los niños.

La rehabilitación cognitiva multisensorial se fundamenta en tres principios esenciales: el cuerpo como receptor de información, el movimiento como medio neurológico y el aprendizaje perceptivo-cognitivo-motor. En Cayambe, es urgente implementar intervenciones que desarrollen habilidades motoras y perceptuales en los niños. Estudios han demostrado que estímulos como luces, sonidos y texturas generan interacciones seguras que promueven la adquisición de nuevas habilidades. Asimismo, se ha confirmado que los estímulos suaves y relajantes mejoran la capacidad de los niños con discapacidad para establecer relaciones personales. (Zamora Uzhca & Álvarez Cueva, 2023)

La Clínica Maternidad Mitad del Mundo – sede Cayambe representa un entorno ideal para implementar un espacio multisensorial, ya que trabaja con niños entre 3 y 10 años que presentan diversas necesidades en su desarrollo. Sin embargo, actualmente existe una notoria carencia de espacios multisensoriales adecuados, lo que limita significativamente el desarrollo integral de estos niños, afectando su es-

estimulación temprana, su interacción sensorial, así como sus habilidades cognitivas, sociales y emocionales. La ausencia de estos entornos especializados impide que los menores puedan potenciar sus capacidades en un ambiente estructurado y seguro. Por ello, resulta fundamental el diseño e implementación de espacios terapéuticos cuidadosamente planificados, que eviten la sobreestimulación y promuevan experiencias sensoriales positivas.

Por ello este trabajo propone la implementación de un entorno multisensorial adaptado a las necesidades.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Diseñar, implementar y evaluar un entorno multisensorial basado en tecnologías biomédicas para la estimulación temprana de niños con discapacidades (síndrome de Down, auditiva y visual) de 3 a 10 años, en la Clínica Maternidad Mitad del Mundo, sede Cayambe, con el fin de mejorar su desarrollo integral, con el fin de potenciar su desarrollo integral y la inclusión

2.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico inicial para identificar las características y necesidades sensoriales específicas de los niños con síndrome de Down, discapacidades auditivas y visuales en la Clínica Maternidad Mitad del Mundo, sede Cayambe.
- Crear un espacio multisensorial adaptado a las necesidades de los niños con discapacidades (síndrome de Down, auditiva y visual), integrando estímulos visuales, auditivos, táctiles y motores que favorezcan su desarrollo integral.
- Diseñar, desarrollar e implementar estimuladores sensoriales electrónicos adaptados a las necesidades de los niños con discapacidad, y evaluar su impacto en el desarrollo de habilidades perceptivas, cognitivas y sociales, mediante pruebas y seguimiento del progreso en el entorno multisensorial.
- Desarrollar y aplicar herramientas de evaluación para medir el progreso en el desarrollo sensorial, cognitivo, motor y social de los niños con discapacidades que participen en el programa de estimulación multisensorial.

3. Marco Teórico

3.1. Discapacidad

Según la (World Health Organization, [2023](#)), la discapacidad es un término general que abarca deficiencias, limitaciones en la actividad y restricciones en la participación. Se refiere a la interacción entre una persona con una condición de salud y su entorno, donde las barreras contextuales pueden impedir su participación plena

y efectiva en la sociedad. Esta visión resalta el enfoque biopsicosocial y de derechos humanos, en el cual la discapacidad no se concibe únicamente como una condición médica, sino como un fenómeno multidimensional influido por factores físicos, sociales y ambientales. En este sentido, la discapacidad implica una limitación funcional o un impedimento físico, mental o sensorial que, al interactuar con un entorno no adaptado, afecta considerablemente el estilo de vida de la persona. La falta de accesibilidad, servicios médicos, programas de rehabilitación y apoyos sociales agrava esta situación, dificultando la inclusión y la equidad. (Mykolayivna, 2022).

3.1.1. *Tipos de discapacidad*

3.1.2. *Discapacidad auditiva*

La discapacidad auditiva se define como una pérdida o limitación parcial o total de la capacidad de escuchar, pudiendo afectar a uno o ambos oídos. Esta condición puede ser de tipo congénita o adquirida y se clasifica según su origen (conductiva, neurosensorial o mixta) y su grado de severidad. Según la (World Health Organization, 2023) (OMS), la pérdida auditiva puede dividirse en los siguientes grados:

- **Leve (26–40 dB):** Dificultad para oír susurros o conversaciones suaves.
- **Moderada (41–60 dB):** Dificultad para seguir conversaciones normales sin audífonos.
- **Severa (61–80 dB):** Solo se escuchan sonidos fuertes; la conversación no es entendible sin dispositivos.
- **Profunda (más de 81 dB):** Incapacidad para oír la mayoría de los sonidos; la comunicación verbal se vuelve extremadamente difícil o imposible sin apoyo especializado.

Desde el punto de vista etiológico, la sordera puede tener diversas causas como infecciones perinatales, malformaciones genéticas, traumatismos, o exposición prolongada a ruidos intensos. Además, se clasifica según la localización del daño auditivo en:

- **Hipoacusia conductiva:** Pérdida auditiva causada por alteraciones en el oído externo o medio, que dificultan la transmisión del sonido hacia el oído interno.
- **Hipoacusia sensorial:** Se origina por daño en el oído interno o el nervio auditivo.
- **Hipoacusia mixta:** Combina las causas conductivas y sensoriales en distintos niveles del sistema auditivo.

Este tipo de discapacidad afecta considerablemente la adquisición del lenguaje, ya que la audición es fundamental en los procesos de imitación, articulación y comprensión verbal, especialmente en edades tempranas. La dificultad o imposibilidad para oír puede generar retrasos en el desarrollo del lenguaje oral, afectando

la comunicación funcional, lo que conlleva a frustraciones emocionales, aislamiento y baja autoestima. (Brigham, 2023).

La falta de una comunicación fluida limita la interacción social, dificultando su inclusión en contextos escolares y comunitarios, y reduciendo sus oportunidades de participación activa y equitativa.

Para su diagnóstico se realizan pruebas específicas como audiometrías y el manejo clínico puede incluir audífonos, implantes cocleares, rehabilitación auditiva y estrategias de comunicación visual, como el uso de lengua de señas o lectura labiofacial (Mykolayivna, 2022).

Ante esta realidad, la implementación de entornos multisensoriales representa una estrategia altamente beneficiosa para niños con discapacidad auditiva. Estos espacios estimulan otros sentidos como la vista, el tacto y el movimiento, fortaleciendo la percepción, la atención y la comprensión a través de recursos visuales, vibratorios, cinestésicos y táctiles. Además, favorecen la expresión emocional y la interacción social, permitiendo a los niños integrarse activamente mediante estímulos adaptados a sus necesidades. Por tanto, los entornos multisensoriales no solo complementan el proceso terapéutico, sino que también promueven una educación inclusiva y una mejor calidad de vida desde una perspectiva integradora.

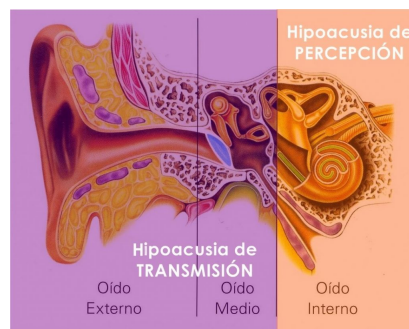


Figura 1: Discapacidad auditiva.

Nota. La discapacidad auditiva. Desarrollo psicológico del niño sordo. Tomado de Kiversal (2020).

3.1.3. *Discapacidad visual*

La discapacidad visual representa un amplio espectro de condiciones que afectan parcial o totalmente la capacidad de ver, abarcando tanto la baja visión como la ceguera total. Según la (World Health Organization, 2023) (OMS), esta condición puede clasificarse según el grado de pérdida visual, medido por la agudeza visual y el campo visual:

- **Baja visión moderada:** agudeza visual inferior a 6/18 pero igual o superior a 6/60.
- **Baja visión severa:** inferior a 6/60 pero igual o superior a 3/60.
- **Ceguera:** agudeza visual inferior a 3/60 o campo visual inferior a 10 grados en el mejor ojo con la mejor corrección posible.

Las causas más comunes incluyen enfermedades oculares (como cataratas, glaucoma, retinopatía diabética), defectos congénitos, traumas oculares, infecciones y, en muchos casos, el envejecimiento. Esta condición impacta significativamente en la capacidad funcional, ya que limita la realización de tareas cotidianas como desplazarse de forma autónoma, leer, escribir o participar activamente en entornos sociales y educativos.

En la infancia, las consecuencias pueden ser profundas: los niños con discapacidad visual enfrentan retos en el desarrollo de la percepción espacial, la motricidad fina, la autonomía y el aprendizaje multisensorial, afectando su autoestima y su integración escolar. Estas limitaciones influyen directamente en su inclusión social, ya que la falta de accesibilidad, recursos adaptados y apoyo especializado puede llevar al aislamiento, la exclusión y la reducción de oportunidades de desarrollo personal y académico.

En este contexto, recientes investigaciones destacan la relevancia de la inclusión educativa, el uso de tecnologías de asistencia (como lectores de pantalla, lupas digitales, impresoras braille) y el diseño universal de entornos accesibles como estrategias clave para mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad visual (Espinal, 2022).

Los entornos multisensoriales resultan especialmente beneficiosos para estos niños, ya que compensan la limitación visual a través de estímulos auditivos, táctiles, olfativos y cinestésicos. Estos espacios permiten el reconocimiento del entorno mediante sonidos, vibraciones, texturas y aromas, fortaleciendo el desarrollo cognitivo, emocional y social. Además, fomentan la curiosidad, la exploración segura y la comunicación no verbal, contribuyendo a una educación inclusiva, significativa y respetuosa de sus diferencias sensoriales.

3.1.4. *Discapacidad visual congénita*

La discapacidad visual congénita se refiere a una pérdida significativa de la capacidad visual presente desde el nacimiento o que se manifiesta en los primeros meses de vida, como se puede observar en la Figura 5. Este tipo de discapacidad puede ser causado por factores genéticos o por condiciones de desarrollo como la catarata congénita, retinopatía del prematuro o distrofias retinales. Las limitaciones visuales afectan el desarrollo motor y cognitivo de los niños, ya que la vista es fundamental para el aprendizaje temprano y la exploración del entorno. Además, en muchos casos, la discapacidad visual congénita puede estar acompañada de otras condiciones neurológicas o físicas que incrementan las barreras en el desarrollo. La intervención temprana y el apoyo de un equipo multidisciplinario son esenciales para minimizar el impacto en las habilidades funcionales y fomentar una mayor autonomía en la vida diaria (Gómez et al., 2022).

La incorporación de entornos multisensoriales resulta altamente beneficiosa para los niños con discapacidad visual congénita, ya que promueve el aprendizaje y la exploración del mundo a través de estímulos táctiles, auditivos, olfativos y propioceptivos. Estos espacios estimulan el desarrollo de habilidades perceptuales no visuales, facilitando la orientación espacial, la comunicación alternativa y el fortalecimiento de la autonomía. Además, contribuyen a la estimulación temprana del sistema nervioso mediante experiencias sensoriales estructuradas, lo que favorece el

desarrollo neuromotor, emocional y social, mejorando significativamente la calidad de vida y el bienestar integral del niño.



Figura 2: Discapacidad visual congénita

Nota. Tomado de (Instituto Nacional para Ciegos (INCI), [2023](#)).

3.1.5. *Cataratas Congenitas*

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las cataratas congénitas son una opacidad del cristalino presente al nacimiento o que se desarrolla durante la infancia temprana, constituyendo una causa importante de ceguera prevenible en niños. Estas opacidades impiden el paso adecuado de la luz hacia la retina, lo que afecta significativamente el desarrollo visual y puede ocasionar un deterioro irreversible si no se detectan y tratan oportunamente. Las cataratas congénitas pueden ser causadas por factores genéticos, infecciones intrauterinas, trastornos metabólicos o traumatismos, y su manejo requiere un diagnóstico precoz y una intervención quirúrgica oportuna para mejorar el pronóstico visual y evitar retrasos en el desarrollo neurocognitivo relacionado con la visión (de la Salud, [2023](#)).

3.1.6. **Glaucoma de inicio infantil:**

El glaucoma de inicio infantil, también conocido como glaucoma congénito, es una enfermedad hereditaria rara que se manifiesta en los primeros años de vida y afecta la presión intraocular debido a anomalías en el desarrollo de la malla trabecular y el ángulo de la cámara anterior del ojo. En la Figura [3](#) se puede observar como esta condición lleva a una obstrucción en el flujo de salida del humor acuoso, aumentando la presión ocular y provocando daño en el nervio óptico. La cirugía es el tratamiento primario, ya que el manejo médico solo tiene un papel de apoyo en la mayoría de los casos (Cervantes, [2023](#)).

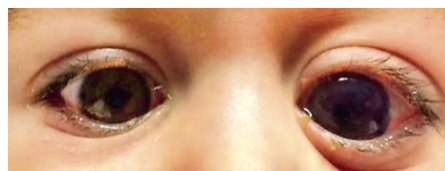


Figura 3: Glaucoma de inicio infantil.

Nota. Tomado de (Chafloque & Augusto, [2023](#)).

3.1.7. Megalofthalmia anterior:

Es una condición congénita poco común caracterizada por un agrandamiento de la cámara anterior del ojo sin signos de glaucoma. Esta condición puede acompañarse de otras anomalías oculares, como cataratas y astigmatismo elevado, y suele asociarse con síndromes genéticos. En los casos severos, puede predisponer al desarrollo de glaucoma debido al aumento de la presión intraocular (Torrent, 2020).

3.1.8. Retinopatía:

En la Figura 4 se muestra cómo la retinopatía es una condición que afecta la retina y puede llevar a una pérdida visual progresiva debido a factores como daño vascular, inflamación o problemas de desarrollo en el ojo. En niños, la retinopatía de la prematuridad es común y puede causar ceguera si no se trata a tiempo. Esta condición implica un crecimiento anormal de los vasos sanguíneos en la retina, que puede provocar desprendimiento de retina en casos severos (Vargas et al., 2022).



Figura 4: Retinopatía infantil.
Nota. Tomado de (Amorós, 2023).

3.1.9. Atrofia óptica:

Se refiere al deterioro progresivo del nervio óptico, que conecta el ojo con el cerebro. Esta condición ocurre cuando las fibras nerviosas que transmiten la información visual del ojo al cerebro tienen afectaciones, lo cual puede ser causado por factores múltiples como: enfermedades hereditarias, tumores, infecciones, presión ocular, traumatismos y trastornos oculares afectando al flujo sanguíneo del nervio óptico, los principales síntomas incluyen reducción en la agudeza visual, pérdida de la visión periférica, ceguera (Gupta et al., 2024).

3.2. Síndrome de Down

El síndrome de Down (SD) es un trastorno genético causado por la presencia de una tercera copia completa o parcial del cromosoma 21, conocido como trisomía 21. Esta condición es la causa más común de discapacidad intelectual de origen genético y afecta el desarrollo físico, cognitivo y emocional de las personas que tienen esta condición. Aquellos individuos con SD tienen características fenotípicas marcadas como, por ejemplo: hipotonía, rostro plano, ojos en forma de almendra, baja estatura, deficiencia cardíaca, problemas gastrointestinales y un alto riesgo de



Figura 5: Atrofia Óptica
Nota. Tomado de (Merino, 2020).

padecer Alzheimer en edades tempranas. Investigaciones como las de (Bull, 2020), manifiestan que identificar ciertos genes que son específicos contribuyen a emplear enfoques terapéuticos más específicos.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se estima que a nivel mundial uno de cada 1.000 a 1.100 recién nacidos nace con síndrome de Down. En América Latina, se ha observado una prevalencia aproximada de 1 por cada 700 nacidos vivos. En el contexto ecuatoriano, estudios del Ministerio de Salud Pública (MSP) y el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) reportan que anualmente nacen entre 250 a 300 niños con esta condición, aunque existe un subregistro significativo debido a la falta de tamizaje genético y diagnóstico temprano, especialmente en zonas rurales y de difícil acceso.

En el cantón Cayambe, donde se encuentra la Clínica Maternidad Mitad del Mundo, se han identificado varios casos de niños con síndrome de Down en edades tempranas, lo cual refuerza la necesidad de intervenciones tempranas e inclusivas. La implementación de estrategias como los espacios multisensoriales podría representar una herramienta clave para potenciar las habilidades cognitivas, motoras y sociales de estos niños, fortaleciendo su autonomía y su calidad de vida.

3.3. Trastorno

Un trastorno médico no psiquiátrico es una condición patológica que se caracteriza por una desviación funcional o estructural en los órganos, tejidos o sistemas fisiológicos y se manifiestan por síntomas y signos objetivables, medidos y cuantificables en pruebas clínicas o de laboratorio específicas. Este tipo de trastornos siempre están asociados con una etiología física clara, como infección, alteración genética, degeneración, disfunción metabólica, que los distingue de trastornos psiquiátricos, ya que en este caso el principal no es neurológico los procesos neuropsiquiátricos son la base del trastorno en portadores. El diagnóstico y tratamiento son medidas terapéuticas específicas basadas en la evidencia para tratar la etiología subyacente y sus manifestaciones clínicas (Telles, 2022).

3.3.1. Trastorno del Desarrollo de la Coordinación

El Trastorno del Desarrollo de la Coordinación (TDC) es una condición del neurodesarrollo mental el cual afecta aproximadamente entre el 5–6% de los niños en edad escolar. Su característica principal es que presentan dificultades para ejecutar movimientos coordinados. Los niños que padecen de TDC tienen un rendimiento

a nivel motor deficiente, pues interfiere en las actividades diarias y en el logro académico, ya que sus movimientos son torpes y lentos. Pese a que el origen del TDC no tiene evidencia científica concluyente, este se encuentra asociado con deficiencias en el desarrollo cerebral, de forma particular en áreas que son responsables de la coordinación y el control motor, regulados por el cerebelo y el lóbulo parietal. Los síntomas comunes incluyen problemas de equilibrio, control postural y dificultades en habilidades motoras finas y gruesas, lo que impacta su bienestar físico y mental (Biotteau et al., 2020).

Ante este panorama, la estimulación multisensorial se convierte en una estrategia fundamental para potenciar el desarrollo global del niño. Al integrar estímulos visuales, auditivos, táctiles, vestibulares y propioceptivos en un entorno controlado y atractivo, se favorece la plasticidad cerebral, fortaleciendo las conexiones neuronales implicadas en la planificación, ejecución y retroalimentación del movimiento. Los beneficios de estos entornos incluyen una mejora en la coordinación motora, mayor atención, mejor regulación emocional, mayor motivación hacia el aprendizaje, así como un fortalecimiento del autoestima y la autonomía funcional.

3.3.2. *Trastorno de lenguaje*

El trastorno del lenguaje es una condición que influye en la habilidad de una persona de producir o interpretar el lenguaje apropiado para su edad y condición de crecimiento. Este trastorno afecta tanto el lenguaje expresivo, (dificultad para hablar o poder expresar sentimientos), como el lenguaje receptivo, (dificultad que tiene una persona para entender el lenguaje de otros). Las causas de este tipo de patología incluyen diversas enfermedades y fenómenos genéticos, así como la alteración del desarrollo cerebral y las enfermedades neurológicas, estos provocan la aparición de tales trastornos, aunque a veces es difícil descubrir entre las causas conocidas. Este tipo de trastornos se detectan de forma general en la infancia, sin embargo, pueden persistir a lo largo de la vida de las personas, infiriendo en el desempeño académico, social y emocional (Paul, 2020). La estimulación multisensorial ayuda de forma concreta en el trastorno del lenguaje al reforzar la comprensión y producción del lenguaje mediante el uso combinado de estímulos visuales (imágenes, gestos), auditivos (música, sonidos, palabras grabadas), táctiles (texturas) y kinestésicos (movimiento y coordinación). Esta combinación de estímulos facilita el desarrollo del vocabulario, mejora la pronunciación, fomenta la estructuración de frases y fortalece la memoria auditiva y visual. También promueve una mayor atención e interacción, lo que favorece la comunicación funcional en contextos escolares y sociales.

3.3.3. *Trastorno de los sonidos del habla*

Un trastorno del habla representa una dificultad para generar sonidos claros y precisos, que impacta la inteligibilidad del lenguaje en comparación con niños de la misma edad. Esto puede manifestarse como omisiones, sustituciones o distorsiones de fonemas, originándose en déficits de articulación, procesamiento fonológico o control motor. Los niños que experimentan este desorden requieren intervención especializada de un logopeda, ya que estos problemas pueden afectar su desarrollo social y educativo. Del mismo modo, un trastorno del lenguaje puede dificultar la capacidad

de los niños para comunicarse e interactuar con otros, influyendo negativamente en su autoestima y habilidades de aprendizaje. No obstante, con tratamiento adecuado y apoyo continuo, muchos niños que enfrentan estos desafíos logran desarrollar habilidades lingüísticas saludables. (Navasivayam et al., 2020). La estimulación multisensorial contribuye directamente a mejorar los trastornos de los sonidos del habla, ya que combina estímulos visuales (como observar la posición de la boca), auditivos (escuchar fonemas correctamente articulados) y táctiles (sentir vibraciones o movimientos del aire al hablar), lo cual fortalece la conciencia fonológica y la precisión articuladora. Estos estímulos favorecen la conexión entre lo que el niño ve, escucha y siente, facilitando el aprendizaje y la corrección de los sonidos del habla.

3.3.4. Trastorno del desarrollo de la coordinación

El Trastorno del Desarrollo de la Coordinación (TDC) es una condición neuromotora que afecta aproximadamente al 5-6% de los niños en edad escolar y se caracteriza por una coordinación motora significativamente inferior a la esperada para la edad del individuo, sin que exista un déficit neurológico o intelectual evidente. Esta falta de coordinación interfiere en actividades diarias y en el rendimiento escolar, afectando habilidades motoras finas y gruesas, lo que se traduce en movimientos lentos, inexactos o poco eficientes. Los niños con TDC a menudo presentan dificultades para realizar tareas como escribir, vestirse o participar en deportes, y pueden enfrentar problemas emocionales o de autoestima debido a su rendimiento motor limitado (Pergantis, 2023). La estimulación multisensorial resulta beneficiosa en estos casos, ya que proporciona al niño experiencias que integran información visual, táctil, auditiva y propioceptiva, lo cual refuerza la planificación motora, la percepción espacial y el control del equilibrio. Mediante el uso de entornos adaptados con texturas, luces, sonidos y actividades interactivas, se facilita el desarrollo de conexiones sensoriomotoras que mejoran la precisión y fluidez de los movimientos, potenciando su autonomía funcional y participación social.

3.4. Espacio multisensorial

Un espacio multisensorial son entornos meticulosamente diseñados para estimular todos los sentidos y mejorar el bienestar emocional y cognitivo de personas con discapacidades o necesidades especiales complejas. Originalmente estos son conocidos como entornos Snoezelen, por ejemplo, en Países Bajos (Holanda) durante la década de 1970, estos ambientes hacían parte de centros educativos especializados, clínicas de rehabilitación y asilos para personas mayores con demencias o trastornos neurodegenerativos (Grace, 2020). Su objetivo principal es ofrecer una experiencia sensorial gradual y adaptada que permita a los usuarios interactuar con su mundo circundante de manera segura, confortable y libre de presiones. Desde el enfoque biomédico, estos entornos buscan estimular áreas específicas del cerebro vinculadas al procesamiento sensorial, la regulación emocional, la atención y la plasticidad neuronal, lo cual resulta especialmente beneficioso para niños con alteraciones del neurodesarrollo. Para garantizar la seguridad del usuario, estos espacios deben cumplir con estándares internacionales como la ISO 7010 e ISO 7731 para señalización y alarmas sensoriales. En cuanto a la iluminación, se recomienda

mantener niveles entre 100 y 300 lux para evitar sobrecargas visuales, permitiendo al mismo tiempo la utilización de luces interactivas y proyectores Infocus, que favorecen la atención y relajación. Los materiales comúnmente integrados incluyen espejos para retroalimentación visual segura, parlantes direccionales con control de volumen para evitar hipersensibilidad auditiva, dispositivos de estimulación táctil como paneles de texturas y estimuladores sensoriales de vibración controlada. Todos los componentes deben ser resistentes, ignífugos, con esquinas redondeadas y fabricados con materiales no tóxicos, fáciles de desinfectar, cumpliendo con la ISO 10993 sobre biocompatibilidad.

3.4.1. *Teorías de desarrollo sensorial*

Las teorías sobre el desarrollo de los sentidos analizan cómo evolucionan los sistemas sensoriales humanos desde el nacimiento hasta la edad adulta. Una de las más influyentes es la Teoría de la Integración Sensorial, desarrollada por Jean Ayres, la cual destaca la capacidad del cerebro para procesar e integrar estímulos sensoriales, formando una base esencial para el aprendizaje y el desarrollo motor. Estudios recientes enfatizan la importancia de la estimulación temprana para optimizar el desarrollo cognitivo y social. En las patologías (visual, auditiva y síndrome de Down), la integración sensorial puede mejorar su adaptación al entorno. Este tipo de estimulación favorece el fortalecimiento de habilidades adaptativas como la autonomía personal, la autorregulación emocional y la comunicación funcional, aspectos esenciales para la inclusión educativa y social. A nivel neurofisiológico, se ha evidenciado que los entornos multisensoriales promueven la neurogénesis y la sinaptogénesis en áreas cerebrales vinculadas a la percepción, el lenguaje y el movimiento, lo que facilita una mayor plasticidad cerebral y refuerza el aprendizaje significativo. Enfoques educativos basados en juegos sensoriales, como mesas de luz y tableros multisensoriales, han demostrado ser efectivos para estimular la percepción y las habilidades motoras (Rosales et al., [2023](#)).

3.4.2. *Teoría de la integración sensorial*

Esta teoría Fue desarrollada por Jean Ayres es aquella donde el cerebro organiza e interpreta la información sensorial la cual proviene del cuerpo y del entorno, este modelo menciona que la integración sensorial permite que haya un desarrollo de habilidades a nivel motor, cognitivo, social y emocional, las principales alteraciones que se pueden presentar son dificultades en el comportamiento, aprendizaje y socialización, este tipo de intervención busca mejorar la capacidad del sistema nervioso procesando de forma adecuada los estímulos sensoriales y facilitando las respuestas adaptativas que propician la funcionalidad (Camarata et al., [2020](#)).

3.4.3. *Teoría de la maximización de información sensorial*

La teoría de la maximización de la información sensorial afirma que los sistemas sensoriales del cerebro están diseñados para que la información sensorial sea codificada de la manera más eficiente posible, es decir, maximizando la cantidad de

información que pueden procesar mientras minimizan el impacto del ruido o las restricciones biológicas. Esta teoría se basa en principios de la teoría de la información como la maximización de la información mutua de varias formas de información de estímulos sensoriales con la actividad neuronal. Se ha demostrado que esta optimización está relacionada no solo con la preservación de la información, sino con la adaptación a la conducta necesaria también, como la discriminación perceptual y la toma de decisiones (Mannig et al., 2024).

3.4.4. *Teoría de la codificación predictiva en percepción sensorial*

La teoría de la codificación predictiva en la percepción sensorial sugiere que el cerebro produce continuamente un modelo interno del mundo en base a la experiencia previa y luego lo coteja con información sensorial que entra para prever estímulos. De acuerdo con la teoría, las señales de error de predicción, la discrepancia entre lo predicho y la percepción, se procesan jerárquicamente en el cerebro, lo que resulta en la actualización de los modelos cognitivos y la optimización de la percepción y del comportamiento. Este enfoque hace una combinación entre la inferencia bayesiana y el procesamiento neuronal y así explicar como el cerebro minimiza la incertidumbre mejorando la eficiencia sensorial (Lee et al., 2024).

3.4.5. *Teoría de sensibilidad al procesamiento sensorial*

Esta teoría se ha desarrollada en el ámbito de la psicología y aborda diferencias individuales en la sensibilidad sensorial, lo que destaca que algunas personas procesen los estímulos con mayor intensidad, a esto se lo conoce como “sensibilidad de procesamiento sensorial” el cual realiza las evaluaciones mediante el inventario de personas que son altamente sensibles (HSP), la cual no se encuentra relacionada con el neuroticismo, sino más bien con la forma en que perciben y responde a estímulos estas personas, lo cual tiene repercusiones directas en el bienestar emocional y social. Esta teoría se ha aplicado en el estudio de la reactividad sensorial en poblaciones con condiciones como el autismo (Turjeman & Kluger, 2022).

3.4.6. *Teoría de la plasticidad sensomotora en el desarrollo conceptual*

La teoría de la plasticidad sensomotriz en el desarrollo conceptual sugiere que las experiencias sensoriales y motoras durante el desarrollo son críticas para la formación y el refinamiento tanto de los conceptos abstractos como de las habilidades cognitivas. Este marco conceptual se apoya en la integración dinámica entre el sistema sensorial y motor. Las interacciones tempranas también estructuran los circuitos cerebrales adaptativos que hacen posibles habilidades más complejas. La plasticidad sensomotriz se basa en la capacidad del cerebro para reorganizar sus conexiones en función de experiencias a lo largo del tiempo debido a este rasgo, y la comprensión del mundo se posibilita a través de la adaptación conceptual y del contexto (Kanazawa et al., 2022).

3.5. Implementación del entorno multisensorial

3.5.1. *Sala Blanca*

Las salas multisensoriales pintadas de blanco, como se observa en la Figura 6, son ideales porque reflejan las luces y permiten proyectar diferentes tonos de colores e ilusiones visuales, potenciando los estímulos y creando ambientes visualmente atractivos para los niños. Según menciona (Gómez et al., 2022), las salas blancas son las más utilizadas, ya que proporcionan seguridad, relajación y confort, ya que su objetivo principal es ofrecer un entorno de relajación mediante la estimulación sensorial, favoreciendo el descubrimiento y la espontaneidad. Además, este entorno fomenta el autocontrol del niño dentro de un espacio diseñado para la interacción pasiva. Los estímulos sensoriales se presentan de manera progresiva, permitiendo que el niño los experimente de forma autónoma. Este proceso comienza con la activación del sistema visual como entrada inicial y se extiende gradualmente a la estimulación de otros sistemas sensoriales, favoreciendo así una integración sensorial global.



Figura 6: Habitación pintada de color blanco.
Nota. Tomada de (ORTOTECSA, 2019)

3.5.2. *Sala Negra*

Como se muestra en la Figura 7, las salas oscuras, mediante estímulos luminosos y sonoros, están diseñadas para facilitar el aprendizaje en personas con discapacidad, promoviendo la comprensión de conceptos como la relación causa-efecto, el significado de objetos y acciones, así como la orientación espacial y temporal. Además, estimulan la curiosidad, la exploración y el movimiento, siendo especialmente beneficiosas para niños con necesidades educativas especiales o dificultades en el desarrollo sensorial y cognitivo. (Navarro, 2020)



Figura 7: Sala oscura.
Nota. Tomada de (Curielcuriel, 2021)

3.5.3. *Sala de Aventuras*

La sala aventurera se caracteriza por su equipamiento diseñado para estimular la percepción sensorial y el desarrollo motor. Como se muestra en la Figura 8, contiene elementos como obstáculos, cuerdas colgantes, estructuras con sorpresas, cilindros huecos y pelotas de gran tamaño, que fomentan el movimiento, la coordinación y la exploración activa. Este tipo de espacio está especialmente dirigido a niños con discapacidad motora, trastornos del desarrollo o necesidades educativas especiales, ya que les permite mejorar sus habilidades físicas, su orientación espacial y su autonomía a través del juego y la interacción con el entorno. (Merchán Vanegas, 2020)



Figura 8: Sala de Aventuras.
Nota. Tomada de (Qinera, 2025)

3.5.4. *Divisiones de espacio*

La estructuración del espacio físico en áreas específicas, como aquellas destinadas a la estimulación visual y auditiva, tiene como objetivo responder de manera precisa a las necesidades individuales de cada niño o niña. Según (Tapia, 2023), segmentar los ambientes como se indica en la Figura 9 contribuye a evitar la sobrestimulación, un factor crítico en contextos terapéuticos. Esta organización facilita un entorno controlado, donde cada área está diseñada para maximizar la efectividad de

las intervenciones terapéuticas. Además, esta estrategia no solo optimiza la atención y el enfoque de los niños con discapacidades, sino que también promueve su desarrollo integral al crear espacios que favorecen un equilibrio entre la estimulación y descanso, mejorando la capacidad de respuesta sensorial y cognitiva.



Figura 9: División de la habitación en dos áreas funcionales: una sección destinada para la estimulación auditiva y otra centrada para la estimulación visual.

Nota. Tomada de (Tapia, 2023)

3.5.5. *Luces cascadas*

Incorporar luces crea ambientes que transmiten tranquilidad. Según menciona (Carbajo, 2021), las luces con puntos móviles producen efectos estimulantes, ya que al momento de cambiar de color de manera lenta y sin interrupciones, como se puede observar en la Figura 10, procuran sensaciones calmantes estimulando el ámbito visual y táctil. Estas fibras ópticas traen consigo una serie de estímulos positivos, pues no transportan energía eléctrica ni calor, por lo que los niños pueden tocarlas con gran facilidad y son tan moldeables que pueden ser llevadas hasta donde esté el niño/a sin la necesidad de que este tenga que acercarse a tocarlas.

La luz de cascada tiene una potencia de 4,4 W y una luminosidad de 360 lúmenes, proporcionando una iluminación de alta eficiencia. Su índice de reproducción cromática (IRC) es superior a 80, lo que garantiza una reproducción precisa del color. Su funcionamiento es compatible con un rango de tensión de 220-240 V AC y una frecuencia de 50/60 Hz. La eficiencia energética es esencial para estimular la visión de los niños.

En lo que respecta a su instalación, esta debe cumplir con los lineamientos establecidos por la norma IEC 60364, la cual regula instalaciones eléctricas de baja tensión para garantizar condiciones seguras y eficientes. Esto incluye el uso de circuitos independientes protegidos con interruptores automáticos acordes a la carga instalada, así como interruptores diferenciales (RCD) que previenen riesgos por contacto eléctrico. Los conductores deben dimensionarse correctamente para evitar caídas de tensión significativas, y el sistema de control encargado del encendido y cambio de colores debe estar resguardado en una caja con protección adecuada. (Recinos Ramos, 2020)



Figura 10: Incorporación de luces en cascada para crear un ambiente tranquilo.

Nota. Tomada de (FashionTIY, [2025](#))

3.5.6. *Luces LED*

Las luces LED utilizadas en el estudio están diseñadas para garantizar la eficiencia energética y la versatilidad. Según el fabricante (Truper, [2025](#)) cuentan con una potencia de salida de 40 W y un rango de voltaje de funcionamiento de 100 V a 240 V, estas luces se pueden adaptar a una variedad de configuraciones eléctricas, lo que garantiza la estabilidad y un rendimiento óptimo en una variedad de entornos. Utilizan 300 LED SMD 5050 integrados, una tecnología reconocida por su alta intensidad luminosa, bajo consumo energético y capacidad de crear una iluminación uniforme en una tira de 5 metros.

El sistema electrónico incluye un control remoto con un alcance de hasta 3,5 metros, que puede utilizarse para controlar de forma inalámbrica parámetros como la intensidad, el color y los patrones de luz, como se observa en la Figura [11](#), ya que son esenciales para muchas aplicaciones de sensores. Estas especificaciones electrónicas hacen de estas luces una solución ideal para entornos controlados donde la precisión y adaptabilidad de la iluminación favorecen el desarrollo sensorial y emocional de los niños en un contexto de investigación.

La norma ISO 8995-1:2025 establece requisitos para la iluminación en interiores, incluyendo la uniformidad de la luz y la calidad cromática, aspectos cruciales en entornos Snoezelen para evitar estímulos visuales disruptivos. Esta norma recomienda niveles de iluminancia ajustados (entre 100-500 lux para áreas de relajación) y un índice de reproducción cromática (CRI) superior a 80 para garantizar una percepción precisa de los colores, lo cual es esencial en la terapia sensorial. («ISO/CIE», [2025](#))



Figura 11: Colocación de luces LED en el techo en forma de curvas, junto a algodón que simula la apariencia de nubes.

Nota. Tomada de (Truper, 2025)

3.5.7. *Proyector*

El proyector Infocus HY3000, el cual podemos observar en la Figura 12, es un dispositivo de alto rendimiento diseñado para satisfacer las necesidades de proyección de entornos educativos, terapéuticos y de entretenimiento. El dispositivo según el fabricante («HY30», 2025), tiene una resolución de 4K, lo que proporciona imágenes claras y de alta calidad que son esenciales para captar la atención de los usuarios y brindar una experiencia visual inmersiva. Como se puede ver en la Figura 12 la herramienta tiene un diseño compacto, que mide $\text{Ø}100,8 \times 188$ mm, facilita su instalación y transporte, mientras que su salida de luz de 120 lúmenes garantiza una proyección clara incluso en condiciones de iluminación controlada. Además, el Infocus HY3000 opera en un rango de voltaje de 90-260V AC y una frecuencia de 50-60Hz, lo que lo hace compatible con una amplia gama de instalaciones eléctricas. Su doble alimentación (110-220V) lo convierte en una opción versátil y puede adaptarse a diferentes entornos. Estas características hacen del Infocus HY3000 una herramienta ideal para aplicaciones en salas multisensoriales donde la calidad de la proyección juega un papel importante en la estimulación sensorial y el impacto visual en los usuarios, especialmente cuando se trabaja con niños.



Figura 12: Instalación del proyector, herramienta importante para la estimulación visual de los niños con discapacidad.

Nota. Tomada de («HY30», 2025).

3.5.8. *Parlante*

El altavoz utilizado en este estudio es una unidad de alta potencia, según su fabricante («JBL (2023)», s.f.) cuenta una potencia de salida de 800 W RMS, que proporciona una reproducción de sonido clara y de alta calidad adecuada para entornos multisensoriales donde la estimulación auditiva es esencial. Este altavoz, con unas medidas de 399 mm x 905 mm x 436 mm, está diseñado para ofrecer un rendimiento acústico óptimo sin comprometer el espacio disponible en el entorno de instalación. Su entrada de energía admite un rango de 100-240 V CA 50/60 Hz, lo que garantiza que puede funcionar en una variedad de configuraciones eléctricas en hogares y entornos profesionales. Además, su peso total es de 31 kg, como se puede ver en la Figura 13, tiene una construcción robusta y adecuada para soportar un uso frecuente y garantiza la durabilidad del dispositivo a largo plazo. Estas características convierten al altavoz en una herramienta esencial para crear una atmósfera sonora inmersiva y personalizada, lo que resulta crucial en espacios multisensoriales donde la interacción auditiva juega un papel clave en el desarrollo sensorial de los niños.

Considerando estos espacios terapéuticos, también es importante tener en cuenta los niveles acústicos adecuados: la presión sonora, medida en decibelios (dB), debe mantenerse dentro de un rango terapéutico relajante. En entornos Snoezelen, se recomienda un nivel sonoro controlado entre 30 y 60 dB, con el fin de evitar la sobrestimulación y favorecer una experiencia sensorial equilibrada y segura. (World Health Organization, 2020)



Figura 13: Instalación del parlante, herramienta importante para la estimulación auditiva de los niños con discapacidad.

Nota. Tomada de Autoría propia.

3.5.9. *Cajetín de Mando*

En una sala multisensorial, según (ISNA, 2025) el cajetín de mando es crucial ya que facilita la centralización y el control seguro de todos los aparatos eléctricos y electrónicos, empleados en este tipo de ambiente. Estas áreas generalmente contienen aparatos que producen estímulos visuales, auditivos, táctiles y olfativos, tales como proyectores de luz, parlantes, paneles interactivos y sistemas de vibración. Estos dispositivos necesitan una fuente de energía fiable y un sistema de control eficaz. El cajetín contribuye a salvaguardar los dispositivos, regular su operación y asegurar

el cumplimiento de las medidas de seguridad eléctrica para prevenir peligros como cortocircuitos, sobrecargas o averías eléctricas, además (International Trading, 2018) , tienen diferentes normas de las cuales específicamente, se tomaron en cuenta las regulaciones IEC 60364, las cuales rigen las instalaciones eléctricas de baja tensión, garantizando que el diseño y la instalación se ajusten a estándares internacionales para evitar peligros eléctricos como sobrecargas, cortocircuitos y descargas eléctricas. Además, se aseguró la utilización de componentes certificados conforme a las pautas de la IEC 60947, que definen las necesidades para equipos de control y protección. ,

3.5.10. *Cable THWN*

Para la conexión eléctrica interna de la sala multisensorial se ha utilizado el cable tipo THWN, un conductor eléctrico con aislamiento termoplástico resistente al calor, soportando temperaturas de hasta 75°C. Este cable es resistente al agua y a la humedad, y cuenta con un recubrimiento de nailon que proporciona una protección adicional. Además, su diseño asegura que no representa peligro para los niños con discapacidad, garantizando un entorno seguro y confiable.

Según la Norma (NEC-SB, 2023), este tipo de cable de calibre se utiliza en instalaciones de baja tensión, especialmente en instalaciones residenciales, comerciales e industriales, cumpliendo con los requisitos de seguridad y eficiencia para sistemas eléctricos de hasta 600 V. Los calibres de este tipo de cable en el sistema AWG (American Wire Gauge) y su capacidad de corriente son los siguientes:

- Calibre 14 AWG: Hasta 15 amperios.
- Calibre 12 AWG: Hasta 20 amperios.
- Calibre 10 AWG: Hasta 30 amperios.
- Calibre 8 AWG: Hasta 55 amperios.
- Calibre 6 AWG: Hasta 75 amperios.

El calibre del cable se selecciona en función de la corriente que se va a instalar, asegurando que sea adecuado para la carga eléctrica requerida.

3.5.11. *Espejo Montessori*

El espejo Montessori interactivo que también es de cristal shatterproof es indispensable para el crecimiento de los niños, con dimensiones habituales de 1.50 cm de alto por 70 cm de ancho. Elaborado sin límites precisos y hecho de materiales seguros, se sitúa a la altura de los niños para simplificar su acceso y uso seguro, como se observa en la Figura 14.

Desde el punto de vista Montessori, este recurso fomenta la propiocepción, la autoconciencia y la confianza, facilitando a los niños la identificación de su imagen y la vinculación de sus movimientos con su reflejo. Esto promueve la coordinación y el aprendizaje precoz mediante la imitación de gestos y expresiones. Además, fomenta la inquisitividad y el juego sensorial, respaldando su crecimiento holístico. Para asegurar la seguridad, se aconseja que los espejos sean fabricados con materiales

resistentes a la ruptura y estén firmemente adheridos a la pared, garantizando así su funcionalidad y resguardo durante su utilización (Carbajo, 2015).



Figura 14: Instalación del espejo Montessori para que los niños estimulen sus habilidades y desarrollen confianza.

Nota. Tomada de Autoría propia.

3.5.12. *Eliminación de Luz Solar*

Según (Electric, 2025), es fundamental evitar la luz solar directa como se indica en la Figura 15, para asegurar un ambiente regulado que promueva la eficacia de las terapias. Es complicado controlar la intensidad, dirección y color de la luz solar, lo que puede provocar deslumbramientos, sombras y alteraciones en el entorno sensorial durante el día, impactando la repetición de las sesiones. Además, esta luz tiene el potencial de interferir con aparatos de iluminación artificial, como luces LED o proyectores, y elevar la temperatura del espacio, poniendo en riesgo la comodidad de los usuarios y el rendimiento de los dispositivos. Además, puede desviar la atención de los usuarios al exponerlos a estímulos externos como escenarios o acciones fuera de la habitación. Para minimizar estos inconvenientes, se aconseja el empleo de cortinas opacas o persianas de oscurecimiento, generar áreas separadas de luz natural y emplear sistemas de iluminación adaptables que posibiliten ajustar los estímulos sensoriales de acuerdo a las demandas particulares. En nuestro caso, para evitar la incidencia de luz solar directa, se utilizaron cartulinas negras, como se muestra en la Figura 15.

3.5.13. *Tatami Infantil y esponja*

Implementar superficies acolchadas de diferentes tamaños proporciona estímulos táctiles, los cuales resultan ser esenciales para la estimulación motora, de acuerdo con (Amán, 2020), las superficies acolchadas facilitan la exploración y el movimiento los cuales son esenciales para el desarrollo psicomotor ya que mejora la calidad de vida y promueve las habilidades a nivel motor y cognitivo. Además, promueven la seguridad y confianza, ya que al ser más suaves reducen los riesgos de



Figura 15: Cubrir todas las áreas por donde entre luz visible, para optimizar la captación de todo lo que se encuentra dentro del cuarto multisensorial.

Nota. Tomada de Autoría propia.

sufrir lesiones mientras se realizan actividades físicas, por tanto, las superficies acolchadas mejoran la propiocepción la cual es una capacidad para percibir la posición y el movimiento del cuerpo en el espacio. El tatami según su fabricante (Kindersariato, 2025) consta de un material impermeable al agua que facilita la limpieza y previene la acumulación de humedad, lo que lo hace ideal para actividades con niños. Con un espesor de 1,5 cm, proporciona una adecuada amortiguación ante posibles caídas. Sus dimensiones estándar de 60 cm de longitud por 60 cm de anchura permiten una instalación versátil y flexible, adaptándose a diferentes configuraciones de espacio, tal cual se puede observar en la Figura 16.

La esponja de 5 cm de espesor de poliuretano expandido en una sala multisensorial proporciona una abundante estimulación táctil, mejora la seguridad y el confort, y ayuda en el desarrollo motor fino. Además, facilita la integración sensorial al combinarse con otros elementos de la sala, como tocar y caminar sobre la esponja, escuchar sonidos, ver luces, mejora la capacidad del cerebro para manejar y reaccionar a las texturas diferentes según la Licenciada Juana Albuja, terapeuta de la Clínica Mitad del Mundo, quien es la encargada de realizar las terapias con los niños. La esponja, según su fabricante (Etsy, 2023), ofrece un equilibrio perfecto entre soporte y suavidad, como se puede observar en la Figura 17, garantizando comodidad y estabilidad en una variedad de entornos. Fabricada con espuma de alta calidad, es resistente y duradera, manteniendo su forma y textura incluso después de un uso prolongado. Además, es fácil de limpiar.



Figura 16: Tatami.

Nota. Tomada de Kindersariato (2025).

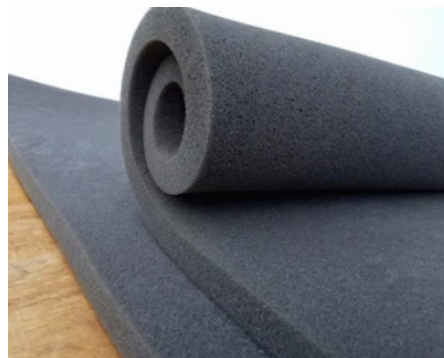


Figura 17: Esponja.

Nota. Tomada de Etsy (2023).

3.5.14. *Decoración en el entorno Multisensorial*

De acuerdo con (en la Luz, 2025), La finalidad de las decoraciones con ilustraciones en un entorno multisensorial es potenciar el entorno terapéutico y estimular los sentidos de manera visual y emocional. Estas imágenes, escogidas con cuidado, pueden incluir formas, colores y temas que generen tranquilidad, preocupación o alegría, adecuándose a las necesidades de los usuarios. Adicionalmente, como se observa en la Figura 18 los dibujos contribuyen a crear un ambiente cálido y atractivo, motivando la interacción y el estudio del espacio. En los niños, pueden actuar como centros de atención visual para potenciar destrezas de observación ocular o como estímulos para actividades de identificación y asociaciones. En personas con discapacidad, estas decoraciones ayudan a promover el aprendizaje sensorial, reducir el estrés y promover un entorno más motivador y personalizado para las sesiones de terapia.



Figura 18: Decoración de la habitación con dibujos, cortinas lumínicas combinadas con luces y objetos de colores, diseñados para captar la atención de los niños.

Nota. Tomada de Autoría propia.

3.6. Estimuladores Sensoriales

Herramientas de programación y diseño

3.6.1. *Plataforma de programación: Arduino IDE*

La plataforma Arduino es un entorno de desarrollo integrado (IDE) gratuito y de código abierto, diseñado para facilitar la creación y carga de programas en placas Arduino y otras compatibles. Esta plataforma de computación abierta se basa en un microcontrolador sencillo y un entorno de programación accesible, lo que permite a los usuarios desarrollar diversos proyectos de manera intuitiva y eficiente. (Peña, 2020)



Figura 19: Logotipo del Arduino IDE en Uptodown.
Nota. Imagen Tomada de (Uptodown, 2025)

3.6.2. *Software de Diseño PCB: Proteus Design Suite*

Esta plataforma es un programa informático diseñado para el desarrollo integral de proyectos electrónicos, que permite desde el diseño de esquemas y la programación de software hasta la construcción de placas de circuito impreso (PCB). Además, incluye herramientas avanzadas para la simulación de microcontroladores, la depuración de errores, la documentación del proyecto y la creación de prototipos completos, facilitando así todas las etapas del diseño y prueba de dispositivos electrónicos. (Hubor Proteus, 2022)

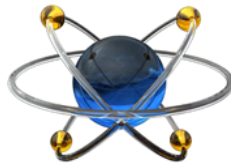


Figura 20: Logotipo de Proteus Design Suite.
Nota. Imagen Tomada de (Pashoğlu, 2021)

Componentes principales del Circuito

3.6.3. Microcontrolador: Arduino Mega

Como se muestra en la Figura 21, la placa Arduino Mega 2560 es una plataforma de desarrollo avanzada basada en el microcontrolador ATmega2560, diseñada para proyectos que requieren una gran cantidad de entradas y salidas. Como se muestra en la Figura 22, cuenta con 54 pines digitales configurables como entradas o salidas, de los cuales 15 generan señales PWM (modulación por ancho de pulso), lo que permite controlar dispositivos como servomotores, luces LED con brillo variable y otras aplicaciones que requieren regulación de velocidad o intensidad. Además, incorpora 16 entradas analógicas para la lectura de señales variables provenientes de sensores de temperatura, luz, humedad, entre otros. La placa dispone de un conector USB que sirve tanto para su programación como para suministrar alimentación de 5V. Adicionalmente, cuenta con una entrada de alimentación externa a través de un conector tipo jack, lo que permite su operación autónoma sin depender de un ordenador. También incluye pines ICSP para programación en circuito y un botón de reinicio (Reset), que facilita el reinicio del sistema sin necesidad de interrumpir la alimentación eléctrica. (González, 2025)

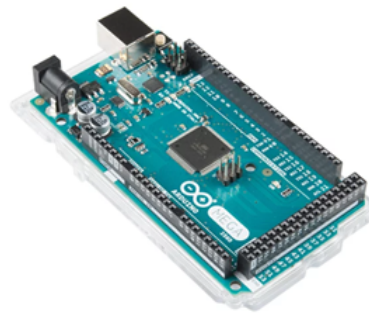


Figura 21: Arduino Mega 2560.

Nota. Imagen Tomada de (González, 2025)

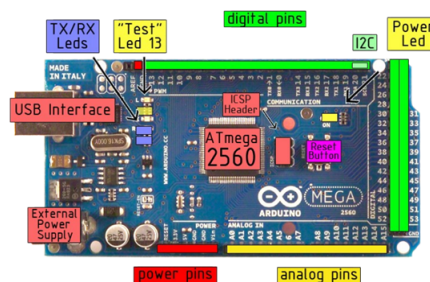


Figura 22: Distribución de pines del Arduino Mega 2560.

Nota. Imagen Tomada de (Arduino, 2025)

3.6.4. Módulo reproductor de audio: Mp3-TF-16p

El MP3-TF-16P es un módulo reproductor de audio compacto, diseñado para reproducir archivos en formato MP3, ya sea de forma autónoma o bajo el control de microcontroladores como Arduino. Debido a su diseño compacto, bajo costo y facilidad de uso se utiliza en proyectos electrónicos que requieren salida de audio, como sistemas de notificación por voz, juguetes interactivos, dispositivos portátiles o entornos educativos. El módulo utiliza tarjetas microSD para almacenar los archivos de audio, y permite el control de funciones como reproducción, pausa, detención, cambio de pista y ajuste de volumen mediante comunicaciones seriales. (AG Electrónica, 2021)

Como se muestra en la Figura 23, el módulo MP3-TF-16P cuenta con una serie de pines. Para su alimentación, dispone del pin VCC, que acepta voltajes entre 3.2V y 5V, y el pin GND como referencia a tierra. La comunicación con un microcontrolador, como Arduino, se realiza mediante los pines RX (recepción de datos) y TX (transmisión de datos). Para la salida de audio, ofrece dos opciones: los pines SPK1 y SPK2 permiten conectar directamente un altavoz sin necesidad de amplificador externo, mientras que los pines DAC_L y DAC_R entregan una señal analógica estéreo que puede conectarse a un amplificador externo para obtener mejor calidad de sonido. Además, incluye un pin BUSY, que se activa en nivel bajo mientras se reproduce audio, permitiendo detectar cuándo el módulo está ocupado.

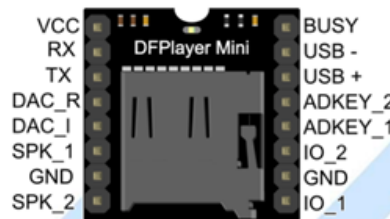


Figura 23: Distribución de pines del Mp3-TF-16p.

Nota. Imagen Tomada de (AG Electrónica, 2021)

3.6.5. Regulador de voltaje LM2595

Este módulo está basado en el regulador DC-DC step-down LM2596, un circuito integrado monolítico diseñado para facilitar la creación de fuentes de alimentación conmutadas tipo buck. Puede suministrar hasta 3A de corriente y cuenta con salida de voltaje ajustable. El convertidor LM2596 permite obtener un voltaje regulado a partir de una fuente con mayor voltaje, por ejemplo, puede convertir 12V en salidas de 5V, 3.3V, 2.2V, entre otras, siendo ideal para alimentar microcontroladores como Arduino, PIC, Raspberry Pi, así como para fuentes variables, drivers de LED, entre otros dispositivos. (ELECTRONICS, 2020)

Como se muestra en la Figura 24, en la parte de distribución de pines, el módulo regulador de voltaje LM2595 DC-DC cuenta con cuatro pines principales: IN+ para la entrada de voltaje positivo (de 4V a 40V), IN- (GND) como tierra de entrada, OUT+ como salida de voltaje regulado y OUT- (GND) como tierra de salida, común con IN-.



Figura 24: Módulo Regulador de Voltaje LM2595 y Distribución de sus Pines
Nota. Imagen Tomada de (ELECTRONICS, 2020)

3.6.6. *Sensor táctil*

Este dispositivo actúa como un regulador de intensidad luminosa con función de encendido y apagado para tiras LED monocromáticas extraplanas, diseñado para instalación empotrada en muebles como gabinetes, armarios o espejos. Cuenta con un sensor táctil de alta sensibilidad que puede detectar la presencia o gestos a través de materiales como madera, piedra, papel, acrílico o plástico, permitiendo una instalación flexible, estética y sin contacto físico directo. Opera a temperaturas entre -20°C y 50°C , con una clase térmica de 120°C , grado de protección IP20 para interiores y un factor de potencia de 1. Su voltaje de salida es de 12V (6 A, 72W) o 24V (6 A, 144W), e incluye funciones de atenuación constante y memoria de último nivel de intensidad. Un toque rápido sobre el sensor permite encender o apagar el sistema, mientras que al mantener presionada el área del sensor se ajusta la intensidad de la luz en un ciclo de aproximadamente 3 segundos. (de C.V., 2024)

Este tipo de sensores es ideal para aplicaciones en iluminación ambiental, decorativa o en espacios donde se busca una interacción rápida y estimulante.



Figura 25: Sensor táctil.
Nota. Imagen Tomada de Autoría propia.

3.6.7. *Fuentes de Alimentación*

Las fuentes de alimentación son esenciales en cualquier sistema electrónico, ya que permiten transformar la energía eléctrica para adaptarla a las necesidades específicas de los dispositivos. En particular, las fuentes conmutadas (SMPS) se han convertido en una opción ampliamente utilizada debido a su alta eficiencia, tamaño reducido y capacidad para mantener una tensión estable.

El funcionamiento básico de estas fuentes incluye una etapa de reducción de tensión mediante un transformador, seguida por un proceso de rectificación que convierte la señal alterna en corriente continua. Luego, se realiza un filtrado para eliminar el ruido eléctrico y una regulación que estabiliza la salida de voltaje, asegurando un suministro confiable y seguro para los dispositivos conectados. (Hernández, 2020)

- **Fuente de 24v:** Una fuente que entrega 24 voltios y 10 amperios, es decir, 240 watts de potencia, se usa con frecuencia en aplicaciones industriales, sistemas de automatización, telecomunicaciones, iluminación LED y equipos de seguridad, debido a su robustez y versatilidad. Estas fuentes suelen contar con sistemas de protección contra cortocircuitos, sobrecargas y sobrecalentamiento, y en muchos casos prescinden de ventiladores, aprovechando el enfriamiento por convección para mantener su funcionamiento estable. En cuanto a su diseño interno, utilizan topologías como buck o boost, junto con controladores especializados que optimizan la regulación de voltaje y mejoran la eficiencia térmica. (Nagulapati & Udayakumar, 2022)
- **Fuente de 12v:** Las fuentes de alimentación conmutadas (SMPS) de 12 voltios y 20 amperios, capaces de entregar hasta 240 vatios de potencia, son ampliamente utilizadas en sistemas donde se requiere eficiencia energética y un suministro constante de corriente continua, como en iluminación LED de alto rendimiento, telecomunicaciones, automatización industrial y sistemas de videovigilancia. A diferencia de las fuentes lineales, las SMPS convierten la energía de manera más eficiente mediante procesos de conmutación a alta frecuencia, lo que permite reducir el tamaño de los componentes y minimizar la pérdida de calor. Este tipo de fuentes emplea convertidores como el buck, boost o flyback, dependiendo del nivel de tensión deseado y de la arquitectura del sistema.

Un diseño adecuado de una fuente SMPS debe considerar no solo la entrega estable de 12V a altos niveles de corriente, sino también la protección contra sobrecargas, el control de interferencias electromagnéticas (EMI), y el cumplimiento de normativas internacionales de seguridad eléctrica. (Liu et al., 2020)

3.6.8. *Cinta neón*

La cinta LED neón es un tipo de iluminación flexible que imita el aspecto del neón tradicional, pero utiliza tecnología LED, lo que le permite ser mucho más eficiente en el consumo de energía y tener una vida útil considerablemente más larga. Esta tecnología consiste en una tira flexible que contiene una serie de diodos emisores de luz (LED) encapsulados en un material difusor, que ayuda a repartir la luz de forma uniforme para crear un efecto luminoso continuo y suave, sin los puntos brillantes o "hot spots" que suelen presentarse en otras tiras LED convencionales.

Desde el punto de vista eléctrico, estas cintas suelen funcionar con una fuente de corriente continua de 12 o 24 voltios. Dependiendo de la longitud y la densidad de los LED, el consumo puede variar, pero comúnmente una cinta LED neón de



Figura 26: Fuentes de poder 24v y 12v.
Nota. Imagen Tomada de autoría propia.

5 metros puede consumir entre 10 y 20 vatios, lo que se traduce en una corriente aproximada de 0.8 a 1.6 amperios cuando se usa una fuente de 12 voltios. Este bajo consumo facilita su uso en sistemas de baja tensión, aumentando la seguridad y reduciendo el gasto energético.

La forma en que están distribuidos los LED en la tira, junto con el recubrimiento encapsulante, permite que la luz se mantenga homogénea a lo largo de toda la cinta, evitando caídas de brillo y asegurando una iluminación uniforme. Además, el encapsulado está diseñado para ser resistente al agua y a diferentes condiciones ambientales, lo que hace que estas cintas sean ideales tanto para uso en interiores como en exteriores, soportando humedad, polvo y otros factores que podrían afectar su desempeño. (La Casa del LED, 2025)

3.6.9. *Sensor piezo eléctrico*

Los discos o sensores piezoeléctricos son componentes que aprovechan una propiedad física llamada efecto piezoeléctrico, la cual permite que ciertos materiales generen una señal eléctrica cuando se les aplica presión o sufren una deformación mecánica. Estos discos están generalmente hechos de cerámicas piezoeléctricas, como el titanato zirconato de plomo (PZT), conocidas por su alta sensibilidad y capacidad para transformar energía mecánica en energía eléctrica de manera eficiente.

Desde el punto de vista electrónico, un disco piezoeléctrico actúa como un pequeño generador de voltaje alterno. Cuando se ejerce una fuerza sobre su superficie, se produce una señal eléctrica cuya magnitud puede variar desde milivoltios hasta varios voltios, dependiendo de la intensidad y la frecuencia de la presión aplicada. Esta característica hace que los discos piezoeléctricos sean ideales para detectar vibraciones, golpes o cambios de presión, ya que el voltaje generado está directamente relacionado con la cantidad y rapidez de la deformación que experimentan. (Sharma et al., 2022)

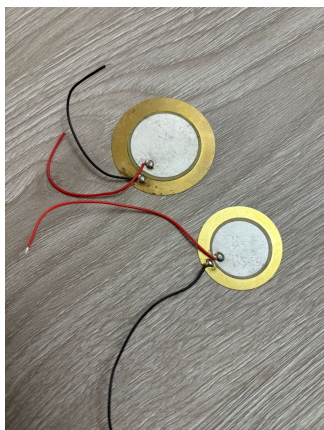


Figura 27: Disco piezo eléctrico.

Nota. Imagen Tomada de autoría propia.

4. Metodología

4.1. Diagnóstico Inicial

Por medio del análisis de las historias clínicas de los niños y niñas atendidos en la Clínica Maternidad Mitad del Mundo, sede Cayambe, se identificó un grupo de 15 pacientes compuesto por tres niños con discapacidad auditiva, diez con discapacidad visual y dos con síndrome de Down. La distribución etaria del grupo oscila entre los 3 y 10 años, lo que los ubica en una etapa de escolaridad inicial crucial para el desarrollo motriz, cognitivo y sensorial. Este perfil homogéneo permite establecer estrategias de intervención específicas para estimular sus habilidades fundamentales, favoreciendo su integración social y educativa. La alta prevalencia de discapacidades sensoriales en este grupo resalta la relevancia de implementar un entorno multisensorial en la clínica. Este espacio integrará estímulos visuales y auditivos diseñados para maximizar el desarrollo cognitivo y motor de los niños. Además, se busca fomentar la interacción social y el bienestar emocional, reduciendo las brechas en el acceso a terapias especializadas en el cantón Cayambe. La implementación de estas estrategias tiene como objetivo principal mejorar el estilo de vida de los niños/as y sus familias, facilitando su inclusión social y educativa y promoviendo un desarrollo integral adaptado a sus necesidades sensoriales.

Tabla 1: Características de los niños en el estudio

Característica	Descripción	Cantidad
Tipo de Discapacidad		
Discapacidad Auditiva	Niños con dificultades en la audición.	3
Discapacidad Visual	Niños con dificultades en la visión.	10
Síndrome de Down	Niños diagnosticados con Síndrome de Down.	2
Rango de Edad	Niños en un corto rango de desarrollo.	3-10 años
Total de Pacientes	Suma total de niños en el estudio.	15

El tiempo promedio para la aplicación de la guía fue de 20 a 30 minutos por participante, asegurando un ambiente controlado y adaptado a las necesidades de

cada niño. Este proceso incluyó entrevistas con los padres o cuidadores para obtener información complementaria y validar las respuestas observadas, lo que aumenta la confiabilidad del instrumento. Se establecieron rangos específicos para interpretar el desempeño sensorial de los niños. Estos rangos fueron calculados con base en un modelo de amplitud de clase y se distribuyen de la siguiente manera:

Tabla 2: Clasificación del Nivel de Procesamiento Sensorial

Rango total	Clasificación	Descripción
149-205	Nivel normal	Los niños muestran un procesamiento sensorial funcional y cercano al desarrollo esperado.
95-148	Nivel regular	Los niños presentan dificultades leves o moderadas que requieren atención para mejorar su desarrollo.
41-94	Nivel bajo	Los niños enfrentan problemas significativos en el procesamiento sensorial, requiriendo intervención inmediata.

Se siguieron las normas éticas estipuladas por la Declaración de Helsinki, la cual establece un conjunto de principios éticos para orientar a una investigación médica en seres humanos asegurando los siguientes puntos:

- Autorización institucional: Se obtuvieron los permisos necesarios de la dirección de la clínica y el personal docente.
- Consentimiento informado: Los padres de los participantes firmaron un documento de consentimiento para garantizar que entendían los objetivos, métodos y alcances del estudio.
- Principios éticos: La investigación se fundamentó en los principios de autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia *****(Rodríguez, 2025)

4.2. Tipo de investigación

Desde el punto de vista metodológico, el presente estudio se basa en una investigación experimental de tipo aplicada. El propósito principal es evaluar la implementación de un entorno multisensorial diseñado específicamente para estimular las capacidades motoras, cognitivas y sensoriales en un grupo de 15 niños con discapacidades visuales, auditivas y síndrome de Down. El carácter experimental del estudio radica en el diseño, evaluación e implementación de estrategias sensoriales dentro de un entorno controlado, ajustado a las necesidades específicas de estos niños. Dicho entorno multisensorial busca integrar estímulos visuales y auditivos, optimizando la intervención terapéutica y promoviendo un desarrollo integral. Además, la investigación aplicada se enfoca en generar soluciones prácticas y adaptadas al contexto de la Clínica Maternidad Mitad del Mundo, sede Cayambe, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de los niños y facilitando su integración social y educativa. Este enfoque metodológico no solo permite analizar la efectividad de las estrategias implementadas, sino también establecer un modelo replicable en contextos similares.

4.3. Instrumento

El instrumento principal utilizado fue la Guía de Observación de Integración Sensorial para Niños(as) y Adolescentes con Discapacidad (2023), diseñada por José Luis Malpartida Repetto. Este instrumento se aplicó de manera individual a un total de 15 niños previamente seleccionados que presentan discapacidades auditivas, visuales o síndrome de Down. La selección de este grupo estuvo fundamentada en criterios específicos, como su etapa de escolaridad inicial (entre 3 y 10 años) y la homogeneidad en su perfil clínico, lo que permitió un análisis más controlado y representativo de las características sensoriales de este grupo vulnerable. La guía consta de 41 ítems estructurados en cinco áreas clave del procesamiento sensorial, que fueron desarrolladas con base en principios de neurociencia sensorial, psicología del desarrollo y prácticas clínicas basadas en evidencia. Las áreas evaluadas incluyen:

Tabla 3: Áreas de procesamiento y objetivos

Área de procesamiento	Cantidad de ítems	Objetivo principal
Procesamiento auditivo	8	Evaluar la respuesta del niño ante estímulos sonoros (comprensión, sensibilidad y reacción).
Procesamiento visual	8	Medir la capacidad de enfoque, discriminación visual y respuesta a estímulos visuales.
Procesamiento táctil (no evaluado)	9	Evaluar la respuesta que un niño con discapacidad da a estímulos táctiles.
Procesamiento vestibular	12	Analizar el equilibrio, el movimiento corporal y la integración del sistema motor.
Procesamiento conductual	4	Observar comportamientos asociados como ansiedad, frustración y sociabilidad.

Cada ítem utiliza una escala de medición ordinal para registrar la frecuencia de las conductas observadas, con rangos que varían desde "casi nunca o nunca"(1) hasta "casi siempre o siempre"(5). Este diseño permite capturar con precisión las características sensoriales y comportamentales de cada niño, facilitando el análisis cuantitativo y cualitativo de los datos recolectados.

Tabla 4: Rango e Interpretación de Conductas

Rango	Interpretación
5: Casi siempre o siempre	Conducta casi constante o siempre presente.
4: Frecuentemente	Conducta que ocurre regularmente.
3: A veces	Conducta que ocurre de forma moderada.
2: Ocasionalmente	Conducta poco común.
1: Casi nunca o nunca	Conducta ausente o rara vez presente.

4.4. Muestra

La muestra estuvo conformada por 15 niños y niñas, seleccionados mediante un muestreo por conveniencia, considerando las limitaciones logísticas y operativas del estudio. Este método permitió incluir únicamente a los participantes cuyos cuidadores aceptaron formar parte del proyecto y que cumplieran con los criterios de inclusión definidos previamente. Este enfoque asegura la participación de un grupo homogéneo en términos de edad (entre 3 y 10 años), condición clínica (discapacidad sensorial) y disponibilidad, lo que facilita la comparación de los resultados obtenidos. Para garantizar la pertinencia y representatividad de la muestra, se establecieron los siguientes criterios:

Criterios de exclusión

Tabla 5: Criterios de exclusión

Criterio	Descripción
Falta de consentimiento informado	Niños/as cuyos padres o cuidadores legales no firmaron el consentimiento.
Ausencia recurrente	Niños/as con inasistencias frecuentes a las sesiones de terapia.

Criterios de inclusión

Tabla 6: Criterios de inclusión

Criterio	Descripción
Edad:	niños/as entre 3 a 10 años
Diagnostico:	Discapacidad visual, discapacidad auditiva, Síndrome de Down
Comorbilidades tratables mediante estimulación sensorial:	Retrasos en el desarrollo motor, procesamiento vestibular
Consentimiento informado:	Padres, tutores o cuidadores legales que otorguen la autorización para participar

4.5. Criterios de Muestra

Tabla 7: Distribución por Edad, Género y Tipo de Discapacidad

Edad	Discapacidad auditiva		Discapacidad visual		Síndrome de Down	
	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino
5 años			2	2		
6 años	1	1	1			1
7 años				4		
8 años	1					
9 años				1	1	
Total	2	1	3	7	1	1

4.6. Hipótesis

Implementar un sistema multisensorial personalizado mejora significativamente el desarrollo sensorial, cognitivo y social en niños de 3 a 10 años con síndrome de Down, discapacidades visuales y auditivas en la Clínica Maternidad Mitad del Mundo, sede Cayambe, como se logra observar en la [28](#)

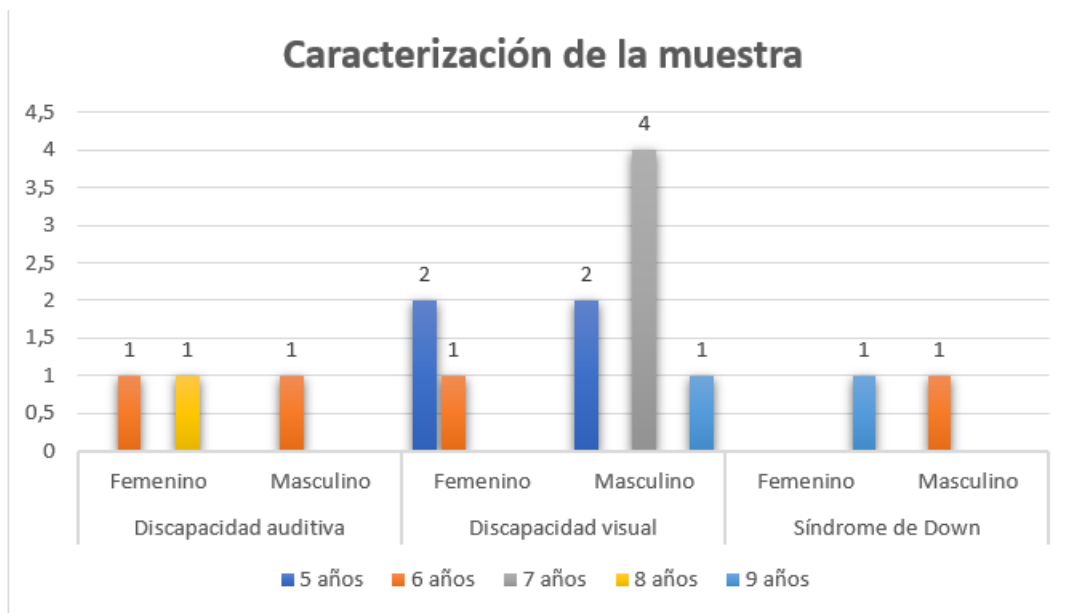


Figura 28: Caracterización de la muestra según género y discapacidad
Nota. Tomada de Promart.

4.7. Aplicación de la intervención

4.7.1. Intervención con terapias.

Las Terapias de intervención para los niños con discapacidad, se realizaron en función de las necesidades específicas de cada niño, utilizando recursos del área

multisensorial y actividades lúdica que fueron previamente aprobadas por la licenciada a cargo de la Fundación, las terapias fueron aplicadas en dos a tres sesiones semanales por un periodo de 12 semanas.

4.7.2. Terapia de intervención para niños con discapacidad visual

Esta terapia tiene como propósito facilitar el desarrollo sensorial, cognitivo y emocional de niños con discapacidad visual, mediante el uso del cuarto multisensorial, para que se fomente su independencia y habilidades de interacción con el entorno.

- Frecuencia: 1 vez por semana.
- Duración: 30-45 minutos, dependiendo de la tolerancia del niño.

Estructura de las sesiones:

1. Introducción (5 minutos):

Se realiza un breve saludo con los niños y se les explica de forma verbal a los padres y a ellos lo que se va a realizar por medio del uso de objetos para brindar una mayor seguridad.

2. Exploración Sensorial Dirigida (15-20 minutos):

Táctil: Se presentan objetos de diferentes texturas y se describió verbalmente sus características (Esto es suave, esto es áspero, etc.)

Auditiva: Identificación de sonidos direccionales, por medio del juego de botones con sonidos permitiéndoles escuchar secuencias específicas los cuales permiten el desarrollo de habilidades de memoria, reconocimiento y atención

Propioceptiva: Caminatas por caminos texturizados, explorando con los pies descalzos.

3. Actividades Temáticas (10-15 minutos):

Juegos con causa-efecto: Los niños presionan botones que activan sonidos o vibraciones.

Narración de cuentos interactivos: Integrar sonidos y texturas relacionadas con el relato (Leer un cuento sobre el bosque donde se incluyan ramas y sonidos de animales).

4. Relajación y Cierre (5 minutos):

Este es el tiempo para que el niño se recueste en el piso de tatami mientras escucha música relajante.

5. Monitoreo del progreso

Así también, se realizó un monitoreo del progreso, documentado los avances los niños de forma semanal, se hacen registros de avances como la habilidad para identificar sonidos y texturas, buscando que haya mejoras a nivel sensorial, motor, propioceptivo, emocional y cognitivo.

4.7.3. Terapia de intervención para niños con discapacidad auditiva.

La terapia para niños con discapacidad auditiva tiene como propósito desarrollar habilidades sensoriales, de comunicación y cognitivas, para los niños con discapacidad auditiva, mediante la aplicación de estrategias multisensoriales que permitan potencializar las capacidades adaptativas favoreciendo a la integración social y educativa.

- Frecuencia: 1 vez por semana
- Duración: 30-45 minutos, dependiendo de la tolerancia del niño.

1. Introducción (5 minutos)

Se realiza un breve saludo utilizando lenguaje de señas o gestos, se otorga una explicación visual de las actividades a realizar por medio de tarjetas con dibujos y pantallas interactivas, presentando objetos que sean conocidos para brindar a los niños mayor seguridad y familiaridad.

2. Exploración sensorial dirigida (15 – 20 minutos)

- Juegos causa y efecto: los niños presionaran los botones que activan a los sonidos, luces o vibraciones con el propósito de que exploren la relación entre la acción y la reacción.
- Se realizo el proceso de estimulación con una pelota de luces la cual cambia de color al ser manipulada, en esta actividad los niños trabajan en grupo pasando la pelota mientras siguen el botón de las luces esto fomenta la coordinación ojo – mano, la percepción visual y auditiva, permitiendo que se mejore su socialización.
- Utilizando el proyector y el parlante, se realizo un juego el cual tiene como propósito que localicen la fuente del sonido como el retoque de un tambor, o del agua) permitiendo que se desarrolle las habilidades de orientación y conciencia espacial.

3. Actividades temáticas (10 – 15 minutos)

- Se realiza la estimulación con las pelotas luminosas, para que los niños trabajen la coordinación ojo – mano, mejorando la percepción visual y táctil, pues los niños que tienen discapacidad auditiva dependen de su vista para captar la información que el entorno les proporciona, fortaleciendo la atención visual y compensando la falta de audición.
- Juego de botones con secuencia, donde se replica las secuencias de las luces que hay en los botones, esto permite que se desarrolle la memoria visual y se fomente las habilidades de resolución de problemas, el juego de la percepción táctil ayuda a que los niños puedan asociar los estímulos físicos con acciones, lo que permite que haya una base sensorial que apoye a la comprensión del entorno y mejore la comunicación.

4. Relajación y cierre (5 minutos)

Se les indica a los niños que se acuesten en el tapete Tatami y se proyectan luces relajantes y se hace la despedida por medio de señas o gestos, es importante que se realice un monitoreo sobre el progreso de los niños, ya que es importante que se mejore la comunicación, las habilidades sensoriales, motoras, propioceptivas y que haya una regulación emocional que reduzca la ansiedad y haya una mayor disponibilidad para participar en las actividades.

4.7.4. Intervención para niños con Síndrome de Down

Este tiene como propósito que se promueva el desarrollo sensorial, cognitivo, emocional y motor de niños con Síndrome de Down, mejorando sus habilidades comunicativas, de autonomía y regulación emocional en un entorno que sea controlado y estimulante.

1. Introducción (5 minutos)

Se realiza un saludo inicial estableciendo contacto visual, utilizando gestos y palabras, se utilizan tarjetas y medios visuales adecuados para explicar a los niños la actividad.

2. Exploración sensorial (10 minutos)

- Se utiliza la pelota con luz y se promueve a que los niños trabajen equipo, se los forma en pareja para que entre ellos puedan pasarse la pelota, observando como se emite la luz, esto permitió que se mejore la coordinación ojo – mano fomentando la interacción social y estimulando la atención visual.
- Se fomenta a que los niños tengan diferentes tipos de sensaciones permitiéndoles que puedan tocar texturas suaves, ásperas, duras, rugosas, asociándolas con las palabras para un mejor entendimiento.

3. Actividades temáticas (15 minutos)

- Por medio del juego de botones de secuencia, se fomenta a que los niños sigan patrones establecidos, lo cual promovió el desarrollo de la memoria visual, la coordinación y la concentración.
- Se utiliza al espejo Montessori, haciendo que los niños imiten movimientos, la terapeuta hace gestos e incita a que el niño los imite, la terapeuta aplaude, sonrío, levanta las manos. Esto mejoro en los niños la autoconciencia y las habilidades sociales
- Se fomenta siempre el trabajo en equipo, se apagan las luces y se dejan prendidas las luces led del techo permitiendo que los niños tengan una experiencia inmersiva.

4. Actividades de Movimiento (10 minutos)

- Se les indico a los niños que se saquen los zapatos y medias y que descalzos caminen por el piso tatami esto mejoro su propiocepción.

- Se les menciona a los niños que atraviesen la cortina de tiras, haciendo movimientos con los brazos y piernas, caminando o gateando hacia adelante y hacia atrás.
- Se realizaron carreras por el pasillo, se organizo el espacio y se les indico a los niños que corra de un extremo al otro y que tenían que pasar por la cortina de luces utilizando música que marque el inicio y el fin de la carrera.

5. Relajación y cierre

Se les indica a los niños que se acuesten sobre la alfombra tatami, se proyectan videos con sonidos blancos que ayuden a que los niños se relajen esto ayuda a reducir el estrés y fomentar la autorregulación emocional, se registraron los avances de forma semanal, para evaluar el avance de los niños.

4.8. Adecuación de la sala multisensorial

La contención de la sala multisensorial se preparó después de un examen detenido de la habitación de 5,50x5,50 metros como se muestra en la Figura 29 el plano de la sala, con una estructura de concreto asignada. Se repararon las grietas de las paredes con masilla acrílica y se aplicaron dos capas de pintura blanca base agua con acabado mate, en particular por su neutralidad y por maximizar los efectos visuales de las luces LED, como se muestra en la Figura 30. Para optimizar la estanqueidad de la sala y garantizar un uso controlado, todas las ventanas sufrieron la contención total con cartulina negra, que no permite la entrada de luz natural, como se muestra en la Figura 15. Este plano implementado aparece mejor en la Figura 29, donde se observa cómo se accede al esquema de la sala, los esquemas de las secciones, cómo se diseñaron la distribución de áreas funcionales y la ubicación precisa de los dispositivos multisensoriales y sus rutas de cable eléctrico, asegurando los estándares de seguridad y funcionalidad.



Figura 29: Esquema de la sala multisensorial

Nota. Autoría propia.



Figura 30: Pintado de color blanco.

Nota. En el literal A) Se muestra la preparación de la superficie y en el literal B) se indica el resultado final del pintado. Autoría propia.

El diseño del sistema de iluminación es específicamente para la creación de estímulos visuales efectivos. La instalación de las luces LED de cascada y Tira LED modelo RGBW 40W se realizó en el techo, como se muestra en la Figura 31. En cuanto a las fuentes de luz en el techo, se colocaron cintas LED RGB adheridas en un patrón ondulado, las cuales se recubrieron con algodón sintético que se fijó al sistema de cintas con pegamento industrial. Como resultado, tienen la apariencia de “nubes”, se puede visualizar en la Figura 31, en las que la vista se sumerge. Tanto las luces LED de cascada como las tiras LEDs son conocidos por su larga vida útil, que puede oscilar entre 15,000 y 50,000 horas, son seguras para su uso en interiores y exteriores y resistentes al agua y a la humedad. El sistema de audio consiste en un parlante inalámbrico JBL Xtreme 2 de 160W que se instaló en un soporte metálico de pared, de esta manera, la disposición asegura la uniformidad de la dispersión del sonido alrededor del espacio. Tiene una durabilidad de 5 a 10 años, diseñado para ser portátil y fácil de transportar, conectividad mediante Bluetooth y permite la descarga de sonidos para conectarlos mediante una memoria flash. El espejo Montessori interactivo que también es de cristal shatterproof se fija con clips de acero reforzados, como se muestra en la Figura 14, lo cual garantiza la estabilidad y seguridad para los niños.



Figura 31: Instalación de las luces LED de cascada y tiras LEDs.

Nota. En el literal A) se muestra la instalación de las luces Led de cascada y en el literal B) se muestra la instalación de las tiras LEDs en el techo. Autoría propia.

4.9. División técnica de las áreas funcionales

La sala multisensorial se dividió en dos áreas funcionales centrales: Área Visual y Área auditiva, como se muestra en la Figura 32, dicha división ayuda a la estimulación de manera distinta las capacidades sensoriales de los niños, maximizando la interacción segura en un entorno altamente controlado. Esta segmentación se logró instalando elementos estructurales y decorativos que cumplen con especificaciones técnicas para asegurar un espacio accesible, cómodo y seguro, como se muestra en la Figura 18.

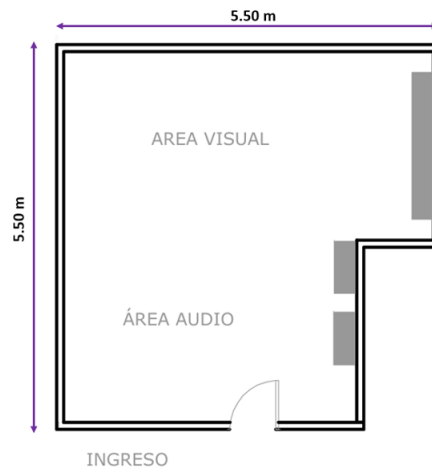


Figura 32: División de área visual y auditiva.

Nota. Autoría propia.

Para el Área Visual, se escogieron elementos interactivos y un sistema de iluminación como luces de colores RGB y luces de proyección, como se muestra en la Figura 31 para fomentar la estimulación óptica y motriz. El piso se cubrió con esponja de alta densidad de 5 cm de espesor de poliuretano expandido, como se muestra en las Figuras 33 y 34 a petición de la licenciada Juana Albuja, terapeuta de la Clínica Mitad del Mundo, con el objetivo de evaluar la reacción de los niños y niñas al tener contacto con la esponja al pisarla, permitiendo que experimenten

tanto la textura como la sensación visual.

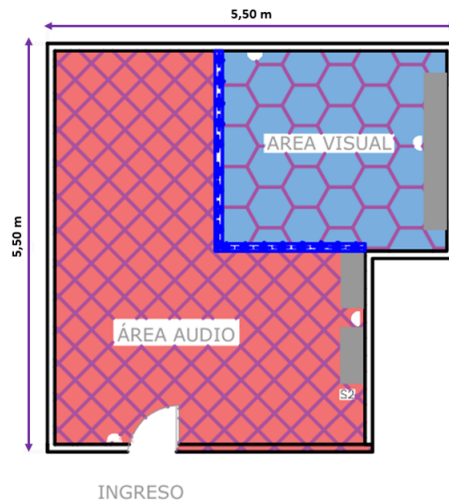


Figura 33: Plano de instalación de la esponja en el área visual y tatami en el área auditiva.

Nota. Autoría propia.

Para el Área Auditiva, el piso se cubrió con Tatami de 1.5 cm de espesor como se muestra en las Figuras 33 y 34, también conocido como pavimento modular de espuma de etil vinil acetato termoplástica, favoreciendo en el piso la seguridad infantil, antideslizante y seguro. Este piso armable en forma de rompecabezas no solo facilita la instalación y el reajuste, sino que además proporciona una capa de amortiguación y tiene un diseño muy visual en colores llamativos y dibujos como se muestra en la Figura 34, para estimular el aspecto visual y la seguridad en actividades motrices. El espacio también cuenta con un parlante que permite a los niños y niñas relajarse y estar tranquilos mientras estimulan su sentido del oído. Este dispositivo no solo crea un ambiente sonoro agradable, sino que también ayuda a los niños a identificar y diferenciar distintos tipos de sonidos, favoreciendo su desarrollo auditivo.



Figura 34: Resultado de la sala con la colocación del piso de tatami y esponja

Nota. Autoría propia.

4.10. Instalación del Sistema Eléctrico del Cuarto Multisensorial

Para la instalación del sistema eléctrico del cuarto multisensorial, se realizó un análisis técnico y funcional que permitió identificar un punto estratégico, céntrico y de fácil acceso dentro del área de intervención. En este punto se procedió a la instalación de un cajetín controlador, el cual cumple la función de distribuir la energía eléctrica hacia los diferentes componentes del entorno multisensorial. Este sistema incluye interruptores individuales para cada módulo o juego, lo que permite un control independiente, y además cuenta con botones de pánico, integrados como medida de seguridad activa.

El cajetín controlador fue instalado a una altura de aproximadamente 1.20 metros desde el nivel del piso, de acuerdo con lo establecido en la norma **ISO 9241-5**, que aborda principios ergonómicos para el diseño del lugar de trabajo y la accesibilidad de los controles manuales. Esta altura permite una operación cómoda y segura por parte del personal técnico, sin comprometer la visibilidad ni el acceso en situaciones de emergencia.

Paralelamente, y conforme a los lineamientos establecidos por el **Código Eléctrico Nacional (NEC 2023)**, como se observa en la tabla **8**

Tabla 8: NEC 2023

Fuente	¿Dónde lo dice?	¿Qué recomienda?
NEC 2023	Art. 210.19(A)(1), Nota Informativa 4	Máximo 3% de caída de tensión en circuitos derivados.
NEC 2023	Art. 215.2(A)(1), Nota Informativa 2	Máximo 5% de caída de tensión combinada entre el alimentador y el circuito derivado.

Adicional, se tomo encuentra otra de las recomendaciones de la Norma Nec 2023, en donde nos especifica lo que se puede observar en la tabla **9**:

Tabla 9: Recomendación de calibre según tipo de carga

Tipo de carga	Calibre recomendado (AWG)
Sensores, dispositivos de bajo consumo (como microcontroladores, LEDs)	18
Relés, ventiladores pequeños, tiras LED, cargas medianas	16
Pequeños motores, lámparas incandescentes, resistencias de potencia media	16
Equipos con motores, cargas inductivas moderadas, sistemas de control industrial	14 o menor

Se procedió al cálculo de los conductores eléctricos adecuados, tomando en cuenta variables como: amperaje de carga, longitud del tendido, y tensión del sistema. Dicho cálculo permitió determinar tanto el tipo de conductor como la caída de tensión admisible, con el objetivo de asegurar un entorno eléctrico seguro tanto para los niños que utilizan el espacio como para el personal responsable de su manejo.

Fórmula NEC simplificada para caída de tensión:

$$\Delta V = 2 \cdot L \cdot I \cdot R$$

Donde:

- ΔV : caída de tensión (debe ser ≤ 3.3 V)
- L : distancia de ida (en metros)
- I : corriente en amperios
- R : resistencia por metro (Ω/m), depende del calibre

4.10.1. Cálculo del alimentador de voltaje

1. Parlante

- $I = 0,2$ A
- $L = 0,4$ m \rightarrow ida y vuelta = 0.8 m

$$\Delta V = 2 \cdot 0,4 \cdot 0,2 \cdot 0,021 = \boxed{0,00336 \text{ V}}$$

2. Proyector

- $I = 0,3$ A
- $L = 3$ m \rightarrow ida y vuelta = 6 m

$$\Delta V = 2 \cdot 3 \cdot 0,3 \cdot 0,021 = \boxed{0,0378 \text{ V}}$$

3. Luces Led

- $I = 0,2$ A
- $L = 0,55$ m \rightarrow ida y vuelta = 1.1 m

$$\Delta V = 2 \cdot 0,55 \cdot 0,2 \cdot 0,021 = \boxed{0,00462 \text{ V}}$$

4. Foco Multicolor

- $I = 0,1$ A
- $L = 2,6$ m \rightarrow ida y vuelta = 5.2 m

$$\Delta V = 2 \cdot 2,6 \cdot 0,1 \cdot 0,021 = \boxed{0,01092 \text{ V}}$$

5. Estimulador Sensorial

- $I = 0,4 \text{ A}$
- $L = 6 \text{ m} \rightarrow \text{ida y vuelta} = 12 \text{ m}$

$$\Delta V = 2 \cdot 6 \cdot 0,4 \cdot 0,021 = \boxed{0,1008 \text{ V}}$$

6. Panel

- $I = 0,3 \text{ A}$
- $L = 10 \text{ m} \rightarrow \text{ida y vuelta} = 20 \text{ m}$

$$\Delta V = 2 \cdot 10 \cdot 0,3 \cdot 0,021 = \boxed{0,126 \text{ V}}$$

Como resultado de este análisis, y conforme se observa en la Tabla [10](#), se determinó inicialmente la utilización de cable tipo AWG #18, el cual se encuentra dentro de los márgenes recomendados por la normativa. Sin embargo, la Norma NEC, nos recomienda que si uno de los dispositivos se encuentra a una distancia de mas de 10m de distancia, considerando factores de seguridad, posibles incrementos de carga a futuro o riesgos por calentamiento, se propone sobredimensionar el conductor a un calibre AWG #16, siguiendo las buenas prácticas de diseño eléctrico preventivo.

Tabla 10: Cálculo de caída de tensión por equipo y conductor recomendado

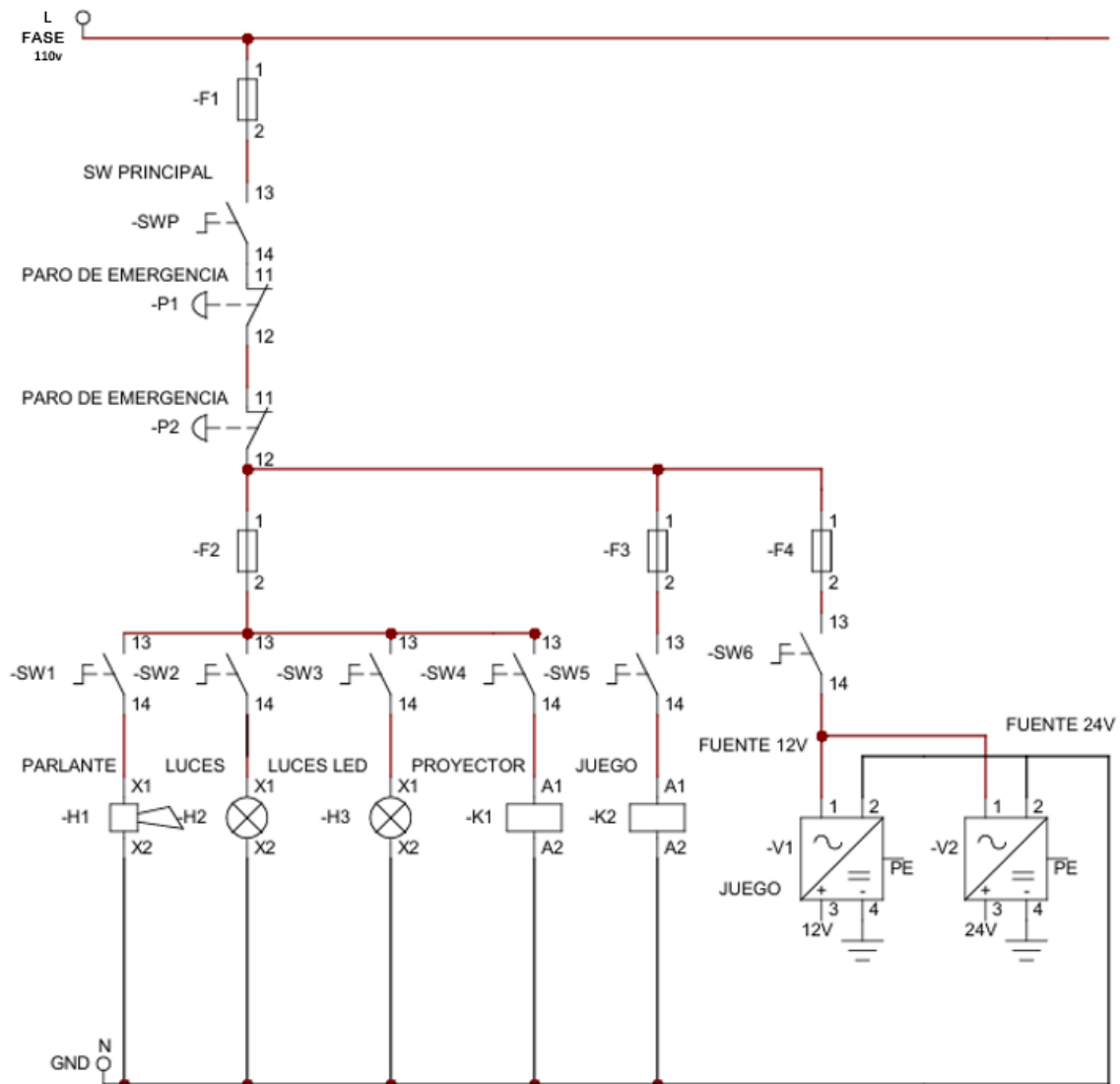
Equipo	Corriente (A)	Distancia (m)	Cumple <3.3v?	Caída de tensión (V)	Conductor recomendado
Parlante	0.2	0.4	si	0.00336	Calibre 18
Proyector	0.3	3	si	0.0378	Calibre 18
Luces	0.2	0.55	si	0.00462	Calibre 18
Foco	0.1	2.6	si	0.01092	Calibre 18
Juego 1	0.4	6	si	0.1008	Calibre 16
Juego 2	0.3	10	si	0.126	Calibre 16
TOTAL	1.5	22.55		0.2835	#16 AWG (recomendado)

La recopilación de los datos eléctricos permitió realizar una selección adecuada de los componentes a instalar dentro del cajetín de mando, como se observa en la Figura [35](#), garantizando su funcionamiento seguro y eficiente. En función de estos requerimientos, se incorporaron porta fusibles como dispositivos de protección ante posibles sobrecargas o sobretensiones, tal como se muestra en el diagrama correspondiente.

A continuación, se detalla la distribución de los porta fusibles y su respectiva función:

- **Porta fusible 1:** equipado con un fusible tipo cartucho cerámico de 4 amperios, destinado a la protección de la conexión directa general del sistema.
- **Porta fusible 2:** también con un fusible tipo cartucho cerámico de 4 amperios, protege los siguientes dispositivos: proyector, parlante, luces LED y foco multicolor.
- **Porta fusible 3:** contiene un fusible tipo cartucho cerámico de 2 amperios, encargado de proteger el estimulador multisensorial de luces y el sistema de generación de sonido al caminar.
- **Porta fusible 4:** con un fusible tipo cartucho cerámico de 2 amperios, brinda protección al panel de control digital encargado de la estimulación auditiva, visual y táctil.

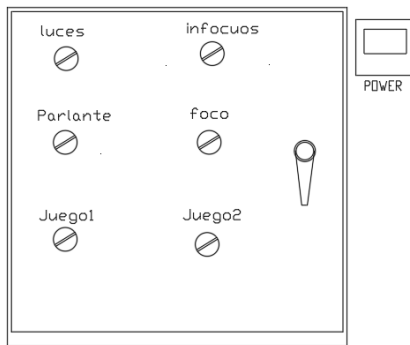
Figura 35: Estructura eléctrica del Tablero de Control



Nota. Tomada de autoría propia.

Finalmente, se seleccionaron selectores tipo XA2, como se observa en la figura 36, los cuales cumplen con los requisitos establecidos en la norma **ISO 13850**, que establece los principios para el diseño y uso de dispositivos de parada de emergencia y controles de mando en equipos industriales y sistemas de seguridad

Esta norma especifica que los dispositivos de actuación, como los selectores y botones, deben ser fácilmente accesibles, claramente identificables y diseñados para prevenir activaciones accidentales. Los selectores AX2 seleccionados cuentan con un diseño ergonómico, alta visibilidad y resistencia mecánica, lo cual asegura su correcta operación dentro del entorno multisensorial, incluso en condiciones de uso intensivo o en situaciones que requieran una rápida intervención por parte del personal.



Simulación



Selectores AX2

Figura 36: Tablero de control, para encender y apagar cada estímulo sensorial.

Los botones de emergencia fueron incorporados en cada uno de los estimuladores multisensoriales, como se observa en la Figura 37, como medida de seguridad ante cualquier evento inesperado. Esta implementación se realizó en cumplimiento con la norma **ISO 8124-1:2022**, la cual establece los requisitos generales de seguridad para productos infantiles, incluyendo aspectos de accesibilidad, prevención de riesgos y respuesta rápida en situaciones de emergencia.



Imagen 1: Panel



Imagen 2: Estimulador

Figura 37: Botón de Emergencia.

Con base en esta normativa, y considerando también principios ergonómicos aplicables a entornos infantiles, los botones de emergencia, fueron ubicados a una altura promedio de 90 cm desde el nivel del piso, lo cual permite que sean accesibles tanto para los niños como para el personal a cargo, asegurando una intervención inmediata en caso de incidentes. Esta altura se encuentra dentro del rango recomendado para dispositivos de emergencia en zonas de uso infantil, facilitando su uso sin comprometer la seguridad del entorno.

4.11. Estimulador multisensorial de luces y sistema de generación de sonido al caminar.

En el diseño del estimulador multisensorial se identificaron dos componentes funcionales fundamentales: la parte visual y la parte auditiva, integradas de manera sinérgica para generar una experiencia sensorial estimulante y terapéutica.

4.11.1. Sistema Visual

Para el desarrollo de la parte visual, el sensor piezoeléctrico cumple la función de detectar vibraciones mecánicas o presión, generando una señal eléctrica proporcional. Sin embargo, como se observa en la Figura 38, la señal obtenida a partir del sensor presenta un elevado nivel de ruido eléctrico; picos positivos y negativos, debido a la naturaleza sensible del dispositivo y la interferencia del entorno.

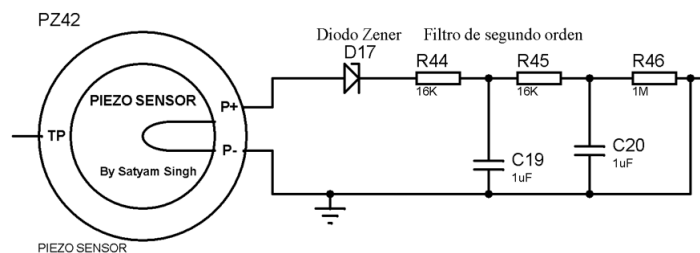
Figura 38: Señal Piezo electrico



Nota. Tomada de autoría propia.

Para evitar este inconveniente, se diseñó e incorporó un Diodo Zener, con el fin de obtener una forma de onda positiva, como se observa en las Figuras 40 y 39. Este filtro mejora la precisión de la respuesta visual del sistema, permitiendo una activación más confiable de los elementos luminosos.

Figura 39: Diodo Zener



Nota. Tomada de autoría propia.

Figura 40: Señal Con el Diodo Zener



Nota. Tomada de autoría propia.

El filtro pasa bajo, esta compuesto por una resistencia y un condensador, como se observa en la Figura 39, el objetivo de este filtro es dejar pasar las señales de baja frecuencia mientras atenúa aquellas que superan un cierto umbral, conocido como frecuencia de corte. Este valor depende directamente de los componentes seleccionados, por lo que se eligieron la resistencia y la capacitancia los cuales fueron seleccionadas con la siguiente fórmula:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (1)$$

Donde:

- Capacitancia (C): $1 \mu F = 1 \times 10^{-6} F$
- Resistencia (R): $16 k\Omega = 16000 \Omega$

Sustituyendo los valores en la fórmula:

$$f_c = \frac{1}{2\pi(16000)(1 \times 10^{-6})}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi \times 0,016}$$

$$f_c = \frac{1}{0,10053}$$

$$f_c \approx 9,95 \text{ Hz}$$

La frecuencia de corte del filtro pasa bajo RC es aproximadamente:

$$f_c \approx 10 \text{ Hz}$$

En este caso, como se observo al final del calculo con una resistencia de $16 k\Omega$ y un condensador de $1 \mu F$, se determinó que la frecuencia de corte es de aproximadamente 10 Hz, la cual nos ayuda a tener una señal mas limpia como se observa en la Figura 42

Figura 41: Señal Filtrada



Nota. Tomada de autoría propia.

Una vez filtrada y estabilizada la señal proveniente del sensor piezoeléctrico, se incorporó un potenciómetro en el circuito con el fin de ajustar de manera precisa el umbral de activación del sistema. Este componente permite modificar el valor de la resistencia en tiempo real, lo que resulta fundamental para calibrar la sensibilidad del estimulador electrónico según las condiciones específicas de funcionamiento, esto se logra encontrar a través de esta formula:

Para establecer el punto de activación del comparador LM339, se utilizó un potenciómetro de 10 k Ω conectado entre $V_{cc} = 5\text{ V}$ y tierra. El voltaje de referencia se obtiene desde el terminal intermedio (*wiper*) del potenciómetro, conectado a la entrada inversora del comparador.

El objetivo es que el comparador se active cuando la señal del sensor piezoeléctrico alcance al menos 1 V. Por lo tanto, se requiere ajustar el potenciómetro para que su salida sea:

$$V_{\text{ref}} = 1\text{ V}$$

Usando la fórmula del divisor de tensión:

$$V_{\text{ref}} = V_{\text{cc}} \times \frac{R_{\text{abajo}}}{R_{\text{total}}}$$

donde:

- $V_{\text{cc}} = 5\text{ V}$
- $R_{\text{total}} = 10\text{ k}\Omega$
- R_{abajo} es la resistencia entre el *wiper* y tierra.

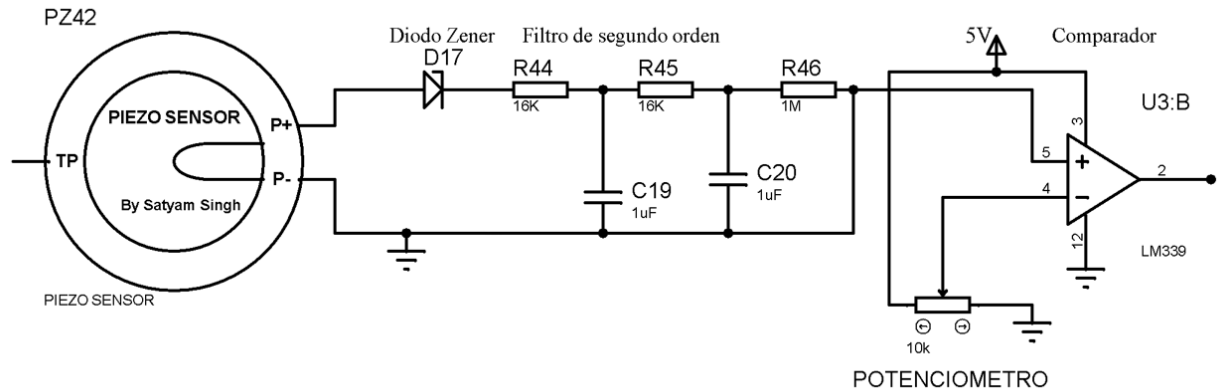
Sustituyendo:

$$1 = 5 \times \frac{R_{\text{abajo}}}{10\,000} \Rightarrow \frac{R_{\text{abajo}}}{10\,000} = 0,2 \Rightarrow R_{\text{abajo}} = 2\,000\ \Omega$$

Por lo tanto, el potenciómetro debe ajustarse para que entre el terminal central y tierra haya aproximadamente 2 k Ω , y entre el terminal central y V_{cc} haya

8 kΩ. Esto establece un voltaje de referencia de 1 V, asegurando que el comparador active su salida únicamente cuando la señal del piezoeléctrico alcance ese umbral.

Figura 42: Simulación del comparador

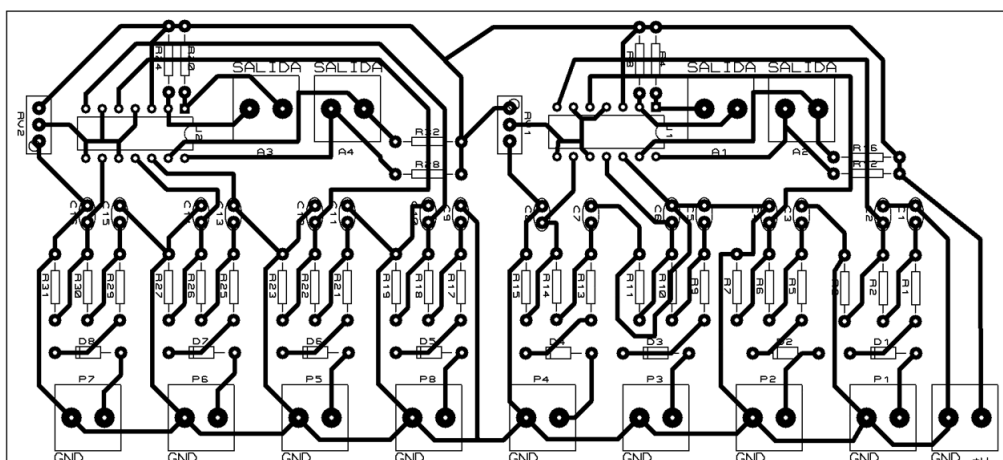


Nota. Tomada de autoría propia.

Se procedió a la integración del circuito completo y al diseño de la placa PCB, con el objetivo de consolidar y optimizar la distribución de los componentes electrónicos, este se llevó a cabo utilizando el software Proteus, que permitió organizar los elementos de manera precisa, ordenada y eficiente, asegurando tanto la funcionalidad como la facilidad de ensamblaje.

En la Figura 43 se puede observar el resultado del diseño de la placa PCB, donde se evidencia una distribución clara de pistas, componentes y conectores, alineados con las buenas prácticas de diseño electrónico. La implementación de este diseño también facilitó la creación de un prototipo compacto, robusto y funcional, adecuado para su integración dentro del entorno del cuarto multisensorial.

Figura 43: PCB en Proteus



Nota. Tomada de autoría propia.

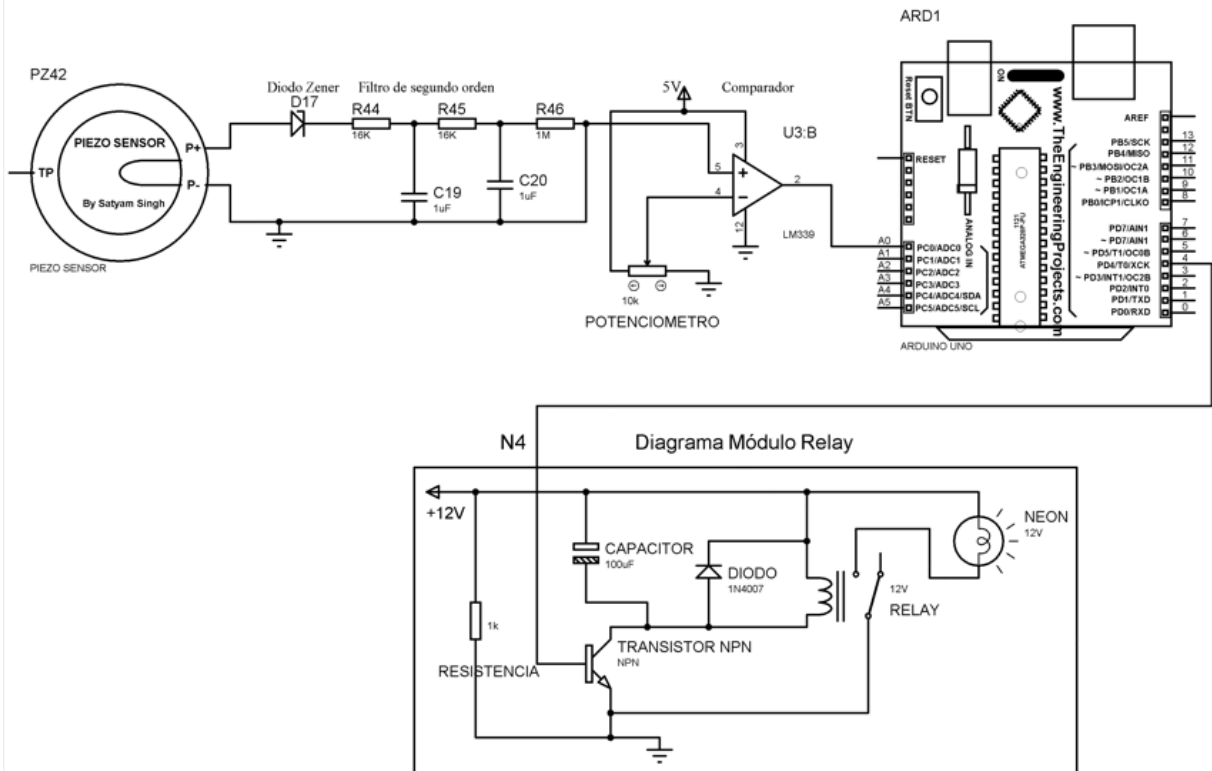
Una vez obtenidos los circuitos electrónicos y las placas PCB completamente ensambladas, se procedió a la conexión del sistema a una regleta de relés, la cual está compuesta por ocho relés electromecánicos. Esta cantidad resultó ser suficiente para controlar de manera individual los distintos colores de luces neón utilizadas como parte del sistema de estimulación visual del entorno multisensorial.

Cada relé fue programado para responder a la señal activadora generada por los sensores piezoeléctricos. Al detectar una presión o impacto sobre el tatami, el sensor envía una señal al microcontrolador, el cual a su vez activa el relé correspondiente, permitiendo el encendido o apagado de la luz neón asociada. Este diseño permite una respuesta inmediata y localizada del estímulo visual, logrando una interacción dinámica y coherente con la acción del usuario.

Esta actividad se realiza de la siguiente manera:

- Para el control de cargas de corriente alterna (CA) mediante una señal de corriente continua (CD), se empleó un circuito basado en un módulo relay con alimentación de 12V. Este diseño fue concebido para permitir el encendido de una lámpara tipo NEON mediante el uso de un transistor NPN como elemento de conmutación. La estructura del circuito incluye componentes electrónicos fundamentales que permiten una conmutación segura, eficiente y aislada entre el sistema de control y la carga de potencia.
- La fuente de alimentación principal del sistema es de 12V, lo cual es suficiente para activar tanto la bobina del relay como los demás elementos electrónicos. Se incorpora una resistencia de 1 kilo ohmio en serie con la base del transistor, cuya función es limitar la corriente de entrada al mismo, protegiendo el circuito de sobrecargas y asegurando una conmutación controlada. El transistor NPN actúa como un interruptor electrónico; al recibir señal en su base, permite el paso de corriente desde el colector hacia el emisor, energizando la bobina del relay y cerrando el circuito de carga.
- Para estabilizar la operación del circuito y evitar perturbaciones por ruidos eléctricos, se utiliza un capacitor de 100uF conectado en paralelo con la bobina del relay. Este componente permite almacenar carga y liberarla brevemente cuando se detectan fluctuaciones o microcortes de tensión. Además, se emplea un diodo 1N4007 en configuración inversa sobre la bobina del relay. Este diodo, conocido como diodo de rueda libre o flyback, protege al transistor de los picos de voltaje generados por la autoinducción de la bobina cuando el relay se apaga.
- El elemento central de conmutación es el relay de 12V, el cual actúa como un interruptor electromecánico. Al activarse por medio de la corriente de la bobina, permite el cierre de un contacto que suministra energía a la carga externa, en este caso una lámpara NEON de 12V. Esta lámpara se enciende solamente cuando el relay se encuentra activado, funcionando como un indicador visual del estado del sistema.

Figura 44: Simulación rele

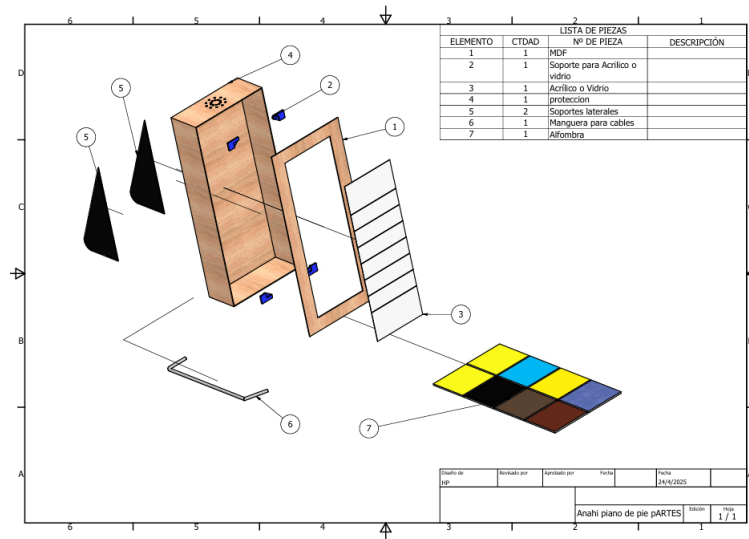


Nota. Tomada de autoría propia.

Una vez finalizada la etapa electrónica del estimulador multisensorial, se procedió al diseño y construcción de la estructura física utilizando MDF, debido a sus propiedades mecánicas, facilidad de corte y bajo riesgo de astillamiento. Este material fue seleccionado conforme a las recomendaciones de la norma **ISO 10993-1**, que establece criterios para la biocompatibilidad de materiales en contacto con el usuario, y la norma **IEC 60068-2**, que trata sobre la resistencia de materiales ante condiciones ambientales, asegurando así la durabilidad y seguridad del dispositivo.

La estructura cuenta con tres capas, como se muestra en la Figura 45. La capa base está compuesta completamente de MDF, proporcionando estabilidad estructural. La cubierta superior, en cambio, incorpora material acrílico tipo XT transparente, el cual permite la transmisión de luz y diferenciación de colores, elemento clave para la estimulación visual. Esta elección se basa en los lineamientos de la norma **ISO 7823-1**, que regula las propiedades de las láminas acrílicas para aplicaciones seguras, incluyendo aquellas orientadas al entorno infantil, por su resistencia a impactos y bordes suaves cuando se manipula correctamente.

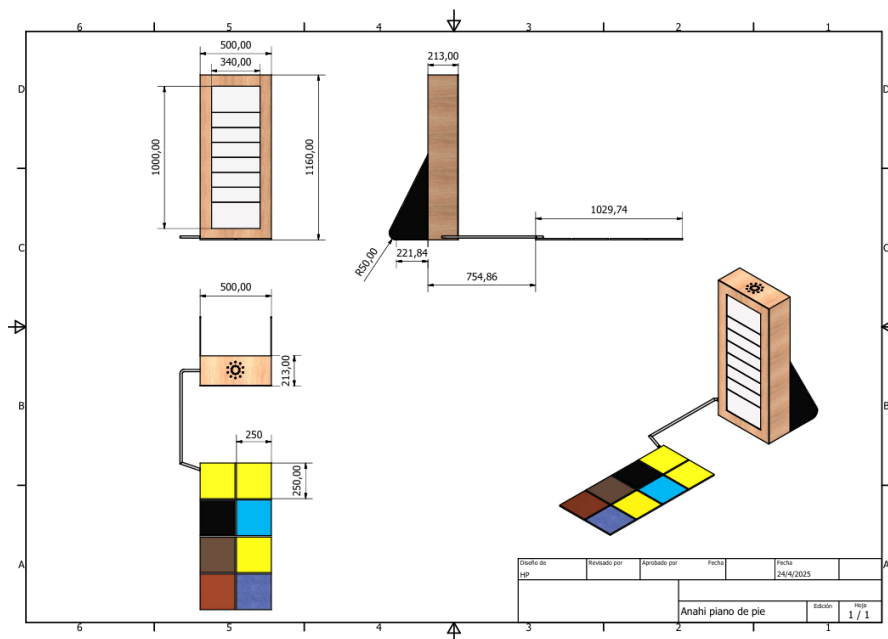
Figura 45: Capas del soporte



Nota. Tomada de autoría propia.

Gracias a esta combinación de materiales, se logró una estructura robusta, segura y funcional, que permite la integración adecuada del sistema de iluminación por capas, facilitando la distinción visual de cada piso según los estímulos programados y mejorando la experiencia sensorial del usuario, como se puede observar en la Figura 45.

Figura 46: Dimensiones de estructura



Nota. Tomada de autoría propia.

Una vez obtenido ya el diseño mecánico, procedimos a establecer medidas adecuadas como se observa en la Figura 46, y se logra especificar también en la Tabla 11.

Tabla 11: Dimensiones del diseño del mueble multisensorial

Parte del diseño	Descripción	Medida (m)
Vista frontal del mueble	Altura total	1,16
Vista frontal del mueble	Altura útil del cuerpo (sin base)	1
Vista frontal del mueble	Ancho total	0,5
Vista frontal del mueble	Ancho interior	0,34
Vista lateral del mueble	Espesor del mueble	0,213
Vista lateral del mueble	Profundidad total con base	1,02974
Vista lateral del mueble	Profundidad de la base	0,75486
Vista lateral del mueble	Soporte inclinado	0,22184
Vista lateral del mueble	Radio de curvatura	0,05
Módulo de luz o bocina	Ancho del módulo	0,5
Módulo de luz o bocina	Altura del módulo	0,213
Módulos sensoriales	Dimensión de cada cuadro	0.250 x 0.250

Con la estructura de la caja ya construida en MDF y el circuito ensamblado en la placa PCB, se procedió a la selección e instalación de los elementos de superficie donde se generaría la interacción directa con los usuarios. Para ello, se seleccionaron tatamis de espuma de alta densidad, los cuales fueron modificados a una medida estándar de 30 cm x 30 cm, facilitando su integración dentro del diseño modular del estimulador multisensorial.

En cada tatami se realizó la instalación de cinco sensores piezoeléctricos, dispuestos en forma de "X" como se observa en la Figura 47, para lograr una cobertura uniforme del área de pisada. Esta configuración permitió una mayor sensibilidad al impacto generado por el usuario, mejorando la precisión de la activación de los estímulos visuales y auditivos. Como se mencionó anteriormente, los sensores fueron conectados en paralelo, permitiendo que en caso de que uno falle, los demás continúen operando sin comprometer la funcionalidad del sistema.

La disposición y cantidad de sensores por tatami fue determinada con base en pruebas previas de activación, asegurando una distribución eficaz de la señal y respondiendo de manera adecuada al peso y desplazamiento de los niños durante su interacción con el dispositivo. Esta estrategia también contribuyó a reducir la posibilidad de zonas muertas o puntos de no detección, favoreciendo una experiencia sensorial continua y segura.

Figura 47: Ubicación de Sensores Piezo electricos



Nota. Tomada de autoría propia

Adicionalmente, los sensores piezoeléctricos fueron encapsulados dentro de portafolios de acetato, actuando como una barrera de protección física contra posibles fluidos o humedad generada durante el uso por parte de los niños, así como frente a factores ambientales externos como el polvo o derrames accidentales. Esta medida de protección no solo preserva la funcionalidad del sistema electrónico, sino que también contribuye a la seguridad del usuario y del personal operativo.

La elección del acetato se fundamenta en sus propiedades impermeables, flexibles y dieléctricas, lo que permite aislar los componentes sin interferir con su sensibilidad al movimiento o presión.

Esta práctica se alinea con los principios establecidos en la norma **ISO 20653**, que regula el grado de protección proporcionado por carcasas de equipos eléctricos contra la penetración de objetos sólidos y líquidos (clasificación IP), asegurando que el sistema sea resistente a salpicaduras y otras condiciones comunes en entornos infantiles.

Este tipo de encapsulamiento también facilita el mantenimiento y prolonga la vida útil del sistema, cumpliendo con los criterios de diseño seguro y duradero requeridos para espacios terapéuticos dirigidos a población infantil.

4.11.2. Sistema Auditivo

Para la parte auditiva del estimulador multisensorial, se utilizó un DFPlayer Modulo reproductor mp3, el cual permite la reproducción de música, tonos o

mensajes de voz almacenados en una tarjeta microSD, se adecuó un circuito que fue simulado y validado previamente en el software de Proteus, garantizando una conexión estable, funcional y segura, como se observa en la Figura 48.

El sistema fue programado para que, al recibir una señal de impacto desde el piezoeléctrico, se reproduzca un sonido específico, previamente almacenado, generando así una respuesta auditiva inmediata, coherente con el estímulo sensorial recibido por el niño.

- El DFPlayer Mini se comunica a través de un protocolo serial UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), lo que significa que no requiere reloj externo y transmite los datos de manera asincrónica.

- La velocidad de comunicación establecida por defecto es de 9600 baudios (baud rate), aunque algunos módulos permiten modificar esta velocidad mediante comandos AT.

Esta velocidad es adecuada para asegurar una comunicación estable y sin errores en aplicaciones de baja latencia como la reproducción de clips de audio cortos.

- La configuración típica del protocolo UART del DFPlayer Mini incluye una estructura de 8 bits de datos, 1 bit de parada, y sin bit de paridad (es decir, sin verificación de paridad ni par ni impar).

Esta configuración es estándar en la mayoría de módulos UART, lo que facilita su integración sin necesidad de ajustes específicos en el microcontrolador anfitrión.

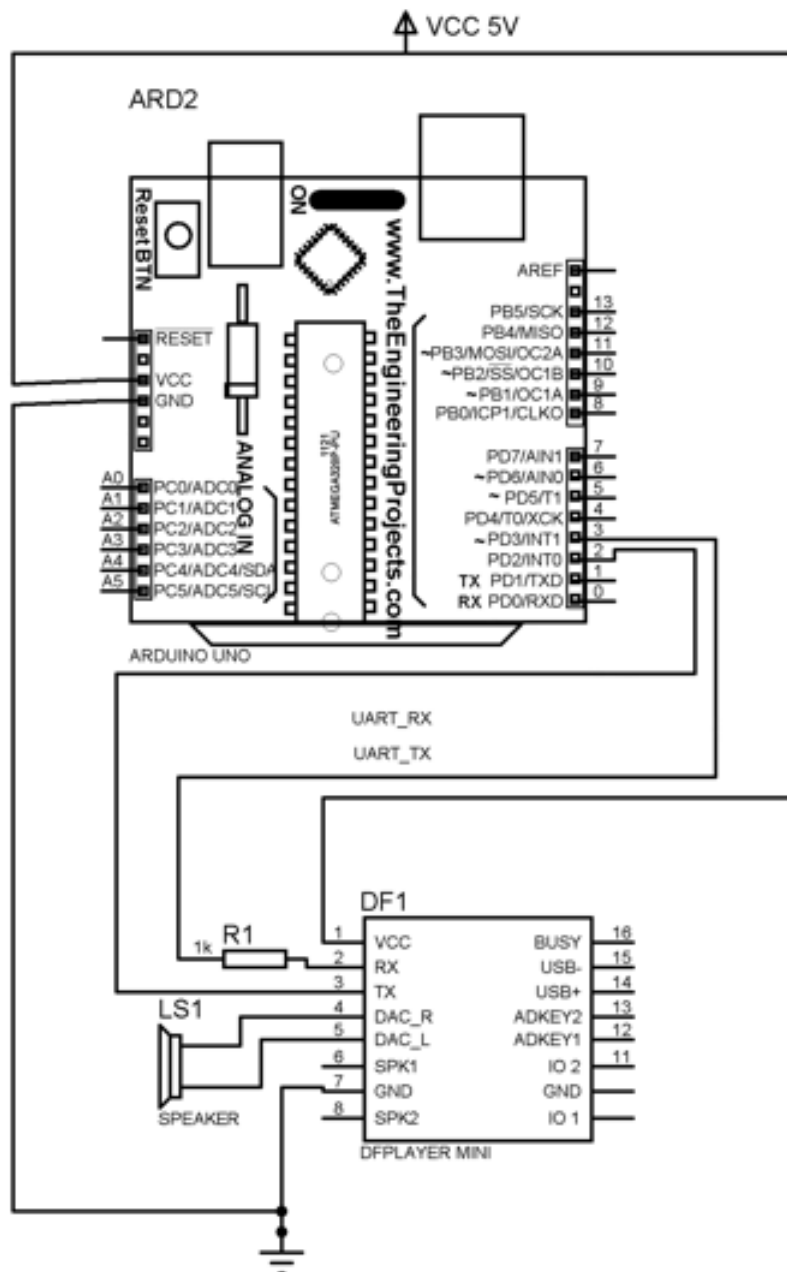
- En cuanto al protocolo de seguridad o integridad de datos, el DFPlayer no utiliza un sistema de cifrado o autenticación, pero sí implementa un sistema de verificación por comandos.

Cada instrucción enviada al módulo incluye una secuencia de bytes estructurada (inicio, longitud, comando, parámetros y verificación checksum) que permite al DFPlayer identificar errores de transmisión y asegurar que los comandos recibidos sean válidos antes de ejecutarlos.

- Durante la implementación, se utilizó una comunicación serial por software (SoftwareSerial) en microcontroladores que no disponen de múltiples puertos UART, permitiendo una conexión eficiente entre el microcontrolador y el DFPlayer.

Esto garantizó la reproducción de audios programados en respuesta a eventos o estados del sistema, como alarmas, notificaciones o guías auditivas para el usuario.

Figura 48: Diagrama módulo de audio

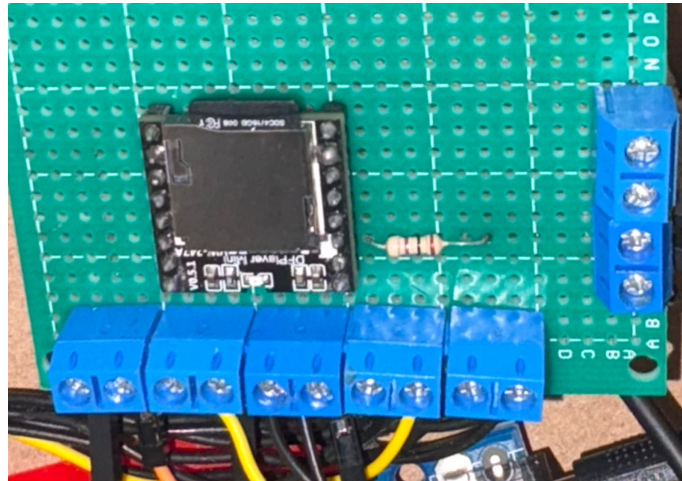


Nota. Tomada de autoría propia

Una vez realizada la simulación correspondiente del circuito auditivo, y verificado su correcto funcionamiento en entorno virtual, se procedió a la descarga y edición de los archivos de audio, los cuales incluyen tonos musicales de un piano, destinados a la estimulación sensorial de los niños. Estos audios fueron cargados en una tarjeta microSD compatible con el módulo DFPlayer Mini, en formato .mp3 y .wav, organizados en carpetas para facilitar su activación programada mediante el microcontrolador.

Posteriormente, se llevó a cabo la soldadura del circuito sobre una placa de baquelita, como se observa en la Figura 49, permitiendo una integración compacta, ordenada y robusta del sistema. Esta acción tuvo como objetivo unificar físicamente los componentes electrónicos auditivos con el resto del sistema multisensorial, garantizando así su estabilidad mecánica y eléctrica durante el uso continuo.

Figura 49: Diagrama modulo de audio soldado



Nota. Tomada de autoría propia.

Para finalizar, se incorporaron parlantes externos de mayor potencia con el objetivo de amplificar el sonido en el entorno del cuarto multisensorial. Esta decisión se tomó para asegurar que los estímulos auditivos fueran claramente perceptibles en todo el espacio, independientemente de la posición del usuario.

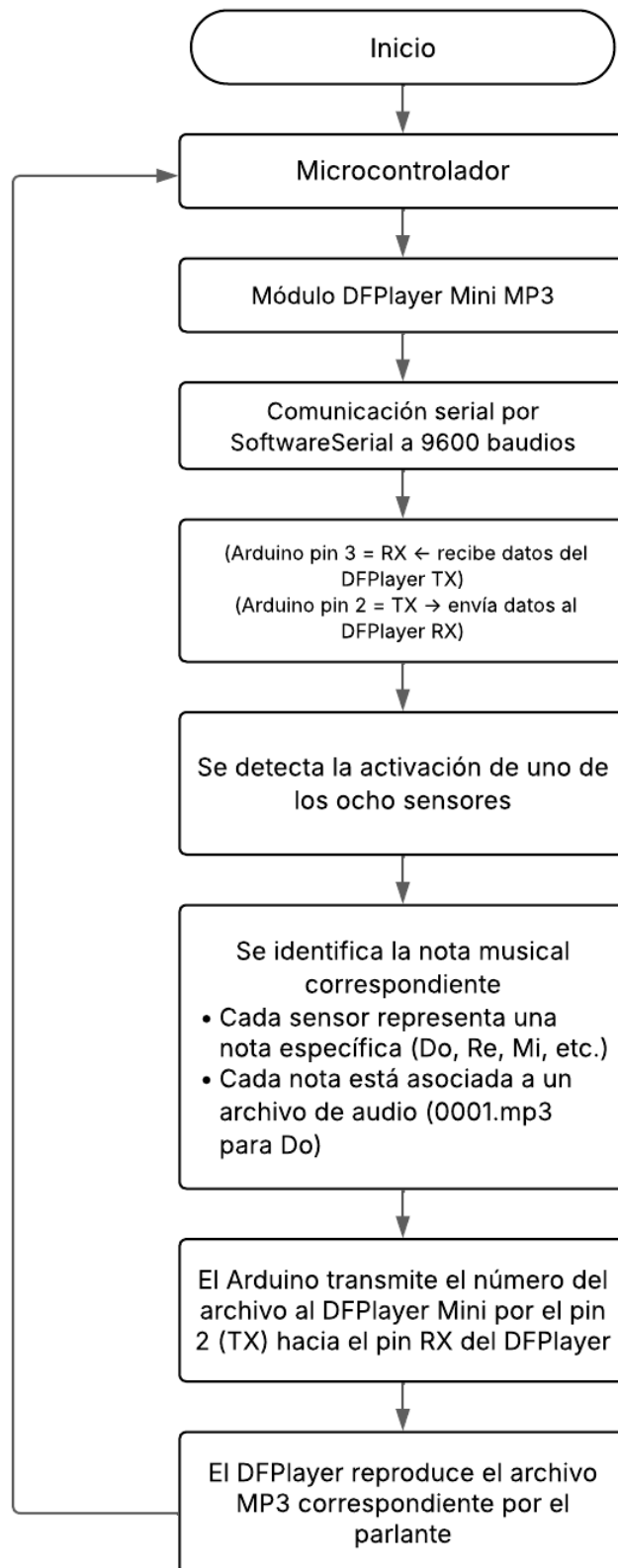
Se tuvo en cuenta el nivel de presión sonora recomendado para espacios infantiles, evitando volúmenes que puedan resultar molestos o peligrosos para la audición de los niños, en concordancia con la norma **ISO 389-7**, que establece límites seguros para la exposición auditiva en ambientes sensibles. La instalación de estos parlantes se realizó en puntos estratégicos de la estructura, logrando una distribución uniforme del sonido en todo el ambiente.

En la Figura 50 se observa el proceso de flujo que tiene el sistema auditivo.

Al unir todas los componentes, tanto del sistema auditivo, el estimulador sensorial tiene una estructura de trabajo, como se observa en la Figura 51.

Lo que observa en la Figura 52, son es un diagrama en donde entendemos las fases por la que pasa este estimulador, para tener un funcionamiento correcto al momento de las terapias.

Figura 50: Diagrama módulo de audio soldado



Nota. Tomada de autoría propia.

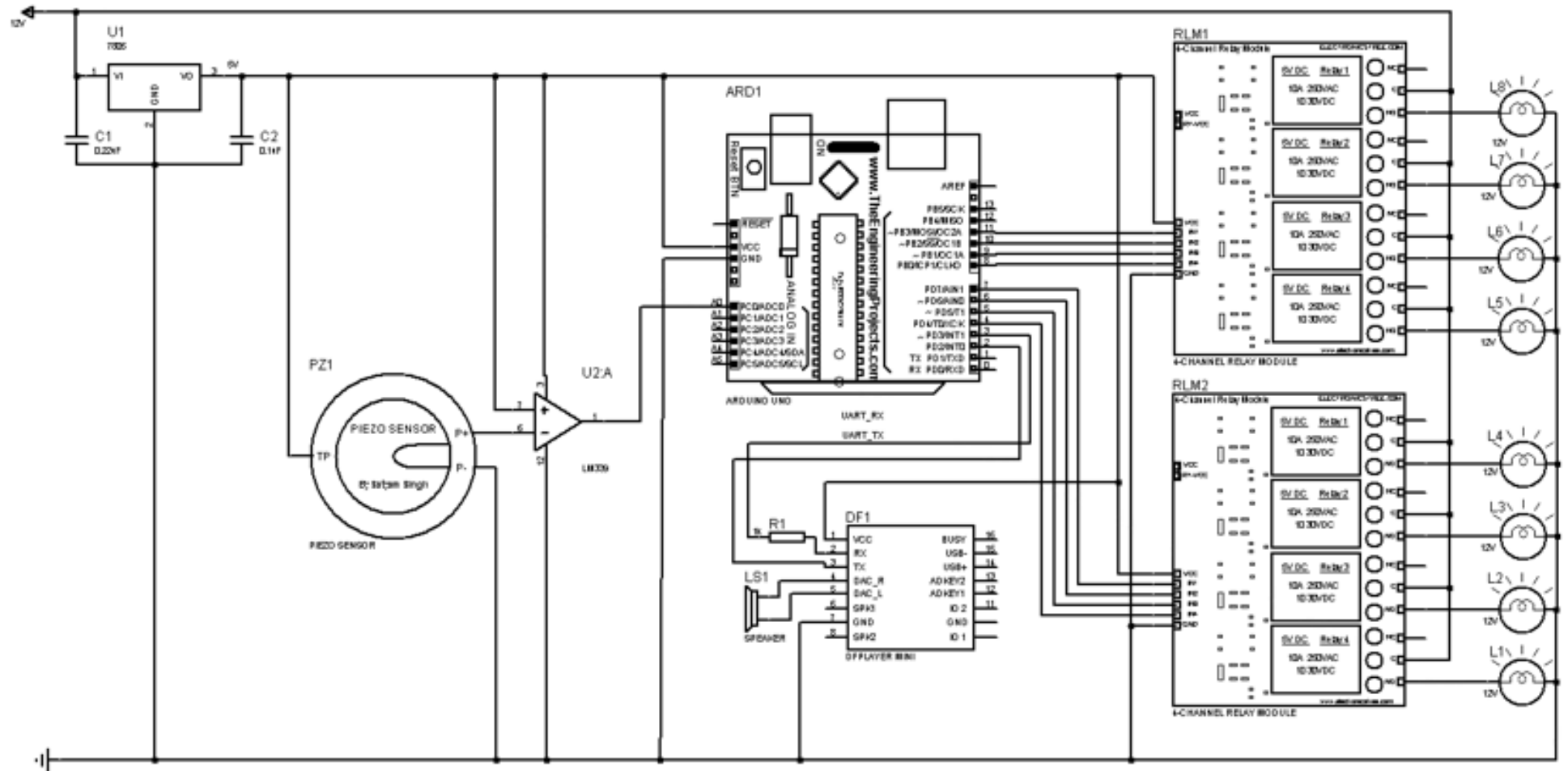


Figura 51: Esquema de trabajo

4.11.3. Diagrama de flujo General

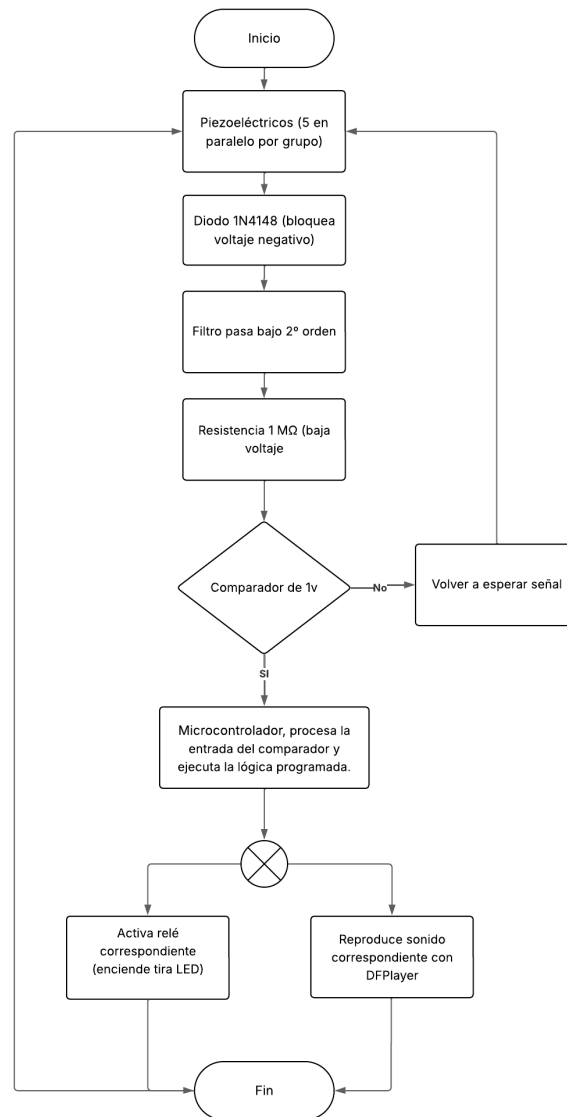


Figura 52: Esquema de trabajo

4.12. Panel de Control Digital de Estimulación Auditiva, Visual y Táctil

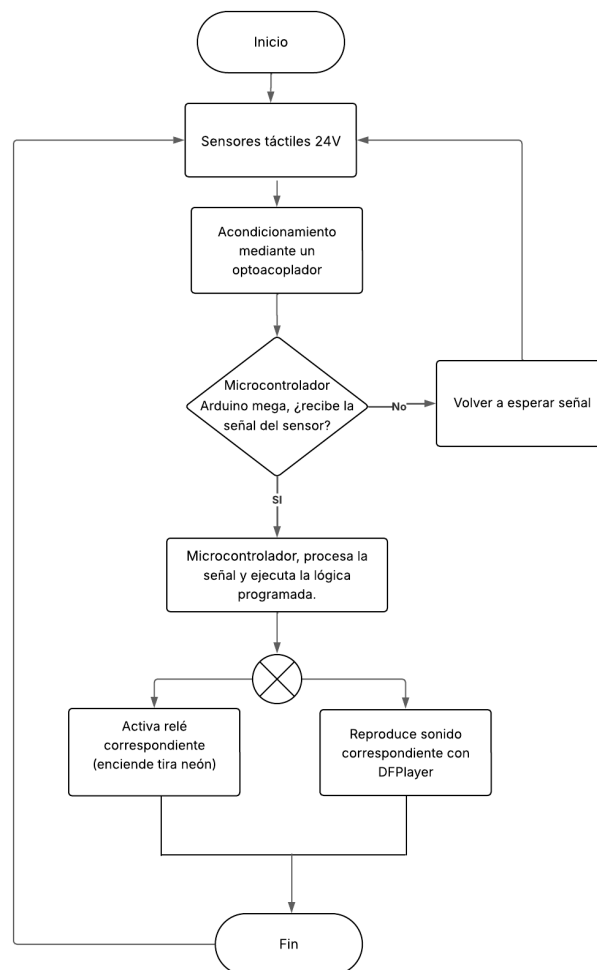
El diseño e implementación del panel de control digital para la estimulación multisensorial se basa en tres módulos funcionales: estimulación auditiva, visual y táctil. Se trata de un sistema interactivo que utiliza sensores táctiles industriales, destinado a proporcionar una respuesta audiovisual mediante la reproducción de sonidos y la activación de señales luminosas. El sistema está construido sobre una plataforma de control basada en un microcontrolador Arduino Mega y está orientado a apoyar terapias para niños con discapacidad auditiva, visual y síndrome de Down.

El principio de funcionamiento se basa en la detección de la interacción del usuario con sensores táctiles capacitivos que operan a 24V. Estas señales no son compatibles directamente con el microcontrolador, por lo que se utilizan optoacopladores para aislar y adaptar eléctricamente las señales a niveles seguros de 5V.

Cuando un sensor es activado, la señal es recibida por el Arduino, el cual ejecuta dos acciones principales: en primer lugar, envía un comando por comunicación serial al módulo DFPlayer Mini para reproducir una pista de audio específica; en segundo lugar, activa una salida digital que, a través de un transistor, conmuta un relé de 12V, el cual enciende una tira de neón correspondiente como retroalimentación visual.

Todo el sistema es alimentado por tres niveles de tensión: 24V para los sensores, 12V para las luces y relés, y 5V para la lógica de control y el reproductor de audio, regulados desde una fuente principal. El diseño garantiza aislamiento eléctrico, modularidad y una operación clara y segura, integrando múltiples bloques funcionales de forma coordinada. A continuación en la Figura 53, se presenta un diagrama de flujo que resume el proceso de esta sección.

Figura 53: Diagrama de flujo.



Nota. Tomada de autoría propia

4.12.1. Desarrollo del Código en Arduino IDE

A continuación, se analiza el código desarrollado en el entorno Arduino IDE, tiene como objetivo principal es implementar un sistema de control y monitoreo basado en la detección de señales digitales provenientes de múltiples sensores conectados a entradas analógicas. Estas señales, generadas por sensores capacitivos, permiten activar salidas visuales (luces neón) y reproducir pistas de audio predefinidas mediante un módulo DFPlayer Mini. El código está estructurado en bloques funcionales que permiten detectar eventos de entrada y generar la respuesta audiovisual correspondiente.

- Se importa la librería `DFRobotDFPlayerMini.h` y se crea un objeto llamado `mp3`, que permite comunicarse con el módulo reproductor de audio DFPlayer Mini.
- Se definen 9 entradas (A0 a A8), que recibirán señales desde los optoacopladores. También se definen 9 salidas digitales (pines 2 al 10), que activarán los transistores encargados de controlar los relés.
- Se utilizan variables auxiliares (`estado0` a `estado8`) para almacenar el estado anterior de cada entrada. Esto permite detectar un cambio de estado y evitar activaciones repetidas mientras el sensor sigue presionado.
- Dentro del `setup()`, se inicializa la comunicación serial con el DFPlayer Mini a 9600 baudios usando `Serial1`, se establece el volumen de reproducción, y se configuran los pines de salida como salidas digitales con nivel bajo (apagadas).
- En el bucle principal, el programa revisa continuamente el estado de cada entrada. Cuando detecta un cambio de estado, realiza tres acciones:
 - Enciende la salida correspondiente (luz).
 - Reproduce una pista de audio específica mediante el DFPlayer Mini.
 - Espera un tiempo determinado (`delay`) y luego apaga la salida.

Este patrón se repite para cada sensor del 0 al 8.

Resumen de acciones por sensor:

Sensor	Entrada	Salida	Pista reproducida	Duración (ms)
S0	A0	D2	5	5000
S1	A1	D3	2	4000
S2	A2	D4	9	2000
S3	A3	D5	6	5000
S4	A4	D6	7	5000
S5	A5	D7	3	7000
S6	A6	D8	1	5000
S7	A7	D9	4	3000
S8	A8	D10	8	5000

Tabla 12: Relación entre entradas, salidas, pistas y duración de respuesta.

La Figura ?? muestra un diagrama de flujo que representa de manera simplificada el proceso descrito en esta sección:

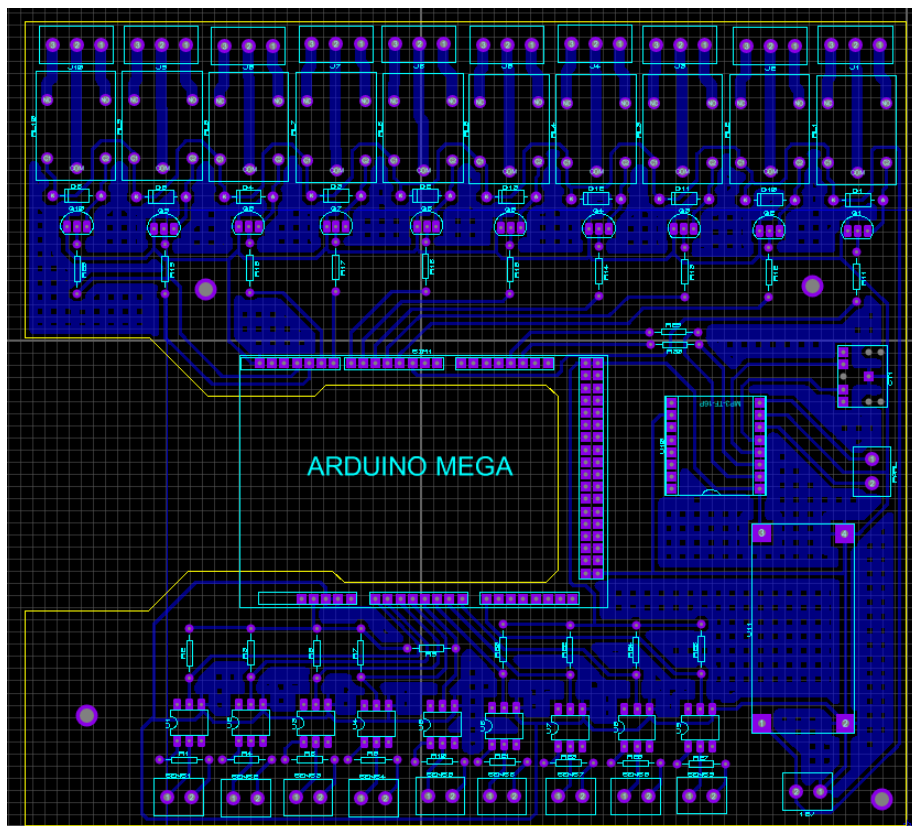
4.12.2. Diseño y Fabricación de la PCB

El proceso de diseño y fabricación se llevó a cabo mediante pruebas simuladas en un protoboard, lo que permitió analizar el comportamiento de los componentes representados en el diagrama esquemático. Esta etapa fue fundamental para comprender y evaluar el funcionamiento del circuito, prevenir errores y optimizar su desempeño antes de su implementación y fabricación en la PCB.

Se elaboró el diagrama esquemático utilizando el software Proteus Design Suite. Durante esta fase, fue necesario diseñar elementos personalizados y sus correspondientes pines, dado que el programa no cuenta con todos los elementos necesarios para este circuito, como el regulador de voltaje LM296 o los sensores táctiles a 24V.

Tras finalizar y validar el diagrama esquemático, confirmando que las conexiones entre el Arduino Mega, los sensores, el reproductor de audio y el sistema de acondicionamiento para la activación de luces neón fueran precisas, se pasó a la etapa de diseño de PCB en Proteus Design Suite, como se muestra en la Figura 54. Los componentes se dispusieron de manera planificada para optimizar el espacio disponible y asegurar una disposición lógica que mejore la interconexión.

Figura 54: PCB del software Proteus Design Suite



Nota. Tomada de autoría propia

4.12.3. Análisis por bloques funcionales del circuito

1. **Sensor capacitivo y optoacoplador:** Los sensores utilizados en este proyecto son sensores táctiles capacitivos de 24V, comúnmente empleados en entornos industriales. Estos sensores son capaces de detectar la presencia de un dedo humano sin necesidad de contacto mecánico, lo que los hace ideales para aplicaciones donde se requiere una interfaz sin desgaste físico.

Dado que estos sensores operan a un nivel de voltaje no compatible directamente con el microcontrolador (24V frente a los 5V lógicos del Arduino), se hace necesario implementar una etapa de aislamiento y adaptación. Para esto, se utilizan **optoacopladores modelo 4N25**, como se muestra en la Figura 55, que permiten desacoplar eléctricamente el sistema de entrada del circuito lógico del Arduino, evitando así posibles daños por sobretensión.

El funcionamiento es el siguiente:

- Cuando el sensor táctil no está activado, la salida del sensor permanece en estado bajo (0V). El LED interno del optoacoplador está apagado, por lo que el fototransistor no conduce, y gracias a una resistencia pull-up, el pin de entrada del Arduino se mantiene en HIGH (5V).
- Al tocar el sensor, este envía una señal de 24V a la entrada del optoacoplador. Esto activa el LED interno, que ilumina el fototransistor. El fototransistor conduce y conecta el pin del Arduino a tierra (0V), generando un cambio de estado lógico.
- Este cambio de estado (de HIGH a LOW) es detectado por el microcontrolador, que entonces ejecuta las acciones programadas: reproducción de audio y activación de la salida visual.

CALCULOS: Circuito del sensor + optoacoplador 4N25

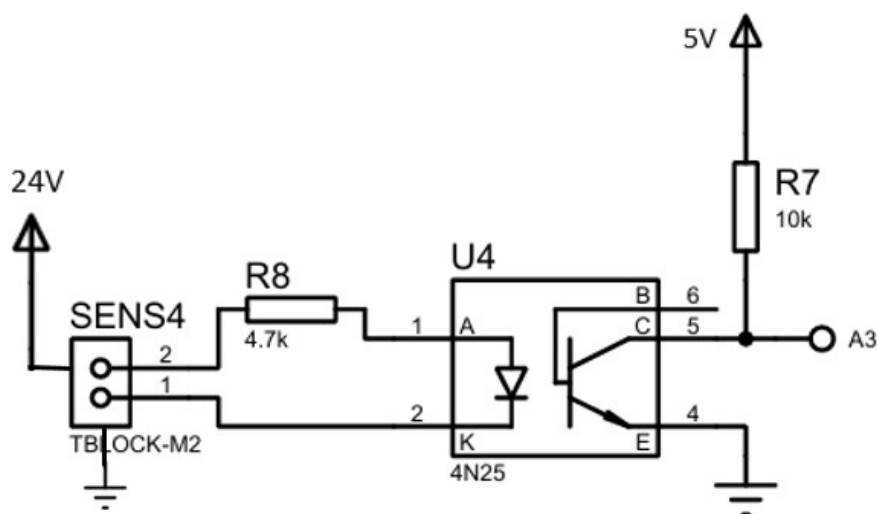


Figura 55: Circuito sensor + optoacoplador 4N25

- **Condiciones de entrada:** señal de 24 V proveniente del sensor táctil.
- **Dispositivo LED interno del 4N25:** caída de voltaje directa $V_f \approx 1,2$ V, corriente recomendada $I_f = 10$ mA.
- **Resistencia serie (R8):** limita la corriente a través del LED del optoacoplador.

$$R_{LED} = \frac{V_{in} - V_f}{I_f} = \frac{24 \text{ V} - 1,2 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = \frac{22,8}{0,01} = 2280 \Omega$$

Se selecciona un valor comercial superior para proteger el componente:

$$R8 = 4,7 \text{ k}\Omega$$

- **Resistencia pull-up (R7):** conecta el colector del fototransistor a 5 V para asegurar estado HIGH cuando el optoacoplador está apagado.

Valor típico:

$$R7 = 10 \text{ k}\Omega$$

2. Microcontrolador Arduino Mega:

La base del sistema es el microcontrolador **Arduino Mega 2560**, una placa basada en el microcontrolador ATmega2560 que cuenta con múltiples entradas y salidas digitales y analógicas, así como varios puertos de comunicación serial (UART), lo que lo hace ideal para aplicaciones que requieren control de múltiples dispositivos de forma simultánea.

En este proyecto, el Arduino Mega cumple las siguientes funciones principales:

- Lectura de entradas digitales:** recibe señales desde los optoacopladores conectados a los sensores capacitivos. Estas señales son monitoreadas en los pines analógicos A0 hasta A8, utilizados como entradas digitales.
- Procesamiento lógico:** mediante variables que almacenan el estado anterior de cada entrada, el Arduino detecta cambios de estado (activación del sensor). Esta lógica evita la activación repetitiva si el sensor permanece presionado o activo por un tiempo prolongado.
- Control de salidas digitales:** al detectar un evento de entrada, el microcontrolador activa un pin de salida digital (D2 a D10) que conmuta un transistor NPN. Este transistor, a su vez, controla un relé que enciende una luz (tira de neón) correspondiente al sensor activado.
- Comunicación serial con el módulo de audio:** el Arduino Mega utiliza su puerto Serial1 (pines TX1 y RX1) para enviar comandos al módulo **DFPlayer Mini**, encargado de reproducir pistas de audio en respuesta a la activación de los sensores. Esta comunicación se realiza a través del protocolo UART a una velocidad de 9600 baudios.

Todas estas funciones principales se puede observar en la Figura 56.

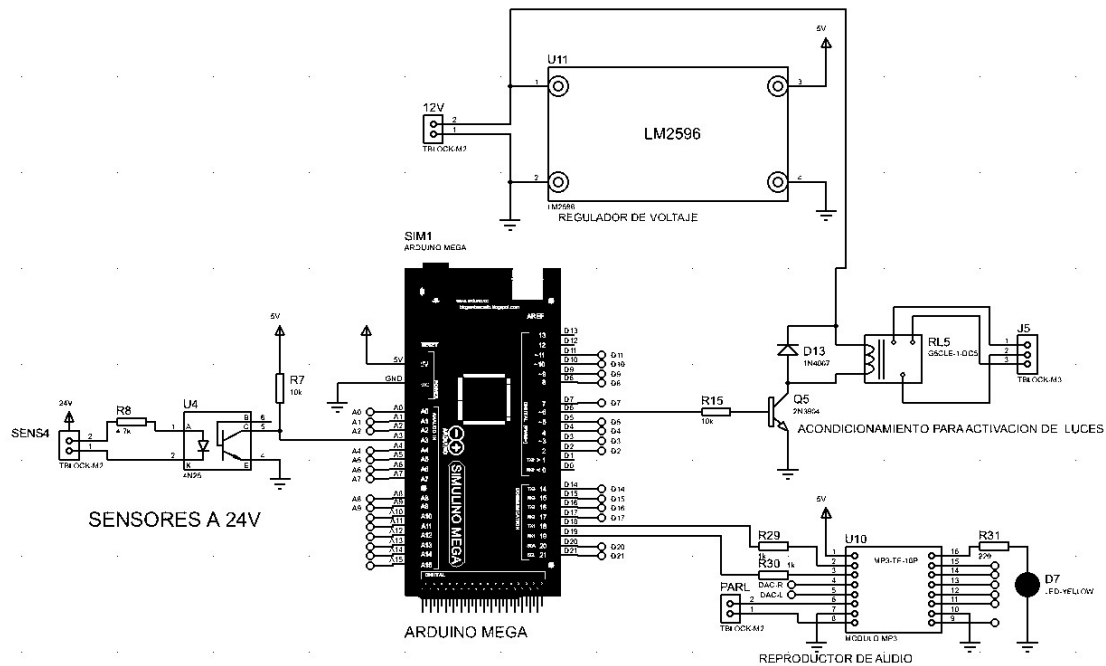


Figura 56: Circuito de conexión del microcontrolador con el sensor táctil de 24V, el módulo de audio y el relé para la activación de la cinta de neón.

3. **Módulo de audio DFPlayer mini:** Es un módulo autónomo de reproducción de audio en formato MP3, que permite leer archivos desde una tarjeta microSD y reproducirlos mediante comandos enviados por comunicación serial. Su integración con microcontroladores como el Arduino lo convierte en una solución eficiente y compacta para sistemas que requieren respuesta sonora.

En este proyecto, el DFPlayer Mini se comunica directamente con el **Arduino Mega** a través del puerto **Serial1** (TX1 y RX1), empleando el protocolo **UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)**. Esta interfaz serial asíncrona permite el envío de comandos de control de manera sencilla y eficiente.

Velocidad y estructura de comunicación

- **Velocidad de transmisión:** 9600 baudios (bits por segundo).
- **Estructura de trama UART:** cada byte transmitido se compone de:
 - 1 bit de inicio (START, nivel lógico bajo)
 - 8 bits de datos
 - 1 bit de parada (STOP, nivel lógico alto)
 - No se utiliza bit de paridad (por defecto)

Funciones utilizadas

El módulo es controlado mediante la librería `DFRobotDFPlayerMini`, que permite ejecutar comandos de alto nivel. En este sistema se emplean principalmente las siguientes funciones:

- `mp3.begin(Serial1)`:
Inicializa la comunicación entre el Arduino y el DFPlayer.
- `mp3.volume(28)`:
Establece el volumen de reproducción. El valor permitido va de 0 a 30, siendo 30 el volumen máximo.
- `mp3.play(N)`:
Reproduce la pista número N almacenada en la tarjeta microSD. Los archivos están nombrados con formato `0001.mp3`, `0002.mp3`, etc., para que sean reconocidos correctamente.
- `mp3.readState()`: (opcional)
Permite verificar si el reproductor está en reproducción. En el código actual, esta función aparece comentada como una opción para hacer la espera no bloqueante.

Funcionamiento general

Cada vez que el Arduino detecta la activación de un sensor, envía un comando `play()` al DFPlayer Mini mediante UART. El módulo accede a la tarjeta microSD, busca el archivo correspondiente y lo reproduce por salida de audio. Este audio es emitido por un parlante amplificado.

El módulo también cuenta con una salida de estado (`busy`) que se activa durante la reproducción, y un LED indicador que facilita la verificación visual de su funcionamiento.

En la Figura 57 se muestra el diagrama de conexión del módulo MP3-TF-16P:

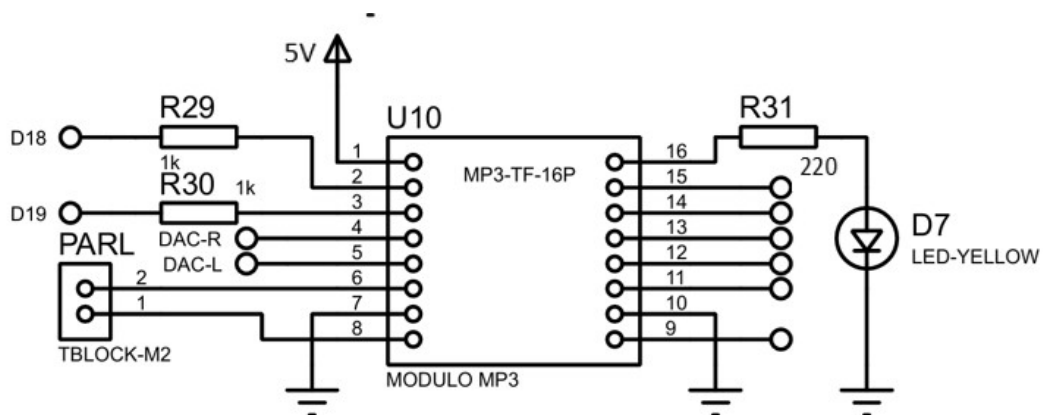


Figura 57: Circuito de conexión del módulo MP3-TF-16P

El módulo MP3-TF-16P permite reproducir archivos de audio MP3 almacenados en una tarjeta microSD. Su control se realiza mediante protocolo UART a través de los pines de datos **TX** y **RX**. A continuación, se detallan los aspectos eléctricos y de comunicación.

- **Resistencias R29 y R30 (1k Ω):** utilizadas para adaptar niveles y evitar interferencias entre el módulo y el microcontrolador, (Recomendadas por el fabricante).
- **LED indicador (D7):** conectado a la salida del pin 13 del módulo para indicar actividad o reproducción. Se acompaña de una resistencia limitadora R31 de 220 Ω .
- **Cálculo de R31:**

$$V_{LED} = 2,0 \text{ V}, \quad I_{LED} = 15 \text{ mA}$$
$$R = \frac{V_{fuente} - V_{LED}}{I} = \frac{5 \text{ V} - 2 \text{ V}}{0,015 \text{ A}} = 200 \Omega$$

Se escoge:

$$R_{31} = 220 \Omega$$

Protocolo de comunicación

- **Tipo de protocolo:** UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)
- **Velocidad de transmisión:** 9600 baudios (por defecto en muchos módulos DFPlayer)
- **Estructura del paquete:**
 - 1 bit de inicio
 - 8 bits de datos
 - 1 bit de parada
- **Funciones principales:**
 - Reproducir archivo por número
 - Detener reproducción
 - Control de volumen
 - Reproducción en bucle

El módulo interpreta los comandos enviados desde el microcontrolador y reproduce el archivo correspondiente desde la tarjeta microSD. La salida de audio puede ser analógica (DAC-L, DAC-R) o amplificada a través de un pequeño parlante.

4. Activación de luces con relés:

Una vez que el microcontrolador detecta la activación de un sensor y reproduce el audio correspondiente, se requiere también activar una retroalimentación visual mediante luces. Para ello, se utiliza una **etapa de potencia** compuesta por transistores NPN, relés de 12 V y tiras de neón.

Transistores NPN (2N3904)

El Arduino no puede suministrar la corriente necesaria para activar directamente las bobinas de los relés, por lo que se utiliza un transistor como interruptor electrónico. En este caso, se emplean transistores NPN tipo 2N3904, como se muestra en la Figura 58.

Cada salida digital del Arduino se conecta a través de una resistencia de base al transistor. Cuando el pin digital del Arduino se pone en HIGH, se polariza la base del transistor, saturándolo. Esto permite el paso de corriente desde el colector hacia el emisor, energizando la bobina del relé.

Relés de 12 V

Los relés utilizados en el sistema son de tipo electromecánico, con bobina de 12 V, como se muestra en la Figura 58. Cuando la bobina del relé se energiza gracias al transistor, este cierra un contacto que permite el paso de corriente hacia las **tiras de neón** de 12 V.

Cada relé está protegido por un diodo **1N4007** en antiparalelo, que se encarga de absorber la corriente inversa generada por la bobina al desenergizarse, protegiendo al transistor de posibles daños por sobrevoltaje inductivo (pico de retorno o “flyback”).

Luces de retroalimentación

Las salidas visuales están conformadas por **tiras de neón alimentadas a 12 V**, las cuales se activan por medio del contacto normalmente abierto de los relés. Cuando un sensor se activa:

- a) El Arduino envía un nivel alto al transistor correspondiente.
- b) El transistor satura y activa el relé.
- c) El relé cierra el circuito de 12V hacia la tira de neón.
- d) Luego de un `delay()`, el Arduino apaga la salida, el transistor se corta, el relé se desactiva y la luz se apaga.

Esta configuración permite aislar la lógica de control de las cargas de mayor corriente y tensión, manteniendo la integridad del sistema. Además, permite utilizar fuentes de 12 V independientes para las luces, lo que mejora la eficiencia y reduce el riesgo de interferencias en el microcontrolador.

CALCULOS: Circuito transistor 2N3904 + relé de 12V

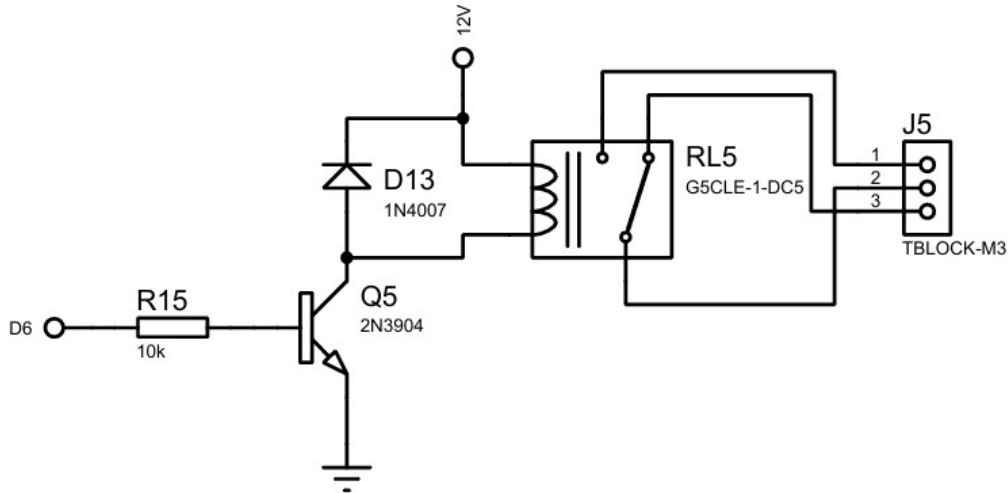


Figura 58: Circuito de activación de relé con transistor

- **Relé:** tensión de bobina 12V, corriente estimada $I_C = 60 \text{ mA}$.
- **Transistor 2N3904:** ganancia mínima $h_{FE} = 100$.
- **Corriente de base necesaria:**

$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} = \frac{60 \text{ mA}}{100} = 0,6 \text{ mA}$$

- **Tensión de entrada desde Arduino:** $V_{in} = 5\text{V}$, $V_{BE} \approx 0,7 \text{ V}$.
- **Resistencia de base (R15):**

$$R_B = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_B} = \frac{5 - 0,7}{0,0006} \approx 7166,7 \Omega$$

Se escoge un valor práctico conservador para limitar la corriente y garantizar saturación:

$$R_{15} = 10 \text{ k}\Omega$$

Protección del transistor

El diodo **D13 (1N4007)** se coloca en paralelo a la bobina del relé, en polarización inversa, para proteger al transistor de picos de voltaje inducidos cuando la corriente a través de la bobina se interrumpe bruscamente, como se muestra en la Figura 58. Este diodo se conoce como diodo flyback o diodo de rueda libre.

Corriente de salida del Arduino

El Arduino Mega puede entregar hasta 40 mA por pin, pero se recomienda no exceder 20 mA por salida. Dado que la corriente de base del transistor es de solo 0.6 mA:

Resumen de resistencias calculadas:

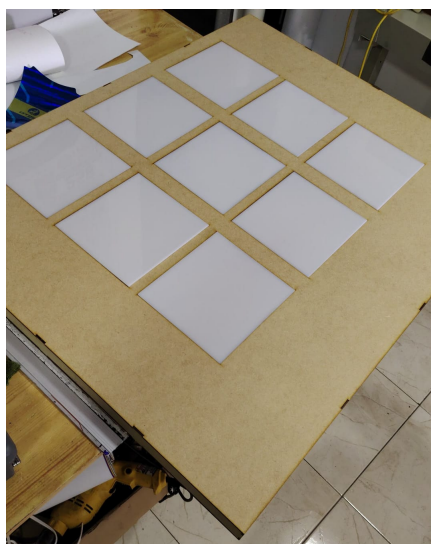
Resistencia	Valor calculado	Valor implementado
R8 (LED optoacoplador)	2.28k Ω	4.7 k Ω
R7 (pull-up A7)	10k Ω	10k Ω
R15 (base transistor 2N3904)	7.1k Ω	10 k Ω

Tabla 13: Resumen de resistencias clave en el sistema

4.12.4. Resultado final

La estructura externa del juego de estimulación está construida con madera MDF y material acrílico, como se observa en la Figura 59. Sus dimensiones son de 1 metro de largo, 80 centímetros de ancho y 5 centímetros de grosor. El diseño y selección de materiales buscan cumplir con los principios de seguridad y accesibilidad establecidos en la norma **ISO 21542**, que proporciona directrices para la creación de entornos accesibles y seguros para personas con discapacidad, considerando aspectos como superficies seguras, resistencia mecánica y ausencia de bordes peligrosos.

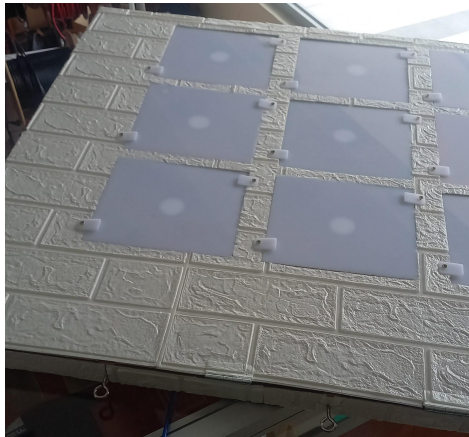
Figura 59: Diseño de la caja.



Nota. Tomada de autoría propia

Con el fin de prevenir cualquier daño a las niñas y niños, la caja fue recubierta con un adhesivo de textura suave que presenta un diseño de ladrillos como se muestra en la Figura 60. Esta medida se alinea con los principios de la norma **ISO 7176-26**, que establece requisitos de seguridad y accesibilidad para dispositivos y productos destinados a personas con discapacidad, priorizando la protección contra bordes afilados y superficies que puedan causar lesiones.

Figura 60: La caja cuenta con un forro de material adhesivo y suave.



Nota. Tomada de autoría propia

Para la estimulación visual, se confeccionaron muñecos rellenos de algodón que representan animales como el gato, perro, gallo, caballo, oveja y vaca, así como figuras alusivas a la lluvia, el mar y el bosque, los cuales fueron adheridos sobre el acrílico, como se muestra en la Figura 61. Esta actividad tiene como propósito fomentar la estimulación sensorial, la percepción visual y la identificación de formas y colores, promoviendo la interacción y participación activa de niños y niñas con discapacidad auditiva, visual y síndrome de Down. De esta manera, se busca contribuir al desarrollo cognitivo, emocional y social, fortaleciendo habilidades de reconocimiento, asociación y respuesta a estímulos visuales y táctiles, dentro de un entorno recreativo y terapéutico., teniendo en cuenta la norma **ISO 21542**.

Figura 61: Figuras utilizadas para la estimulación visual y táctil.



Nota. Tomada de autoría propia

Para la estimulación auditiva, se incorporaron parlantes como se muestra

en la Figura 62, que reproducen el audio correspondiente cuando se toca uno de los muñecos, es decir, sonidos de los animales previamente mencionados, así como efectos sonoros de la naturaleza anteriormente descritos.

Figura 62: Reproducción de audio para la estimulación auditiva.



Nota. Tomada de autoría propia

Por último, se agregó una frase motivadora relacionada con la naturaleza y los niños: *"La naturaleza y los animales te regalan un toque de magia que sana y alegra tu alma cada vez que los tocas."* Dicha frase fue colocada en la caja forrada del juego, como se muestra en la Figura 63. Finalmente, el juego fue instalado en la sala multisensorial a una altura de 45 cm del piso, tomando en cuenta el promedio de estatura de niños y niñas de 3 a 10 años de edad, en concordancia con los lineamientos de la norma ISO 21542:2011.

Asimismo, la sala multisensorial cuenta con un botón de emergencia ubicado junto al juego, diseñado siguiendo los principios de accesibilidad y seguridad establecidos en la norma ISO 13850:2015, que establece requisitos para dispositivos de parada de emergencia. Esto garantiza que el botón sea fácilmente identificable, accesible y operable por niños y niñas con discapacidad, facilitando una respuesta rápida y segura ante cualquier eventualidad.

Figura 63: Resultado final del juego de estimulación.



Nota. Tomada de autoría propia

El funcionamiento del estimulador digital se basa en la interacción táctil con los muñecos. Al tocar uno de los muñecos, se activa la cinta neón correspondiente y se reproduce el audio asociado. El sensor de detección está adherido en la parte posterior del acrílico, mientras que la cinta neón se encuentra ubicada alrededor del borde del mismo, proporcionando una estimulación visual mediante la iluminación. El sonido se reproduce a través de parlantes externos, complementando la experiencia multisensorial que potencia el aprendizaje y la interacción de los niños.

5. Resultados

Los resultados mostrados en la Figura 64 y la tabla 14 muestran que el 67 % (2) de los niños con discapacidad auditiva ocasionalmente tienen problemas para entender lo que dicen otras personas y el 33 % (1) frecuentemente. Por otra parte, el 67 % de los niños casi nunca le molestan ruidos cotidianos como la aspiradora, secadora de pelo o descarga del inodoro, pero al 33 % le molesta ocasionalmente. El 33 % de los niños con discapacidad auditiva casi nunca o nunca responden negativamente a sonidos fuertes, huyendo, llorando o sujetando las manos en sus oídos, pero el 67 % reacciona ocasionalmente. Así también 67 % de los niños frecuentemente parece no escuchar ciertos sonidos, mientras que el 33 % lo hace a veces. El 67 % de los niños con discapacidad auditiva se distrae con ruidos que otras personas no perciben, mientras que el 33 % lo hace a veces. El 33 % de los niños ocasionalmente se asusta por sonidos que otros niños de la misma edad no relacionan de forma habitual como una situación alarmante, el 33 % lo hace frecuentemente y el 33 % lo hace casi siempre o siempre. El 67 % de los niños casi siempre o siempre tiene dificultad para interpretar el significado de palabras simples o comunes.

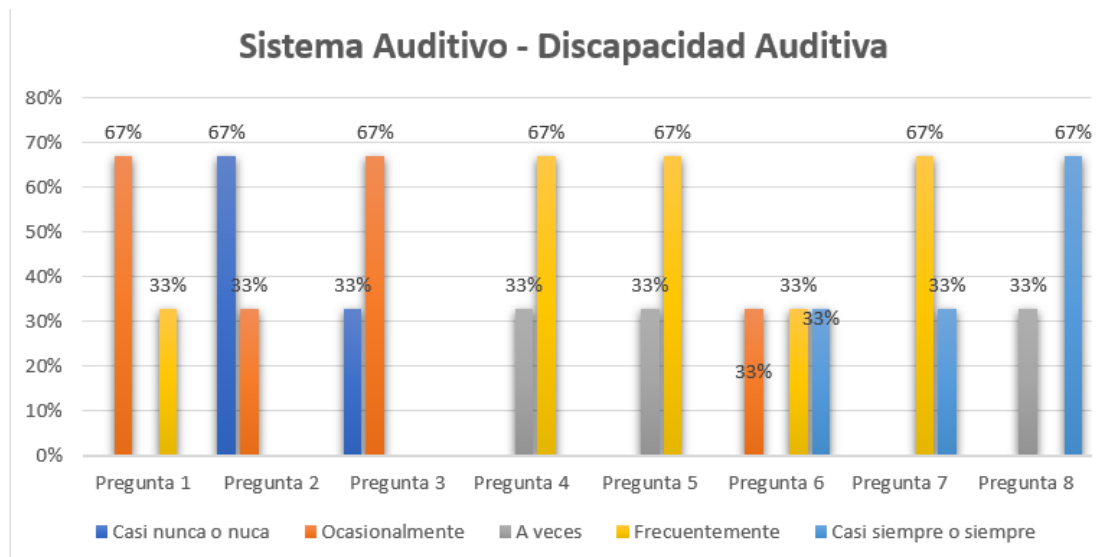


Figura 64: Sistema Auditivo niños con discapacidad auditiva

Nota. Tomada de Promart.

Tabla 14: Escala Likert evaluación sistema auditivo - niños con discapacidad auditiva

Sistema Auditivo		Casi nunca o nunca (1)		Ocasionalmente (2)		A veces (3)		Frecuentemente (4)		Casi siempre o siempre (5)	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
1	¿Su niño tiene problemas para entender lo que dicen otras personas?	0	0%	2	67%	0	0%	1	33%	0	0%
2	¿A su niño le molestan ruidos cotidianos, como, por ejemplo, el sonido de la aspiradora, el secador de pelo o la descarga del inodoro?	2	67%	1	33%	0	0%	0	0%	0	0%
3	¿Su niño responde negativamente a sonidos fuertes, huyendo, llorando o sujetando las manos sobre los oídos?	1	33%	2	67%	0	0%	0	0%	0	0%
4	¿Su niño parece no escuchar ciertos sonidos?	0	0%	0	0%	1	33%	2	67%	0	0%
5	¿Su niño se distrae con ruidos que otras personas no perciben?	0	0%	0	0%	1	33%	2	67%	0	0%
6	¿Su niño se asusta por sonidos que otros niños de la misma edad no relacionan habitualmente como una situación alarmante?	0	0%	1	33%	0	0%	1	33%	1	33%
7	¿Le parece que su niño tiene una baja respuesta a sonidos fuertes?	0	0%	0	0%	0	0%	2	67%	1	33%
8	¿Su niño tiene dificultad para interpretar el significado de palabras simples o comunes?	0	0%	0	0%	1	33%	0	0%	2	67%

Fuente: elaboración propia

Sistema Auditivo - Discapacidad Auditiva

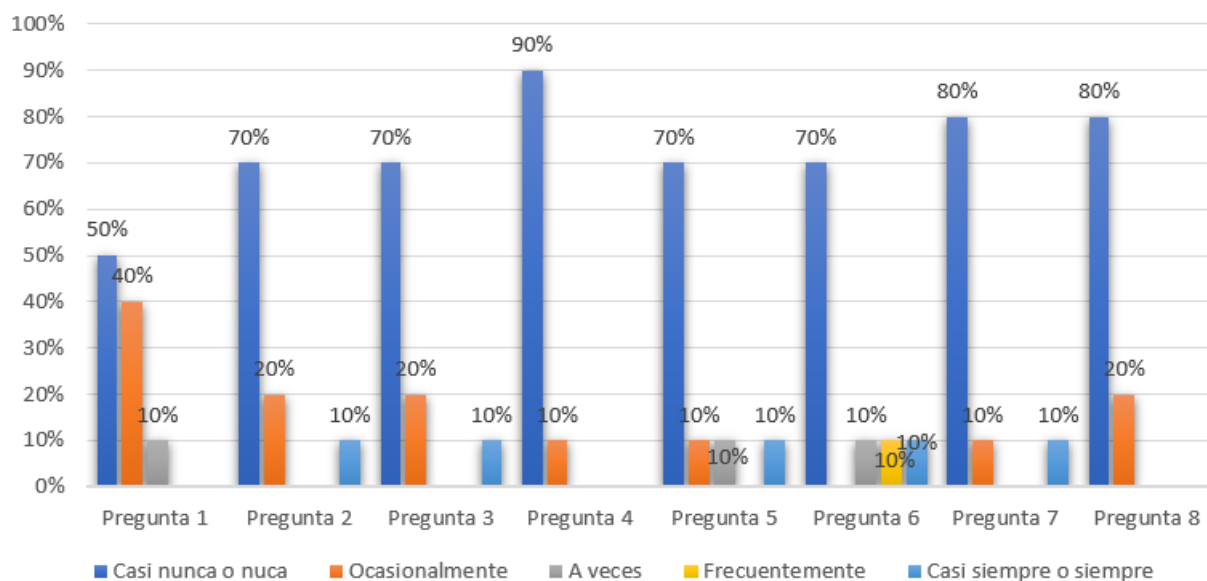


Figura 65: Sistema Auditivo- Discapacidad Visual
Nota. Tomada de Promart.

Los resultados observados en la figura 65 y en la tabla 15 muestran que el 50 % (5) de los niños con discapacidad visual casi nunca o nunca tienen problema para entender lo que dicen otras personas, el 40 % (4) ocasionalmente no tiene problema y el 10 % (1) lo hacen a veces. Por otra parte, el 70 % de los niños casi nunca o nunca le molestan los ruidos cotidianos, como por ejemplo el sonido de la aspiradora, el secador de pelo o la descarga del inodoro, el 20 % lo hace ocasionalmente y el 10 % casi siempre o siempre. El 70 % de los niños con discapacidad visual casi nunca o nunca responde de forma negativa a sonidos fuertes huyendo, llorando o sujetando las manos sobre los oídos, el 20 % lo hace ocasionalmente y el 10 % casi siempre o siempre. Así también, el 90 % de los niños casi nunca o nunca parecen no escuchar ciertos sonidos y el 10 % lo hace ocasionalmente. El 70 % de los niños con discapacidad visual casi nunca o nunca se distrae con ruidos que otras personas no perciben, el 10 % lo hace ocasionalmente y el 10 % a veces. El 70 % de los niños casi nunca o nunca se asustan con sonidos que otros niños de la misma edad no relacionan de forma habitual como una situación alarmante, el 10 % lo hace a veces y el 10 % frecuentemente. En este mismo contexto, el 80 % de los niños casi nunca o nunca el niño tiene una baja respuesta a sonidos fuertes, el 10 % lo hace ocasionalmente y el 10 % a veces y el otro 10 % casi siempre o siempre. Finalmente, el 80 % de los niños con discapacidad visual casi nunca o nunca tienen dificultad para interpretar el significado de palabras simples o comunes, mientras que el 20 % lo hace ocasionalmente.

Tabla 15: Escala Likert evaluación sistema auditivo - niños con discapacidad visual

Sistema Auditivo		Casi nunca o nunca (1)		Ocasionalmente (2)		A veces (3)		Frecuentemente (4)		Casi siempre o siempre (5)	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
1	¿Su niño tiene problemas para entender lo que dicen otras personas?	5	50 %	4	40 %	1	10 %	0	0 %	0	0 %
2	¿A su niño le molestan ruidos cotidianos, como, por ejemplo, el sonido de la aspiradora, el secador de pelo o la descarga del inodoro?	7	70 %	2	20 %	0	0 %	0	0 %	1	10 %
3	¿Su niño responde negativamente a sonidos fuertes, huyendo, llorando o sujetando las manos sobre los oídos?	7	70 %	2	20 %	0	0 %	0	0 %	1	10 %
4	¿Su niño parece no escuchar ciertos sonidos?	9	90 %	1	10 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %
5	¿Su niño se distrae con ruidos que otras personas no perciben?	7	70 %	1	10 %	1	10 %	0	0 %	1	10 %
6	¿Su niño se asusta por sonidos que otros niños de la misma edad no relacionan habitualmente como una situación alarmante?	7	70 %	0	0 %	1	10 %	1	10 %	1	10 %
7	¿Le parece que su niño tiene una baja respuesta a sonidos fuertes?	8	80 %	1	10 %	0	0 %	0	0 %	1	10 %
8	¿Su niño tiene dificultad para interpretar el significado de palabras simples o comunes?	8	80 %	2	20 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %

Fuente: Elaboración propia

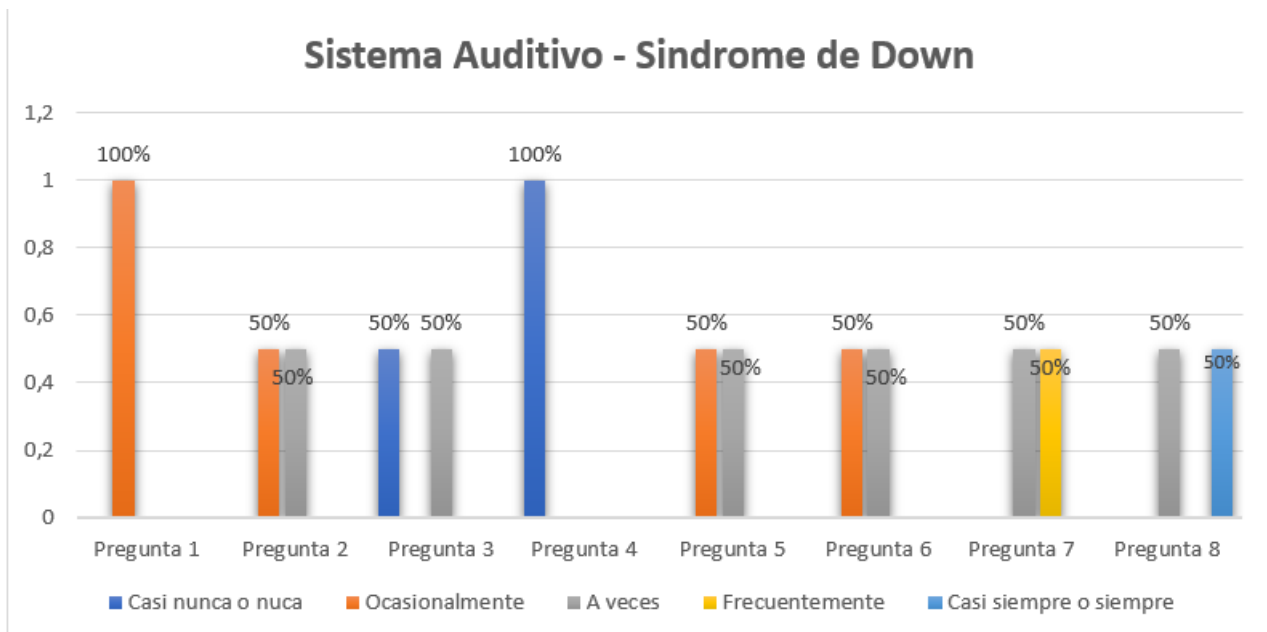


Figura 66: Sistema Auditivo - Síndrome de Down
Nota. Tomada de Promart.

Los resultados observados en la Figura 66 y en la 16 muestran que el 100 % (2) de los niños con Síndrome de Down ocasionalmente tienen problemas para entender lo que dicen otras personas. Así también, el 50 % de los niños con discapacidad ocasionalmente les molesta los ruidos cotidianos como por ejemplo el ruido de la aspiradora, el secador de pelo o la descarga del inodoro mientras que el 50 % lo hace a veces. Por otra parte, al 50 % de los niños casi nunca o nunca responde de forma negativa a sonidos fuertes huyendo, llorando o sujetando las manos en sus oídos y el 50 % lo hace a veces. El 100 % de los niños con síndrome de Down parecen no escuchar ciertos sonidos. En este mismo contexto, ocasionalmente el 50 % de los niños se distraen con ruidos que otras personas no perciben, mientras que el 50 % lo hacen a veces. El 50 % de los niños se asustan ocasionalmente por sonidos que otros niños de la misma edad no relacionan habitualmente como una situación alarmante y el 50 % lo hacen a veces. Del mismo modo el 50 % de los niños a veces tienen una baja respuesta a sonidos fuertes y el otro 50 % lo hacen frecuentemente. Finalmente, el 50 % de los niños con Síndrome de Down a veces tienen dificultad para interpretar de palabras simples o comunes y el 50 % lo hacen casi siempre o siempre.

Tabla 16: Escala Likert evaluación sistema auditivo - niños con Síndrome de Down

Sistema Auditivo		Casi nunca o nunca (1)		Ocasionalmente (2)		A veces (3)		Frecuentemente (4)		Casi siempre o siempre (5)	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
1	¿Su niño tiene problemas para entender lo que dicen otras personas?	0	0%	2	100%	0	0%	0	0%	0	0%
2	¿A su niño le molestan ruidos cotidianos, como, por ejemplo, el sonido de la aspiradora, el secador de pelo o la descarga del inodoro?	0	0%	1	50%	1	50%	0	0%	0	0%
3	¿Su niño responde negativamente a sonidos fuertes, huyendo, llorando o sujetando las manos sobre los oídos?	1	50%	0	0%	1	50%	0	0%	0	0%
4	¿Su niño parece no escuchar ciertos sonidos?	2	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
5	¿Su niño se distrae con ruidos que otras personas no perciben?	0	0%	1	50%	1	50%	0	0%	0	0%
6	¿Su niño se asusta por sonidos que otros niños de la misma edad no relacionan habitualmente como una situación alarmante?	0	0%	1	50%	1	50%	0	0%	0	0%
7	¿Le parece que su niño tiene una baja respuesta a sonidos fuertes?	0	0%	0	0%	1	50%	1	50%	0	0%
8	¿Su niño tiene dificultad para interpretar el significado de palabras simples o comunes?	0	0%	0	0%	1	50%	0	0%	1	50%

Fuente: Elaboración propia

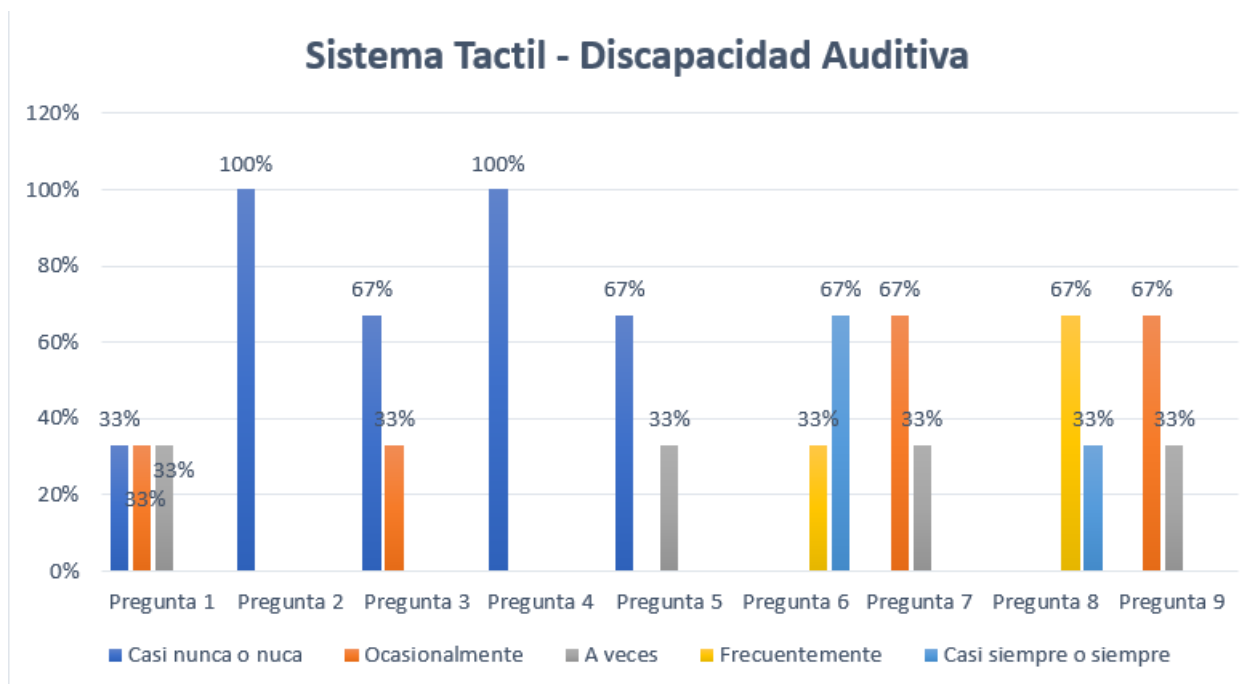


Figura 67: Sistema Tactil - Discapacidad Auditiva
Nota. Tomada de Promart.

Los resultados observados en la Figura 67 y en la Tabla 17 muestran que el 33 % (1) de los niños con discapacidad auditiva casi nunca o nunca se apartan del estímulo al ser tocados ligeramente, el 33(1) lo hace ocasionalmente y el otro 33%(1) lo hace a veces. Así también, el 100 % de los niños parece no darse cuenta cuando es tocado casi nunca o nunca. Por otra parte, el 67 % de los niños casi nunca o nunca reacciona negativamente a la sensación de ropa nueva, mientras que el 33 % lo hacen ocasionalmente. Del mismo modo el 100 % de los niños con discapacidad auditiva casi nunca o nunca muestra desagrado inusual cuando se lo peina, cepilla o arregla el cabello. Dentro de este contexto el 67 % de los niños casi nunca o nunca prefiere tocar a ser tocado y el 33 % lo hace a veces. De este modo el 33 % frecuentemente parece motivado a ser impulsado a tocar otras texturas, pero el 67 % lo hace casi siempre o siempre. No obstante, el 67 % de los niños con discapacidad auditiva ocasionalmente se rehúsa a usar sombreros, anteojos de sol u otros y el 33 % lo hace a veces. Por tanto, el 67 % de los niños les molesta frecuentemente que les recorten las uñas de las manos o pies y el 33 % se molesta casi siempre o siempre. Finalmente, el 67 % de los niños ocasionalmente se resiste a que lo sujeten y el 33 % lo hace a veces.

Tabla 17: Escala Likert, Evaluación sistema táctil niños con discapacidad auditiva

Sistema Táctil		Casi nunca o nunca (1)		Ocasionalmente (2)		A veces (3)		Frecuentemente (4)		Casi siempre o siempre (5)	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
1	¿Su niño se aparta del estímulo al ser tocado ligeramente?	1	33 %	1	33 %	1	33 %	0	0 %	0	0 %
2	¿Su niño parece no darse cuenta cuando es tocado?	3	100 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %
3	¿Su niño reacciona negativamente a la sensación de ropa nueva?	2	67 %	1	33 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %
4	¿Su niño muestra un desagrado inusual cuando se le peina, cepilla o arregla el cabello?	3	100 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %
5	¿Su niño prefiere tocar que ser tocado?	2	67 %	0	0 %	1	33 %	0	0 %	0	0 %
6	¿Su niño parece (motivado a) ser impulsado a tocar diferentes texturas?	0	0 %	0	0 %	0	0 %	1	33 %	2	67 %
7	¿Su niño rehúsa usar sombreros, anteojos de sol u otros accesorios?	0	0 %	2	67 %	1	33 %	0	0 %	0	0 %
8	¿Le molesta a su niño que recorten las uñas de las manos o de los pies?	0	0 %	0	0 %	0	0 %	2	67 %	1	33 %
9	¿Su hijo se resiste a que lo sujeten?	0	0 %	2	67 %	1	33 %	0	0 %	0	0 %

Fuente: Elaboración propia

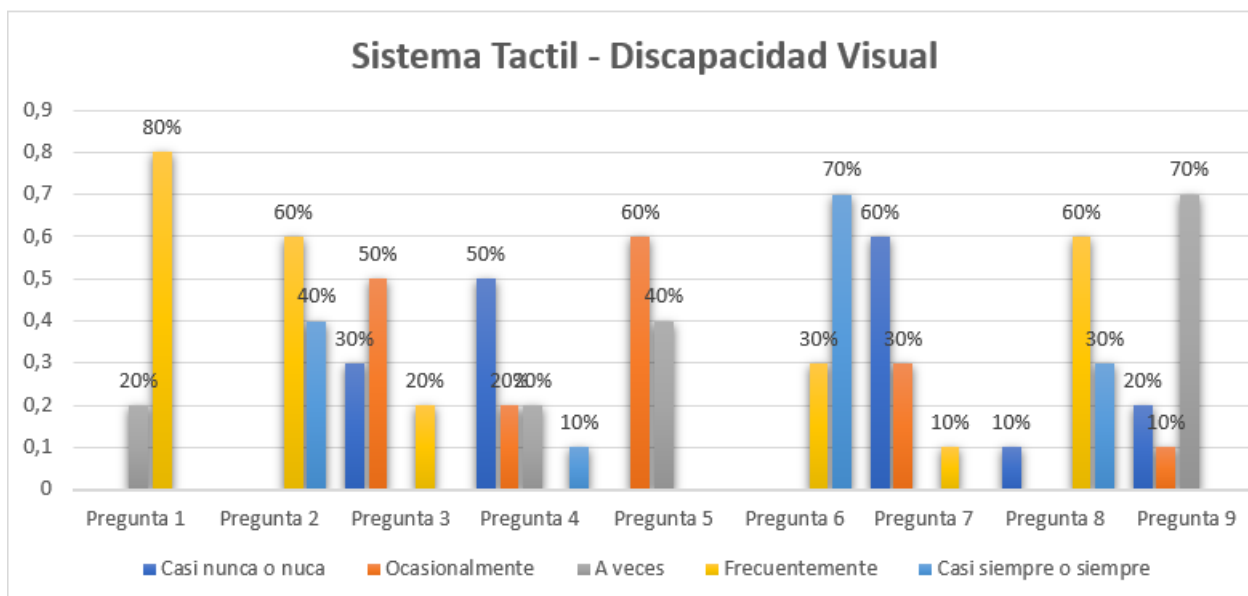


Figura 68: Sistema Táctil - Discapacidad Visual
Nota. Tomada de Promart.

Los resultados observados en la Figura 68 y en la Tabla 18 muestran que el 20% (2) de los niños con discapacidad visual a veces se apartan del estímulo al ser tocados ligeramente, el 80 (8) lo hace frecuentemente. Así también, el 60% de los niños parece no darse cuenta cuando es tocado frecuentemente y el 40% lo hace casi siempre o siempre. Por otra parte, el 30% de los niños casi nunca o nunca reacciona negativamente a la sensación de ropa nueva, mientras que el 50% lo hacen ocasionalmente y el 20% frecuentemente. Del mismo modo el 50% de los niños con discapacidad visual casi nunca o nunca muestra un desagrado inusual cuando se lo peina, cepilla o arregla el cabello, el 20% lo hacen ocasionalmente, el 20% a veces y el 10% casi siempre o siempre. Dentro de este contexto el 60% de los niños ocasionalmente prefiere tocar a ser tocado y el 40% lo hace a veces. De este modo el 30% frecuentemente parece motivado a ser impulsado a tocar otras texturas y el 70% lo hace casi siempre o siempre. No obstante, el 60% de los niños con discapacidad visual ocasionalmente se rehúsa a usar sombreros, anteojos de sol u otros, el 30% lo hace ocasionalmente y el 10% frecuentemente. Por tanto, el 10% de los niños casi nunca o nunca les molesta que les recorten las uñas de las manos o pies, al 60% le molesta frecuentemente y al 30% casi siempre o siempre. Finalmente, el 20% de los niños casi nunca o nunca se resiste a que lo sujeten, el 10% lo hace ocasionalmente y el 70% a veces.

Tabla 18: Escala Likert, Evaluación Sistema Táctil - Niños Discapacidad Visual

Sistema Táctil		Casi nunca o nunca (1)		Ocasionalmente (2)		A veces (3)		Frecuentemente (4)		Casi siempre o siempre (5)	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
1	¿Su niño se aparta del estímulo al ser tocado ligeramente?	0	0%	0	0%	2	20%	8	80%	0	0%
2	¿Su niño parece no darse cuenta cuando es tocado?	0	0%	0	0%	0	0%	6	60%	4	40%
3	¿Su niño reacciona negativamente a la sensación de ropa nueva?	3	30%	5	50%	0	0%	2	20%	0	0%
4	¿Su niño muestra un desagrado inusual cuando se le peina, cepilla o arregla el cabello?	5	50%	2	20%	2	20%	0	0%	1	10%
5	¿Su niño prefiere tocar que ser tocado?	0	0%	6	60%	4	40%	0	0%	0	0%
6	¿Su niño parece (motivado a) ser impulsado a tocar diferentes texturas?	0	0%	0	0%	0	0%	3	30%	7	70%
7	¿Su niño rehúsa usar sombreros, anteojos de sol u otros accesorios?	6	60%	3	30%	0	0%	1	10%	0	0%
8	¿Le molesta a su niño que recorten las uñas de las manos o de los pies?	1	10%	0	0%	0	0%	6	60%	3	30%
9	¿Su hijo se resiste a que lo sujeten?	2	20%	1	10%	7	70%	0	0%	0	0%

Fuente: Elaboración propia

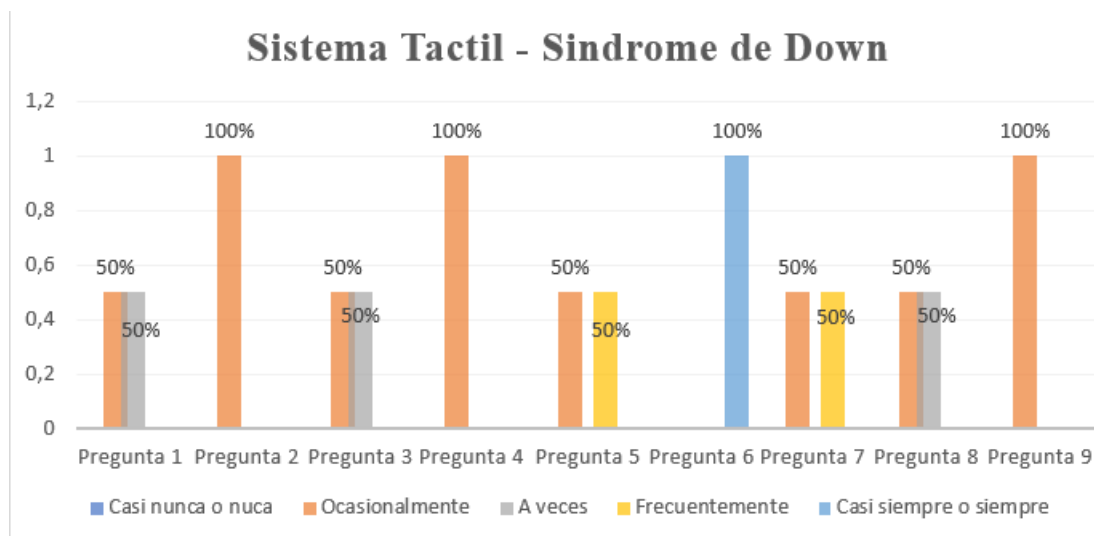


Figura 69: Sistema Táctil - Síndrome de Down

Nota. Tomada de Promart.

Los resultados observados en la Figura 69 y en la Tabla 19 muestran que el 50 % (1) de los niños con síndrome de Down ocasionalmente se aparta de estímulo al ser tocado ligeramente y el otro 50 % (1) lo hace a veces. Así también, el 100 % de los niños ocasionalmente parece no darse cuenta cuando es tocado. Por otra parte, el 50 % de los niños ocasionalmente reacciona negativamente a la sensación de ropa nueva, mientras que el 50 % lo hacen a veces. Del mismo modo el 100 % de los niños con síndrome de Down ocasionalmente muestra un desagrado inusual cuando se lo peina, cepilla o arregla el cabello. Dentro de este contexto el 50 % de los niños ocasionalmente prefiere tocar a ser tocado y el 50 % lo hace frecuentemente. De este modo el 100 % de los niños casi siempre o siempre parece motivado a ser impulsado a tocar otras texturas. No obstante, el 50 % de los niños con síndrome de Down ocasionalmente se rehúsa a usar sombreros, anteojos de sol u otros y el otro 50 % lo hace frecuentemente. Por tanto, el 50 % de los niños ocasionalmente les molesta que les recorten las uñas de las manos o pies, al 50 % le molesta a veces. Finalmente, el 100 % de los niños ocasionalmente se resiste a que lo sujeten

Tabla 19: Escala Likert, Evaluación sistema táctil - Niños con Síndrome de Down

Sistema Táctil		Casi nunca o nunca (1)		Ocasionalmente (2)		A veces (3)		Frecuentemente (4)		Casi siempre o siempre (5)	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
1	¿Su niño se aparta del estímulo al ser tocado ligeramente?	0	0%	1	50%	1	50%	0	0%	0	0%
2	¿Su niño parece no darse cuenta cuando es tocado?	0	0%	2	100%	0	0%	0	0%	0	0%
3	¿Su niño reacciona negativamente a la sensación de ropa nueva?	0	0%	1	50%	1	50%	0	0%	0	0%
4	¿Su niño muestra un desagrado inusual cuando se le peina, cepilla o arregla el cabello?	0	0%	2	100%	0	0%	0	0%	0	0%
5	¿Su niño prefiere tocar que ser tocado?	0	0%	1	50%	0	0%	1	50%	0	0%
6	¿Su niño parece (motivado a) ser impulsado a tocar diferentes texturas?	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
7	¿Su niño rehúsa usar sombreros, anteojos de sol u otros accesorios?	0	0%	1	50%	0	0%	1	50%	0	0%
8	¿Le molesta a su niño que recorten las uñas de las manos o de los pies?	0	0%	1	50%	1	50%	0	0%	0	0%
9	¿Su hijo se resiste a que lo sujeten?	0	0%	2	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Fuente: Elaboración propia

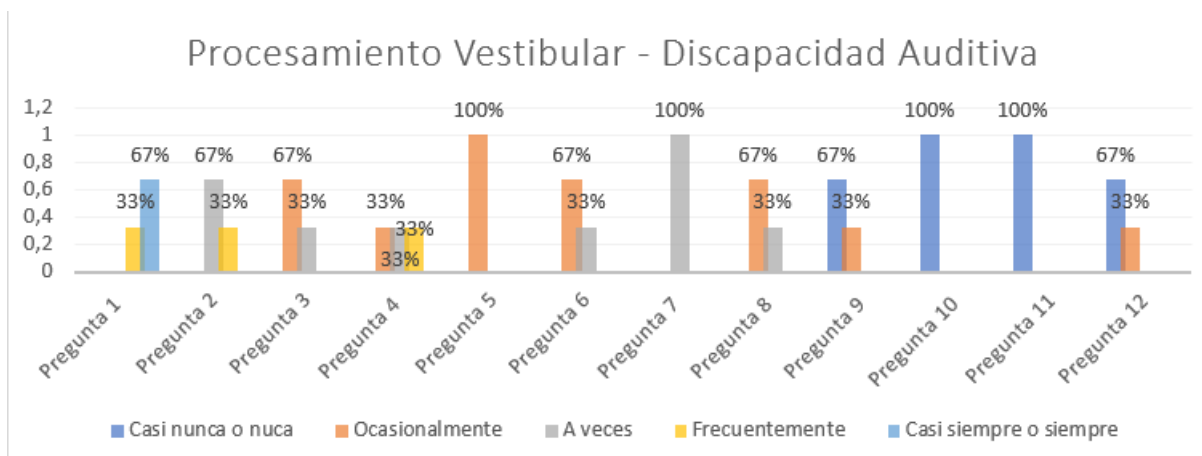


Figura 70: Procesamiento Vestibular - Discapacidad Auditiva
Nota. Tomada de Promart.

Los resultados de la Figura 70 y en la Tabla 20 sobre el procesamiento vestibular de niños con discapacidad muestran que el 33 % (1) de los niños de forma frecuente parece estar extremadamente temeroso al movimiento como cuando sube o baja escaleras, se columpia en el balancín, resbaladera o cualquier otro juego de un parque, mientras que el 67 % lo hace casi siempre o siempre. En este mismo contexto el 67 % de los niños a veces demuestra aprensión cuando se le mueve o estar sobre equipo que se mueve, mientras 33 % lo hace frecuentemente. De este modo, el 67 % de los niños ocasionalmente tiene buen equilibrio, mientras que el 33 % lo tienen a veces. Así también, el 33 % de los niños ocasionalmente evita actividades de reequilibrio como caminar por el borde de la acera o en terreno disparejo, otro 33 % lo hace a veces y un 33 % adicional de forma frecuente. Por otro lado, el 100 % de los niños con discapacidad auditiva ocasionalmente les gusta montar en juegos de parques de diversiones que giran rápidamente como el carrusel. Ahora bien, el 67 % de los niños ocasionalmente cuando desplazan su cuerpo para acomodarse en la silla se caen, mientras que el 33 % lo hace a veces. Además, el 100 % de los niños a veces no logran sostenerse cuando se están cayendo. Ahora bien, el 67 % de los niños ocasionalmente parece que no se marea cuando otros generalmente sí, mientras que el 33 % lo hace a veces. En consecuencia, el 67 % de los niños casi nunca o nunca parecen débiles, pero el 33 % ocasionalmente parece débil. Así pues, el 100 % de los niños casi nunca o nunca da vueltas más que otros niños. En cuanto a si los niños se mecen al estar estresados el 100 % casi nunca o nunca lo hacen. Finalmente, el 67 % de los niños casi nunca o nunca les gusta que los volteen de cabeza y el 33 % ocasionalmente.

Tabla 20: Escala Likert, Evaluación Procesamiento Vestibular - Niños con Discapacidad Auditiva

Procesamiento Vestibular		Casi nunca o nunca (1)		Ocasionalmente (2)		A veces (3)		Frecuentemente (4)		Casi siempre o siempre (5)	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
1	¿Su niño parece extremadamente temeroso al movimiento, como cuando sube o baja escaleras, se columpia, en el resbalín u otro equipo del parque?	0	0%	0	0%	0	0%	1	33%	2	67%
2	¿Su niño demuestra aprehensión cuando se le mueve o está sobre equipo que se mueve?	0	0%	0	0%	2	67%	1	33%	0	0%
3	¿Su niño tiene buen equilibrio?	0	0%	0	0%	1	33%	2	67%	0	0%
4	¿Su niño evita actividades reequilibrio como caminar por el borde de la acera o en terreno disperejo?	0	0%	1	33%	1	33%	1	33%	0	0%
5	¿A su niño le gusta montar en juegos de parques de diversiones que giran rápidamente, como el carrusel?	0	0%	0	0%	0	0%	1	33%	2	67%
6	¿Cuándo su niño desplaza su cuerpo para acomodarse, se cae de la silla?	0	0%	2	67%	1	33%	0	0%	0	0%
7	¿Su niño no logra sostenerse cuando se está cayendo?	0	0%	0	0%	3	100%	0	0%	0	0%
8	¿Su niño parece que no se marea cuando otros generalmente si?	0	0%	2	67%	1	33%	0	0%	0	0%
9	¿Su niño parece por lo general débil?	2	67%	1	33%	0	0%	0	0%	0	0%
10	¿Su niño da vueltas más que otros niños?	0	0%	0	0%	2	67%	1	33%	0	0%
11	¿Su niño se mece cuando está estresado?	3	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
12	¿A su niño le gusta que lo volteen o lo pongan de cabeza?	2	67%	1	33%	0	0%	0	0%	0	0%

Fuente: Elaboración propia

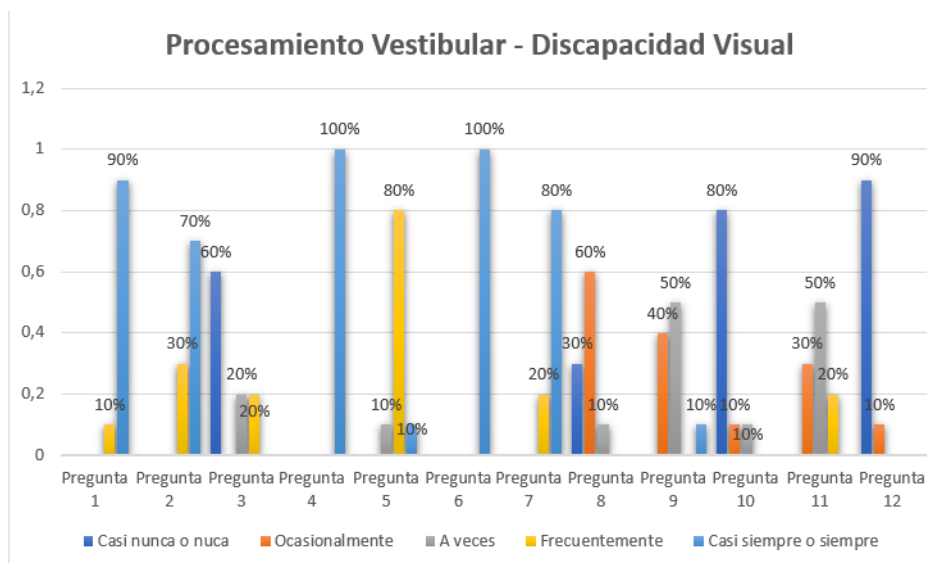


Figura 71: Procesamiento vestibular- Discapacidad Visual
Nota. Tomada de Promart.

Los resultados de la Figura 71 y en la Tabla 21 sobre el procesamiento vestibular de niños con discapacidad visual muestran que el 10 % (1) de los niños de forma frecuente parece estar extremadamente temeroso al movimiento como cuando sube o baja escaleras, se columpia en el balancín, resbaladera o cualquier otro juego de un parque, mientras que el 90 % (9) lo hace casi siempre o siempre. En este mismo contexto el 30 % de los niños frecuentemente demuestra aprensión cuando se le mueve o esta sobre un equipo que se mueve, mientras 70 % lo hace casi siempre o siempre. De este modo, el 60 % de los niños casi nunca o nunca tiene buen equilibrio, mientras que el 20 % lo tienen a veces y el otro 20 % frecuentemente. Así también, el 100 % de los niños casi siempre o siempre evita actividades de reequilibrio como caminar por el borde de la acera o en terreno disparejo. Por otro lado, el 10 % de los niños con discapacidad visual a veces les gusta montar en juegos de parques de diversiones que giran rápidamente como el carrusel, el 80 % lo hace frecuentemente y el 10 % casi siempre o siempre. Ahora bien, el 100 % de los niños casi siempre o siempre cuando desplazan su cuerpo para acomodarse en la silla se caen, mientras que el 33 % lo hace a veces. Además, el 20 % de los niños frecuentemente no logran sostenerse cuando se están cayendo y el 80 % casi siempre o siempre no se sostienen. Ahora bien, el 30 % de los niños casi nunca o nunca parece que se marea cuando otros generalmente sí, el 60 % lo hace ocasionalmente y el 10 % a veces. En consecuencia, el 40 % de los niños ocasionalmente parecen débiles, el 50 % a veces y el 10 % casi siempre o siempre parece débil. Así pues, el 80 % de los niños casi nunca o nunca da vueltas más que otros niños, el 10 % lo hace ocasionalmente y el otro 10 % a veces. En cuanto a si los niños se mecen al estar estresados el 30 % lo hace ocasionalmente, el 50 % a veces y el 20 % frecuentemente. Finalmente, el 90 % de los niños casi nunca o nunca les gusta que los volteen de cabeza y el 10 % ocasionalmente.

Tabla 21: Escala Likert, Evaluación Procesamiento Vestibular - Niños con Discapacidad Visual

Procesamiento Vestibular		Casi nunca o nunca (1)		Ocasionalmente (2)		A veces (3)		Frecuentemente (4)		Casi siempre o siempre (5)	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
1	¿Su niño parece extremadamente temeroso al movimiento, como cuando sube o baja escaleras, se columpia, en el resbalín u otro equipo del parque??	0	0%	0	0%	0	0%	1	10%	9	90%
2	¿Su niño demuestra aprehensión cuando se le mueve o está sobre equipo que se mueve?	0	0%	0	0%	0	0%	3	30%	7	70%
3	¿Su niño tiene buen equilibrio?	0	0%	0	0%	2	20%	2	20%	6	60%
4	¿Su niño evita actividades reequilibrio como caminar por el borde de la acera o en terreno disperejo?	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	10	100%
5	¿A su niño le gusta montar en juegos de parques de diversiones que giran rápidamente, como el carrusel?	0	0%	0	0%	1	10%	8	80%	1	10%
6	¿Cuándo su niño desplaza su cuerpo para acomodarse, se cae de la silla?	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	10	100%
7	¿Su niño no logra sostenerse cuando se está cayendo?	0	0%	0	0%	0	0%	2	20%	8	80%
8	¿Su niño parece que no se marea cuando otros generalmente si?	3	30%	6	60%	1	10%	0	0%	0	0%
9	¿Su niño parece por lo general débil?	0	0%	4	40%	5	50%	0	0%	1	10%
10	¿Su niño da vueltas más que otros niños?	8	80%	1	10%	1	10%	0	0%	0	0%
11	¿Su niño se mece cuando está estresado?	0	0%	3	30%	5	50%	2	20%	0	0%
12	¿A su niño le gusta que lo volteen o lo pongan de cabeza?	9	90%	1	10%	0	0%	0	0%	0	0%

Fuente: Elaboración propia

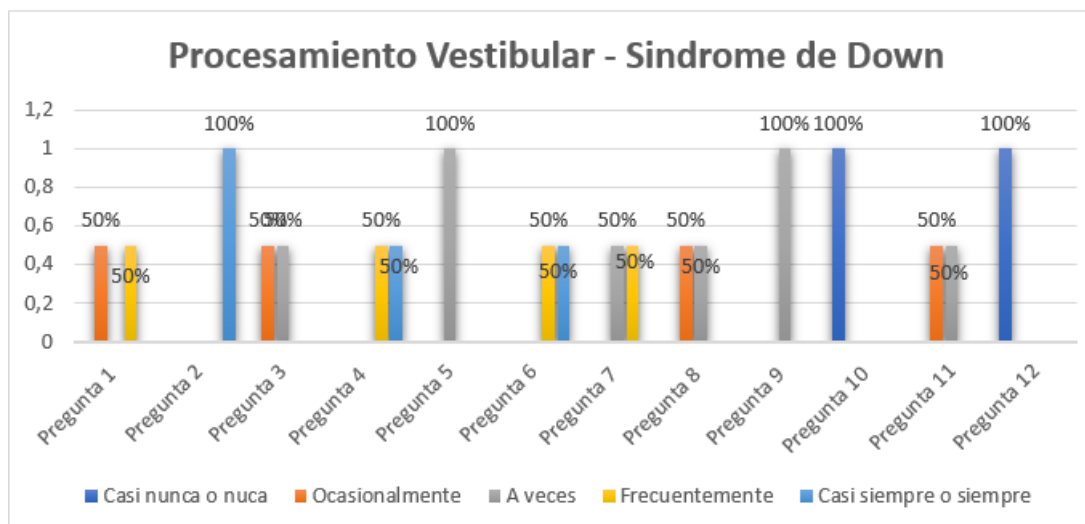


Figura 72: Procesamiento Vestibular – Síndrome de Down
Nota. Tomada de Promart.

Los resultados de la Figura 72 y en la Tabla 22 sobre el procesamiento vestibular de niños con Síndrome de Down muestran que el 50 % (1) de los niños ocasionalmente parece estar extremadamente temeroso al movimiento como cuando sube o baja escaleras, se columpia en el balancín, resbaladera o cualquier otro juego de un parque y el otro 50 % (1) lo hace frecuentemente. En este mismo contexto el 100 % de los niños casi siempre o siempre demuestra aprensión cuando se le mueve o esta sobre un equipo que se mueve. De este modo, el 50 % de los niños ocasionalmente tiene buen equilibrio y el otro 50 % lo tienen a veces. Así también, el 50 % de los niños frecuentemente evita actividades de reequilibrio como caminar por el borde de la acera o en terreno disparejo y el otro 50 % lo hace casi siempre o siempre. Por otro lado, el 100 % de los niños con síndrome de Down a veces les gusta montar en juegos de parques de diversiones que giran rápidamente como el carrusel. Ahora bien, el 50 % de los niños frecuentemente cuando desplazan su cuerpo para acomodarse en la silla se caen, mientras que el 50 % lo hace casi siempre o siempre. Además, el 50 % de los niños a veces no logran sostenerse cuando se están cayendo y el 50 % frecuentemente no se sostienen. Ahora bien, el 50 % de los niños a veces parece que no se marea cuando otros generalmente sí, el 50 % a veces no se marea. En consecuencia, el 100 % de los niños a veces parecen débiles. Así pues, el 100 % de los niños casi nunca o nunca da vueltas más que otros niños. En cuanto a si los niños se mecen al estar estresados el 50 % lo hace ocasionalmente, el 50 % a veces. Finalmente, el 100 % de los niños casi nunca o nunca les gusta que los volteen de cabeza o se divierten con actividades como colgarse de cabeza.

Tabla 22: Escala Likert, Evaluación Procesamiento Vestibular - Niños con Síndrome de Down

Procesamiento Vestibular		Casi nunca o nunca (1)		Ocasionalmente (2)		A veces (3)		Frecuentemente (4)		Casi siempre o siempre (5)	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
1	¿Su niño parece extremadamente temeroso al movimiento, como cuando sube o baja escaleras, se columpia, en el resbalín u otro equipo del parque?	0	0%	1	50%	0	0%	1	50%	0	0%
2	¿Su niño demuestra aprehensión cuando se le mueve o está sobre equipo que se mueve?	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
3	¿Su niño tiene buen equilibrio?	0	0%	1	50%	1	50%	0	0%	0	0%
4	¿Su niño evita actividades reequilibrio como caminar por el borde de la acera o en terreno disperejo?	0	0%	0	0%	0	0%	1	50%	1	50%
5	¿A su niño le gusta montar en juegos de parques de diversiones que giran rápidamente, como el carrusel?	0	0%	0	0%	2	100%	0	0%	0	0%
6	¿Cuándo su niño desplaza su cuerpo para acomodarse, se cae de la silla?	0	0%	0	0%	0	0%	1	50%	1	50%
7	¿Su niño no logra sostenerse cuando se está cayendo?	0	0%	0	0%	1	50%	1	50%	0	0%
8	¿Su niño parece que no se marea cuando otros generalmente sí?	0	0%	1	50%	1	50%	0	0%	0	0%
9	¿Su niño parece por lo general débil?	0	0%	0	0%	2	100%	0	0%	0	0%
10	¿Su niño da vueltas más que otros niños?	2	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
11	¿Su niño se mece cuando está estresado?	0	0%	1	50%	1	50%	0	0%	0	0%
12	¿A su niño le gusta que lo volteen o lo pongan de cabeza ?	2	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%

Fuente: Elaboración propia

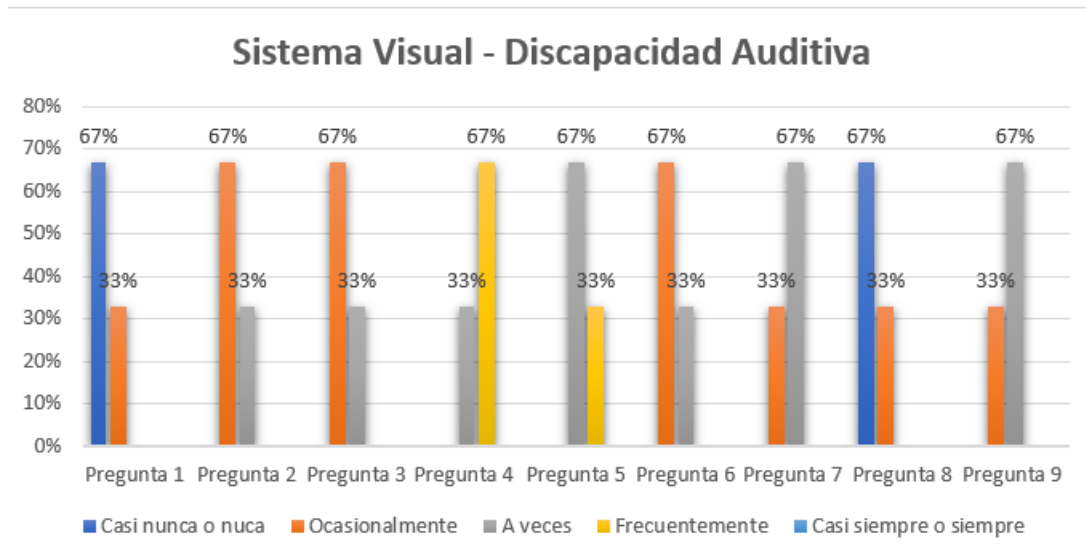


Figura 73: Sistema Visual - Discapacidad Auditiva
Nota. Tomada de Promart.

Los resultados de la Figura 73 y en la Tabla 23 muestran que el 67% (2) de los niños con discapacidad auditiva casi nunca o nunca se muestra sensible o molesto por la luz, especialmente la luz brillante, mientras que el 33% (1) lo hace a ocasionalmente. Así también ocasionalmente el 67% de los niños cuando mira imágenes enfoca patrones o detalles en lugar de la figura principal, mientras que el 33% lo hace a veces. Ahora bien, el 67% ocasionalmente de los niños tiene dificultad para mantener sus ojos en la actividad que se está realizando y el 33% lo hace a veces. Así mismo, el 33% de los niños a veces se distraen fácilmente con estímulos visuales y el 67% lo hace frecuentemente. Además, a veces el 67% de los niños con discapacidad auditiva tiene dificultad para encontrar un objeto cuando está entre otras cosas y el 33% tiene dificultad frecuentemente. No obstante, el 67% de los niños ocasionalmente cierra un ojo o inclina la cabeza hacia atrás cuando mira algo a alguien y el 33% lo hace a veces. En este mismo contexto, el 33% de los niños ocasionalmente tiene dificultad con ambientes visuales inusuales, como cuartos de colores brillantes o cuartos con luz opaca, mientras que el 67% la tiene a veces. Por otra parte, el 67% de los niños casi nunca o nunca tiene dificultad para controlar los movimientos de los ojos durante actividades de seguimiento visual de objetos como la pelota y el 33% lo hace ocasionalmente. Finalmente, el 33% de los niños ocasionalmente presenta dificultad para nombrar, discriminar o parear colores, formas y tamaños y el 67% a veces tiene esta dificultad.

Tabla 23: Escala Likert, Evaluación Sistema Visual - Niños con Discapacidad Auditiva

Sistema Visual		Casi nunca o nunca (1)		Ocasionalmente (2)		A veces (3)		Frecuentemente (4)		Casi siempre o siempre (5)	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
1	¿Su niño se muestra sensible o molesto por la luz, especialmente la luz brillante (parpadea, llora o cierra los ojos, etc.)?	2	67%	1	33%	0	0%	0	0%	0	0%
2	Cuando mira imágenes, ¿su niño enfoca patrones o detalles en lugar de la figura principal?	0	0%	2	67%	1	33%	0	0%	0	0%
3	¿Tiene dificultad su niño para mantener sus ojos en la actividad que se está realizando?	0	0%	2	67%	1	33%	0	0%	0	0%
4	¿Su niño se distrae fácilmente con estímulos visuales?	0	0%	0	0%	1	33%	2	67%	0	0%
5	¿Tiene dificultad su hijo para encontrar un objeto cuando está entre otras cosas?	0	0%	0	0%	2	67%	1	33%	0	0%
6	¿Su niño cierra un ojo o inclina la cabeza hacia atrás cuando mira algo a alguien?	0	0%	2	67%	1	33%	0	0%	0	0%
7	¿Su niño tiene dificultad con ambientes visuales inusuales, como cuartos de colores brillantes o cuartos con luz opaca?	0	0%	1	33%	2	67%	0	0%	0	0%
8	¿Su niño tiene dificultad para controlar los movimientos de los ojos durante actividades de seguimiento visual de objetos como la pelota?	2	67%	1	33%	0	0%	0	0%	0	0%
9	¿Tiene su niño dificultad para nombrar, discriminar o parear colores, formas y tamaños?	0	0%	1	33%	2	67%	0	0%	0	0%

Fuente: Elaboración propia

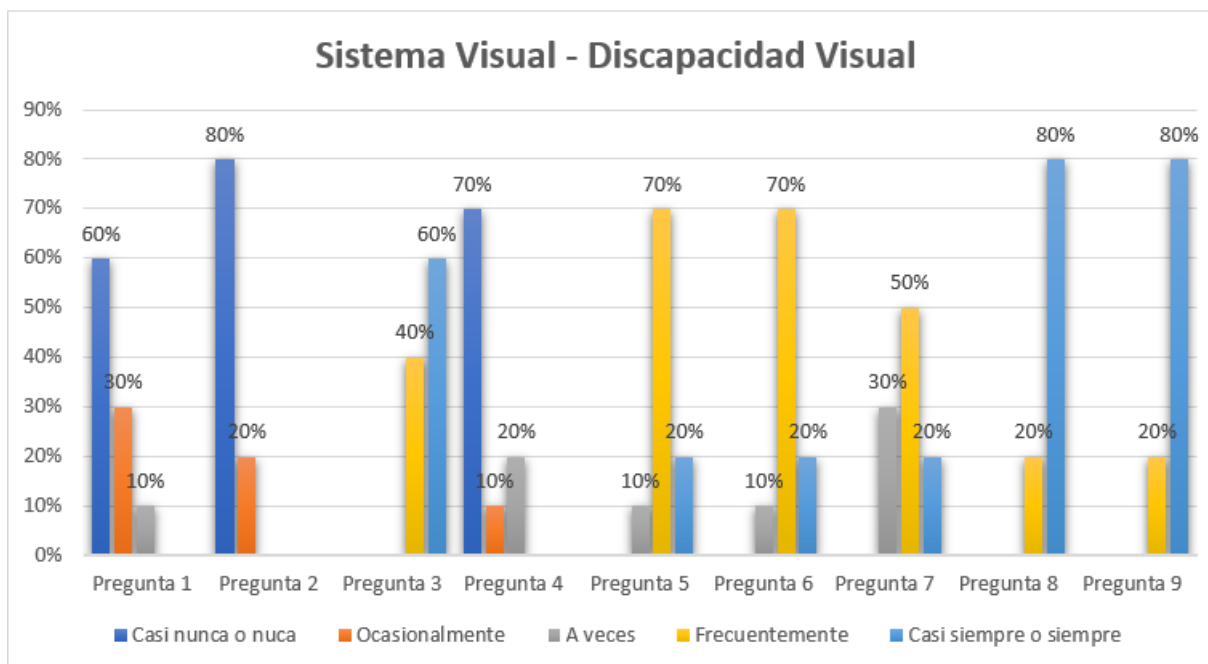


Figura 74: Sistema Vestibular - Discapacidad Visual
Nota. Tomada de Promart.

Los resultados de la Figura 74 y en la Tabla 24 muestran que el 60 % (6) de los niños con discapacidad visual casi nunca o nunca se muestran sensibles o molestos por la luz, especialmente la luz brillante, el 30 % (3) lo hace a ocasionalmente y el 10 % (1) a veces. Así también casi nunca o nunca el 80 % de los niños cuando mira imágenes enfoca patrones o detalles en lugar de la figura principal, y el 20 % lo hace ocasionalmente. Ahora bien, el 40 % de los niños frecuentemente tiene dificultad para mantener sus ojos en la actividad que se está realizando y el 60 % lo hace casi siempre o siempre. Así mismo, el 70 % de los niños casi nunca o nunca se distraen fácilmente con estímulos visuales, el 10 % lo hace ocasionalmente y el 20 % lo hace a veces. Además, a veces el 10 % de los niños con discapacidad visual tiene dificultad para encontrar un objeto cuando está entre otras cosas el 70 % la tienen frecuentemente y el 20 % casi siempre o siempre. No obstante, el 10 % de los niños a veces cierra un ojo o inclina la cabeza hacia atrás cuando mira algo a alguien el 70 % lo hace frecuentemente y el 20 % casi siempre o siempre. En este mismo contexto, el 30 % de los niños a veces tiene dificultad con ambientes visuales inusuales, como cuartos de colores brillantes o cuartos con luz opaca, el 50 % la tiene frecuentemente y el 20 % casi siempre o siempre. Por otra parte, el 20 % de los niños frecuentemente tiene dificultad para controlar los movimientos de los ojos durante actividades de seguimiento visual de objetos como la pelota y el 80 % lo hace casi siempre o siempre. Finalmente, el 20 % de los niños frecuentemente presenta dificultad para nombrar, discriminar o parear colores, formas y tamaños y el 80 % casi siempre o siempre tiene esta dificultad.

Tabla 24: Escala Likert, Evaluación Sistema Visual - Niños con Discapacidad Visual

Sistema Visual		Casi nunca o nunca (1)		Ocasionalmente (2)		A veces (3)		Frecuentemente (4)		Casi siempre o siempre (5)	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
1	¿Su niño se muestra sensible o molesto por la luz, especialmente la luz brillante (parpadea, llora o cierra los ojos, etc.)?	6	60 %	3	30 %	1	10 %	0	0 %	0	0 %
2	Cuando mira imágenes, ¿su niño enfoca patrones o detalles en lugar de la figura principal?	8	80 %	2	20 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %
3	¿Tiene dificultad su niño para mantener sus ojos en la actividad que se está realizando?	0	0 %	0	0 %	0	0 %	4	40 %	6	60 %
4	¿Su niño se distrae fácilmente con estímulos visuales?	7	70 %	1	10 %	2	20 %	0	0 %	0	0 %
5	¿Tiene dificultad su hijo para encontrar un objeto cuando está entre otras cosas?	0	0 %	0	0 %	1	10 %	7	70 %	2	20 %
6	¿Su niño cierra un ojo o inclina la cabeza hacia atrás cuando mira algo a alguien?	0	0 %	0	0 %	1	10 %	7	70 %	2	20 %
7	¿Su niño tiene dificultad con ambientes visuales inusuales, como cuartos de colores brillantes o cuartos con luz opaca?	0	0 %	0	0 %	3	30 %	5	50 %	2	20 %
8	¿Su niño tiene dificultad para controlar los movimientos de los ojos durante actividades de seguimiento visual de objetos como la pelota?	0	0 %	0	0 %	0	0 %	2	20 %	8	80 %
9	¿Tiene su niño dificultad para nombrar, discriminar o parear colores, formas y tamaños?	0	0 %	0	0 %	0	0 %	2	20 %	8	80 %

Fuente: Elaboración propia

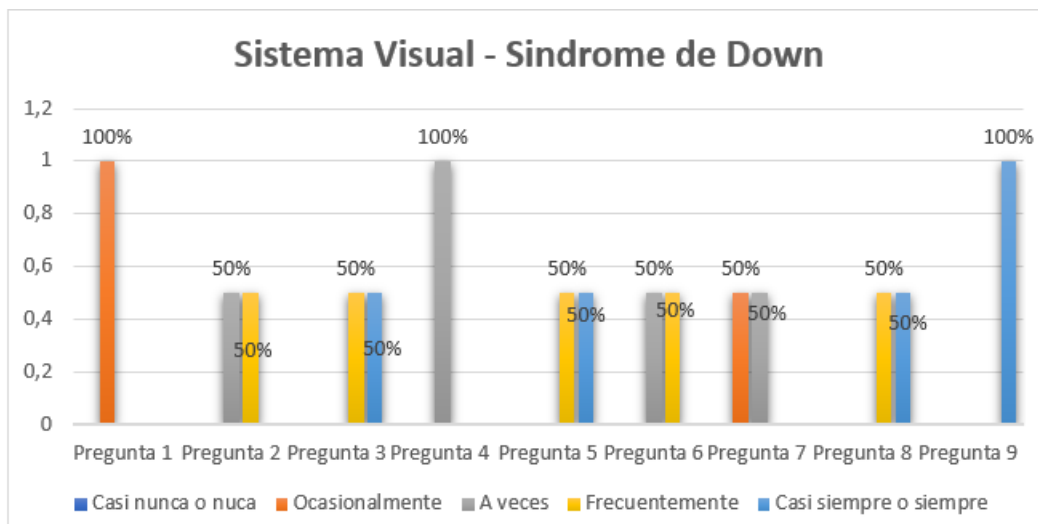


Figura 75: Sistema Visual - Síndrome de Down
Nota. Tomada de Promart.

Los resultados de la Figura 75 y en la Tabla 25 muestran que el 100 % (2) de los niños con Síndrome de Down ocasionalmente se muestran sensibles o molestos por la luz, especialmente la luz brillante. Así también, a veces el 50 % de los niños cuando mira imágenes enfoca patrones o detalles en lugar de la figura principal, y el otro 50 % lo hace frecuentemente. Ahora bien, el 50 % de los niños frecuentemente tiene dificultad para mantener sus ojos en la actividad que se está realizando y el 50 % lo hace casi siempre o siempre. Así mismo, el 100 % de los niños a veces se distraen fácilmente con estímulos visuales. Además, a veces el 50 % de los niños con síndrome de Down tiene dificultad para encontrar frecuentemente un objeto cuando está entre otras cosas y el 50 % la tienen frecuentemente casi siempre o siempre. No obstante, el 50 % de los niños frecuentemente cierra un ojo o inclina la cabeza hacia atrás cuando mira algo a alguien el 50 % lo hace casi siempre o siempre. En este mismo contexto, el 50 % de los niños a veces tiene dificultad con ambientes visuales inusuales, como cuartos de colores brillantes o cuartos con luz opaca y el otro 50 % la tiene frecuentemente. Por otra parte, el 50 % de los niños frecuentemente tiene dificultad para controlar los movimientos de los ojos durante actividades de seguimiento visual de objetos como la pelota y el 50 % casi siempre o siempre tiene esta dificultad. Finalmente, el 100 % de los niños casi siempre o siempre presenta dificultad para nombrar, discriminar o parear colores, formas y tamaños.

Tabla 25: Escala Likert, Evaluación Sistema Visual - Niños con Síndrome de Down

Sistema Visual		Casi nunca o nunca (1)		Ocasionalmente (2)		A veces (3)		Frecuentemente (4)		Casi siempre o siempre (5)	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
1	¿Su niño se muestra sensible o molesto por la luz, especialmente la luz brillante (parpadea, llora o cierra los ojos, etc.)?	0	0%	2	100%	0	0%	0	0%	0	0%
2	Cuando mira imágenes, ¿su niño enfoca patrones o detalles en lugar de la figura principal?	0	0%	0	0%	1	50%	1	50%	0	0%
3	¿Tiene dificultad su niño para mantener sus ojos en la actividad que se está realizando?	0	0%	0	0%	0	0%	1	50%	1	50%
4	¿Su niño se distrae fácilmente con estímulos visuales?	0	0%	0	0%	2	100%	0	0%	0	0%
5	¿Tiene dificultad su hijo para encontrar un objeto cuando está entre otras cosas?	0	0%	0	0%	0	0%	1	50%	1	50%
6	¿Su niño cierra un ojo o inclina la cabeza hacia atrás cuando mira algo a alguien?	0	0%	0	0%	1	50%	1	50%	0	0%
7	¿Su niño tiene dificultad con ambientes visuales inusuales, como cuartos de colores brillantes o cuartos con luz opaca?	0	0%	1	50%	0	0%	1	50%	0	0%
8	¿Su niño tiene dificultad para controlar los movimientos de los ojos durante actividades de seguimiento visual de objetos como la pelota?	0	0%	0	0%	0	0%	1	50%	1	50%
9	¿Tiene su niño dificultad para nombrar, discriminar o parear colores, formas y tamaños?	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%

Fuente: Elaboración propia

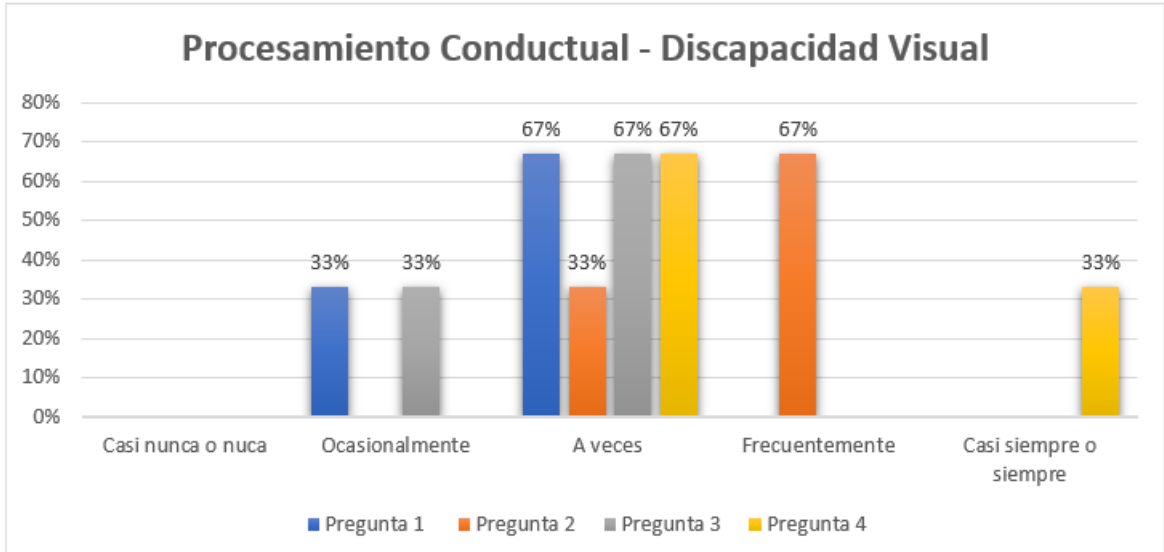


Figura 76: Procesamiento conductual - Discapacidad Visual
Nota. Tomada de Promart.

Los resultados de la Figura 76 y en la Tabla 26 muestran que el 33 % de los niños con discapacidad visual tienen ocasionalmente problemas de relación con otros de su edad y el 67 % a veces presenta estos problemas. Así también el 33 % a veces se frustra con facilidad y el 67 % lo hace frecuentemente. Por otra parte, el 33 % de los niños ocasionalmente parece ansioso o temeroso y el 67 % a veces. Finalmente, el 67 % de los niños a veces tiende a ser quieto o retraído y el 33 % lo hace casi siempre o siempre.

Tabla 26: Escala Likert Evaluación Procesamiento conductual - niños con discapacidad Auditiva

Procesamiento conductual		Casi nunca o nunca (1)		Ocasionalmente (2)		A veces (3)		Frecuentemente (4)		Casi siempre o siempre (5)	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
1	Tiene problema de relación con otros de su edad.	0	0%	1	33%	2	67%	0	0%	0	0%
2	Se frustra con facilidad.	0	0%	0	0%	1	33%	2	67%	0	0%
3	Parece ansioso o temeroso.	0	0%	1	33%	2	67%	0	0%	0	0%
4	Tiende a estar quieto o retraído.	0	0%	0	0%	2	67%	0	0%	1	33%

Fuente: Elaboración propia

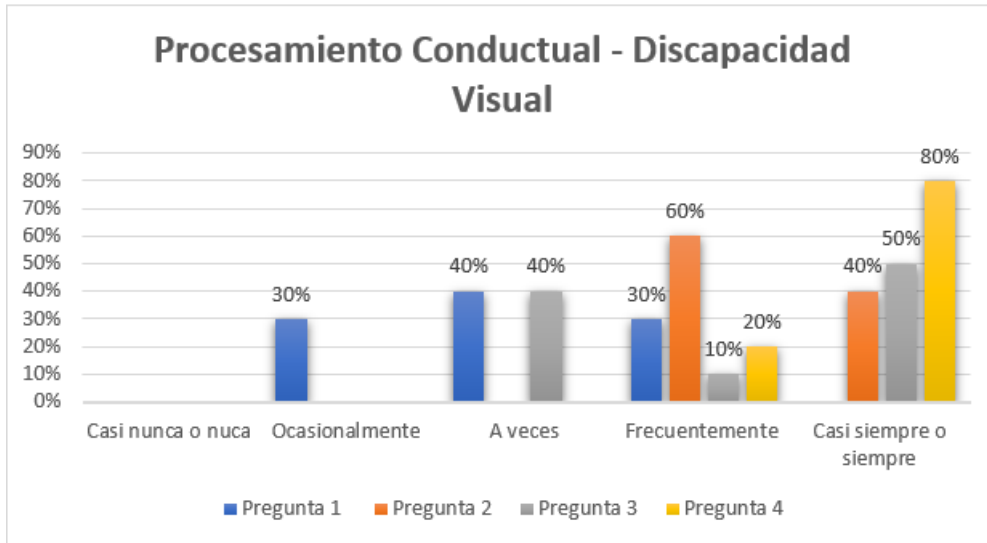


Figura 77: Procesamiento conductual - Discapacidad Visual
Nota. Tomada de Promart.

Los resultados observados en la Figura 77 y en la Tabla 27 muestran que el 30% de los niños con discapacidad visual ocasionalmente tienen problemas de relación con otros de su edad, el 40% a veces y el 30% frecuentemente tiene dificultades. Así también, el 60% frecuentemente se frustra con facilidad y el 40% lo hace casi siempre o siempre. En este mismo sentido, el 40% de los niños a veces parece ansioso o temeroso, el 10% frecuentemente y el 50% casi siempre o siempre. Finalmente, el 20% de los niños frecuentemente tiende a ser quieto o retraído y el 80% lo es casi siempre o siempre.

Tabla 27: Escala Likert Evaluación Procesamiento conductual - niños con discapacidad Visual

Procesamiento conductual		Casi nunca o nunca (1)		Ocasionalmente (2)		A veces (3)		Frecuentemente (4)		Casi siempre o siempre (5)	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
1	Tiene problema de relación con otros de su edad.	0	0 %	3	30 %	4	40 %	3	30 %	0	0 %
2	Se frustra con facilidad.	0	0 %	0	0 %	0	0 %	6	60 %	4	40 %
3	Parece ansioso o temeroso.	0	0 %	0	0 %	4	40 %	1	10 %	5	50 %
4	Tiende a estar quieto o retraído.	0	0 %	0	0 %	0	0 %	2	20 %	8	80 %

Fuente: Elaboración propia

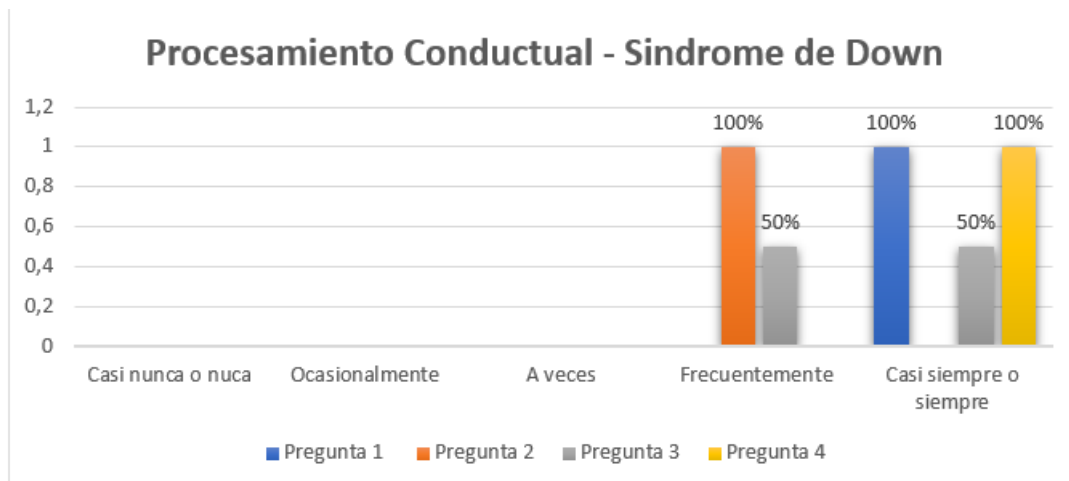


Figura 78: Procesamiento Conductual - Síndrome de Down
Nota. Tomada de Promart.

Los resultados de la Figura 87 y en la Tabla 28 muestran que el 100 % de los niños con Síndrome de Down casi siempre o siempre tienen problemas de relación con niños de su edad. Así también, el 100 % de los niños frecuentemente se frustra con facilidad. En este mismo contexto, el 50 % de los niños frecuentemente parece ansioso o temeroso y el otro 50 % casi siempre o siempre está así. Finalmente, el 100 % de los niños casi siempre o siempre tiende a ser quieto o retraído.

Tabla 28: Escala Likert Evaluación Procesamiento conductual - niños con Síndrome de Down

Procesamiento conductual		Casi nunca o nunca (1)		Ocasionalmente (2)		A veces (3)		Frecuentemente (4)		Casi siempre o siempre (5)	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
1	Tiene problema de relación con otros de su edad.	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
2	Se frustra con facilidad.	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%	0	0%
3	Parece ansioso o temeroso.	0	0%	0	0%	0	0%	1	50%	1	50%
4	Tiende a estar quieto o retraído.	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Pretest y post test de la evaluación de integración sensorial - Discapacidad Auditiva

Categoría	Nivel	Pre-Test (frecuencia, %)	Post-Test (frecuencia, %)
Procesamiento Auditivo	Normal	0 (0%)	1 (33%)
	Regular	2 (67%)	2 (67%)
	Bajo	1 (33%)	0 (0%)
Procesamiento Visual	Normal	0 (0%)	1 (33%)
	Regular	2 (67%)	2 (67%)
	Bajo	1 (33%)	0 (0%)
Procesamiento Táctil	Normal	0 (0%)	1 (33%)
	Regular	1 (33%)	1 (33%)
	Bajo	2 (67%)	1 (33%)
Procesamiento Vestibular	Normal	1 (33%)	1 (33%)
	Regular	2 (67%)	2 (67%)
	Bajo	0 (0%)	0 (0%)
Procesamiento del Comportamiento	Normal	1 (33%)	2 (67%)
	Regular	2 (67%)	1 (33%)
	Bajo	0 (0%)	0 (0%)
Integración Sensorial	Normal	1 (33%)	2 (67%)
	Regular	2 (67%)	1 (33%)
	Bajo	0 (0%)	0 (0%)

Los resultados de la Tabla 29 muestra los niños con discapacidad auditiva tras la intervención hubo una tendencia de crecimiento del 33% tras la intervención realizada, así como también se registra un descenso del 33% del nivel bajo al 0% lo que indica que hay mejoras. Con relación al procesamiento visual igual hubo un incremento del 0% al 33% y la reducción total fue de 0% mostrando que igual hay avances con relación a la discriminación visual. Por otra parte, el procesamiento táctil tuvo un incremento del 0% al 33% y hubo una baja del 67% al 33% en el nivel bajo. En este mismo contexto el procesamiento vestibular se mantuvo constante en el 33%. En este contexto tanto el procesamiento conductual, como la integración sensorial global tuvieron un aumento del 33% al 67%, el nivel regular tuvo un descenso del 67% al 33%.

Tabla 30: Pretest y post test de la evaluación de integración sensorial - Discapacidad Visual

Categoría	Nivel	Pre-Test (frecuencia, %)	Post-Test (frecuencia, %)
Procesamiento Auditivo	Normal	1 (10%)	0 (0%)
	Regular	6 (60%)	5 (50%)
	Bajo	3 (30%)	5 (50%)
Procesamiento Visual	Normal	2 (20%)	1 (10%)
	Regular	5 (50%)	6 (60%)
	Bajo	3 (30%)	3 (30%)
Procesamiento Táctil	Normal	1 (10%)	1 (10%)
	Regular	4 (40%)	5 (50%)
	Bajo	5 (50%)	4 (40%)
Procesamiento Vestibular	Normal	2 (20%)	1 (10%)
	Regular	5 (50%)	6 (60%)
	Bajo	3 (30%)	3 (30%)
Procesamiento del Comportamiento	Normal	2 (20%)	1 (10%)
	Regular	6 (60%)	7 (70%)
	Bajo	2 (20%)	2 (20%)
Integración Sensorial	Normal	2 (20%)	1 (10%)
	Regular	6 (60%)	7 (70%)
	Bajo	2 (20%)	2 (20%)

La Tabla 30 muestra los resultados del pre - test y post test de los niños que tienen discapacidad visual, se reflejan mejoras en ciertas áreas, como es el caso del procesamiento visual el cual, aunque tiene un nivel regular este tuvo un incremento del 50 % a 60 %, el nivel bajo se mantuvo constante con un 30 % lo que evidencia que hay estabilidad. Así también, en el procesamiento auditivo el nivel bajo incremento del 30 % al 50 % esto sugiere que deben hacerse ajustes a las terapias ya que esto puede darse debido a otras patologías asociadas a la enfermedad de los niños. En contraste con el procesamiento táctil que se evidencio que hubo avances positivos ya que hubo una reducción del nivel bajo del 50 al 40 % y un incremento del nivel regular al 50 %. Sin embargo, un detalle super importante es que el procesamiento conductual y la integración sensorial registraron disminución en el nivel normal.

Tabla 31: Pretest y post test de la evaluación de integración sensorial - Síndrome de Down

Categoría	Nivel	Pre-Test (frecuencia, %)	Post-Test (frecuencia, %)
Procesamiento Auditivo	Normal	0 (0 %)	0 (0 %)
	Regular	1 (50 %)	2 (100 %)
	Bajo	1 (50 %)	0 (0 %)
Procesamiento Visual	Normal	0 (0 %)	0 (0 %)
	Regular	1 (50 %)	1 (50 %)
	Bajo	1 (50 %)	1 (50 %)
Procesamiento Táctil	Normal	0 (0 %)	0 (0 %)
	Regular	1 (50 %)	1 (50 %)
	Bajo	1 (50 %)	1 (50 %)
Procesamiento Vestibular	Normal	0 (0 %)	0 (0 %)
	Regular	1 (50 %)	2 (100 %)
	Bajo	1 (50 %)	0 (0 %)
Procesamiento del Comportamiento	Normal	0 (0 %)	0 (0 %)
	Regular	1 (50 %)	1 (50 %)
	Bajo	1 (50 %)	1 (50 %)
Integración Sensorial	Normal	0 (0 %)	0 (0 %)
	Regular	1 (50 %)	1 (50 %)
	Bajo	1 (50 %)	1 (50 %)

Los resultados de la Tabla 31 muestra que los datos del pretest y post test de los niños con Síndrome de Down tiene claras las tendencias en el procesamiento sensorial, el procesamiento auditivo muestra que hubo un avance del 50 % al 100 %. En contraste, el procesamiento táctil, visual conductual y de integración sensorial no hay cambios entre los niveles y las categorías bajo y regular se mantienen en un 50 %. Sin embargo, se debe destacar que el procesamiento vestibular en el nivel regular incremento del 50 % al 100 % mostrando que hay un progreso en el equilibrio y un control motor adecuado.

Tabla 32: Pruebas de rango con signos de Wilcoxon

Categoría	Pre-Test (Media ± DE)	Post-Test (Media ± DE)	Rangos Negativos (N, Rango Promedio)	Rangos Positivos (N, Rango Promedio)	(N)	Z	p (Bilateral)
Procesamiento Auditivo	2.0 ± 3.45	4.0 ± 0.7	0 (0.00)	12 (7.5)	4	-3.225	0.001
Procesamiento Visual	1.5 ± 0.6	3.8 ± 0.8	0 (0.00)	14 (8.0)	2	-3.325	0.001
Procesamiento Táctil	2.2 ± 0.7	4.5 ± 0.9	0 (0.00)	15 (8.5)	1	-3.526	0.001
Procesamiento Vestibular	1.8 ± 0.5	4.2 ± 0.6	0 (0.00)	12 (7.5)	4	-3.453	0.001
Procesamiento del Comportamiento	2.0 ± 0.8	3.5 ± 0.9	1 (6.5)	10 (7.0)	5	-2.952	0.003
Integración Sensorial	1.7 ± 0.6	4.3 ± 0.7	0 (0.00)	15 (8.0)	1	-3.417	0.001

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 32 muestra el análisis de los resultados obtenidos mediante la prueba de rangos con signos de Wilcoxon, la cual evidencio las mejoras que hubo con relación a las capacidades sensoriales y conductuales de los niños tras la intervención de terapias multisensoriales. Con relación al procesamiento auditivo, se debe destacar que, en el pretest, los niños presentaron una media de 2.0 ± 0.5 , lo que reflejaba limitaciones significativas en la capacidad de procesar estímulos auditivos. Tras la intervención, el post test mostró un aumento en la media a 4.0 ± 0.7 , indicando que hubo un progreso. No hubo un registro de rangos negativos, y se observaron 12 rangos positivos con un promedio de 7.5, junto con 4 empates. La prueba estadística arrojó un valor de $Z = -3.225$ y un $p = 0.001$, confirmando que las mejoras fueron estadísticamente significativas. Este cambio sugiere que las actividades sonoras realizadas en el entorno multisensorial contribuyeron de manera importante al desarrollo de esta capacidad.

En el procesamiento visual los resultados evidenciaron que, en el pretest, la media obtenida fue de 1.5 ± 0.6 , evidenciando dificultades en la percepción y discriminación de estímulos visuales. Tras la intervención, el post test se reflejó que hubo un aumento a 3.8 ± 0.8 , mostrando avances significativos. No obstante, no se registraron rangos negativos, mientras que 14 rangos fueron positivos con un promedio de 8.0 y 2 empates confirmando el impacto positivo de las actividades visuales implementadas, así también, el análisis estadístico mostró un valor de $Z = -3.325$ y un $p = 0.001$, indicando cambios significativos. Los resultados destacan la eficacia de los estímulos luminosos y visuales en mejorar la percepción de patrones y formas.

Ahora bien, con relación al pretest aplicado este reflejó una media inicial de 2.2 ± 0.7 , lo que indicaba importantes limitaciones en la capacidad de los niños para procesar estímulos táctiles. Sin embargo, los resultados del post test mostraron que hubo un incremento significativo en la media, alcanzando 4.5 ± 0.9 . Sin embargo, no se registraron rangos negativos, mientras que se observaron 15 rangos positivos con un promedio de 8.5, y 1 único empate. Con un valor estadístico de $Z = -3.526$ y un $p = 0.001$, los resultados son altamente significativos. Este avance refleja la efectividad de las actividades que promovieron la exploración táctil, el reconocimiento de texturas y la interacción con objetos adaptados.

En el procesamiento vestibular los resultados mostraron que, en el pretest, la media fue de 1.8 ± 0.5 , reflejando serias dificultades en el equilibrio y la percepción espacial. Tras la intervención, el post test mostró un incremento notable en la media, alcanzando 4.2 ± 0.6 , no se registraron rangos negativos, y se observaron 12 rangos positivos con un promedio de 7.5, junto con 4 empates. El análisis estadístico arrojó un valor de $Z = -3.453$ y un $p = 0.001$, lo que respalda la significancia de los resultados. Este cambio refleja mejoras sustanciales en habilidades como la coordinación motora gruesa y el equilibrio, fundamentales para la movilidad y la orientación espacial de los niños.

Ahora bien, el procesamiento del comportamiento mostró una media inicial de 2.0 ± 0.8 , mostrando desafíos con relación a la regulación emocional y conductual. Tras la intervención, esta media aumentó a 3.5 ± 0.9 , donde los avances evidenciados son moderados, por otra parte, se registró 1 rango negativo, el cual tuvo como promedio un valor 6.5 de forma conjunta con 10 rangos positivos, en un promedio

de 7.0 y 5 empates. El valor estadístico de $Z = -2.952$ y un $p = 0.003$ indican mejoras estadísticamente significativas, aunque menos pronunciadas en comparación con otras áreas evaluadas. Los resultados sugieren que la intervención tuvo un impacto positivo en la conducta, pero también evidencian la necesidad de estrategias complementarias para consolidar estos avances.

Los resultados obtenidos con relación a la integración sensorial y muestran que en el pretest, la media fue de 1.7 ± 0.6 , considerando que hay dificultades importantes que permitan integrar los estímulos sensoriales de forma efectiva, por otro lado, el post test mostró un incremento significativo, con una media de 4.3 ± 0.7 , no se registró rangos negativos, no obstante se observaron 15 rangos positivos, con un promedio de 8.0 y solo 1 empate y el análisis estadístico presentó un valor de $Z = -3.417$ y un $p = 0.001$, lo que confirma que las mejoras fueron estadísticamente significativas. Este progreso resalta la efectividad del enfoque multisensorial para promover la integración y respuesta adecuada a múltiples estímulos, comprobando la hipótesis planteada en este estudio.

6. Discusión

Los resultados de esta investigación evidencian avances significativos en el procesamiento auditivo, visual, táctil y vestibular tras la aplicación de intervenciones multisensoriales. En el procesamiento auditivo, la media pasó de 2.0 ± 0.5 a 4.0 ± 0.7 , respaldando la efectividad de estímulos sonoros dirigidos para mejorar la atención auditiva y la discriminación de sonidos en entornos controlados. De manera similar, el procesamiento visual mostró una mejora de 1.5 ± 0.6 a 3.8 ± 0.8 , atribuida a la exposición repetida a estímulos visuales como luces de diferentes formas y colores, lo que favorece la coordinación ojo-mano y la atención selectiva. En el ámbito táctil, la media aumentó de 2.2 ± 0.7 a 4.5 ± 0.9 , destacando la importancia de integrar objetos con texturas y formas diversas para fortalecer la discriminación táctil y las respuestas adaptativas.

De igual manera, el procesamiento vestibular mejoró de 1.8 ± 0.5 a 4.2 ± 0.6 gracias a actividades dinámicas que involucran equilibrio y percepción espacial, como juegos con movimiento y cambios de posición. Aunque el procesamiento del comportamiento mostró un avance más moderado (de 2.0 ± 0.8 a 3.5 ± 0.9), se observaron mejoras en el control emocional y la atención, lo que sugiere que las actividades estructuradas tienen un impacto positivo. Finalmente, la integración sensorial general alcanzó un incremento de 1.7 ± 0.6 a 4.3 ± 0.7 , lo que refuerza la eficacia de las intervenciones personalizadas en entornos multisensoriales, donde se combinan estímulos táctiles, visuales y auditivos adaptados a las necesidades individuales de los niños.

7. Conclusiones y Recomendaciones

7.1. Conclusiones

- A través del diagnóstico inicial realizado en la Clínica Maternidad Mitad del Mundo, sede Cayambe, se logró identificar de manera precisa las características y necesidades sensoriales específicas de los niños con síndrome de Down, discapacidades auditivas y visuales. Este análisis permitió establecer una línea base clara y diferenciada para cada grupo, fundamentando el diseño de estrategias de intervención personalizadas y acordes a sus requerimientos particulares.
- Se diseñó y acondicionó un espacio multisensorial inclusivo, considerando los distintos perfiles sensoriales identificados. El entorno integró de manera armónica estímulos visuales, auditivos, táctiles y motores, creando un ambiente seguro, estimulante y propicio para el desarrollo integral. Esta intervención favoreció experiencias sensoriales significativas, alineadas con los principios de la estimulación temprana, y facilitó el acceso equitativo a terapias sensoriales.
- Como parte fundamental del entorno, se diseñaron y construyeron dos estimuladores sensoriales electrónicos utilizando componentes de electrónica digital. Estos dispositivos ofrecieron experiencias interactivas, controladas y personalizadas mediante el uso de luces neón, texturas y salidas de audio. Su implementación permitió evaluar el impacto directo en el desarrollo perceptivo, cognitivo y social de los niños, observando mejoras significativas en indicadores como el procesamiento auditivo (de 0% a 12,5%), visual (de 0% a 18,8%) e integración sensorial global (18,8%).
- Las herramientas de evaluación aplicadas (pretest y post-test) permitieron medir objetivamente el progreso de los niños en las áreas sensorial, cognitiva, motora y social. Se evidenció una mejora integral gracias a las terapias adaptadas y actividades específicas como el uso del espejo Montessori, circuitos sensoriales y juegos interactivos. Estas acciones favorecieron tanto la motricidad fina como gruesa, fortalecieron la interacción social y promovieron la autonomía de los niños participantes.

7.2. Recomendaciones

- Se recomienda optimizar los recursos del entorno multisensorial mediante la incorporación de nuevas tecnologías, como sistemas de realidad virtual y dispositivos interactivos. Esto fortalecerá las experiencias terapéuticas, ampliando las posibilidades de intervención. Asimismo, es importante revisar y reorganizar la distribución de las áreas funcionales, incorporando zonas destinadas al descanso para prevenir la sobreestimulación en los niños.
- Se recomienda continuar con el desarrollo y mejora de los estimuladores sensoriales, incorporando funcionalidades que permitan ajustar la intensidad, duración y tipo de estímulo (visual, auditivo o táctil) según las características individuales de cada niño. Esto facilitará una mayor personalización de las

sesiones terapéuticas, incrementando la efectividad del dispositivo en la estimulación sensorial y adaptándose mejor a diferentes tipos y niveles de discapacidad. Asimismo, se debe establecer un plan de mantenimiento preventivo cada seis meses para asegurar el correcto funcionamiento, prolongar la vida útil de los dispositivos y garantizar la seguridad durante su uso.

- Se sugiere implementar un sistema que permita configurar o ajustar las respuestas del juego desde un dispositivo externo, como una computadora. Esto permitiría personalizar los estímulos visuales y sonoros de acuerdo con las necesidades específicas de cada niño, facilitando que docentes y terapeutas adapten las actividades a los objetivos terapéuticos o educativos. Esta flexibilidad haría del dispositivo una herramienta más versátil y efectiva en distintos contextos de estimulación.
- Es fundamental establecer programas de capacitación continua dirigidos a las terapeutas de la fundación, enfocados en la actualización de estrategias terapéuticas adaptadas a cada tipo de discapacidad, así como en la identificación de avances y dificultades específicas en los niños. Además, se recomienda capacitar al personal auxiliar y a los cuidadores para que puedan complementar y reforzar adecuadamente las terapias.

8. Bibliografía

Referencias

- AG Electrónica. (2021). *MP3-TF-16P: Mini Reproductor MP3 DFPlayer para Arduino* [Documento PDF con información técnica e imágenes. Consultado en mayo de 2025]. <https://agelectronica.lat/pdfs/textos/M/MP3-TF-16P.PDF>
- Amán, P. (2020). *Beneficios de la estimulación sensorial en el desarrollo psicomotor de los niños de 2 - 4 años* [Obtenido de Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7283f3b6-5e03-46a2-94b8-b7ee52e4bdcd/content>
- Amorós, J. G. (2023). *Detección del retinoblastoma en niños* [Accedido: 2025-06-17]. <https://josegutierrezamoros.es/deteccion-del-retinoblastoma-en-ninos/>
- Arduino. (2025). *Arduino Mega 2560 Datasheet* [[Datasheet]]. The Engineering Projects. <https://images.theengineeringprojects.com/document/main/datasheet/ArduinoMega2560.pdf>
- Biotteau, M., Albaret, J., & Chaix, Y. (2020). Trastorno del desarrollo de la coordinación. En *Manual de neurología clínica* (pp. 3-20). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780444641489000016?via%3Dihub>
- Brigham, C. (2023). Deficiencia y discapacidad: un viaje de comprensión. *Guides Digital*, 28(6). <https://ama-guides.ama-assn.org/view/journals/ama-guides-newsl/28/6/article-p2.xml>
- Bull, M. (2020). Syndrome de Dawn. *The New England Journal of Medicine*, 382(24), 2344-2352. <https://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMra1706537>

- Camarata, S., Miller, L., & Wallace, M. (2020). Evaluación del tratamiento de integración sensorial/procesamiento sensorial: cuestiones y análisis. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 14. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fnint.2020.556660>
- Carbajo, C. (2015). LA SALA DE ESTIMULACIÓN MULTISENSORIAL. *TABANQUE: Revista Pedagógica*, 27, 155-172. <https://dialnet.unirioja.es/descriarga/articulo/5084331.pdf>
- Carbajo, C. (2021). LA SALA DE ESTIMULACIÓN MULTISENSORIAL. *TABANQUE: Revista Pedagógica*, 27, 155-172. <https://dialnet.unirioja.es/descriarga/articulo/5084331.pdf>
- Cervantes, A. (2023). Glaucoma Congénito Primario. *Dialnet*, 62(1). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9354293>
- Chafloque, C., & Augusto, B. (2023). Glaucoma congénito primario. *Diagnóstico*, 62(1), e433-e433.
- Chávez Aliaga, R., & Estrada Chávez, E. (2024). Estimulación multisensorial como estrategia para el desarrollo de habilidades sensoriales en niños con discapacidad [[Artículo científico en SciELO]]. *Apuntes de Ciencia e Investigación*, 9(1), 1-13. https://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2415-09592024000100015&script=sci_arttext
- Curielcuriel, A. (2021). *Salas Multisensoriales* [[Tablero de Pinterest]]. <https://es.pinterest.com/anacurielcuriel/salas-multisensoriales/>
- de C.V., I. S. (2024). *Controlador de LEDs (Sensor Táctil) Modelo ILUTOUCHEMPDIM: Manual de Instrucciones y Especificaciones* [[Manual de instrucciones]]. Ilumileds S.A. de C.V. https://www.ilumileds.com/wp-content/uploads/2024/10/ILUTOUCHEMPDIM_23_10.pdf
- de la Salud, O. M. (2023). *Ceguera y discapacidad visual* [Accedido: 2025-06-17]. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>
- Electric, S. (2025). *Salas adaptables multisensoriales para estimular nuestros sentidos* [Último acceso: 8 de enero de 2025]. https://www.simonelectric.com/mx/detailers/salas-adaptables-multisensoriales-para-estimular-nuestros-sentidos?utm_source=chatgpt.com
- ELECTRONICS, I. (2020). *Módulo regulador de voltaje LM2595 DC a DC* [[Página web]]. Electronicamiranda. <https://intedimarketing.wixsite.com/electronica-miranda/product-page/m%C3%B3dulo-regulador-de-voltaje-lm2595-dc-a-dc>
- en la Luz, E. (2025). *Estimulación visual en salas multisensoriales* [Accedido: 9 de enero de 2025]. https://educarenlaluz.com/estimulacion-visual-en-salas-multisensoriales/?utm_source=chatgpt.com
- Espinal, J. (2022). La inclusión laboral basada en las experiencias de las personas con discapacidad visual de Manabí. *Revista Científica y Arbitrada de Ciencias Sociales y Trabajo Social: Tejedora*. <https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/tejedora/article/view/322>
- Etsy. (2023). *Esponja de goma - Espuma de poliuretano expandido*. <https://www.etsy.com/es/listing/1706456151/esponjagoma-espumapoliuretano-expandido?gpla=1&gao=1&>

- FashionTIY. (2025). *Luces LED para decoración de ambientes navideños (SKU: T103AD124A)* [[Ficha técnica de producto]]. <https://www.fashiontiy.com/es/products/T103AD124A.html>
- Gómez, A., Rivero, I., Pardo, J., Gómez, J., Rivero, C., Rodríguez, N., & Viz, S. (2022). Un estudio multitejido sobre el perfil de expresión de genes inmunitarios destaca el papel clave del epitelio nasal en la gravedad de la COVID-19. *Investigación Ambiental*, 210. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935122002171>
- González, O. (2025). *Guía de modelos Arduino y sus características: Arduino MEGA 2560* [[Texto e imagen consultados en mayo de 2025]]. <https://lab.bricogeek.com/tutorial/guia-de-modelos-arduino-y-sus-caracteristicas/arduino-mega-2560>
- Grace, J. (2020). Salas multisensoriales: características esenciales y barreras para una práctica eficaz. *Emerald Insight*, 67-75. <https://doi.org/10.1108/TLDR-10-2019-0029>
- Gupta, U., Maatouk, C., Markle, J., & Talcott, K. (2024). Caracterización del recorrido de pacientes con atrofia geográfica en la práctica oftálmica habitual. *Oslí Retina*, 55(4), 204-210. <https://journals.healio.com/doi/10.3928/2325-8160-20240123-02>
- Hernández, P. D. (2020). *Guía Docente: Fuentes de Alimentación Reguladas (Primera)* [Asignatura: Circuitos integrados analógicos no lineales (126213003), Curso: Tercero, Titulación: Ingeniero Técnico Industrial, Especialidad: Electrónica Industrial]. Universidad Politécnica de Cartagena, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Departamento de Tecnología Electrónica. Cartagena, España.
- Hubor Proteus. (2022). *Proteus PCB* [Consultado el 22 de mayo de 2025]. Hubor Proteus. <https://www.hubor-proteus.com/proteus-pcb/proteus-pcb/2-proteus.html>
- HY30 [Accedido: 2025-01-08]. (2025). <https://www.mytrendyphone.es/shop/hy300-android-11-320739p.html>
- Instituto Nacional para Ciegos (INCI). (2023). *¿Sabes cómo apoyar a un niño con discapacidad visual?* [Accedido el 29 de abril de 2025]. <https://www.inci.gov.co/blog/sabes-como-apoyar-un-nino-con-discapacidad-visual>
- International Trading. (2018). *Normas y Estándares: IEC, ISO, ANSI, NEMA y Otras* [Accedido: 2025-01-08]. http://www.internationaltrading.com.mx/wp-content/uploads/2018/08/Normas_Estandares.pdf
- ISNA. (2025). International Snoezelen Association for Multi-Sensory Environment - Latin America [Accedido: 2025-01-08]. <https://www.isna-mse.org/la.html>
- ISO/CIE [First edition, replaces ISO 8995-1:2002]. (2025). ISO/TC 274 y CIE. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/76342/68f9fcdfadf045eab39c457f263240f6/ISO-CIE-8995-1-2025.pdf>
- JBL (2023) [Visitado el 16 de enero de 2024]. (s.f.). JBL España.
- Kanazawa, H., Yamada, Y., Tanaka, K., & Kuniyoshi, Y. (2022). Los movimientos abiertos estructuran la información sensoriomotora en el desarrollo humano temprano. *PNAS*, 120(1). <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2209953120>

- Kindersariato. (2025). *Tatami 60x60 con diseño* [Accedido: 8 enero 2025]. <https://kindersariato.com/tatami-60x60-con-diseno>
- Kiversal. (2020). *Sordera de percepción: ¿qué es y cómo se trata?* [Accedido el 29 de abril de 2025]. <https://blog.kiversal.com/sordera-de-percepcion/>
- La Casa del LED. (2025). *Ficha Técnica NEON LED-02* [Ficha técnica del producto NEON LED de JAY LIGHTING. Incluye especificaciones técnicas, aplicaciones, y accesorios.]. <https://www.lacasadelled.net>
- Lee, K., Dora, S., Mejías, J., Bohte, S., & Pennartz, C. (2024). La teoría de la codificación predictiva en la percepción sensorial sugiere que el cerebro produce continuamente un modelo interno del mundo en base a la experiencia previa y luego lo coteja con información sensorial que entra para prever estímulos. *Frontiers Comput Neurosci*, 18. <https://www.frontiersin.org/journals/computational-neuroscience/articles/10.3389/fncom.2024.1338280/full>
- Liu, Y., Wang, Y., & Luketina, J. (2020). A survey on deep active learning. *arXiv preprint arXiv:2012.12610*. <https://arxiv.org/abs/2012.12610>
- Mannig, T., Bruce, E., Cumming, B., Angelis, G. D., & Cooper, E. (2024). Las transformaciones de la información sensorial en el cerebro sugieren cambios en los criterios de optimalidad. *Plos Computational Biology*. <https://journal.s.plos.org/ploscompbiol/article?id=10.1371/journal.pcbi.1011783>
- Merchán Vanegas, E. B. (2020). Revisión sistemática: aulas multisensoriales/snoezelen.
- Merino, D. (2020). *Las secuelas sensoriales de estrabismo en niños* [Accedido: 2025-06-17]. <https://merinodr.wordpress.com/2011/12/29/las-secuelas-sensoriales-de-estrabismo-en-ninos/>
- Mykolayivna, A. (2022). Evolución de la comprensión de la discapacidad y del concepto de “persona con discapacidad”. *H3 Notas Ciencias*, (13). <https://pravo.o.cusu.edu.ua/index.php/pravo/article/view/204>
- Nagulapati, V. N., & Udayakumar, K. (2022). Design of Switched Mode Power Supply. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/358424830_DESIGN_OF_SWITCHED_MODE_POWER_SUPPLY
- Navarro, S. G. (2020). El uso de las TIC en la estimulación: la sala multisensorial. *REDINE (Cooid.)*, *Contribuciones de la tecnología digital en el desarrollo educativo y social*, 49-59.
- Navasivayam, K., Coleman, D., O'Dwyer, A., & Lieshout, P. V. (2020). Trastornos del sonido del habla en niños: una perspectiva desde la fonología articulatoria. *Frontiers*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02998>
- NEC-SB. (2023). Norma Ecuatoriana de la Construcción: NEC-SB Instalaciones Eléctricas. *Habitat y Vivienda*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SB-Instalaciones-Elctricas.pdf>
- ORTOTECSA. (2019). *Salas Multisensoriales Snoezelen*. https://www.ortotecsarehabilitacionyfisioterapia.com/rehabilitacion_documentos_pdfs/MANUALES/Presentaci%C3%B3n-Manual%20salas%20Snoezelen-ESPA%C3%91OL.pdf
- Pashioğlu, E. (2021). *How to use Proteus? Guide for beginners* [[Imagen]]. <https://medium.com/@erenpaslioglu/how-to-use-proteus-guide-for-beginners-31165afd78b9>

- Paul, R. (2020). Language disorders. En *Handbook of Clinical Neurology* (pp. 21-35, Vol. 174). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780444641489000028?via%3Dihub>
- Peña, C. (2020). *Arduino IDE: Domina la programación y controla la placa*. RedUsers.
- Pergantis, P. (2023). Trastorno del desarrollo de la coordinación y el papel de las nuevas tecnologías como herramienta de intervención. *Revista mundial de investigación avanzada y reseñas*, 519-528. <https://wjarr.com/content/developmental-coordination-disorder-and-role-new-technologies-intervention-tool>
- Qinera. (2025). *Integración Sensorial* [[Página web]]. Qinera. <https://qinera.com/es/23-integracion-sensorial>
- Recinos Ramos, M. A. (2020). *Análisis comparativo de la Norma IEC 60364 sobre instalaciones eléctricas para edificios, partes 60364-1 y 60364 5-52 y su equivalente, Código Eléctrico Nacional (NEC) para implementación de la primera parte del normativo eléctrico guatemalteco* [Tesis doctoral, Universidad de San Carlos de Guatemala].
- Rodríguez Gómez, K. (2023). *Estimulación multisensorial en sala snoezelen para la integración sensorial de estudiantes con discapacidad en un CEBE de Huánuco, Perú, 2023* [[Trabajo académico en ResearchGate]]. https://www.researchgate.net/publication/379482778_Estimulacion_multisensorial_en_sala_snoezelen_para_la_integracion_sensorial_de_estudiantes_con_discapacidad_en_un_CEBE_de_Huanuco_Peru_2023
- Rosales, M., Revelo, P., & Guijarro, J. (2023). La importancia de la estimulación sensorial en el desarrollo cognitivo: Un análisis documental y de campo. *Alpha Omega*. <https://doi.org/10.24133/ALPHAOMEGA.VOL01.01.2023.ART02>
- Sharma, S., Kiran, R., Azad, P., & Vaish, R. (2022). A review of piezoelectric energy harvesting tiles: Available designs and future perspective. *Energy Conversion and Management*, 254, 115272. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115272>
- Tapia, E. (2023). *ESTIMULACIÓN MULTISENSORIAL EN NIÑOS CON MULTIDISCAPACIDAD DE 3 A 5 AÑOS* [Tesis doctoral, Universidad de Azuay]. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/12839/1/18366.pdf>
- Telles, D. (2022). Valores en los conceptos de trastornos mentales y médicos: su presencia no es el punto, sino ser consciente de ellos. *Revista de Evaluación en la Práctica Clínica*, 28(5), 801-806. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jep.13679>
- Torrent, B. (2020). Glaucoma de inicio infantil y megaloftalmos anterior en la osteogénesis imperfecta. *Asociación Española de Pediatría*, 20(2), 349-357. [https://www.jaapos.org/article/S1091-8531\(16\)00052-5/abstract](https://www.jaapos.org/article/S1091-8531(16)00052-5/abstract)
- Truper. (2025). *Tira LED multicolor RGB 40 W, 5 m, para interior y exterior* [Accedido: 2025-01-08]. https://www.truper.com/ficha_tecnica/Tira-LED-multicolor-RGB-40-W-5-m-para-interior-y-exterior-9422.html?code=46370
- Turjeman, Y., & Kluger, A. (2022). Sensibilidad del procesamiento sensorial versus teoría del procesamiento sensorial: convergencia y divergencia. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1010836>

- Uptodown. (2025). *Arduino IDE para Windows* [[Imagen]]. <https://arduino-ide.uptodown.com/windows>
- Vargas, A., Sojo, J., & Campos, D. (2022). Retinopatía. *Revista Médica Siergia*, 7(1), 750. <https://doi.org/10.31434/rms.v7i1.750>
- World Health Organization. (2020). *WHO Guidelines for Community Noise* [Nivel de ruido equivalente (LAeq) recomendado 35dB(A) en entornos sensibles].
- World Health Organization. (2023). *Disability and Health* [Fact sheet publicado en el sitio web de la OMS].
- Zamora Uzhca, A. M., & Álvarez Cueva, A. B. (2023). *Estimulación multisensorial para niños con discapacidad intelectual en la unidad educativa Especializada "Nuestro Mundo"* [[Tesis de pregrado, Universidad del Azuay]]. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/12839/1/18366.pdf>

9. Anexos

A. Anexo: Imágenes Y Test a Evaluar en el proceso de la implementación del cuarto multisensorial.



(a) Limpieza



(b) Cuarto pintado

Figura 79: Limpieza General del Cuarto



(a) Representante 1



(b) Representante 2

Figura 80: Firma de Consentimientos informados



(a) Luces led



(b) Proyector

Figura 81: Colocación de aparatos electrónicos



(a) Auditivo

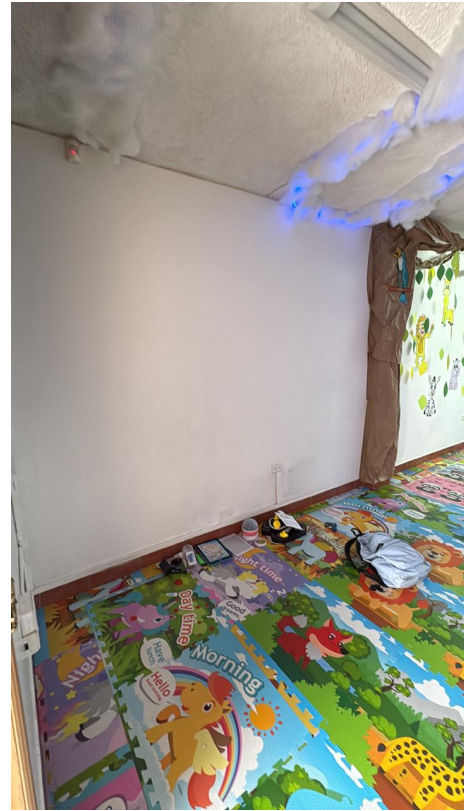


(b) Visual

Figura 82: Adecuaciones



(a) Adecuación del piso



(b) Piso cortado

Figura 83: Colocación del Tatami



(a) Sala Multisensorial

Figura 84: Terminación del cuarto



(a) Sujeto1



(b) Sujeto2

Figura 85: Terapias realizadas



(a) Sujeto 3



(b) Sujeto 4

Figura 86: Terapias Realizadas

GUÍA DE OBSERVACIÓN DE INTEGRACIÓN SENSORIAL PARA NIÑOS(AS) Y ADOLESCENTES CON DISCAPACIDAD

Nombre del niño(a): _____ Fecha: _____
Fecha de Nacimiento: _____ Persona entrevistada: _____
Edad: _____ Entrevistador: _____
Número de semanas de gestación: _____
Edad ajustada: _____

Instrucciones

Pregunte a los padres las siguientes preguntas y espere la respuesta. Es importante saber la frecuencia en que las conductas se presentan; si es necesario, realice preguntas adicionales.

Llave de frecuencia

- 1 – Casi nunca o nunca
- 2 – Ocasionalmente (1 a 3 veces de 10)
- 3 – A veces (4 a 6 veces de 10)
- 4 – Frecuentemente (7 a 9 veces de 10)
- 5 – Casi siempre o siempre

Sistema Auditivo

¿Su niño tiene problemas para entender lo que dicen otras personas?	
¿Le molestan ruidos cotidianos (aspiradora, secador, inodoro)?	

¿Responde negativamente a sonidos fuertes (huye, llora, se tapa los oídos)?	
¿Parece no escuchar ciertos sonidos?	
¿Se distrae con ruidos que otros no perciben?	
¿Se asusta con sonidos que otros niños no consideran alarmantes?	
¿Tiene baja respuesta a sonidos fuertes?	
¿Tiene dificultad para interpretar palabras simples?	

Sistema Táctil

¿Se aparta cuando lo tocan ligeramente?	
¿Parece no darse cuenta cuando lo tocan?	
¿Reacciona negativamente a ropa nueva?	
¿Muestra desagrado al peinarse o arreglarse el cabello?	
¿Prefiere tocar que ser tocado?	
¿Se siente impulsado a tocar diferentes texturas?	
¿Rechusa usar sombreros, gafas, etc.?	
¿Le molesta que le corten las uñas?	
¿Se resiste a que lo sujeten?	

Procesamiento Vestibular

¿Teme al movimiento (escaleras, columpios, etc.)?	
¿Muestra aprehensión cuando se le mueve?	
¿Tiene buen equilibrio?	
¿Evita caminar por superficies irregulares?	
¿Le gustan juegos giratorios (carrusel)?	
¿Se cae al intentar acomodarse en una silla?	
¿No logra sostenerse al caerse?	
¿No se marea cuando otros sí?	
¿Parece débil en general?	
¿Da muchas vueltas?	
¿Se mece cuando está estresado?	
¿Le gusta colgarse de cabeza?	

Sistema Visual

¿Se muestra sensible a la luz brillante?	
¿Enfoca detalles en lugar de la figura principal al ver imágenes?	
¿Tiene dificultad para mantener la vista en la actividad?	
¿Se distrae fácilmente con estímulos visuales?	
¿Tiene dificultad para encontrar objetos entre otros?	
¿Cierra un ojo o inclina la cabeza al mirar?	
¿Le molestan ambientes visuales inusuales (colores brillantes, luz tenue)?	
¿Tiene dificultad en seguimiento visual de objetos?	
¿Tiene dificultad para discriminar colores, formas y tamaños?	

Procesamiento Conductual

¿Tiene problemas para relacionarse con otros de su edad?	
¿Se frustra con facilidad?	
¿Parece ansioso o temeroso?	
¿Tiende a estar quieto o retraído?	

B. Anexo: Código de Arduino para el Estimulador Sensorial

```

1 #include <SoftwareSerial.h>
2 #include <DFRobotDFPlayerMini.h>
3
4 SoftwareSerial mySerial(3, 2); // RX, TX
5 DFRobotDFPlayerMini myDFPlayer;
6
7 const int entradas[8] = {A3, A2, A4, A5, 13, A0, 12, A1}; //
   Sensores piezo (LM339)
8 const int salidas[8] = {11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4}; //Reles (LEDs)
9
10 const unsigned long duracionActiva = 4000; // Tiempo de luz y
   sonido activo (ms)
11
12 int sensorActivo = -1; //Sensor actualmente activo (-1 = ninguno)
13 unsigned long tiempoInicio = 0; // Cuando se activo el sensor
14
15 bool sensorEnProceso = false; // Hay una se al activa siendo
   procesada?
16
17 void setup() {
18   Serial.begin(9600);
19   mySerial.begin(9600);
20
21   Serial.println("Inicializando DFPlayer...");
22   if (!myDFPlayer.begin(mySerial)) {
23     Serial.println("Error al iniciar DFPlayer Mini.");
24     while (true);

```

```

25 }
26
27 myDFPlayer.volume(25); // Volumen de 0 a 30
28 Serial.println("Sistema listo");
29
30 for (int i = 0; i < 8; i++) {
31   pinMode(entradas[i], INPUT);
32   pinMode(salidas[i], OUTPUT);
33   digitalWrite(salidas[i], HIGH); // Apagar reles (activo en LOW)
34 }
35 }
36
37 void loop() {
38   unsigned long ahora = millis();
39
40   for (int i = 0; i < 8; i++) {
41     int estado = digitalRead(entradas[i]);
42
43     // Si un sensor se activa
44     if (estado == HIGH) {
45       if (!sensorEnProceso) {
46         activarSensor(i, ahora);
47       } else if (i != sensorActivo && (ahora - tiempoInicio <
48         duracionActiva)) {
49         apagarSensor(sensorActivo);
50         activarSensor(i, ahora);
51       }
52       break;
53     }
54
55     if (sensorEnProceso && (millis() - tiempoInicio >= duracionActiva
56       )) {
57       apagarSensor(sensorActivo);
58       sensorActivo = -1;
59       sensorEnProceso = false;
60     }
61
62     void activarSensor(int index, unsigned long ahora) {
63       sensorActivo = index;
64       tiempoInicio = ahora;
65       sensorEnProceso = true;
66
67       digitalWrite(salidas[index], LOW);
68       int sonido = index + 1;
69       if (sonido > 7) sonido = 1;
70       myDFPlayer.playMp3Folder(sonido);
71
72       Serial.print("Sensor ");
73       Serial.print(index + 1);
74       Serial.print(" ACTIVADO - LED encendido y sonido 000");
75       Serial.print(sonido);
76       Serial.println(".mp3");
77     }
78

```

```

79 void apagarSensor(int index) {
80     digitalWrite(salidas[index], HIGH);
81     Serial.print("Sensor ");
82     Serial.print(index + 1);
83     Serial.println(" DESACTIVADO - LED apagado");
84 }

```

Listing 1: Código Arduino para activación de LEDs y sonido con sensores piezoeléctricos

C. Anexo: Código en Arduino del Panel de Control digital

```

1  #include <DFRobotDFPlayerMini.h>
2
3  DFRobotDFPlayerMini mp3;
4
5  // Entradas
6  const int e0 = A0;
7  const int e1 = A1;
8  const int e2 = A2;
9  const int e3 = A3;
10 const int e4 = A4;
11 const int e5 = A5;
12 const int e6 = A6;
13 const int e7 = A7;
14 const int e8 = A8;
15
16 // Salidas
17 const int s0 = 2;
18 const int s1 = 3;
19 const int s2 = 4;
20 const int s3 = 5;
21 const int s4 = 6;
22 const int s5 = 7;
23 const int s6 = 8;
24 const int s7 = 9;
25 const int s8 = 10;
26
27 // Estados anteriores
28 int estado0 = 1;
29 int estado1 = 1;
30 int estado2 = 1;
31 int estado3 = 1;
32 int estado4 = 1;
33 int estado5 = 1;
34 int estado6 = 1;
35 int estado7 = 1;
36 int estado8 = 1;
37
38 void setup() {
39     //Serial.begin(9600);
40     Serial1.begin(9600);
41
42     /*if (!mp3.begin(Serial1)) {

```

```

43     Serial.println("Error al inicializar el m dulo MP3");
44     while (true);*/
45 }
46
47 mp3.volume(28); // Volumen del 0 al 30
48
49 // Configurar pines de salida
50 pinMode(s0, OUTPUT); digitalWrite(s0, LOW);
51 pinMode(s1, OUTPUT); digitalWrite(s1, LOW);
52 pinMode(s2, OUTPUT); digitalWrite(s2, LOW);
53 pinMode(s3, OUTPUT); digitalWrite(s3, LOW);
54 pinMode(s4, OUTPUT); digitalWrite(s4, LOW);
55 pinMode(s5, OUTPUT); digitalWrite(s5, LOW);
56 pinMode(s6, OUTPUT); digitalWrite(s6, LOW);
57 pinMode(s7, OUTPUT); digitalWrite(s7, LOW);
58 pinMode(s8, OUTPUT); digitalWrite(s8, LOW);
59 }
60
61 void loop() {
62     int nuevo0 = digitalRead(e0);
63     if (nuevo0 != estado0) {
64         estado0 = nuevo0;
65         digitalWrite(s0, HIGH);
66         mp3.play(5); // Reproduce pista 0001.mp3
67         delay(5000);
68         //while (mp3.readState() == 1); // Espera hasta que termine
69         digitalWrite(s0, LOW);
70     }
71
72     int nuevo1 = digitalRead(e1);
73     if (nuevo1 != estado1) {
74         estado1 = nuevo1;
75         digitalWrite(s1, HIGH);
76         mp3.play(2);
77         delay(4000);
78         // while (mp3.readState() == 1);
79         digitalWrite(s1, LOW);
80     }
81
82     // Repite igual para los dem s sensores...
83
84     int nuevo2 = digitalRead(e2);
85     if (nuevo2 != estado2) {
86         estado2 = nuevo2;
87         digitalWrite(s2, HIGH);
88         mp3.play(9);
89         delay(2000);
90         //while (mp3.readState() == 1);
91         digitalWrite(s2, LOW);
92     }
93
94     int nuevo3 = digitalRead(e3);
95     if (nuevo3 != estado3) {
96         estado3 = nuevo3;
97         digitalWrite(s3, HIGH);
98         mp3.play(6);

```

```

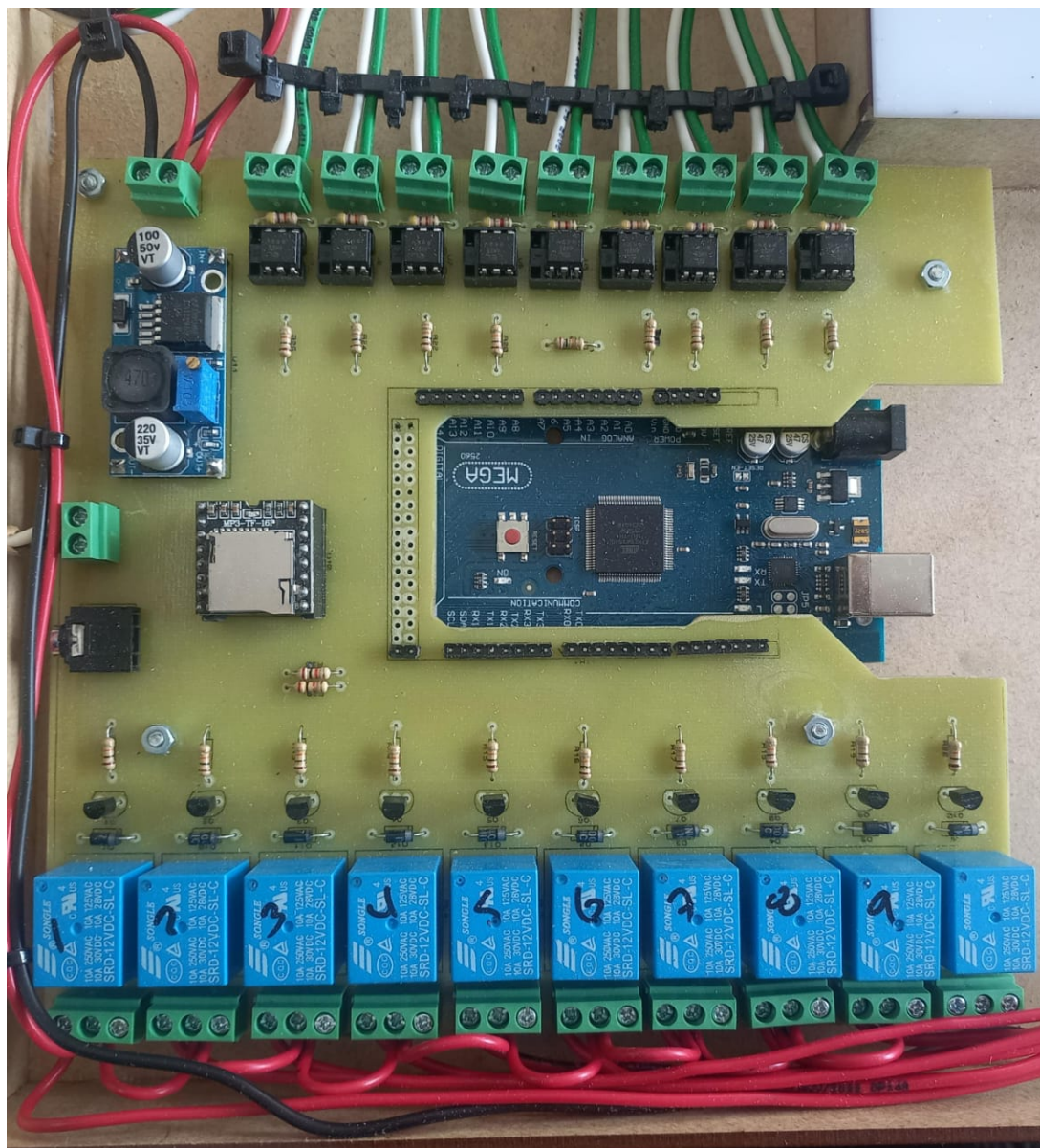
99     delay(5000);
100    //while (mp3.readState() == 1);
101    digitalWrite(s3, LOW);
102 }
103
104 int nuevo4 = digitalRead(e4);
105 if (nuevo4 != estado4) {
106     estado4 = nuevo4;
107     digitalWrite(s4, HIGH);
108     mp3.play(7);
109     delay(5000);
110     //while (mp3.readState() == 1);
111     digitalWrite(s4, LOW);
112 }
113
114 int nuevo5 = digitalRead(e5);
115 if (nuevo5 != estado5) {
116     estado5 = nuevo5;
117     digitalWrite(s5, HIGH);
118     mp3.play(3);
119     delay(7000);
120     //while (mp3.readState() == 1);
121     digitalWrite(s5, LOW);
122 }
123
124 int nuevo6 = digitalRead(e6);
125 if (nuevo6 != estado6) {
126     estado6 = nuevo6;
127     digitalWrite(s6, HIGH);
128     mp3.play(1);
129     delay(5000);
130     //while (mp3.readState() == 1);
131     digitalWrite(s6, LOW);
132 }
133
134 int nuevo7 = digitalRead(e7);
135 if (nuevo7 != estado7) {
136     estado7 = nuevo7;
137     digitalWrite(s7, HIGH);
138     mp3.play(4);
139     delay(3000);
140     //while (mp3.readState() == 1);
141     digitalWrite(s7, LOW);
142 }
143
144 int nuevo8 = digitalRead(e8);
145 if (nuevo8 != estado8) {
146     estado8 = nuevo8;
147     digitalWrite(s8, HIGH);
148     mp3.play(8);
149     delay(5000);
150     // while (mp3.readState() == 1);
151     digitalWrite(s8, LOW);
152 }
153 }

```

Listing 2: Código Arduino para activación de LEDs y sonido con sensores táctiles(sensores conductivos)

D. Anexo: Diseño del circuito del estimulador sensorial Panel de Control Digital

Figura 87: Diseño e implementación del PCB, con los componentes correctamente posicionados y soldados.



Nota. Tomada de Autoría propia.