



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E SCIENTIA HOMINIS SALUS "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SALA
MULTISENSORIAL PARA AYUDAR A LA ESTIMULACIÓN
TEMPRANA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

RICHARD ADRIÁN DE LA CRUZ LAICA

DIRECTOR: ING. WILLIAMS FERNANDO FLORES CIFUENTES, MSC.

Quito, marzo 2021

AVAL

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Richard Adrián De La Cruz, bajo mi supervisión.

**ING. WILLIAMS FERNANDO FLORES CIFUENTES, MSC.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Richard Adrián De La Cruz Laica, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración dejo constancia de que la Escuela Politécnica Nacional podrá hacer uso del presente trabajo según los términos estipulados en la Ley, Reglamentos y Normas vigentes.

RICHARD ADRIÁN DE LA CRUZ LAICA

DEDICATORIA

A mis padres que en las buenas me asistieron y en las malas me corrigieron con severidad, junto con Jorge y su familia que sintetizan mi motivación, a René mi antagonista, y a mi inspiración, a la mejor.

Richard Adrián.

AGRADECIMIENTO

No existe un número que represente el agradecimiento a las personas que me auxiliaron.

Tan solo existe una mención especial a Freddy Laica por su acogida en la Capital, a Fernando Bolaños por ser mi primera amistad en la Universidad, a Anthony Álvarez por ser mi primera amistad en la facultad, a Paúl Monta por ser mi amistad foránea desde siempre, a mis mejores amigos Tamy y Erick Rivera, a Celene Coque por su motivación en momentos que mi ánimo estuvo en el suelo, a mi tutor Fernando Flores por su guía en este período, a mi familia por darme todo física y emocionalmente, y a la mejor por ser mi musa en la vida.

Richard De La Cruz.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	III
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IV
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	1
1.2 ALCANCE	2
1.3 MARCO TEÓRICO.....	3
1.3.1 PROTOTIPOS.....	3
1.3.2 ESTIMULACIÓN.....	3
1.3.3 SALA MULTISENSORIAL	4
1.3.4 SALA SNOEZELEN.....	6
1.3.5 TIPOS DE SALAS MULTISENSORIALES.....	7
1.3.6 LOS COLORES.....	7
1.3.7 LOS SONIDOS.....	10
1.3.8 LOS AROMAS.....	11
1.3.9 LOS SABORES	12
1.3.10 LAS TEXTURAS.....	12
1.3.11 LOS ÓRGANOS DE LOS SENTIDOS	12
1.3.12 LA TECNOLOGÍA EN LA ESTIMULACIÓN TEMPRANA.....	14
1.3.13 SOFTWARE	14

1.3.14	HARDWARE.....	20
2.	METODOLOGÍA.....	25
2.1	FASE DE DISEÑO	25
2.1.1	PROCEDIMIENTO	25
2.1.2	REQUERIMIENTOS DEL PANEL INTERACTIVO DE COLORES.....	26
2.1.3	REQUERIMIENTOS DEL PANEL INTERACTIVO DE SONIDOS.....	33
2.1.4	REQUERIMIENTOS DEL PANEL INTERACTIVO DE AROMAS.....	38
2.1.5	COMPROBACIÓN DE LOS ELEMENTOS	43
2.2	FASE DE IMPLEMENTACIÓN.....	44
2.2.1	PANEL INTERACTIVO DE COLORES.....	44
2.2.2	PANEL INTERACTIVO DE SONIDOS.....	51
2.2.3	PANEL INTERACTIVO DE AROMAS.....	57
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
3.1	PRIMER EJEMPLAR	63
3.2	SEGUNDO EJEMPLAR	65
3.3	TERCER EJEMPLAR.....	66
3.4	ENCUESTA.....	67
3.4.1	OBJETIVO DE LA ENCUESTA	67
3.4.2	POBLACIÓN A LA QUE SE DIRIGE LA ENCUESTA.....	68
3.4.3	CUESTIONARIO	68
3.4.4	ANÁLISIS DE DATOS	68
3.5	MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL PSM	69
3.5.1	PIDC.....	69
3.5.2	PIS	69
3.5.3	PIA	70
3.6	COSTOS DEL PSM	70
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
4.1	CONCLUSIONES.....	74

4.2 RECOMENDACIONES	74
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXOS	80

RESUMEN

Desde el día en que el ser humano nace aprende acerca de todo lo que le rodea, mediante la estimulación de sus sentidos corporales, así es que conoce su idioma, distingue y diferencia diversas situaciones y sus implicaciones.

Cada sentido tiene una evolución diferente de acuerdo a diferentes circunstancias, como ubicación geográfica, etnia, sociedad, etc, pero cada uno de ellos debe desarrollarse a la par, por tanto, resulta conveniente una ayuda en la estimulación temprana con un enfoque en cada sentido. Es así que, el presente proyecto de titulación desencadena en la implementación de un prototipo de sala multisensorial para ayudar a la estimulación temprana.

PALABRAS CLAVE: estimulación, panel interactivo, vista, oído, tacto, olfato

ABSTRACT

From the day the human being is born, he learns about everything that surrounds him, by stimulating his bodily senses, so he knows their language, distinguishes and differentiates various situations and their implications.

Each sense has a different evolution according to different circumstances, such as geographic location, ethnicity, society, etc., but each of them must develop at the same time, therefore, it is advisable to help in early stimulation with a focus on each sense. Thus, the present degree project triggers the implementation of a multisensory room prototype to help early stimulation.

KEYWORDS: stimulation, interactive panel, sight, hearing, touch, smell

1. INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto de titulación se elabora la implementación de un prototipo de sala multisensorial con la finalidad de ayudar a la estimulación temprana, para el óptimo ejercitamiento de sus sentidos corporales y destrezas psicomotrices del paciente, desde una fase de diseño hasta una fase final de construcción y pruebas.

De acuerdo al panel que se manipule en el espacio en mención, un conjunto de sentidos se activará y simultáneamente se determinarán atributos como olor, color, forma, melodía o una combinación de ellos, para contribuir en el progreso físico e intelectual del infante.

Cada ejemplar cuenta con dos modos de interactividad, el primer modo se realiza a través de una aplicación móvil que posibilita la interacción de forma inalámbrica entre dispositivo y paciente, mientras que el segundo modo se realiza mediante una botonera, que envía la información de forma cableada para activar la parte correspondiente.

En el primer capítulo se efectúa la descripción de los principales conceptos que se relaciona con el prototipo; se realiza una revisión de los sentidos y su estimulación, salas multisensoriales, sus beneficios, sus características y los elementos para su construcción; además, se explican cada una de las plataformas utilizadas, como Proteus, y sus partes principales.

En el segundo capítulo se especifica el proceso de implementación del prototipo que se adherirá a las características de hardware y software para el correcto funcionamiento de cada ejemplar, así como una descripción de los elementos de cada parte de la sala. Adicionalmente, se presentan las pruebas realizadas, así como la elaboración de un manual básico del uso del prototipo y el costo referencial.

En el tercer capítulo se muestran los resultados obtenidos de las pruebas y de las encuestas realizadas.

En el cuarto capítulo se presenta un análisis general de los resultados obtenidos y la optimización de la metodología a través de las conclusiones y recomendaciones respectivamente.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo general de este Proyecto Técnico es: Implementar un prototipo de sala multisensorial con tres ejemplares diferentes para ayudar a la estimulación temprana.

Los objetivos específicos del Proyecto Técnico son:

- Investigar los fundamentos teóricos que posee el desarrollo de una sala multisensorial para la elección de los elementos que en conjunto generen un mejor desarrollo a la motricidad de un usuario de acuerdo a parámetros técnicos.
- Determinar materiales, dispositivos, elementos, equipos y herramientas que se utilizarán durante el desarrollo del proyecto.
- Realizar el montaje e instalación de cada parte del prototipo de acuerdo a los parámetros técnicos investigados con sus respectivas pruebas de funcionamiento.
- Establecer normas de usuario para obtener una manipulación amigable con un enfoque en el paciente.

1.2 ALCANCE

Se propone la implementación de 3 partes, ejemplares o unidades que compongan el prototipo de sala multisensorial, que funcionan de manera independiente.

Una primera unidad se define para el control de iluminación, que se enfoca en los sentidos de tacto y vista, donde la parte de hardware se compone de un módulo inalámbrico que se encarga de la recepción de datos y un sistema de procesamiento de señales compuesto de una tarjeta de desarrollo con sus respectivos periféricos, mientras que la parte de software se compone de un dispositivo móvil local que realiza el envío de datos al módulo inalámbrico a través de una aplicación para el control de las luminarias.

La segunda unidad se define para la manipulación de sonido, que se enfoca en los sentidos de oído, tacto y vista, donde la parte de software resulta similar al que se describe en la primera unidad, mientras que la parte de hardware posee una diferencia debido al uso de parlantes para la reproducción de archivos de sonido en lugar de las luminarias y el uso de un módulo de almacenamiento de los archivos en mención.

La tercera parte se refiere a la interacción de aromas, que se enfoca en los sentidos de olfato, tacto y vista, donde la parte de software resulta similar al que se describe en la primera unidad, mientras que la parte de hardware posee una diferencia debido al uso de un módulo que permita la difusión de diferentes olores en lugar de las luminarias.

Es necesario la adquisición de materiales y equipos para que cada parte del prototipo funcione de forma autónoma, donde se contempla que cada unidad posee su respectivo conjunto de elementos y dispositivos. Luego se va a realizar un análisis de presupuesto

referencial para la implementación del proyecto y un manual de usuario básico que ayude a la correcta manipulación de la sala.

Finalmente, los productos entregables finales serán: Tres ejemplares que componen el prototipo de sala multisensorial y sus respectivas bases de diseño.

1.3 MARCO TEÓRICO

La base de este proyecto de titulación se encuentra en la conceptualización de diversas temáticas, de esta forma se obtiene una visión clara de lo que conlleva tanto la implementación como la terminología alrededor del prototipo de sala multisensorial (PSM).

1.3.1 PROTOTIPOS

Un prototipo se conoce como el modelo que posee la esencia de lo que se requiere construir, en otras palabras, se trata de un borrador para alcanzar un producto final de ingeniería. La idea de borrador resulta conveniente para que se posibiliten modificaciones, ya sean adiciones, disminuciones o adecuaciones, de acuerdo con los requerimientos del cliente [1]. La implementación del prototipo representa una base abierta a modificaciones para una institución que requiera sus beneficios.

1.3.2 ESTIMULACIÓN

Se alcanza en alguna clase de ambiente (exterior o interior) donde un individuo tenga las condiciones de explorar y sentir diversas experiencias mediante los sentidos corporales, ya sean la vista, el tacto, el gusto, el olfato, el oído o una combinación de ellos [2]. Un ambiente con estas características pretende ser el PSM.

1.3.2.1 Estimulación temprana

El conjunto de actividades que se aplican con base científica para maximizar las capacidades físicas y mentales de un infante se conoce como estimulación temprana. En este ciclo de la vida el infante se prepara para enfrentarse al mundo a través de la adquisición de conocimientos y habilidades [3].

En el caso de instituciones públicas la Secretaría Técnica Plan Toda una Vida propende el desarrollo infantil, situación que se alinea con el Ministerio de Inclusión Económica y Social [4], [5]. Por su parte los centros de estimulación temprana Pucheritos y Crecer ofrecen sesiones adecuadas para ayudar a la recolección de datos en los primeros años de un infante [6], [7]. El PSM llega a ser la convergencia en cuanto a requerimientos de la estimulación temprana tanto para las instituciones públicas como para las privadas.

1.3.2.2 Períodos de la infancia

El cerebro de un ser humano en los primeros años de vida posee mayor capacidad de aprendizaje, debido a la mayor predisposición a realizar conexiones con las neuronas [8].

Tabla 1.1. Períodos de la infancia

Período	Edad [años]	Principales características
Período sensomotriz	0 – 2	El recién nacido es dueño de sus primeros reflejos, que pasan de reflejos simples a destrezas complejas como la coordinación de movimientos.
Período del pensamiento pre-operacional	2 – 6	Hasta los 4 años el niño categoriza los objetos de forma global, mientras que hasta los 6, es capaz de relacionar las cosas para pensar. Representa situaciones a través de la imaginación e imitación.
Período de las operaciones concretas	7 - 11	Realiza comparaciones lógicas relacionando situaciones con objetos reales, aún deja de lado conceptos filosóficos o abstractos.
Período de las operaciones formales	Hasta los 15	Es capaz de dar soluciones a problemas lógicos e hipotéticos, es decir, que puede analizar posibilidades.

Para entender como es la evolución del infante en esta etapa se diferencian algunos períodos [9], [10], que se describen en la Tabla 1.1. Por su parte, el proyecto se enfoca en los dos primeros períodos descritos, período sensomotriz y período del pensamiento pre-operacional, ya que la estimulación temprana se realiza casi en su totalidad en esta edad.

1.3.2.3 Desarrollo Psicomotriz

Cuando el cuerpo tiene una reacción y obtiene algún tipo de conocimiento del medio en el que se encuentra a través de los sentidos, se habla de desarrollo psicomotriz, para ello se consideran las siguientes áreas [9]: motricidad gruesa, que se orienta al control de los músculos necesarios para el movimiento, control y equilibrio global del cuerpo; motricidad fina, que se orienta a las destrezas de precisión del infante donde se involucran los músculos más pequeños del cuerpo; lenguaje, que se enfoca en la comprensión y expresión del lenguaje; el desarrollo de la cognición, que se centra en los conocimientos que adquiere el infante y como los obtiene a través su entorno; el desarrollo personal, que se refiere a las características para lograr su autonomía en labores como alimentación y aseo; el desarrollo social, que se enfoca en las capacidades del infante en la interacción con otros individuos dentro de una sociedad.

1.3.3 SALA MULTISENSORIAL

Una sala multisensorial se conoce como el lugar con elementos adecuados que ayuda a la evolución de los sentidos corporales, con el objetivo de alcanzar habilidades sociales,

intelectuales y cognitivas, un ejemplo se muestra en la Figura 1.1, donde una niña se interrelaciona por medio de sus pies con una de las partes de la sala, específicamente con el sentido del tacto con ayuda de un profesional que se dedica a la estimulación temprana, quien puede considerarse como un usuario de este espacio [11].



Figura 1.1. Ejemplo de sala multisensorial con un paciente

1.3.3.1 Características

Las características principales de acuerdo al ámbito de una sala multisensorial representan la base para evaluar los resultados del prototipo [8], esto se presenta en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Características de una sala multisensorial

Ámbito	Característica
Iluminación	Sin generación de interferencias que provoquen desconcentración
Sonido	Ofrece un ambiente sin distracciones de tipo escandaloso
Color	Una armonía en el contraste de colores favorece la visión
Elementos eléctricos y de seguridad	Deben estar adecuadas para evitar accidentes Tanto paredes como el suelo poseen materiales que no tengan un potencial dañino

1.3.3.2 Beneficios del uso de una sala multisensorial

Una persona que utiliza una sala multisensorial, ya sea un niño entre 0 y 5 años o una persona que presente algún tipo de trastorno intelectual o físico, obtiene cierta evolución positiva, como por ejemplo [11], [12]:

- Mayor velocidad de los procesos de aprendizaje del cerebro.
- Incremento del pensamiento lógico, la concentración y la coordinación.
- Eliminación de temores e inseguridad.
- Terapia rehabilitadora y sociabilizadora.

1.3.3.3 Materiales y elementos de una sala multisensorial

La Figura 1.2 presenta un tubo de burbujas en su presentación portátil, que tiene los atributos que se mencionan en la Tabla 1.3, que al mismo tiempo muestra un resumen de las partes que puede tener una sala multisensorial, las características representativas, el sentido en el que se enfoca y los ejercicios que se logran con cada uno [13].



Figura 1.2. Tubo de burbuja portátil

Tabla 1.3. Ejercicios y características de materiales de una sala multisensorial

Material	Características	Sentido de enfoque	Ejercicios
Tubos de burbujas	Tubos interactivos llenos de agua con una botonera que controla su color y la existencia de burbujas	Vista	Equilibrio, fijación de la mirada, memorización de colores, conteo de burbujas
Paneles interactivos	Convierte la voz o los movimientos en imágenes	Tacto	Seguimiento de la mirada, imitaciones, trabajo del ritmo
Elementos musicales	Música de distintas décadas para la relajación	Oído	Relajación, baile, movimiento, evocación de recuerdos
Aromas	El olor influye para asociar actividades, lugares o cosas	Olfato	Esperar reacción ante estímulos olfativos
Elementos táctiles	Para sesiones de relajación y constatación de texturas	Tacto	Masajes, visualización de elementos

1.3.4 SALA SNOEZELEN

Se trata de un recurso que refuerza el despertar sensorial a través del entorno, que contienen estímulos que mejoran el aprendizaje y la interpretación de situaciones mediante los sentidos, es así que las salas Snoezelen están dirigidas a los grupos que se describen a continuación [13]:

1.3.4.1 Usuarios con discapacidad

La sala Snoezelen puede contribuir en centros ocupacionales, asociaciones, centros de educación especial que tengan personas con alteraciones genéticas como Síndrome de Down, alteraciones neurológicas como parálisis cerebral u otra clase de patologías o enfermedades similares.

1.3.4.2 Personas mayores

Los centros de día o residencias de mayores con personas que tengan enfermedades neurodegenerativas como Alzheimer o Parkinson requieren los beneficios de estos prototipos.

1.3.4.3 Niños (estimulación temprana)

Los centros de atención primaria, escuelas infantiles y talleres de relajación son los lugares donde el PSM del proyecto se orienta, porque la niñez representa la base de la sociedad.

1.3.5 TIPOS DE SALAS MULTISENSORIALES

Existen 3 tipos de salas desde el punto de vista de los materiales y objetivos, por otra parte, existen 2 tipos desde el punto de vista de la actuación, estos se muestran en la Tabla 1.4 [14]. Siendo así, el PSM acerca sus condiciones a una sala de aventuras debido a que se encarga del fortalecimiento de las condiciones sensoriales que son fundamentales en la estimulación temprana.

Tabla 1.4. Tipos de sala multisensorial

Tipo	Característica principal	Objetivo
Salas blancas	Ausencia de color para resaltar otros materiales	Conseguir un ambiente relajado y tranquilo
Salas negras	Uso de diferentes colores que resplandecen mediante luz negra	Conseguir la participación activa del paciente
Salas de aventuras	Poseen materiales para relacionar el movimiento voluntario y la percepción de la información	Fortalece las condiciones sensoriales y cognitivas
Salas activas	Supone la participación del usuario	Tomar conciencia de la actuación
Salas pasivas	Introducción hacia el interior de la sala	Recibir efectos externos

1.3.6 LOS COLORES

La percepción de un color a través de la vista se produce por el reflejo de una porción de luz blanca de algún objeto en particular. Así, los colores ingresan a los seres humanos para el desarrollo de sus sentidos a través de la estimulación temprana [2], [9]. A esta altura, es necesario la asimilación de los siguientes conceptos [15]:

1.3.6.1 Luminosidad

A la capacidad de reflejar luz se conoce como luminosidad o brillo, así se dice que un color más brillante refleja mayor cantidad de luz, mientras que un color menos brillante refleja menor cantidad de luz. Por ejemplo, la luz blanca, que se forma con la combinación de los colores rojo, verde y azul (RGB, por sus siglas en inglés), refleja la luz al 100%.

1.3.6.2 Matiz

Cuando se menciona a la propiedad de un color de encontrarse en su estado puro se trata del matiz o tono, así como se mencionan a los colores del apartado anterior (blanco, rojo, verde y azul).

1.3.6.3 Saturación

El concepto que se da a la descripción del grado de palidez de un color es la saturación, que en otras palabras se trata del nivel de mezcla que tiene cierto color con el blanco o el negro. Un ejemplo se observa en la Figura 1.3, donde en la parte izquierda aparece una mezcla del color rojo de la fruta con el negro mucho mayor que en la parte derecha que presenta una mezcla mayor con el blanco.



Figura 1.3. Ejemplo de saturación [Autor]

1.3.6.4 Los efectos del color

El encendido de un color determinado, que se visualiza mediante la luz, produce diferentes efectos, sobretodo en el área de la motricidad gruesa, donde el paciente puede trabajar en el movimiento corporal y en buscar con la vista el lugar donde se prenden los colores en el panel [2]. Los movimientos corporales para el desarrollo del control voluntario de los ojos ante la luz que se podrían apreciar en el paciente son: aplausos, saltos, aleteo de brazos, balanceo del cuerpo, entre otros [16].

El color se encuentra omnipresente en el ser humano desde que nace, por tanto, es común caracterizar un color con algún objeto, situación o sentimiento. Así, ciertos colores alegran nuestra existencia [17], por tanto, los colores tienen presencia en el primer ejemplar.

Tabla 1.5. Aportes de los colores

Color	Combinaciones			Especificaciones de sensaciones y aportes de cada color
	G	R	B	
Blanco	1	1	1	Significa pureza, luz, expresa la alegría, la perfección, la verdad, sencillez y la inocencia. Aporta vitalidad porque todo lo vuelve positivo, en una palabra, representa la frescura.
Amarillo	1	1	0	Interpreta el optimismo y lo excitante, es decir, la energía. Aporta en el incremento de la presión de la sangre, el ritmo cardíaco y respiratorio. Robustece la atención y la concentración, por ser el color más luminoso.
Cian o celeste	1	0	1	El color que evoca sentimientos de calma o serenidad, seguridad o confianza y equilibrio o estabilidad. Refleja un sentimiento de autocomparación positiva.
Verde	1	0	0	Evoca la frescura de la naturaleza. Favorece el bienestar del organismo con vitalidad y equilibrio de sus funciones. Es un relajante en lo físico y en lo mental, porque alegra la vista sin provocar cansancio.
Violeta	0	1	1	Es el color de la lucidez y de la reflexión. Es melancólico y podría representar también la introversión. Relajante y útil en el tratamiento del insomnio.
Rojo	0	1	0	Representa una condición fisiológica de estímulo y de excitación porque acelera el pulso.
Azul	0	0	1	Es un color que expresa armonía, simpatía y confianza. Aporta a bajar la presión arterial y para tratar la taquicardia y las palpitaciones. Muy útil en caso de estrés, nerviosismo, insomnio e irritabilidad.
Negro	0	0	0	Aun cuando en casos como depresión es contraindicado, existen situaciones en las que contribuye en el control de emociones. Representa la introversión.

Los colores RGB y cada una de sus combinaciones (el amarillo por ejemplo se crea de la fusión de los colores verde y rojo a través de la mezcla aditiva de colores) provocan diferentes sensaciones, así se describe en la Tabla 1.5 [2], [15], [18].

Con la Ecuación 1.1 se obtiene el número de combinaciones (n_{com}) que resultan de unir los colores rojo, verde y azul.

$$n_{com} = 2^n \quad (1.1)$$

En donde n es el número de colores que se van a combinar, que en este caso son 3 en total. El número 2 aparece por el uso del sistema de numeración binario, así un determinado color puede tener el estado encendido o apagado, por tanto, se obtiene un total de 8 combinaciones.

1.3.7 LOS SONIDOS

Conceptualmente el sonido se trata de una perturbación que se propaga en forma de una onda esférica por un medio, el aire. Aquellas perturbaciones se denominan ondas sonoras que viajan con una velocidad ($c = 345 \text{ m/s}$ a 23 °C en el aire) que a su vez depende del medio, en donde se generan variaciones en la densidad y presión a lo largo de la dirección de las ondas. De forma análoga a los colores, tanto el cerebro como el oído procesan los datos que reciben de las ondas sonoras de acuerdo con los siguientes términos [19], [20]:

1.3.7.1 Altura

Se trata de la característica que se relaciona con la diferenciación de los sonidos de una escala musical, en otras palabras, la altura se vincula con la frecuencia y posibilita la distinción de los sonidos altos (agudos) y bajos (graves).

1.3.7.2 Sonoridad

Esta propiedad del sonido se relaciona con el volumen o intensidad y en menor parte con la frecuencia. Si se comparan dos sonidos que tienen la misma frecuencia, donde el primero de ellos tiene mayor volumen (amplitud) que el segundo, evidentemente aquel que tiene una amplitud superior también presenta mayor sonoridad. Al contrario, a igualdad de amplitudes un sonido con mayor frecuencia presenta mayor sonoridad, esto debido al umbral de audición del oído humano que se muestra en la Figura 1.4.

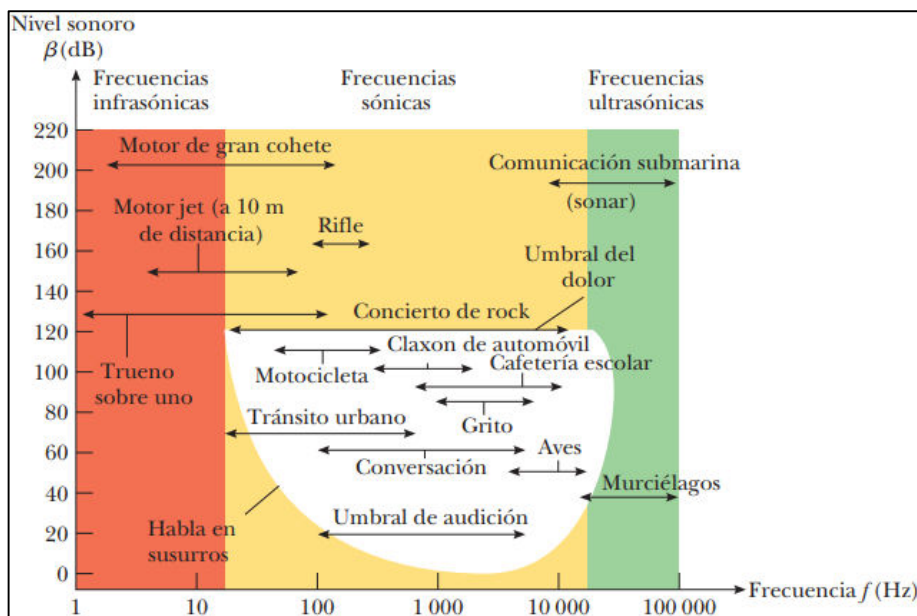


Figura 1.4. Varias fuentes de sonido y umbral de audición

1.3.7.3 Timbre

El timbre es la cualidad del sonido que permite distinguir fuentes de sonido (instrumentos musicales, voces humanas, sonidos de animales, etc.) que se encuentran a la misma frecuencia y con la misma amplitud.

1.3.7.4 Los efectos del sonido

La estimulación a través de sonidos musicales resulta provechosa en los infantes, debido a que es una fuente de práctica y entretenimiento. Sus beneficios principales se vinculan al aumento de capacidades expresivas, psicomotoras y de vínculo familiar [3], por tanto los sonidos se encuentran presentes en la segunda parte del PSM.

A lo largo de la primera etapa de vida, los infantes emiten respuestas ante la estimulación generada por los sonidos, entre los que se detallan: movimiento de la cabeza en búsqueda de sonidos, balbuceo con entonación, imitación de sonidos, aprendizaje y pronunciación de palabras, tapar sus orejas con las manos, todo en concordancia con el estado de ánimo tanto del paciente como de quienes le acompañan, cabe mencionar que si el estado de ánimo es positivo se formará una predisposición por dar una respuesta ante estímulos sonoros, caso contrario, no existirá dicha tendencia [3].

1.3.8 LOS AROMAS

Aun cuando algunos animales, como por ejemplo el perro, tienen el sentido del olfato más agudo que las personas, este órgano permite que los aromas sean parte de la vida humana. De hecho, una idea positiva mediante los aromas se da cuando una persona se acerca a una panadería y percibe el olor inconfundible de la frescura del pan, así le motiva el deseo de su consumo y el recuerdo de satisfacción por su degustación [21], de manera que el tercer ejemplar se enfoca en los aromas.



Figura 1.5. Expresión ante estímulos olfativos [Autor]

Además, se observa la expresión de alegría a través de una sonrisa prominente por parte del personaje de la Figura 1.5.

Ahora que, diversas acciones realizan las personas ante estímulos del olfato. En la parte mental le pueden generar recuerdos, por ejemplo, el olor a eucalipto y su asociación con un paseo en el bosque formarán expresiones de alegría o tristeza. Por otra parte, en la parte física se crearán acciones como, tapan sus fosas nasales con las manos, tomar acción de la respiración (aspiración y espiración), tomar conciencia sobre el canal de información que es el olfato, sonrisas, acercarse a la fuente de aroma, etc [16], [22].

1.3.9 LOS SABORES

Los sabores que se asocian a los alimentos y se asimilan a través de la lengua son variados, permiten incitar los recuerdos y el placer de la degustación de una comida agradable. Para un infante se encuentra definido su gusto por el sabor dulce, que a través de los recuerdos se encuentra codificado a largo plazo [21].

1.3.10 LAS TEXTURAS

El concepto que se le da a la forma de un objeto, lugar o cosa es la textura, misma que tiene adherido las posibles sensaciones de temperatura (frío, temperado, caliente), tipo de material (vidrio, papel, madera, etc.) u otras (áspero, rugoso, blando, duro) que se perciben con el órgano del tacto [12]. Por su parte, el cerebro humano posee circuitos para las diferentes áreas del cuerpo, también tiene uno, el llamado giro angular, que concatena las sensaciones producidas por colores, aromas, sabores, texturas y sonidos que son recibidas por medio de los órganos de los sentidos [2].

1.3.11 LOS ÓRGANOS DE LOS SENTIDOS

Los órganos de los sentidos son capaces de asimilar diferentes tipos de energía mediante los nervios sensoriales hacia el encéfalo, a donde llega el mensaje con basta claridad. Además, la energía mencionada debe ser suficientemente alta para que sea perceptible por un determinado órgano, de la misma forma, el cambio mínimo de esta energía que detecta se conoce como diferencia apenas perceptible (DAP) [21].

1.3.11.1 La vista

La luz ingresa al ojo a través de la córnea hasta que los mensajes nerviosos llegan a la sede de la conciencia y la razón, al encéfalo, para que ocurra la sensación visual. Este proceso se genera en el sentido de la vista, que es el principal responsable de la percepción del mundo en los seres humanos [21]. La visualización de una alta gama de colores se debe a este órgano, condición que genera diferentes sensaciones de acuerdo a la Tabla 1.5, por tanto, el PSM dedica una parte a su entrenamiento.

1.3.11.2 La audición

Las ondas sonoras entran al oído a través de los golpes del tímpano, luego llegan al encéfalo por medio del nervio auditivo para obtener la sensación auditiva, de esta forma, las personas escuchan debido al sentido de la audición [21]. El PSM posee un segundo ejemplar que se enfoca en este sentido, a través de sonidos que resultan comunes.

El panel musical (ideal para relaciones causa-efecto y habilidades de concentración) con botones y altavoces de la empresa Ortotecsa envía impulsos mayoritariamente hacia este sentido de la audición, como se muestra en la Figura 1.6.



Figura 1.6. Panel musical de Ortotecsa

1.3.11.3 El olfato

Ciertas sustancias que se encuentran en el aire se aspiran por las cavidades nasales a través de los receptores del olfato hasta que los mensajes llegan al bulbo olfativo del encéfalo para que se generen los olores en nuestra conciencia. Este proceso se genera en el sentido del olfato, que es el sentido más primitivo de los seres humanos [21]. Como sucede con los sentidos de la vista y la audición, el olfato tiene una parte importante dentro del PSM, que utiliza algunos aromas conocidos.

1.3.11.4 El gusto

Las personas experimentan los sabores (dulce, ácido, salado, amargo) debido a que las papilas gustativas de la lengua adquieren información de las sustancias de la comida presentes en la boca y envían impulsos nerviosos al encéfalo [21].

1.3.11.5 El tacto

En cualquiera de las partes del prototipo de sala multisensorial se estimula el sentido del tacto, donde los receptores nerviosos de la piel envían la información de las sensaciones cutáneas sobre presión, temperatura y/o dolor hacia el encéfalo. Este sentido propende el perfeccionamiento de los reflejos que se favorece debido a que la piel es el órgano más extenso del cuerpo [9].

1.3.12 LA TECNOLOGÍA EN LA ESTIMULACIÓN TEMPRANA

Las salas multisensoriales establecen estrategias para que el usuario tenga mayor independencia en su medio y mejor avance evolutivo de su niñez, debido a que tienen partes donde se incluye algún sistema tecnológico en su funcionamiento [2].

Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) están presentes en el proceso evolutivo de un niño desde que nace. De este modo favorece las relaciones sociales, el perfeccionamiento de habilidades, el proceso educativo y la participación, debido a la manipulación de las TIC [8].

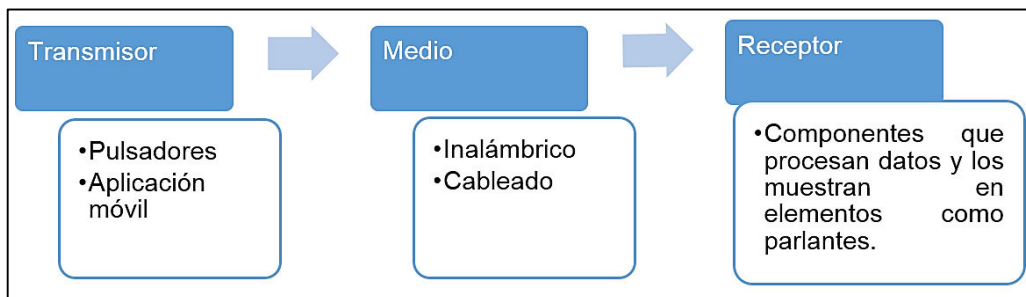


Figura 1.7. Intercambio de información en un espacio multisensorial [Autor]

Un diagrama de bloques básico se presenta en la Figura 1.7 para conocer las partes que se involucran en el proceso de intercambio de información entre una TIC y una persona, donde se entiende que la persona transmite algún dato a través de un tablero de pulsadores, y la misma persona recibe información a la salida [16], [23].

1.3.13 SOFTWARE

Cada programa de simulación que se utiliza en el PSM se describe a continuación:

1.3.13.1 Herramienta para simulación y construcción de circuitos

Una herramienta de software para la educación y la industria que aporta en la simulación y la construcción de placas de circuitos impresos se encuentra en programas como Proteus [24].

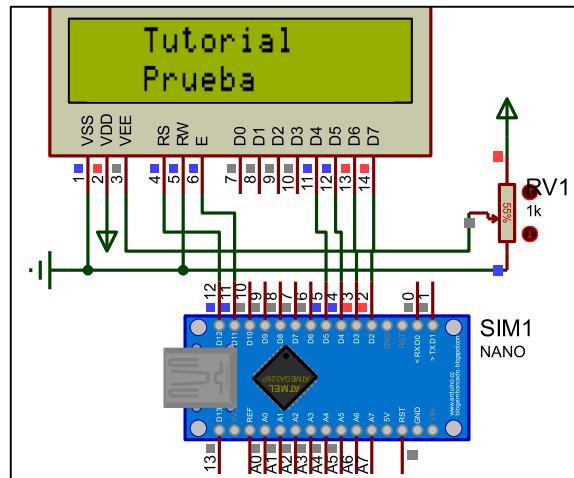


Figura 1.8. Simulación de una pantalla LCD 16x2 y Arduino [Autor]

La Figura 1.8 muestra una simulación de un Arduino mini y una pantalla LCD (Liquid Crystal Display) en Proteus, este ejemplo permite el movimiento de las palabras de izquierda a derecha y viceversa.

1.3.13.2 Arduino

La unión de un microcontrolador dentro de una placa y su plataforma de código abierto conforman este software de simulación para fabricar algo sorprendente sin el permiso de nadie y de fácil uso [25].

En este software de simulación existen librerías instaladas por defecto (Liquid Crystal, para manejo de una pantalla LCD 16*2) y otras que se pueden instalar (DFRobotDFPlayerMini, para uso del módulo de reproductor mp3 DFPlayermini), con el objetivo de proporcionar una funcionalidad extra a un determinado código. Además, la página de Arduino y el IDE de la computadora personal tienen algunos ejemplos desarrollados y explicados con el uso de varias librerías [28], así el ejemplo básico llamado Analog Read Serial se puede cambiar para leer el voltaje e imprimir esta lectura en una pantalla LCD.

El entorno de desarrollo integrado (IDE) puede utilizarse de dos formas: online si el usuario posee un servicio de internet óptimo favoreciendo su disponibilidad de acceso en la nube, y en su versión de escritorio en su defecto [26]. Por otra parte, en la Tabla 1.6 se muestran los comandos más representativos que se utilizan para la elaboración de códigos en el lenguaje C++ de este IDE conjuntamente con la labor que cumple [27].

Por otra parte, en la Figura 1.9 se encuentra el código correspondiente a la impresión de un mensaje en un LCD a través de la placa de desarrollo de Arduino y su explicación línea por línea.

Tabla 1.6. Comandos representativos

Parte	Tipo	Comando y sintaxis	Labor dentro del código
Funciones	Digital I/O Para pines digitales	digitalRead(pin)	Lee el estado (alto o bajo)
		digitalWrite(pin, valor)	Pone en estado alto o bajo
		pinMode(pin, modo)	Configura como entrada o salida
	Analógico I/O Para pines analógicos	analogRead(pin)	Lee el valor de 0 a 1023
		analogWrite(pin, valor)	Coloca un valor analógico (onda modulada por ancho de pulso, PWM)
	Tiempo	delay(ms)	Pausa el programa en milisegundos
	Matemática y trigonometría	abs(x)	Calcula el valor absoluto de x
		max(x, y), min(x, y)	Calcula el máximo/mínimo entre x e y
		pow(base, exponente)	Calcula un número que se eleva a otro
		sqrt(x), sq(x)	Raíz cuadrada y cuadrado de x
Comunicación	cos(rad), sin(rad), tan(rad)	Calcula el coseno, seno y tangente de un ángulo en radianes	
	serial Serial.read Serial.print	Comunica la placa y los dispositivos como la PC mediante el monitor serial	
Variables y constantes	Constantes	HIGH/LOW	Estados de alto/bajo en los pines
		Constantes de punto flotante y enteros	Se utilizan para obtener un código más legible
		INPUT/OUTPUT	Declara como entrada/salida a un pin
		true/false	Representan niveles lógicos
	Conversión	char(x), float(x), int(x)	Convierte un dato a tipo carácter, flotante o entero respectivamente
	Tipo de datos	array	Arreglo de valores
		const	Hace que un valor sea solo de lectura
		double var = val;	Asigna el valor val a la variable var
		string	Nombre de las cadenas de texto
		void	Se usa para declarar funciones
Estructura	Sketch	loop()	Ocasiona recursividad en la placa
		setup()	Se utiliza para utilizar librerías, iniciar variables, poner el modo a un pin, etc
	Estructura de control	if (condición) {...} else {...}	Se ejecuta la cláusula en if si su condición es verdad, u otra si es falsa
		for(inicio; condición; incremento) {...}	Se utiliza para repetir declaraciones
		while (condición) {...}	Repetición hasta la falsedad de la condición
		switch...case	Ejecuta declaraciones de acuerdo a condiciones
	Sintaxis adicional	#define	Se emplea nombrar a constantes
		#include	Para incluir librerías al código
		//, /* ... */	Diferentes formas de comentar
		{ }	Parte de la sintaxis de C++
	Operaciones aritméticas y de comparación	%, *, +, -, /, =	Resto, multiplicación, suma, resta, división, operador de asignación
		!=, <, <=, ==, >, >=	Diferente a, menor a, menor o igual a, igual a, mayor a, mayor o igual a

```

#include <LiquidCrystal.h> // Pantalla LCD 16X2
// Se configuran los pines para la comunicación con la pantalla:
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
void setup()
{
  lcd.begin(16, 2); // se indica conexión con la pantalla
  lcd.home(); // mueve el cursor a la primera posición de la pantalla (0, 0)
  lcd.print("Tutorial"); // imprime "Hola Mundo" en la primera línea
  lcd.setCursor ( 0, 1 ); // mueve el cursor a la segunda línea (1) y primera columna (0)
  lcd.print("Prueba"); // imprime otra cadena en esta posición
  delay(1000); // espera un segundo
}

void loop() // el mensaje recorre de un lado a otro
{
  int i; // variable para control de ciclos
  // desplaza las letras de la pantalla a la derecha 2 veces:
  for ( int i = 0; i < 5; i++ ) {
    lcd.scrollDisplayRight();
    delay (400);
  }
  // desplaza las letras de la pantalla a la izquierda 2 veces:
  for ( int i = 0; i < 5; i++ ) {
    lcd.scrollDisplayLeft();
    delay (400);
  }
}

```

Figura 1.9. Código de ejemplo en el IDE

1.3.13.3 MIT App Inventor 2

App Inventor es un software en línea gratuito que administra el Instituto de Tecnología de Massachusetts y se basa en la programación codificada por bloques para la creación de aplicaciones (apps) de teléfonos de última generación y tablets con sistema operativo Android 2.3 o superior [29]. De la misma forma, existen tutoriales asimilables, por tanto, se pueden adaptar los requerimientos del PSM a la construcción de esta app.

Los consejos y beneficios de usar App Inventor se presentan a continuación:

- El nombre de un proyecto se introduce sin espacios.
- Un archivo de imagen o sonido debe estar en un lugar visible dentro de la PC.
- Si se cuenta con un teléfono inteligente, se puede acceder a la aplicación mediante el código de lectura QR.
- Dentro del entorno se puede acceder a la opción AI Companion, que permite simular una aplicación con el celular sin necesidad de su descarga.
- Existen tutoriales que se pueden adaptar a un diseño en específico.
- Los archivos que se generen quedan guardados en la nube.
- Este software puede utilizar la comunicación inalámbrica.

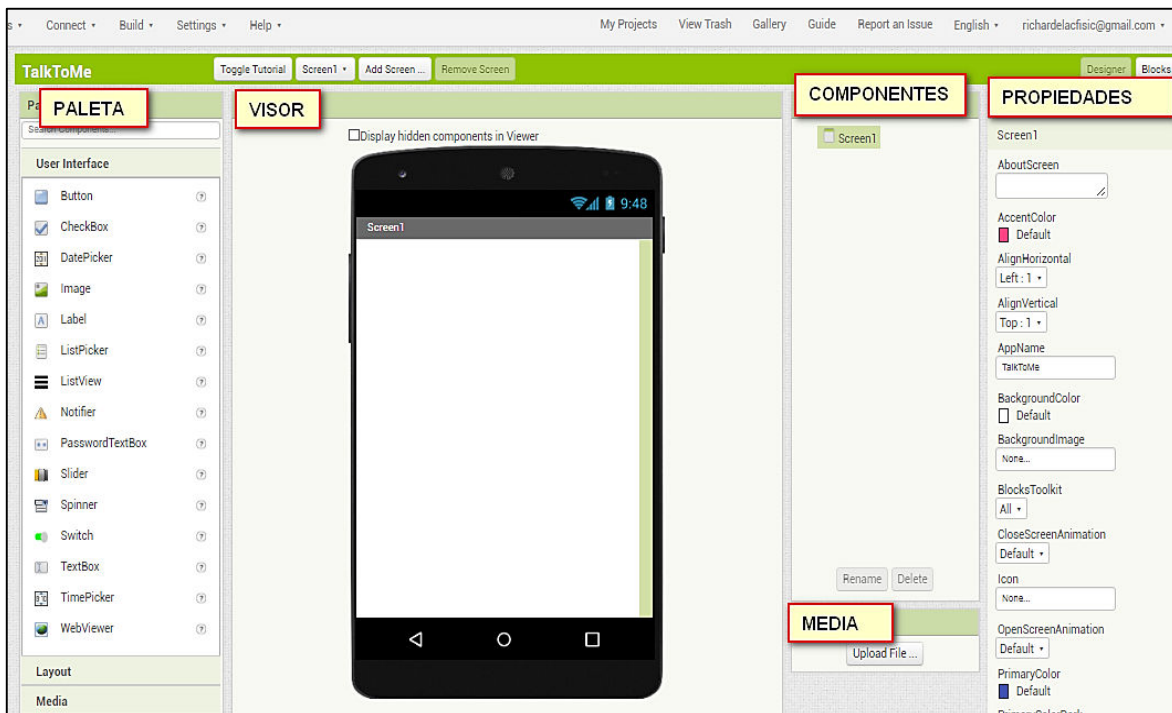


Figura 1.10. Entorno de App Inventor (modo de diseño)

La Figura 1.10 tiene el entorno de App Inventor que se genera cuando se crea una cuenta por primera vez con las partes que tiene el modo de diseño.

Dentro del entorno se puede ingresar al modo de diseño o de bloques, ya sea para organizar los componentes de la app o para dar una determinada funcionalidad a los componentes.

El modo de diseño posee las siguientes partes:

- Paleta: Parte donde se ubican los componentes disponibles para usar en la creación de la aplicación, así tenemos: etiquetas, botones, interruptores, elementos de conectividad como bluetooth, sensores como el acelerómetro, entre otros.
- Visor: Lugar donde se ubican los elementos de la paleta y se visualiza de forma similar al teléfono móvil.
- Componentes: Esta ventana muestra todos los elementos incluidos en el visor en forma de lista.
- Media: Posee los archivos (imágenes o sonidos) subidos y disponibles para su utilización.
- Propiedades: Muestra las características (tamaño, nombre, color y otros) de los elementos incluidos en la aplicación y permite su modificación.

De forma similar al modo de diseño, el modo bloques tiene 3 ventanas: bloques, que posee las instrucciones que se le pueden configurar a los componentes elegidos en el modo de diseño; visor, que es el lugar donde van los bloques de código para la programación; y media, que permite el uso de un archivo como sonido o imagen.

Existen varios tipos de bloques de código de acuerdo con la operación que realiza, a continuación se presenta una breve explicación de ellos y algunos gráficos en su versión en español [30].

- Control: Permiten la introducción de condiciones dentro de la aplicación. En la Figura 1.11 se muestra un ejemplo.



Figura 1.11. Bloque de control (if-else)

- Lógica: Se utilizan para realizar operaciones lógicas y dar respuestas de verdad o falsedad a determinadas condiciones. La Figura 1.12 presenta 2 ejemplos de operaciones lógicas.



Figura 1.12. Bloques de lógica

- Texto: Realiza diferentes procedimientos con el texto, por ejemplo, cambiar palabras a mayúsculas, juntar 2 o más palabras, evaluar la cantidad de caracteres, elimina espacios y otros.
- Diccionarios: Permite manipular estructuras de datos y asociarlos con un valor.
- Listas: Permite construir, añadir, eliminar, medir, elegir, copiar, etc elementos de una lista.
- Matemáticas: Los bloques de matemáticas se usan en la elaboración de aplicaciones para hacer operaciones y dar respuestas a las mismas, los ejemplos de suma, resta, multiplicación y división se presentan en la Figura 1.13.

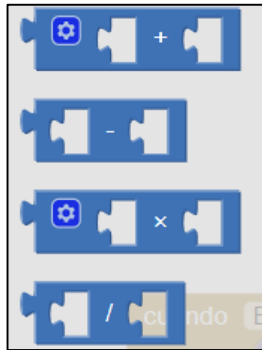


Figura 1.13. Bloque de operaciones matemáticas

- Colores: Puede crear, separar, mezclar e introducir diferentes colores dentro de las aplicaciones.
- Variables: Estos bloques admiten diferentes procedimientos con las variables que se tengan.
- Procedimientos: Ejecuta o muestra resultados, un ejemplo de estos bloques se presentan en la Figura 1.14.

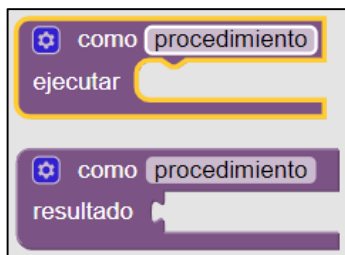


Figura 1.14. Bloque de procedimientos

1.3.14 HARDWARE

Cada elemento físico que se ocupa en la construcción del PSM se describe en este apartado, mismo que son dispuestos luego de las simulaciones que se realizan en los programas respectivos.

1.3.14.1 La placa de Arduino

Para el funcionamiento físico del código que se crea en el IDE se debe cargar en la placa de Arduino, que es una placa electrónica que se compone principalmente de un microcontrolador, puertos de entrada y salida, entrada USB, entre otros.

Todos los productos que ofrece esta plataforma tienen características diferentes que se orientan a adaptarse a las diferentes aplicaciones en las que se enfocan, así, cada uno tiene diferente número de puertos de entrada y salida, capacidad de memoria, tamaño, estas características se evidencian principalmente por el microcontrolador que utiliza.

Tabla 1.7. Microcontroladores y sus características

Ítem	Significado
Microcontrolador	Es un sistema microprocesado que posee la arquitectura de una computadora, es decir, microprocesador, memorias RAM, Flash y puertos de entrada y salida
Microprocesador	Es la parte que se encarga de la ejecución de las instrucciones que se almacenan en su interior
Memoria	Tiene una memoria de acceso aleatorio estático (SRAM) de tipo volátil, mientras que la memoria de programa es la Flash ya que tiene altas capacidades de lectura y escritura
Puertos de entrada y salida	Pines donde se pueden conectar dispositivos como conversores, sensores, amplificadores u otros dispositivos para la mejora del microcontrolador
Microcontrolador PIC	Se fabrica en la empresa MICROCHIP Technology INC
Microcontrolador ATMEGA	Se fabrica en la empresa Atmel Corp. y se usa en el ensamblaje de las placas que se mencionan en este apartado

Un resumen de lo que se trata un microcontrolador y las partes que lo componen se encuentra en la Tabla 1.7 [31], [32].

Tabla 1.8. Ejemplos de los productos oficiales de Arduino

Grupo	Nombres	Puertos digitales/PWM	Puertos analógicos	Velocidad de procesamiento
Nivel básico	Nano	14/6	8	16 MHz
	Leonardo	20/7	12	16 MHz
	Uno	14/6	6	16 MHz
	Micro	20/7	12	16 MHz
Características mejoradas	Mega2560	54/15	16	16 MHz
	Zero	14/10	6	48 MHz
Internet de las cosas	MKR1000	8/4	7	48 MHz
Retirado	Yún	20/7	12	16 MHz
	Mini	14/6	8	16 MHz
	Lilypad	14/	6	16 MHz

Dentro de sus productos oficiales se reconocen algunos nombres propios que se mencionan en la Tabla 1.8 [33]. Además, la placa Arduino Uno utiliza el microcontrolador Atmega328P, soporta una corriente continua de 40mA en los pines de entrada y salida, ocupa una memoria de 0.5 KB para el bootloader o arranque del programa. De manera que esta versión es conveniente para la implementación del PSM.

Con lo referente al módulo bluetooth, se detalla que es una tecnología de redes de área personal inalámbrica (WPAN), que se especifica en el estándar IEEE 802.15.1, ofrece entre

otras cosas: la transmisión en tiempo real de voz y datos, la eliminación de numerosos cables, el enlace con reproductores mp3 y realizar llamadas con manos libres con un alcance máximo de 10 m. en la banda de frecuencia de 2.4 GHz [34].

La Figura 1.15 indica una placa Arduino Uno en su forma física, donde se muestran con claridad los puertos digitales, PWM, analógicos y de alimentación (3.3V, 5V y GND).

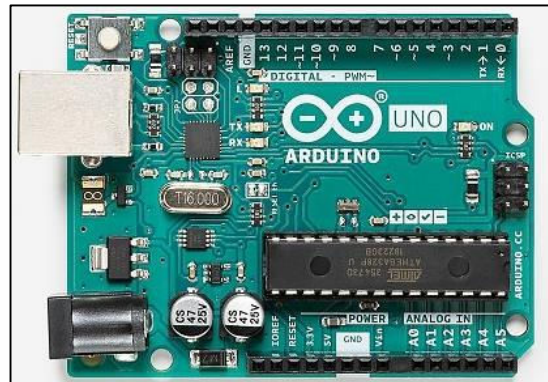


Figura 1.15. Placa Arduino Uno

La Figura 1.16 presenta el módulo Bluetooth HC-06 con su configuración de pines, 2 pines son para alimentación (VCC y GND) de entre 3.3 y 6V; y 2 pines son para transmisión y recepción de datos.

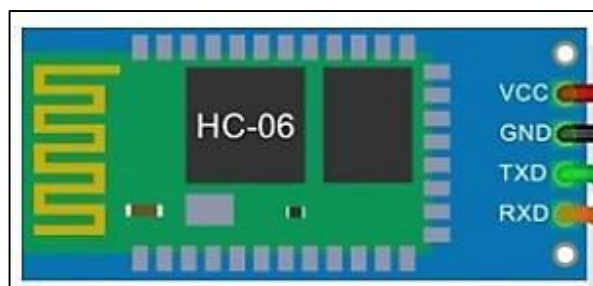


Figura 1.16. Módulo Bluetooth HC-06

Entre las características principales del módulo se enlistan las siguientes:

- Se comporta como esclavo, es decir, otro dispositivo dirige el proceso de conexión.
- La señal viaja por defecto a 9600 baudios.
- Utiliza la modulación por desplazamiento de frecuencia gaussiana, que representa el 0 binario como una desviación de frecuencia negativa, y el 1 como una desviación de frecuencia positiva.
- Para la seguridad utiliza un proceso de autenticación (identificación) y encriptación (cifrado) donde la contraseña por defecto es 1234.

Para la comunicación inalámbrica del PSM se utiliza el módulo Bluetooth HC-06 compatible con Arduino y el sistema operativo Android.

Con lo referente al módulo DFPlayer, se menciona que permite la reproducción de archivos de sonido en formato MP3 mediante una tarjeta de memoria microSD, un ajuste de volumen de 30 niveles, altavoz de 3W y almacenamiento de 100 carpetas con hasta 255 archivos en cada una de ellas [35].

La Figura 1.17 muestra la distribución de pines del módulo: se enfatiza en los pines de alimentación (VCC, que puede estar entre 3.2 y 5V, y GND), en los pines de transmisión y recepción serial (TX y RX) y en las salidas de parlante (SPK1 y SPK2), debido a que son los que se utilizan en el PSM.

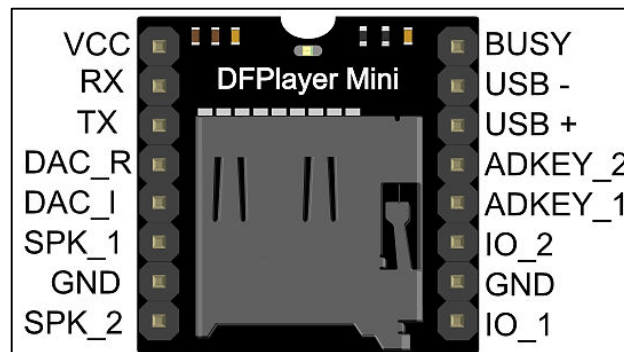


Figura 1.17. Distribución de pines del módulo DFPlayer

1.3.14.2 LED

Esta fuente luminosa de tipo electrónico (diodo emisor de luz) posee la ventaja de consumir baja potencia, en tanto que, se encuentra en la primera parte del PSM, pero en su versión RGB, que tiene la especialidad de combinar sus 3 colores para formar otro como se detalla en la Tabla 1.5 [36].

1.3.14.3 Parlante

Un equipo que también se denomina altavoz permite cambiar la energía eléctrica en energía acústica, en el desarrollo del segundo ejemplar, tiene la función de reproducir sonidos MP3 [20].

1.3.14.4 Aromatizante

Elemento que se encarga de estimular el olfato a través de olores y se encuentra en la última parte del PSM mediante el uso de un humidificador ultrasónico [16].

El humidificador pulveriza una mezcla de aceite de alguna fragancia específica con agua, luego esto se convierte en vapor [37].

1.3.14.5 Botoneras

Los pulsadores permiten la emisión de señales de control en equipos electrónicos como computadores, calculadoras y otros [16]. Por su parte, un teclado está compuesto de un arreglo de teclas o pulsadores como se observa en la Figura 1.18 [32]. En este caso se observa que, si se utiliza una salida por tecla se tiene un total de 12, mientras que el arreglo permite optimizar el número de salidas y se obtiene un total de 7. En tanto que el PSM requiere tres arreglos diferentes para ejecutar diferentes funciones.

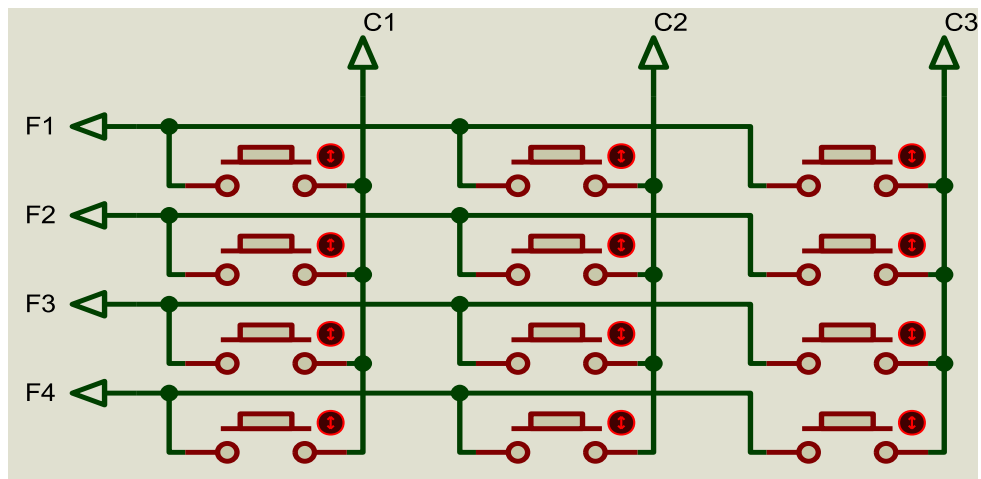


Figura 1.18. Teclado de 4 filas y 3 columnas

1.3.14.6 Fuente de alimentación

Una fuente de alimentación de 5 o 12 voltios con un puerto USB es necesario para la dotar de energía eléctrica en su forma continua a cada parte del PSM. Para el proyecto funciona bien un cargador de celular.

2. METODOLOGÍA

El presente trabajo de titulación se basa en la investigación aplicada porque la construcción de este prototipo se realizará mediante el uso de tecnologías existentes. Para el cumplimiento de cada uno de los objetivos que se describen en el capítulo anterior se elegirá el hardware y el software que permita la optimización de recursos con base en las nociones contempladas en el marco teórico.

La documentación de cada software de simulación y componente físico de este proyecto será información que se utilice en la construcción del PSM, para certificar las condiciones de funcionamiento del prototipo.

La construcción del proyecto se realiza en cuatro fases: teórica, diseño, implementación y análisis de resultados y pruebas de funcionamiento. La primera fase posee los fundamentos y antecedentes acerca de una sala multisensorial. La fase de diseño incluirá las condiciones y parámetros que definen el modo de operación de los componentes de software y hardware, así como el proceso de construcción del prototipo. En la fase de implementación se desarrollarán los códigos y las instalaciones para que el PSM funcione. Finalmente, se realizarán los análisis de resultados y las pruebas de funcionamiento de cada ejemplar de acuerdo con las fases anteriores.

2.1 FASE DE DISEÑO

El prototipo que se va a desarrollar se compone de 3 ejemplares, cada uno de ellos se enfocará en la estimulación de un conjunto de sentidos a través de diferentes ejercicios en el paciente, para ello se establecen los pasos del siguiente apartado.

2.1.1 PROCEDIMIENTO

El conjunto de pasos que se realizará para la construcción de cada panel de forma individual es el siguiente [32]:

- Diseñar la composición mediante un diagrama de bloques de cada ejemplar, donde se dispongan las partes de forma general.
- Determinar el funcionamiento de cada parte del diagrama.
- Elaborar el diagrama del circuito correspondiente en proteus para su posterior simulación.
- Comprobar el estado de los elementos, antes y después de ensamblar cada circuito.

- Desarrollar y comprobar los códigos que constituyen el software de cada ejemplar a través de las simulaciones.
- Luego se procede a montar la placa del circuito correspondiente.
- Después de realizar una nueva comprobación con la placa construida, se realiza el montaje en un chasis o caja.
- Finalmente, se realiza la instalación y adecuación del hardware de cada panel del PSM.

Para la implementación del PSM se considerarán las siguientes partes: los paneles interactivos de colores, sonidos y aromas.

2.1.2 REQUERIMIENTOS DEL PANEL INTERACTIVO DE COLORES

Se pretende que la aplicación móvil, que permite la interacción de forma inalámbrica, se implemente en App Inventor y su descarga se realice a través de un código de lectura QR para su respectiva instalación en el teléfono móvil.

La aplicación móvil se conectará al bloque que procesa señales a través del receptor inalámbrico. Luego, el paciente será capaz de interactuar con la fuente de luz RGB, ya sea, mediante la manipulación de una aplicación móvil o en su defecto con el manejo de botones dispuestos a manera de teclado para realizar las siguientes maniobras [16]:

- Elegir uno de entre ocho colores para ejercitar la memoria, la concentración y la fijación de la mirada mediante la variación de los colores.
- Manejar dos modos de funcionamiento a través de una tecla para observar las reacciones en el infante en concordancia con el estado de encendido/apagado de un led.
- El primer modo (modo manual) permite manipular el nivel de luminosidad de la fuente de luz para identificar una relación causa-efecto de acuerdo con la presión de una tecla que incremente y otra que disminuya el brillo, donde se puede ejecutar ejercicios de conteo de los niveles y presencia/ausencia de luz.
- El segundo modo (modo automático) permite observar el desvanecimiento del color de forma automática cuando se elige un color para realizar ejercicios de atención y fijación de la mirada.

2.1.2.1 Funcionamiento de cada parte

La distribución física se realizará en función de los sentidos que involucra que son: la vista, a través de la estimulación visual generada por la fuente de luz; y el tacto, a través de la interacción de forma cableada o inalámbrica.

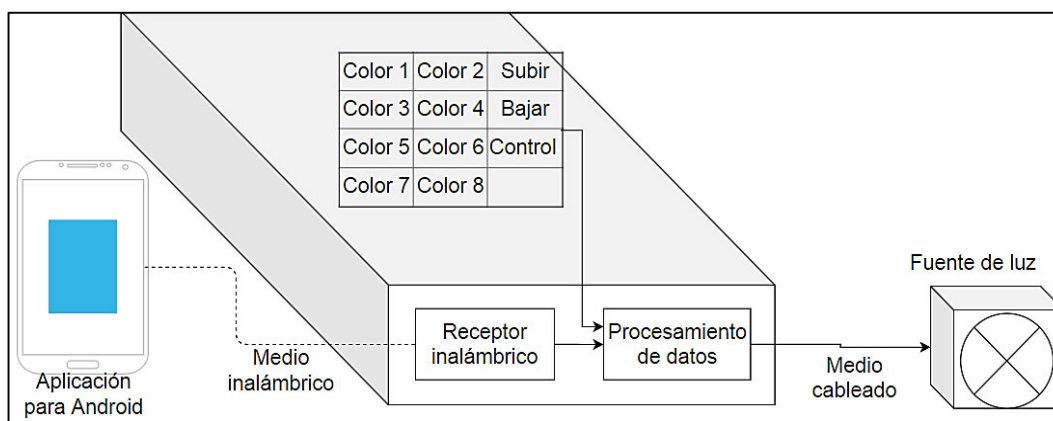


Figura 2.1. Primer diagrama de bloques [Autor]

El diagrama de bloques general de este panel se muestra en la Figura 2.1, donde se observan las partes principales con los elementos que se integran para la interactividad.

2.1.2.2 Aplicación para Android

La aplicación para el Panel Interactivo de Colores (PIDC) poseerá un ícono para su inicio y una pantalla principal con las siguientes partes: 1 botón para conexión vía bluetooth; 8 opciones para manipular los colores de la fuente de luz; 1 opción para subir y otra para bajar los niveles de luminosidad de la luz; y 1 opción para cambiar entre los modos manual y automático.

La Tabla 2.1 muestra los datos que se enviarán al presionar cada uno de los botones y la acción que se ejecutará, lo que permitirá la ejecución de las acciones correspondientes.

Tabla 2.1. Datos para el PIDC [Autor]

Tecla	Dato a enviar	Acción
Blanco	1	Se enciende la fuente de luz con el color blanco
Amarillo	2	Se enciende la fuente de luz con el color amarillo
Celeste	3	Se enciende la fuente de luz con el color celeste
Verde	4	Se enciende la fuente de luz con el color verde
Violeta	5	Se enciende la fuente de luz con el color violeta
Rojo	6	Se enciende la fuente de luz con el color rojo
Azul	7	Se enciende la fuente de luz con el color azul
Naranja	8	Se enciende la fuente de luz con el color naranja
Subir (+)	S	Se sube el brillo en un nivel en el modo manual
Bajar (-)	B	Se baja el brillo en un nivel en el modo manual
Control (C)	C	Se cambia entre modo automático y manual



Figura 2.2. Diseño de la pantalla para el PIDC [Autor]

Por otra parte, la Figura 2.2 muestra la disposición de las opciones en la pantalla del teléfono que se desarrollará en App Inventor, esto en los tres ejemplares. Las opciones tienen forma rectangular para que el paciente pueda relacionar esta figura con el panel.

2.1.2.3 Comunicación inalámbrica

El medio por donde se enviará la información desde la aplicación del teléfono celular hacia el bloque de procesamiento de datos es el aire, es decir, sin necesidad de cables. Para lograr esta comunicación se utiliza un receptor bluetooth HC-06 que se propone debido a su condición de esclavo y costo accesible [34].

Los datos que recibirá la tarjeta electrónica por medio del módulo bluetooth al accionar cada botón de la aplicación se muestra en la Tabla 2.1.

2.1.2.4 Teclas de control

Estas teclas, pulsadores o botones permitirán la variación de los colores, manipulación de intensidad luminosa y la variación entre las opciones de manual y automática de forma similar a la que se realizará con la aplicación.

La Figura 2.3 muestra la disposición de las teclas en el PIDC, donde el dato que se enviará luego de accionar un pulsador está de acuerdo con la Tabla 2.1, además, el diseño es parecido al que se propone en la aplicación para tener un enlace con ejercicios de memoria y se propone un arreglo de microswitches o finales de carrera como los que se observan

en la Figura 2.4, para que funcionen como teclado, esto para todos los paneles debido a su tamaño.

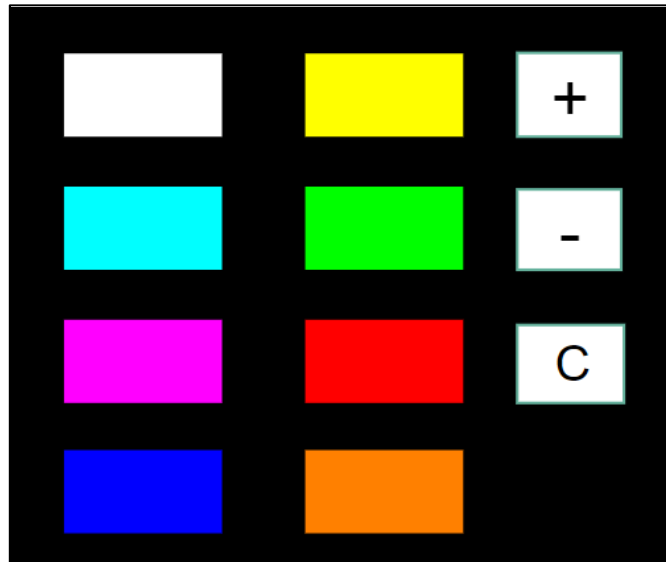


Figura 2.3. Distribución física de los pulsadores para el PIDC [Autor]

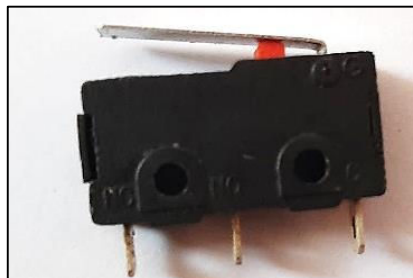


Figura 2.4. Microswitch [Autor]

2.1.2.5 Procesamiento de datos

La conexión cableada y la conexión inalámbrica pretende una manipulación intuitiva, por tanto, los datos que ingresan a través de ellas se procesarán por una tarjeta electrónica, donde se determina el comportamiento de la fuente de luz.

La Figura 2.5 muestra el diagrama de flujo del primer ejemplar, donde se describe el comportamiento de acuerdo a las opciones y ejecuciones correspondientes.

En principio, la opción manual estará activa y la fuente de luz se encontrará apagada, entonces si un botón se activa, la entrada correspondiente recibirá un dato que permita que un color se encienda, luego la tarjeta enviará los datos necesarios a las salidas RGB para que se enciendan con el nivel máximo de luminosidad.

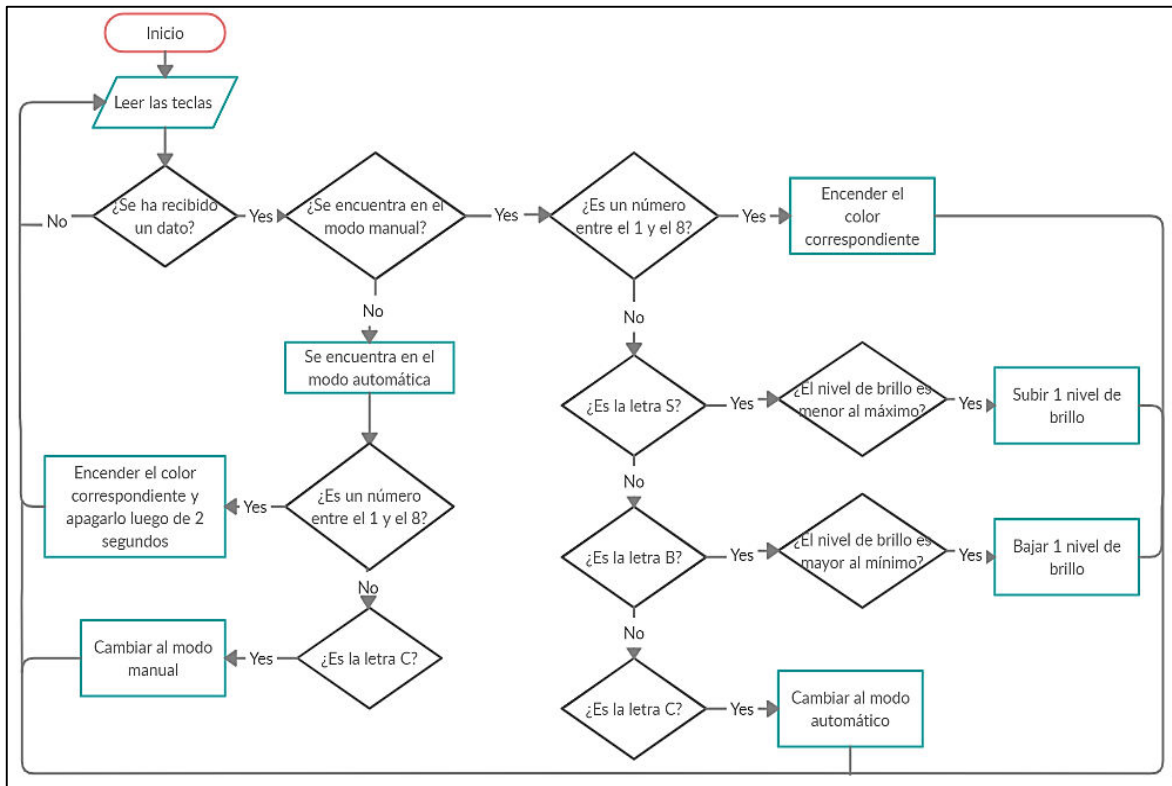


Figura 2.5. Diagrama de flujo del PIDC [Autor]

Así, tanto la Aplicación como las teclas permitirán el cambio entre dos modos de funcionamiento que son manual y automático. Donde la opción automática permitirá el encendido de un color en la fuente de luz y el apagado será luego de un lapso de tiempo a través de su desvanecimiento, mientras que la opción manual permitirá que la fuente de luz se encuentre activa de forma permanente, pero el nivel de luminosidad será cambiabile.

Por otra parte, tanto el modo manual como el modo automático permitirán la modificación de los colores en cualquier momento y se crearán los colores que se presentan en la Tabla 2.1 debido a las sensaciones que generan en el ser humano.

Para las opciones de subir y bajar el brillo tendrán 6 niveles, donde se proyecta el aprendizaje en el infante de los primeros números (desde 0 hasta el 5) y relacionarlos con un nivel de luminosidad. Esto se conseguirá variando el ciclo de trabajo desde 0 hasta el 100% mediante el uso de ondas PWM, donde la variación de 1 nivel en la escala de brillo se realizará de acuerdo a la Ecuación 2.1, debido a que la percepción de este cambio por parte de los sentidos no es lineal.

$$brillo = 0.2412 * e^{1.2047*x} \quad (2.1)$$

En donde x es el nivel de brillo desde 0 hasta 5, y el brillo se trata del valor que tomará el ciclo de trabajo para la generación de la onda PWM correspondiente.

Por otra parte, el color naranja se obtiene de la combinación del color rojo completamente encendido, con el color verde encendido a la mitad de su capacidad y el color azul sin encender, esto se logra a partir de ondas moduladas por ancho de pulso (PWM). Así, los ciclos de trabajo serán, para el color rojo 100%, para el color verde 50% y para el color azul 0% o apagado.

Además, para el intercambio entre las opciones manual y automático se hace uso de un valor binario (0 para manual y 1 para automático), así, en la segunda opción se utilizará una función que permitirá que el desvanecimiento se realice en una cantidad específica de pasos durante pequeños intervalos de tiempo por cada paso.

Se propone el uso de la tarjeta Arduino Mega 2560 para procesar los datos, debido a la velocidad de procesamiento, memoria ocupada en el bootloader, costo y cantidad de pines de entrada y salida (digitales y PWM), además de una placa perforada para el montaje de los elementos electrónicos para el funcionamiento de la fuente de luz.

2.1.2.6 Fuente de luz

La fuente de luz LED reflejará una mezcla de colores de acuerdo a la información que se envíe cuando el procesamiento de datos se haya realizado, para lo que se propone el uso de una disposición de leds de tipo RGB.

Así también, se requiere el uso de una fuente de voltaje continuo entre 7 y 12 V, ya que las salidas digitales de Arduino no tienen la potencia necesaria para el encendido de la luz, por tanto, se requerirá un circuito adicional para sus salidas.

2.1.2.7 Elementos para el PIDC

La Figura 2.6 muestra el circuito que se pretende implementar tomando en cuenta el número de entradas, salidas, elementos y el funcionamiento del presente. Se evidencia que la simulación de la señal del teléfono se realizará mediante un módulo bluetooth y que las luces rojas, verdes y azules estarán encendidas cuando tengan en sus respectivas entradas el estado bajo, de lo contrario cada luz estará apagada. Además, el teclado se presenta con la misma disposición que se pretende construir dentro de la aplicación y el led 4 se encenderá cuando el modo manual esté activo, en su defecto el modo automático estará activo.

Por tanto, la Tabla 2.2 muestra los elementos de cada parte del panel que se requieren para la construcción del PIDC.

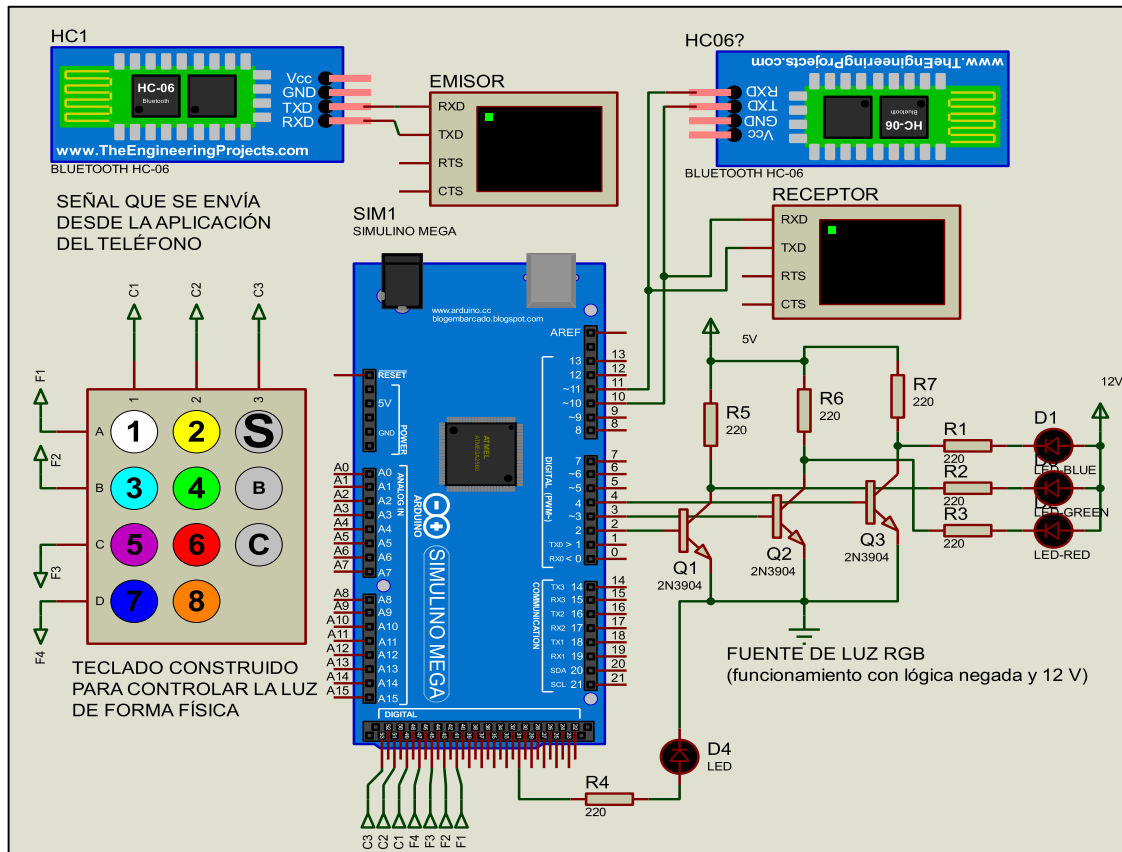


Figura 2.6. Circuito diseñado para el PIDC [Autor]

Tabla 2.2. Elementos para la construcción del PIDC [Autor]

Bloque	Elemento	Unidades	
Aplicación para Android	Teléfono celular	1 u	
Receptor inalámbrico	Módulo bluetooth HC-06	1 u	
Botones de control	Microswitch	11 u	
Procesamiento de datos	Arduino Mega 2560	1 u	
	Placa de baquelita (70*50 mm ²)	1 u	
	Bornera de 2 pines	1 u	
	Resistencias: 220 (Ohms)	1 u	
	300 (Ohms)	3 u	
	Transistor 2N3904	3 u	
	Fuente de voltaje	1 u	
	Conector molex de 4 salidas	1 u	
	Led	1 u	
	Cable AWG 24	2 m	
	Caja de madera	1 u	
	Fuente de luz	Caja de vidrio (12*12*12 cm ³)	1 u
		Encapsulado de leds RGB	5 u
	Cable AWG 24	1 m	

2.1.3 REQUERIMIENTOS DEL PANEL INTERACTIVO DE SONIDOS

De forma similar al PIDC la aplicación se conectará al bloque de procesamiento de señales a través del receptor inalámbrico o mediante pulsadores en forma de teclado, para que el paciente interactúe con la fuente de sonido o altavoz, y realice las siguientes maniobras [8]:

- Elegir una de entre nueve melodías para ejercitar la memoria y la concentración mediante el reconocimiento de sonidos a través del oído.
- Reconocer un sonido mediante la pulsación de un botón que reproduzca los sonidos de forma aleatoria.
- Manipular el volumen de la fuente de sonido para identificar una relación causa-efecto al presionar una tecla que incremente y otra que disminuya la intensidad de la melodía, donde se pueden ejecutar ejercicios de conteo de los niveles y determinar la presencia/ausencia de sonido.

2.1.3.1 Funcionamiento de cada parte

La distribución física está de acuerdo con los siguientes sentidos: la vista, al momento de observar la presión de una tecla, el oído, cuando se escucha una melodía, y el tacto, a través de la interacción con el teclado.

El diagrama de bloques del segundo ejemplar se muestra en la Figura 2.7, donde se observan las partes principales en conjunto con los elementos para la interactividad con el paciente.

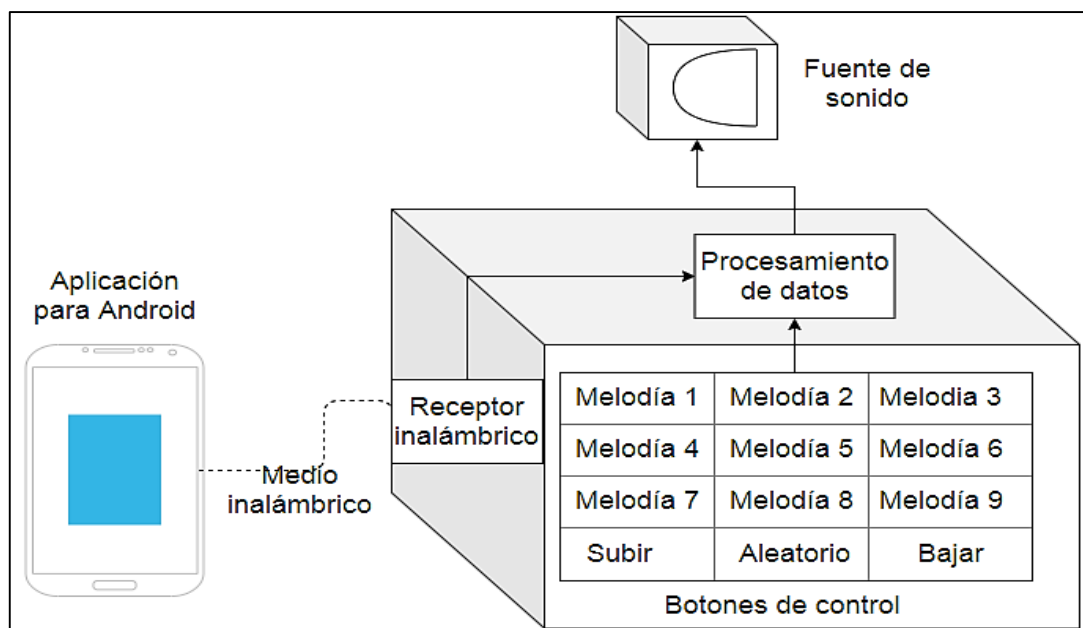


Figura 2.7. Segundo diagrama de bloques [Autor]

2.1.3.2 Aplicación para Android

La aplicación para el Panel Interactivo de Sonidos (PIS) tendrá un ícono y una pantalla principal con las siguientes partes: 1 botón para conexión vía bluetooth; 9 opciones para manipular diferentes melodías comunes; 1 opción para subir y otra para bajar el volumen de las melodías; y 1 botón para reproducir un sonido de forma aleatoria.

La Tabla 2.3 muestra los datos que se enviarán al presionar cada uno de los botones para que los infantes puedan diferenciar con facilidad las acciones que se ejecutarán, es así que, la Figura 2.8 muestra la disposición de estas opciones en la pantalla del teléfono.

Tabla 2.3. Datos para el PIS [Autor]

	Tecla	Dato a enviar	Acción
Melodía	Sirena de policía	1	Se enciende la melodía correspondiente
	Teléfono	2	Se enciende la melodía correspondiente
	Vaca	3	Se enciende la melodía correspondiente
	Tigre	4	Se enciende la melodía correspondiente
	Pollito	5	Se enciende la melodía correspondiente
	Perro	6	Se enciende la melodía correspondiente
	Caballo	7	Se enciende la melodía correspondiente
	Grillo	8	Se enciende la melodía correspondiente
	Gato	9	Se enciende la melodía correspondiente
Subir (+)		S	Se sube el volumen en un nivel
Bajar (-)		B	Se baja el volumen en un nivel
Aleatorio (rectángulo blanco)		r	Se reproducen los archivos de forma aleatoria

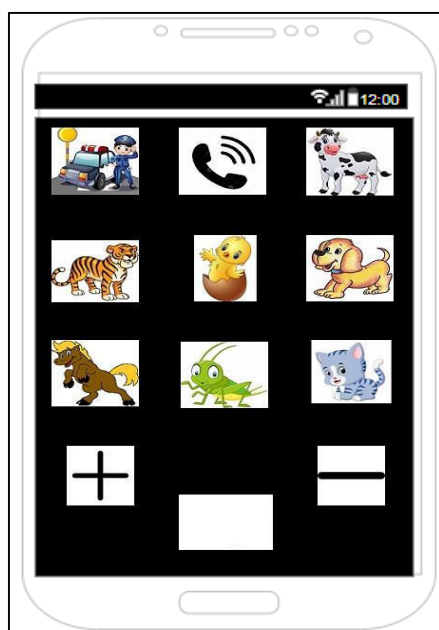


Figura 2.8. Diseño de la pantalla para el PIS [Autor]

Referente a la designación de los archivos de sonido se eligen a los más representativos de la siguiente forma: como melodía dentro de la ciudad a la sirena de policía, en el campo de la tecnología al teléfono; en el ambiente de los animales de una granja se tienen a la vaca, al pollito y al caballo; dentro de los animales salvajes se tiene al tigre; dentro de los insectos se tiene al grillo; y dentro de los animales domésticos se tienen al perro y al gato, de las cuales se obtienen fuentes de aprendizaje y melodías diferenciables entre sí.

2.1.3.3 Comunicación inalámbrica y teclas

Los datos que se envían de forma inalámbrica y cableada permitirán la reproducción de diferentes melodías, variación del volumen de los altavoces y elección de un sonido de forma aleatoria con el propósito de realizar ejercicios de memoria y reconocimiento de sonidos.

La Figura 2.9 muestra la disposición de las teclas en el PIS en forma rectangular, donde el dato que se enviará luego de accionar un pulsador está de acuerdo con la Tabla 2.3.

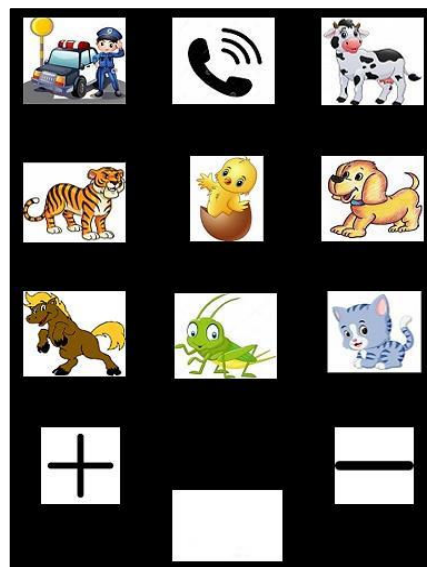


Figura 2.9. Distribución de los pulsadores en el PIS [Autor]

2.1.3.4 Procesamiento de datos

Luego de pulsar una tecla, la entrada correspondiente recibirá un dato que permita que una melodía se active, luego la tarjeta enviará los datos necesarios a la salida del parlante para que se enciendan con el nivel intermedio de volumen. Para esto, los archivos de sonido se almacenarán en una tarjeta de memoria micro SD de 4 u 8 GB, por tanto, se pretende la utilización del módulo DFPlayer y sus funciones que permitan acceder a las melodías, a la reproducción aleatoria de archivos y a las opciones de subir y bajar volumen (6 niveles).

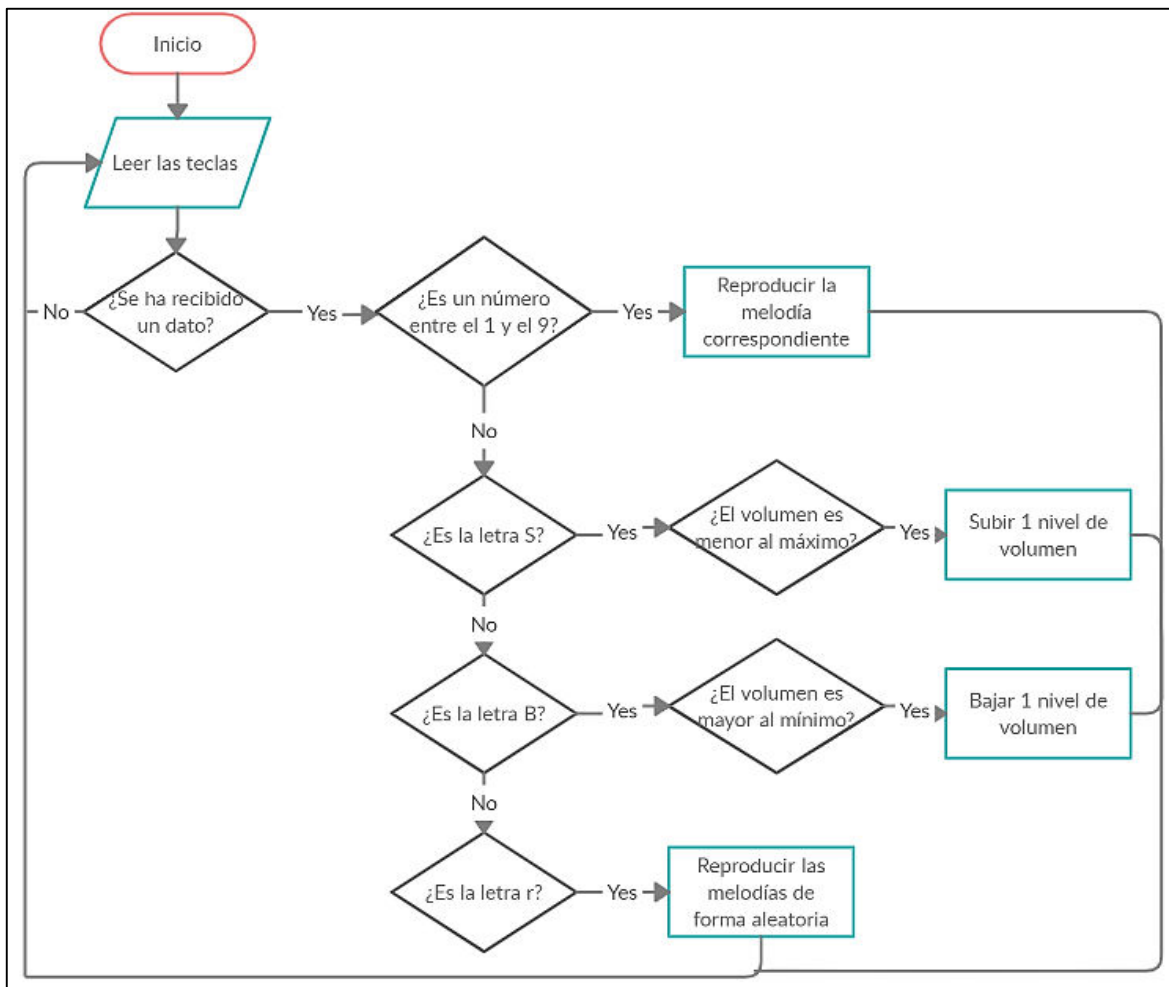


Figura 2.10. Diagrama de flujo del PIS [Autor]

La Figura 2.10 muestra el diagrama de flujo del segundo ejemplar con el comportamiento general de cada sección.

Por tanto, se propone la utilización de la tarjeta Arduino Uno para el procesamiento de datos, debido principalmente a que la cantidad de pines de entrada y salida son suficientes.

2.1.3.5 Fuente de sonido

La fuente de sonido será un arreglo de parlantes de resistencia equivalente cercano a 22 ohmios y una potencia de 3W como se detalla en los parámetros técnicos del módulo DFPlayer.

2.1.3.6 Elementos para el PIS

La Figura 2.11 muestra el circuito que se pretende implementar tomando en cuenta el número de entradas, salidas, elementos y el funcionamiento del presente panel, de forma similar al primero. Además, se propone el uso de las salidas para audífonos por parte del módulo DFPlayer para realizar ejercicios de memoria con el paciente.

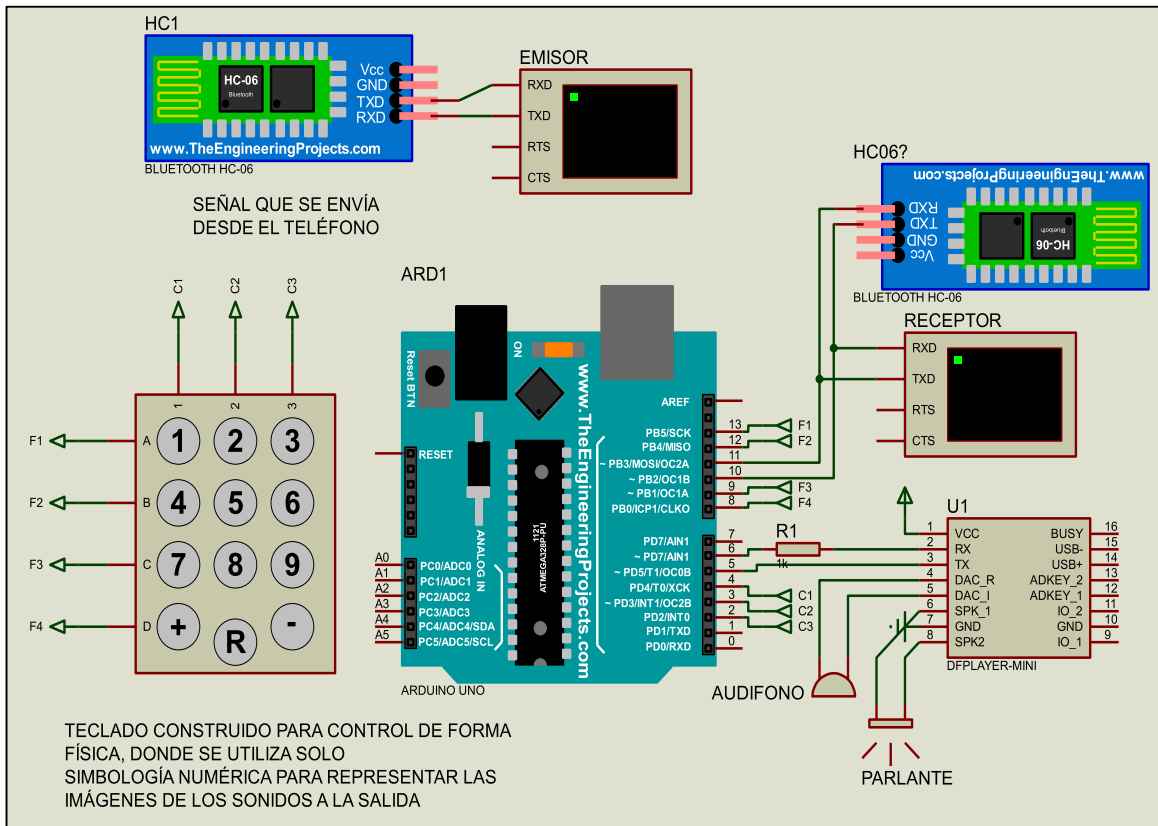


Figura 2.11. Circuito diseñado para el PIS [Autor]

Por consiguiente, la Tabla 2.4 muestra los elementos que se requieren para la construcción del PIS.

Tabla 2.4. Elementos para la construcción del PIS [Autor]

Bloque	Elemento	Unidades
Aplicación para Android	Teléfono celular	1 u
Receptor inalámbrico	Módulo bluetooth HC-06	1 u
Botones de control	Microswitch	12 u
Procesamiento de datos	Arduino Uno	1 u
	Placa de baquelita (70*50 mm ²)	1 u
	Bornera de 2 pines	1 u
	Resistencia de 1 (kOhm)	1 u
	Fuente de voltaje USB	1 u
	Conector de audio tipo hembra	1 u
	Cable AWG 24	2 m
	Conector molex de 2 salidas	1 u
	Módulo DFPlayer	1 u
	Tarjeta de memoria microSD	1 u
	Caja de madera	1 u
Fuente de sonido	Altavoz de 3W y 22 Ohms	1 u

2.1.4 REQUERIMIENTOS DEL PANEL INTERACTIVO DE AROMAS

De forma similar al PIDC y al PIS, la aplicación se conectará al bloque de procesamiento de señales a través del receptor inalámbrico o mediante el teclado, para que el paciente interactúe con la fuente de aromas correspondiente, y realice lo siguiente [8]:

- Elegir uno de entre cinco aromas para realizar ejercicios de estimulación táctil, seguimiento de la mirada y ausencia/presencia de una fuente aromática mediante el reconocimiento de aromas a través del olfato.
- Reconocer un aroma mediante la pulsación de un botón que reproduzca los aromas en forma de secuencia.
- Realizar ejercicios de causa-efecto a través de la relación entre la posición de una tecla y la respectiva fuente aromática.

2.1.4.1 Funcionamiento de cada parte

La distribución física de esta sección está de acuerdo con los siguientes sentidos: la vista, al momento de observar la presión de una tecla y la relación con el efecto provocado en la fuente de aromas, el olfato, cuando se percibe un olor, y el tacto, a través de la interacción con el teclado o la aplicación.

El diagrama de bloques del tercer ejemplar se muestra en la Figura 2.12, donde se observan las partes que se involucran.

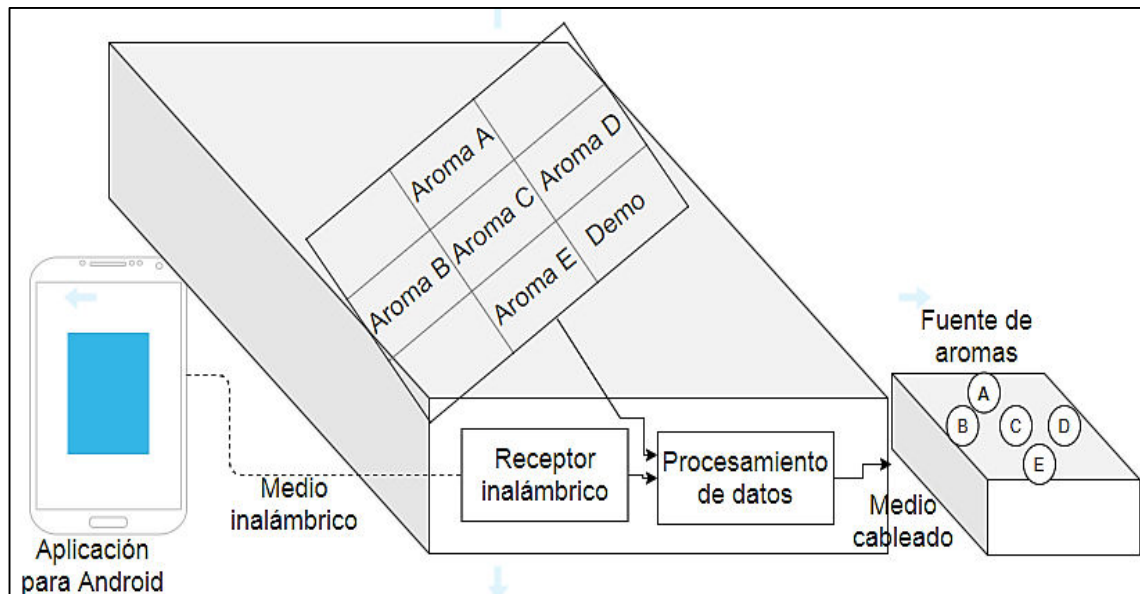


Figura 2.12. Tercer diagrama de bloques [Autor]

2.1.4.2 Aplicación para Android

La aplicación para el Panel Interactivo de Aromas (PIA) tendrá un ícono y una pantalla principal con las siguientes partes: 1 botón para conexión vía bluetooth; 5 opciones para manipular diferentes aromas reconocibles; y 1 botón para demostrar todos los aromas en forma de secuencia.

La Tabla 2.5 muestra los datos que se enviarán al presionar cada botón y las acciones que se realizarán, es así que, la Figura 2.13 muestra la disposición de estas opciones en la pantalla del teléfono.

Tabla 2.5. Datos para el PIA [Autor]

Tecla	Dato a enviar	Acciones en la fuente aromática
Limón	1	Se anula el encendido de una fuente diferente si es el caso, y se enciende o apaga la fuente correspondiente
Rosas	2	Se anula el encendido de alguna fuente diferente, y se enciende o apaga la fuente correspondiente
Menta	3	Se anula el encendido de alguna fuente diferente, y se enciende o apaga la fuente correspondiente
Eucalipto	4	Se anula el encendido de alguna fuente diferente, y se enciende o apaga la fuente correspondiente
Manzana	5	Se anula el encendido de alguna fuente diferente, y se enciende o apaga la fuente correspondiente
Demo	C	Se apaga la fuente que estuviera encendida y se enciende cada fuente aromática durante 2 segundos y luego se apaga en forma de secuencia por una vez

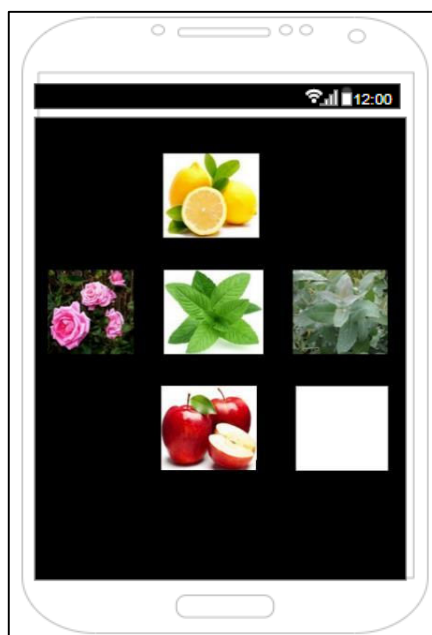


Figura 2.13. Diseño de la pantalla para el PIA [Autor]

Referente a la designación de los aromas se eligen a los más representativos, así, el limón, la rosa, la menta, el eucalipto, y la manzana, como representantes de los cítricos, de las flores, de las plantas herbáceas, del tratamiento respiratorio y de las frutas respectivamente, de los que se obtienen los olores reconocibles y diferenciables entre sí.

2.1.4.3 Comunicación inalámbrica y teclas

Los datos que se envían al bloque de procesamiento de datos permitirán la activación y desactivación de diferentes fuentes aromáticas y la demostración de cada una en forma de secuencia a través de un botón para su ejecución.

En este caso se utiliza un arreglo de 6 microswitches, que en su forma de teclado se obtienen 2 filas y 3 columnas que se usan como entradas del bloque de procesamiento de datos.

La Figura 2.14 tiene la disposición de las teclas en el PIA, que en este caso tienen la forma circular para el reconocimiento de esta figura geométrica por parte del paciente y el dato que se enviará luego de accionar un pulsador se muestra en la Tabla 2.5.

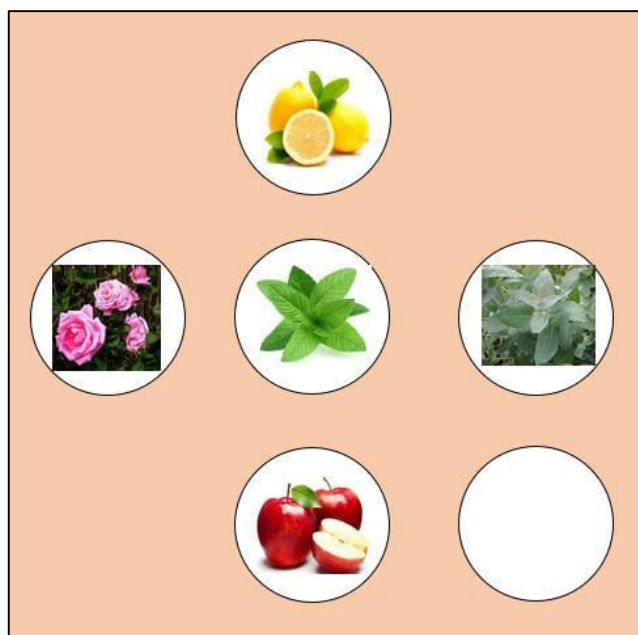


Figura 2.14. Distribución de los pulsadores en el PIA [Autor]

2.1.4.4 Procesamiento de datos

El bloque de procesamiento de datos recibe valores de acuerdo a la acción de una tecla para diferenciar 1 entre 5 aromas a través de su respectiva activación y desactivación.

Por otra parte, si se pulsa una tecla a y luego otra tecla b, se ejecuta la segunda tecla, es decir, el panel realiza la acción del último pulsador y se desactiva la acción de la primera tecla para tener sólo un aroma activo como máximo para su diferenciación.

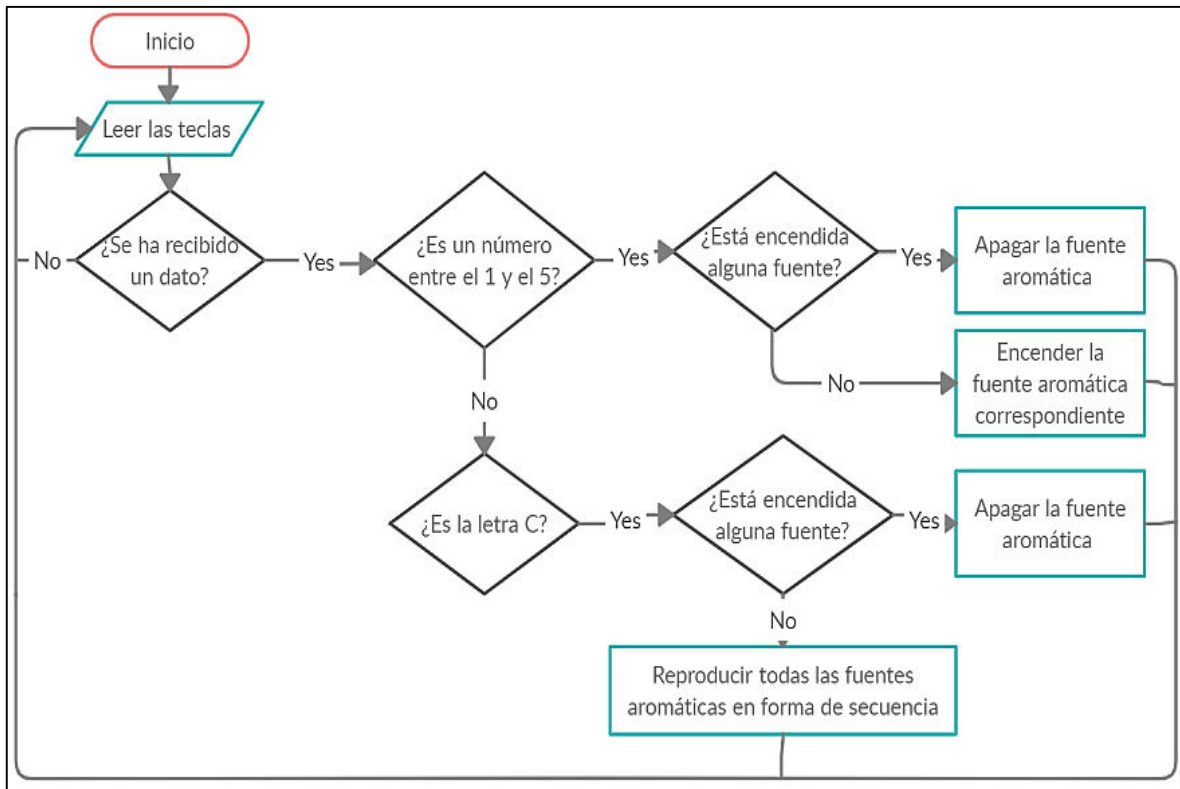


Figura 2.15. Diagrama de flujo del PIA [Autor]

La Figura 2.15 muestra el diagrama de flujo del tercer ejemplar, donde se incluyen las acciones que se realizarán.

Además, la Figura 2.16 muestra el circuito auxiliar que se requiere para activar un relé mediante la generación de un pulso para luego cerrar el circuito de la fuente aromática que corresponda y permitir su encendido o apagado de forma conveniente.

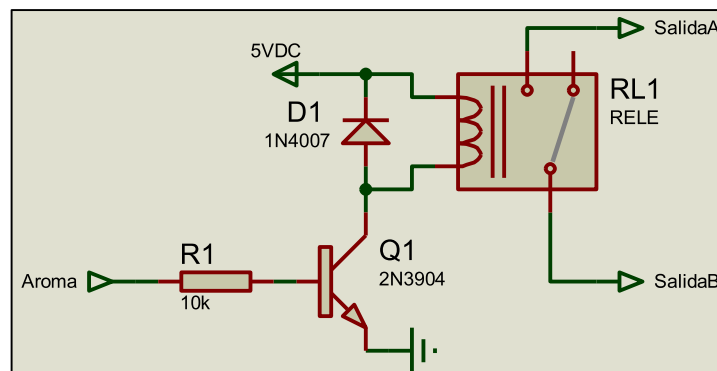


Figura 2.16. Circuito auxiliar para aromatizante [32]

Por tanto, se propone la utilización de la tarjeta Arduino Uno para el procesamiento de datos, debido principalmente a que la cantidad de pines de entrada y salida son suficientes.

2.1.4.5 Fuente de aromas

La fuente de aromas es una composición de 5 humidificadores ultrasónicos que se encargarán de la desintegración de una mezcla de agua con una esencia aromática para convertirla en vapor.

2.1.4.6 Elementos para el PIA

La Figura 2.17 muestra el circuito que se pretende implementar debido al número de entradas, salidas, elementos y al funcionamiento del panel, de forma similar a los ejemplares anteriores.

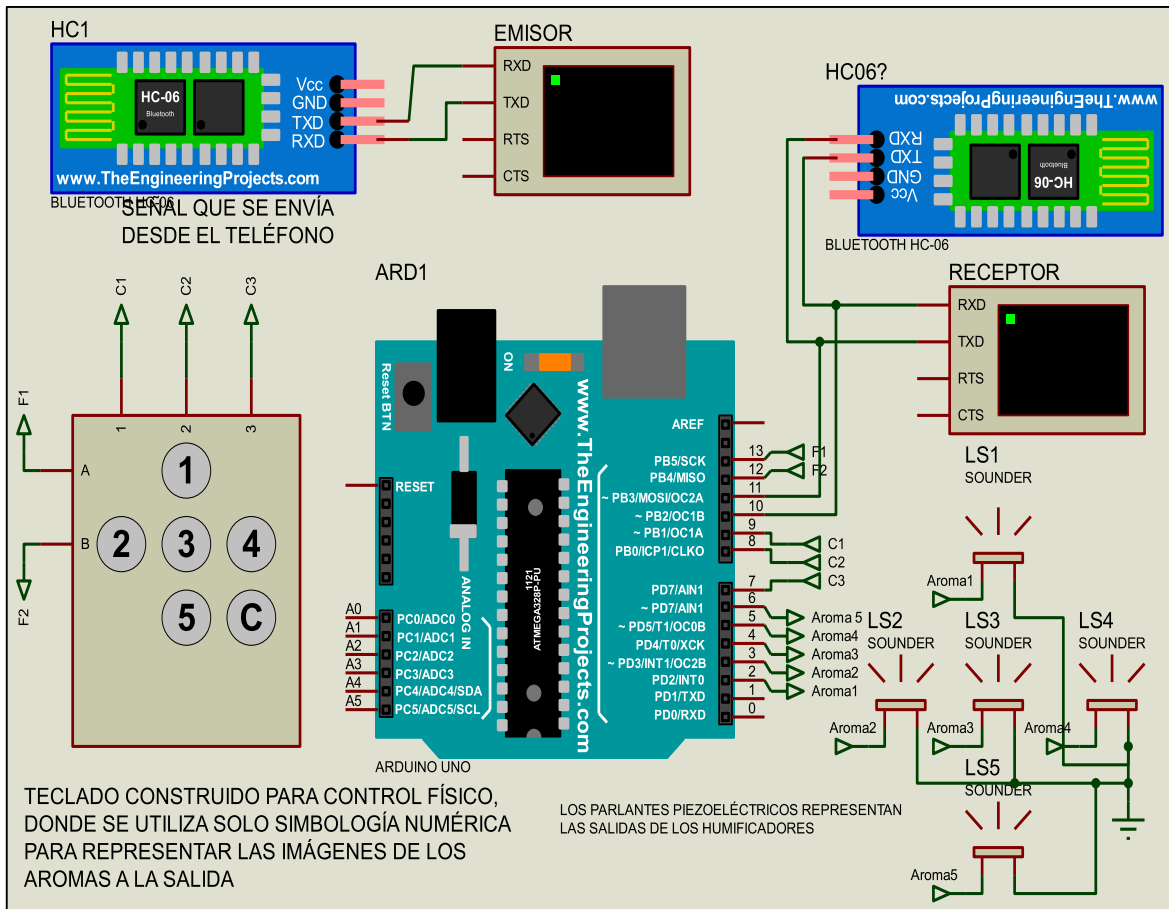


Figura 2.17. Circuito diseñado para el PIA [Autor]

De la misma forma, la Tabla 2.6 muestra los elementos que se requieren en cada bloque para la construcción del PIA de acuerdo al circuito que se propone en el diseño de la Figura 2.17.

Tabla 2.6. Elementos para la construcción del PIA [Autor]

Bloque	Elemento	Unidades
Aplicación para Android	Teléfono celular	1 u
Receptor inalámbrico	Módulo bluetooth HC-06	1 u
Botones de control	Microswitch	6 u
Procesamiento de datos	Arduino Uno	1 u
	Placa de baquelita (80*80 mm ²)	1 u
	Bornera	1 u
	Fuente de voltaje USB	1 u
	Conector molex de 6 salidas	2 u
	Cable AWG 24	4 m
	Resistencia de 10 (kOhm)	5 u
	Transistor 2N3904	5 u
	Diodos 1N4007	5 u
	Relé de 5VDC	5 u
	Caja de madera	1 u
Fuente de aromas	Humificador ultrasónico	5 u
	Caja de madera	1 u

2.1.5 COMPROBACIÓN DE LOS ELEMENTOS

Cada elemento debe tener su comprobación para evitar un funcionamiento inadecuado de cada circuito, así, tanto el Arduino Mega y el Arduino Uno se pueden verificar con el ejemplo que se llama Blink sin necesidad de un circuito adicional.

Referente a los elementos pasivos y elementos activos, se necesita de un multímetro para verificar su funcionamiento, así es el caso de resistencias, diodos, leds, microswitches, transistores, relés, conectores, cables y fuentes de voltaje. La Figura 2.18 muestra la lectura de una resistencia de 10 kOhms por parte de un multímetro para la verificación de su funcionamiento.



Figura 2.18. Lectura de una resistencia [Autor]

2.2 FASE DE IMPLEMENTACIÓN

La fase de implementación posee el proceso de construcción de cada ejemplar del PSM y la descripción de las partes de hardware y software correspondientes, con base en el diseño de los mismos, para finalmente presentar las pruebas de funcionamiento con la respectiva documentación y el costo referencial del proyecto.

2.2.1 PANEL INTERACTIVO DE COLORES

2.2.1.1 Desarrollo de software

De acuerdo a la Tabla 2.1 se crearon los botones, sus colores y su disposición dentro de la aplicación que se muestra en la Figura 2.19, donde cada botón tiene el color y características necesarias para la interactividad.



Figura 2.19. Bloque de diseño del PIDC en App Inventor [Autor]

Las configuraciones que se realizaron en el desarrollo de la aplicación se presentan en la Tabla 2.7 tomando en cuenta que cada parte se encuentra traducida al español.

Tabla 2.7. Configuraciones del modo de diseño del PIDC [Autor]

Componente	Propiedad	Configuración y característica
Pantalla	Nombre de la aplicación	Ejemplar Luz
	Color de fondo	Negro
	Icono	luz_rgb.png
	Título	LUZ RGB
Selector De Lista	Color de fondo	Verde
	Tamaño de letra	30
	Altura	100 Pixeles
	Ancho	Ajustar al contenedor
	Texto	CONECTAR CON BLUETOOTH (negrita)
Button1	Color de fondo	Blanco
	Altura	110 Pixeles
	Ancho	110 Pixeles
Button2	Color de fondo	Amarillo
	Altura	110 Pixeles
	Ancho	110 Pixeles
Button3	Color de fondo	Turquesa (celeste)
	Altura	110 Pixeles
	Ancho	110 Pixeles
Button4	Color de fondo	Verde
	Altura	110 Pixeles
	Ancho	110 Pixeles
Button5	Color de fondo	Violeta
	Altura	110 Pixeles
	Ancho	110 Pixeles
Button6	Color de fondo	Rojo
	Altura	110 Pixeles
	Ancho	110 Pixeles
Button7	Color de fondo	Azul
	Altura	110 Pixeles
	Ancho	110 Pixeles
Button8	Color de fondo	Naranja
	Altura	110 Pixeles
	Ancho	110 Pixeles
Button9	Color de fondo	Gris claro
	Tamaño de letra	80
	Altura	110 Pixeles
	Ancho	110 Pixeles
	Texto	+ (negrita)
Button10	Color de fondo	Gris claro
	Tamaño de letra	50
	Altura	110 Pixeles
	Ancho	110 Pixeles
	Texto	-
Button11	Color de fondo	Gris claro
	Tamaño de letra	30
	Altura	110 Pixeles
	Ancho	110 Pixeles
	Texto	C (negrita)

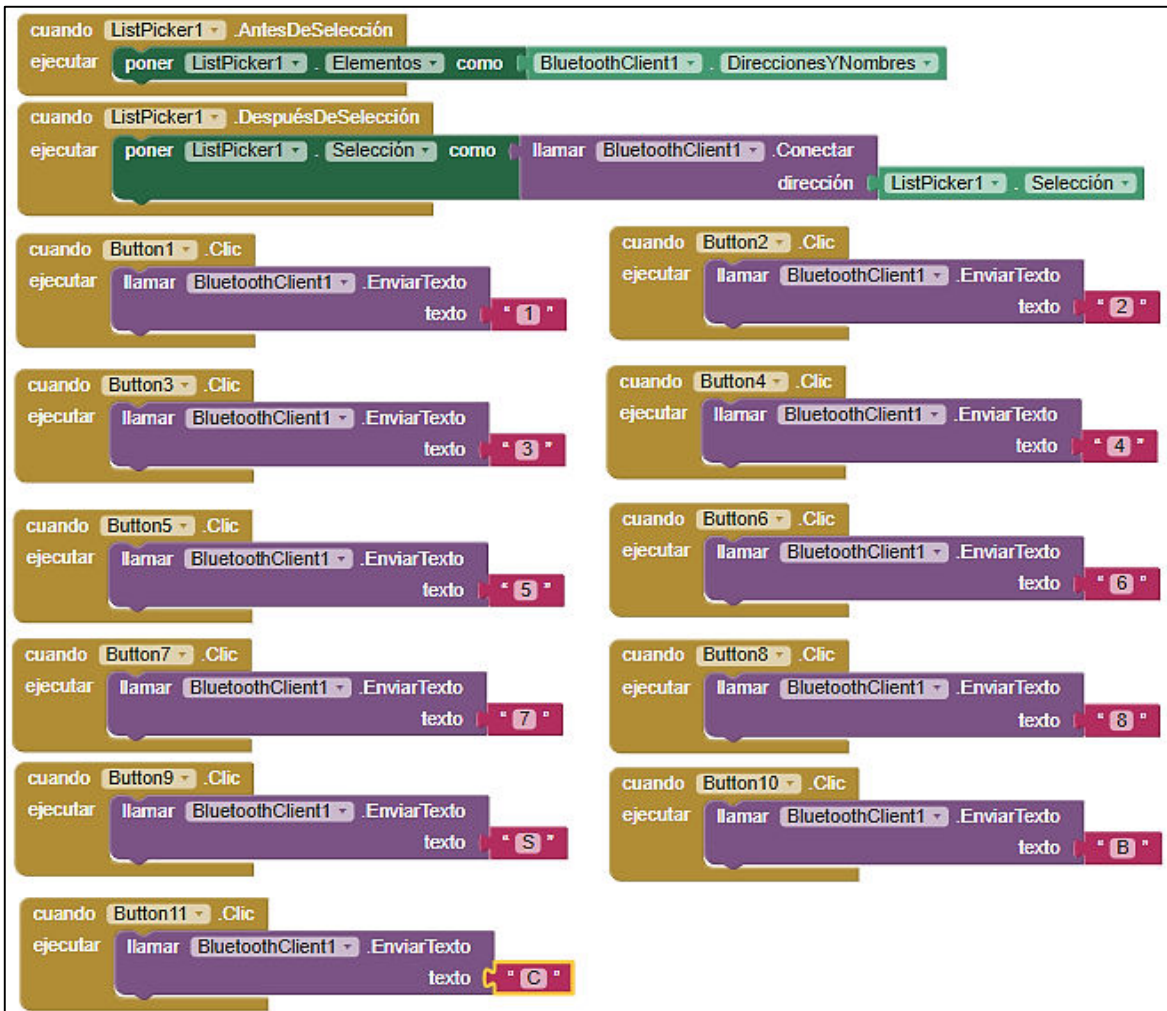


Figura 2.20. Programación de la aplicación [Autor]

De la misma manera, las Figura 2.20 muestra el conjunto de tareas que realizan las partes de la aplicación mediante la programación en el modo bloques de App Inventor, donde se observan los datos que se enviarán luego de pulsar los botones a través del módulo bluetooth hacia la placa Arduino, de acuerdo a las Tabla 2.1 y 2.7.

Luego de descargar, instalar y comprobar ejemplos con Arduino, se realizó el código para el diseño para el PIDC.

En primer lugar, se incluyen las librerías descritas en la Figura 2.21, que se necesitan para la manipulación del teclado, fuente de luz y módulo bluetooth.

```

2 #include <Keypad.h>
3 #include <RGBLed.h>
4 #include <SoftwareSerial.h>

```

Figura 2.21. Librerías para el PIDC [Autor]

```

7 | const byte filas = 4;
8 | const byte columnas = 3;
9 | const byte pines_fila[filas] = { 35, 37, 39, 41 };
10 | const byte pines_columna[columnas] = { 43, 45, 47};
11 | const char teclas[filas][columnas] = {
12 |     { '1', '2', 'S' },
13 |     { '3', '4', 'B' },
14 |     { '5', '6', 'C' },
15 |     { '7', '8', 'T' }};

26 | byte brightness = 100;
27 | byte brillo_aux = 0;

```

Figura 2.22. Constantes y variables del código [Autor]

Del mismo modo, la Figura 2.22 muestra algunas constantes y variables, donde las líneas 12, 13, 14, y 15 evidencian los datos que recibe el bloque de procesamiento de datos al pulsar cada una de las teclas, además se configura el brillo en su nivel máximo de 100.

En lo referente a “void setup” se escribieron las líneas pertinentes para iniciar los puertos seriales, detectar los pulsos en el teclado, incluir la salida del led que muestra el modo en el que se encuentra el panel y cambiar el dato recibido vía bluetooth a tipo char para su procesamiento. Mientras que en “void loop”, se escribió el código que permita la detección de un dato recibido y su correspondiente actuación en las salidas de acuerdo al diseño.

La Figura 2.23 presenta los bloques de código que intervienen al pulsar algún color, en este caso el amarillo, que tiene como valor 2 en el teclado, luego la fuente de luz se desvanecerá o permanecerá encendida, dependiendo de la variable de tipo booleano “estado_pin”.

```

91 | }else if (tecla == '2') {
92 |     Serial.println("Amarillo");
93 |     brillo_aux = 2;
94 |     if (estado_pin == 1) {
95 |         cont2();
96 |     }else{
97 |         led.fadeOut(x, x, 0, paso, t_desva);
98 |     }
...
202 | void cont2() {
203 |     led.brightness(x, x, 0, brightness);

```

Figura 2.23. Código involucrado en la pulsación del color amarillo [Autor]

El principio de los bloques de código para los botones S (subir volumen) y B (bajar volumen) se muestran en la Figura 2.24, donde se verifica si “estado_pin” se encuentra en estado alto (modo manual) y si el brillo no es el nulo, para bajar 1 nivel de brillo a través del cálculo de la Ecuación 2.1 para su consecución, luego se comprueba la tecla del color anteriormente encendida para ingresar al lazo que permite el encendido del mismo color con un nivel de brillo más bajo.

```
164 }else if (tecla == 'B') {
165     if (estado_pin == 1) {
166         Serial.print("Baja Brillo a ");
167         if (brightness > 0) {
168             aux = aux - cant_brillo;
169             brightness = round(0.2412*pow(2.7182,1.2047*aux));
170         }
171         brillo();
172     }
...
182 }else if ( brillo_aux == 2) {
183     cont2();
...
202 }void cont2() {
203     led.brightness(x, x, 0, brightness);
```

Figura 2.24. Código involucrado en la pulsación de la tecla “-” [Autor]

Además, la Figura 2.25 posee las funciones y lazos que intervienen al pulsar la tecla para cambiar el modo de funcionamiento del PIDC, donde se utilizó una lógica booleana, es decir si la variable “estado_pin” está en bajo entonces se ingresa al modo manual, caso contrario, se ingresa al estado automático.

```
72 if (tecla == 'C') {
73     digitalWrite(ledPin, !digitalRead(ledPin));
74     estado_pin = digitalRead(ledPin);
75     if (estado_pin == 1) {
76         Serial.println("Modo Manual");
77     }else{
78         Serial.println("Modo Automatico");
79         led.setColor(0, 0, 0);
80     }
```

Figura 2.25. Código involucrado en la pulsación de la tecla “C” [Autor]

2.2.1.2 Construcción de hardware

Luego de probar el circuito en el protoboard, se realizó el montaje físico de los elementos en la placa de baquelita y después en el chasis o caja de madera.

La Figura 2.26 tiene la vista posterior de las teclas, donde se visualiza el arreglo del teclado a través de soldadura con estaño y sus cables respectivos, mientras que la Figura 2.27 tiene la vista frontal durante el ensamblaje de los microswitches en la caja, antes de pegar los pedazos de madera que cumplan la función de teclas.

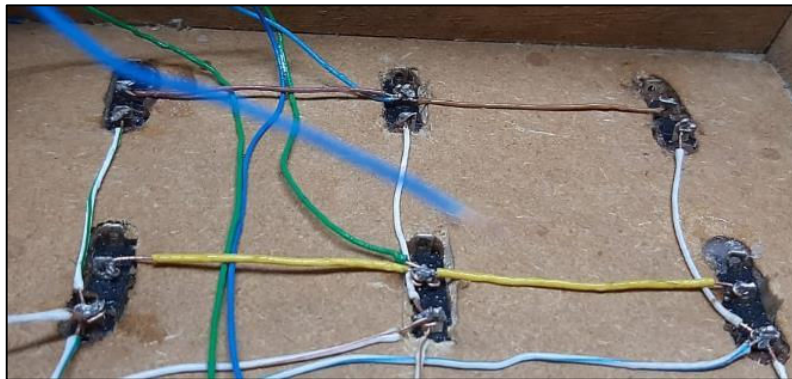


Figura 2.26. Vista posterior del teclado [Autor]



Figura 2.27. Parte frontal del teclado [Autor]

De forma similar, la Figura 2.28 muestra la placa de baquelita que se realizó para el acoplamiento con las entradas y salidas del Arduino Mega 2560 para la construcción del PIDC.

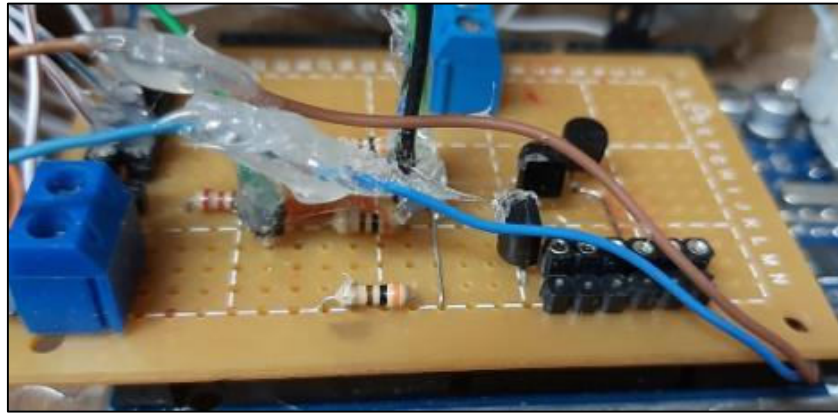


Figura 2.28. Circuito en la placa para el PIDC [Autor]

2.2.1.3 Comprobación del PIDC

Luego de cargar el programa en la placa Arduino Mega 2560 y realizar las conexiones respectivas en el PIDC y sus partes, como módulo bluetooth, teclado, led y demás, se procedió a la respectiva comprobación parte por parte. Por tanto, la Figura 2.29 posee el funcionamiento cuando se pulsa el color celeste con un nivel de brillo máximo.

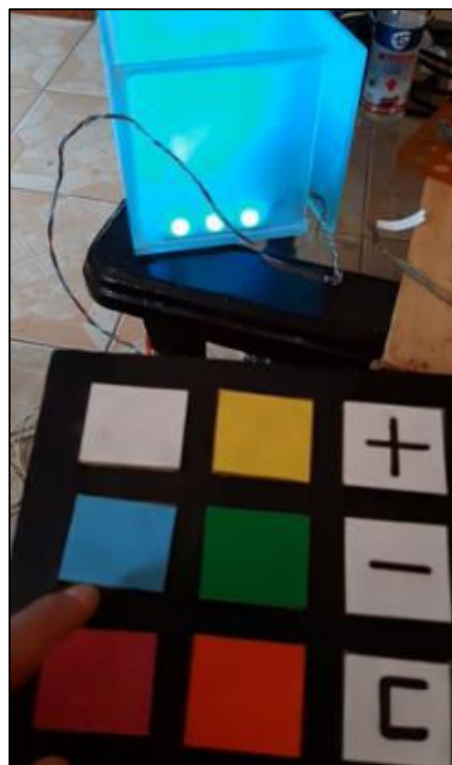


Figura 2.29. Ejemplo del PIDC [Autor]

2.2.2 PANEL INTERACTIVO DE SONIDOS

2.2.2.1 Desarrollo de software

Con lo referente a la programación de las partes del PIS, se desarrolló la aplicación que se muestra en la Figura 2.30, donde cada parte tiene las características adecuadas para la interactividad y se presentan en la Tabla 2.8 donde los nombres de los archivos de las imágenes se encuentran en la parte de configuración de cada botón y los archivos de los sonidos se encuentran codificados en el mismo orden que las imágenes para la lectura por parte del bloque de procesamiento de señales, todo lo anterior de acuerdo a la Tabla 2.3 pertinente al diseño.



Figura 2.30. Bloque de diseño del PIS en App Inventor [Autor]

Tabla 2.8. Configuraciones del modo de diseño del PIS [Autor]

Componente	Propiedad	Configuración y característica
Pantalla	Nombre de la aplicación	Ejemplar Sonido
	Color de fondo	Negro
	Icono	Sonido.jpg
	Título	SONIDOS
Selector De Lista	Color de fondo	Verde
	Tamaño de letra	30
	Altura	100 Pixeles
	Ancho	Ajustar al contenedor
	Texto	CONECTAR CON BLUETOOTH (negrita)
Button1	Altura	110 pixeles
	Ancho	120 pixeles
	Imagen	1_policia.jpg
Button2	Altura	110 pixeles
	Ancho	110 pixeles
	Imagen	2_iphone.jpg
Button3	Altura	110 pixeles
	Ancho	120 pixeles
	Imagen	3_vaca.jpg
Button4	Altura	100 pixeles
	Ancho	120 pixeles
	Imagen	4_tigre.jpg
Button5	Altura	110 pixeles
	Ancho	100 pixeles
	Imagen	5_pollito.jpg
Button6	Altura	110 pixeles
	Ancho	120 pixeles
	Imagen	6_perro.jpg
Button7	Altura	110 pixeles
	Ancho	110 pixeles
	Imagen	7_caballo.png
Button8	Altura	110 pixeles
	Ancho	110 pixeles
	Imagen	8_grillo.jpg
Button9	Altura	110 pixeles
	Ancho	110 pixeles
	Imagen	9_gato.jpg
Button10	Color de fondo	Blanco
	Tamaño de letra	30
	Altura	70 pixeles
	Ancho	70 pixeles
	Texto	+ (negrita)
Button11	Color de fondo	Blanco
	Tamaño de letra	30
	Altura	70 pixeles
	Ancho	70 pixeles
	Texto	- (negrita)
Button12	Color de fondo	Blanco
	Tamaño de letra	30
	Altura * ancho	120 pixeles * 120 pixeles

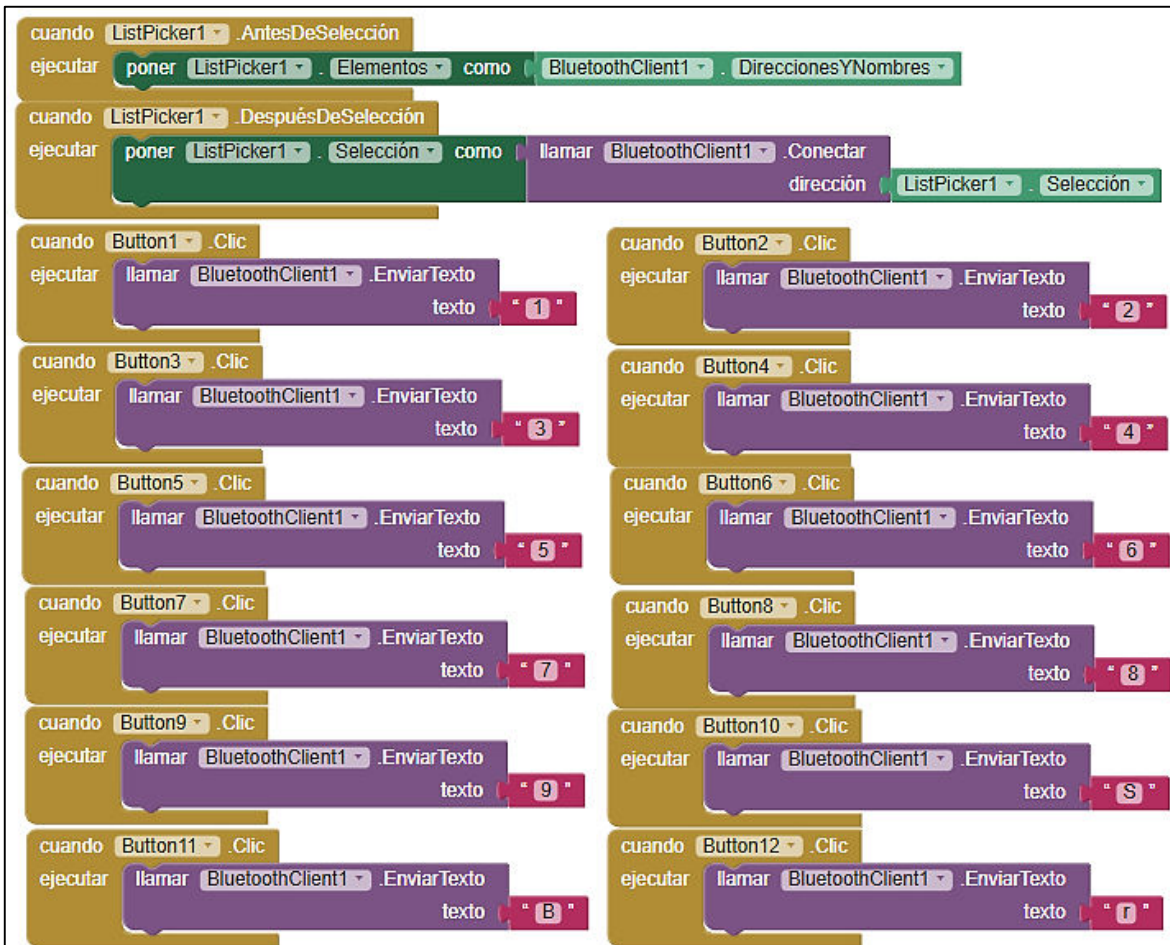


Figura 2.31. Programación de la aplicación [Autor]

De la misma manera, las Figura 2.31 muestra los datos que se envía desde la aplicación del PIS hacia el procesador de datos de acuerdo a las Tabla 2.3 y 2.8.

Por otra parte, el código para el presente panel se escribió con base en el primero, debido a la lógica similar que poseen, así, la Figura 2.32 muestra las librerías que se incluyeron en el PIS, donde existe la librería que interviene en el manejo del módulo DFPlayer.

```

2 #include <Keypad.h>
3 #include <SoftwareSerial.h>
4 #include <DFRobotDFPlayerMini.h>

```

Figura 2.32. Librerías para el PIS [Autor]

Del mismo modo, la Figura 2.33 muestra algunas constantes y variables para la manipulación del teclado (líneas del 11 al 15 y 25), para el control de volumen (líneas 18 y 19), para el módulo bluetooth (líneas 22 y 26) y para el módulo DFPlayer (línea 27).


```

11 const char teclas[filas][columnas] = {
12     { '1', '2', '3' },
13     { '4', '5', '6' },
14     { '7', '8', '9' },
15     { 'S', 'r', 'B' }};
16
17 //Variables para manipular la fuente sonido:
18 byte volumen = 3;
19 byte cant_vol = 1;
20
21 //Variables que van a manipular el módulo bluetooth:
22 char serialData;
23
24 //Posición del elemento de la matriz teclas en función de las variables de entrada del
25 Keypad keypad = Keypad(makeKeymap(teclas), pines_fila, pines_columna, filas, columnas);
26 SoftwareSerial BT(10, 11);
27 SoftwareSerial com(5, 6);

```

Figura 2.33. Constantes y variables del código del PIS [Autor]

En lo referente a “void setup” se presenta en la Figura 2.34, donde se observan las líneas de código pertinentes para iniciar los puertos seriales que se necesitan para los módulos bluetooth y DFPlayer (líneas 73, 74 y 77), detectar los pulsos en el teclado (línea 72), cambiar el dato recibido vía bluetooth a tipo char para su procesamiento (línea 75) y configurar el volumen en su nivel 3 (línea 78) para incrementarlo y disminuirlo posteriormente.

```

70 void setup() {
71     Serial.begin(9600);
72     keypad.addEventListener(keypadEvent);
73     com.begin(9600);
74     mp3.begin(com);
75     serialData = (char)({' '});
76
77     BT.begin(9600);
78     mp3.volume(6*volumen);
79 }

```

Figura 2.34. Código de inicialización para el PIS [Autor]

Por su parte, el bloque de código para “void loop” que permite la detección de un dato recibido y su correspondiente actuación en las salidas a través de funciones y lazos que intervienen en cada caso, luego de pulsar alguna opción en la aplicación o en el teclado. De hecho, cuando se presiona uno de los primeros 9 botones se ingresa en un lazo similar al que se muestra en la Figura 2.35, donde se visualiza que para la reproducción de la melodía correspondiente se utiliza su número asociado, que previamente fue editado.

```

117 }else if (tecla == '3') {
118     Serial.println("Vaca");
119     mp3.play(3);
120 }

```

Figura 2.35. Código involucrado en la pulsación de la tecla de la vaca [Autor]

De la misma manera, la Figura 2.36 posee el bloque de código base para subir y bajar volumen, donde se verifica que el volumen no sea máximo para su incremento.

```

145 }else if (tecla == 'S') {
146     Serial.print("Sube volumen a ");
147     if (volumen < 5) {
148         volumen = volumen + cant_vol;
149     }

```

Figura 2.36. Código involucrado en la pulsación del "Button10" [Autor]

Por su parte, cuando se presiona el "Button12" o tecla correspondiente al dato "r" se recurre al código de la Figura 2.37.

```

161 }else if (tecla == 'r') {
162     Serial.println("Aleatorio");
163     mp3.randomAll();
164 }

```

Figura 2.37. Código involucrado en la pulsación de la tecla C [Autor]

2.2.2.2 Construcción de hardware

El montaje de la placa construida para el PIS en su respectiva caja se realizó luego de la comprobación del circuito involucrado.

La implementación del teclado y la placa se realizaron de forma similar al PIDC. Así, la Figura 2.38 muestra la placa de baquelita para el funcionamiento conjunto del módulo bluetooth HC-06, el módulo DFPlayer y la tarjeta de memoria microSD con los archivos de sonido previamente cargados, el Arduino Uno y las salidas de audio del PIS.

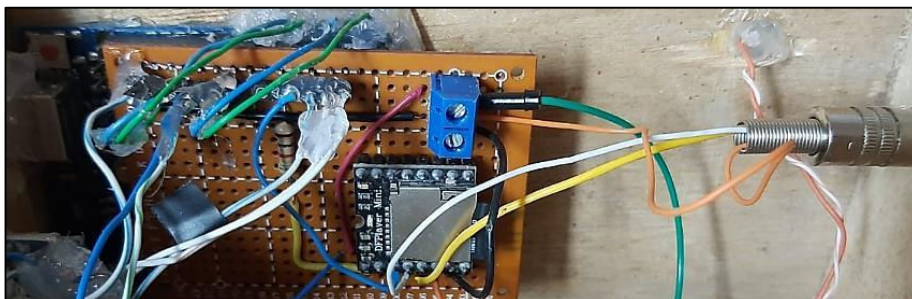


Figura 2.38. Circuito en la placa para el PIS [Autor]

2.2.2.3 Comprobación del PIS

Una vez que se encuentra el programa cargado en la placa Arduino Uno, procede a su respectiva comprobación. El ensamblado, que se muestra en la Figura 2.39, utiliza el puerto serial para verificar los datos que entran y salen, debido a que el sonido no se puede plasmar en una imagen. Por consiguiente, la Figura 2.40 tiene los datos que corresponden la presión del botón “Button3”, “Button10” y “Button12”.



Figura 2.39. PIS [Autor]

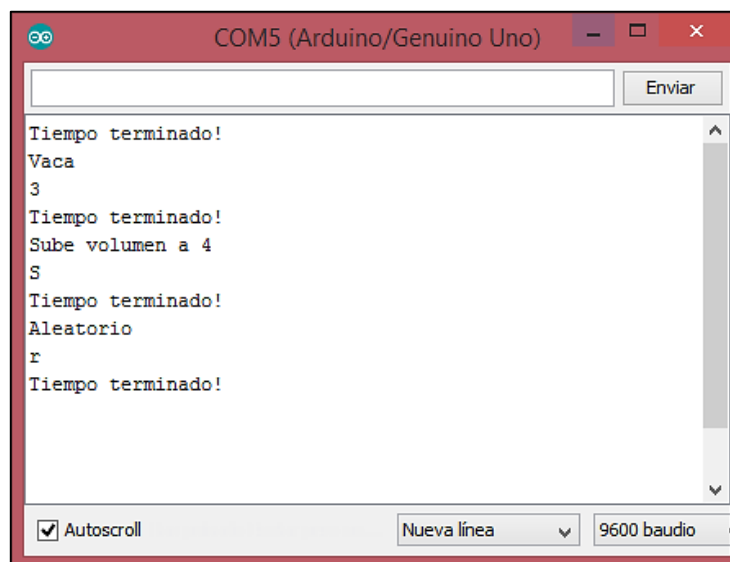


Figura 2.40. Monitor serie de Arduino [Autor]

2.2.3 PANEL INTERACTIVO DE AROMAS

2.2.3.1 Desarrollo de software

En todos los paneles se utiliza el “ListSelector” para la conexión del módulo bluetooth, que permite su elección a partir de su dirección MAC, por tanto, es necesario establecer su relación como se muestra en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9. Direcciones MAC correspondientes a cada módulo [Autor]

Siglas del panel	Dirección MAC
PIDC	98:D3:91:FD:6E:C9
PIS	98:D3:71:FD:86:11
PIA	98:D3:31:FB:7F:AD

Para el PIA se desarrolló la aplicación que se muestra en la Figura 2.41, donde cada parte se encuentra configurada de acuerdo a la Tabla 2.10 donde los nombres de los archivos de las imágenes se encuentran en la parte de configuración de cada botón y los aromas se especifican con base en el diseño.



Figura 2.41. Bloque de diseño del PIA en App Inventor [Autor]

Tabla 2.10. Configuraciones del modo de diseño del PIA [Autor]

Componente	Propiedad	Configuración y característica
Pantalla	Nombre de la aplicación	Ejemplar Aroma
	Color de fondo	Negro
	Icono	menta.jpg
	Título	AROMAS
Selector De Lista	Color de fondo	Verde
	Tamaño de letra	30
	Altura	100 Pixeles
	Ancho	Ajustar al contenedor
	Texto	CONECTAR CON BLUETOOTH (negrita)
Button1	Altura	120 pixeles
	Ancho	115 pixeles
	Imagen	limon.jpg
Button2	Altura	120 pixeles
	Ancho	110 pixeles
	Imagen	rosas.jpg
Button3	Altura	120 pixeles
	Ancho	115 pixeles
	Imagen	menta.jpg
Button4	Altura	120 pixeles
	Ancho	115 pixeles
	Imagen	eucal.jpg
Button5	Altura	120 pixeles
	Ancho	130 pixeles
	Imagen	manzana.jpg
Button6	Color de fondo	Blanco
	Altura	125 pixeles
	Ancho	110 pixeles

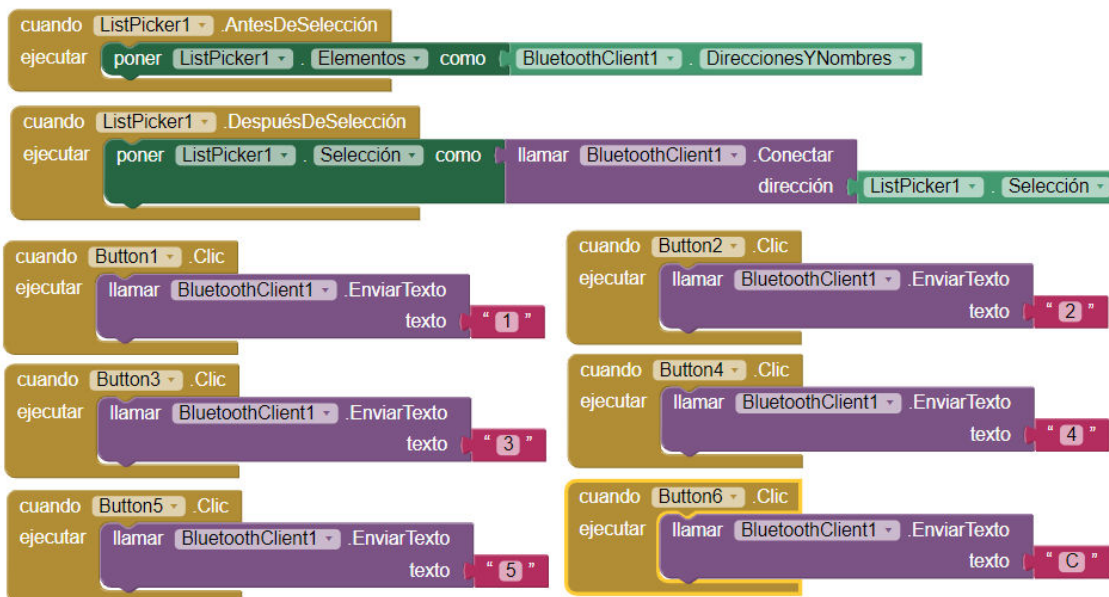


Figura 2.42. Programación de la aplicación [Autor]

De la misma manera, la Figura 2.42 muestra los datos que se envía desde la aplicación del PIA hacia el procesador de datos por medio del módulo bluetooth.

Asimismo, el presente panel utiliza librerías que constan en la Figura 2.43.

```
2 #include <Keypad.h>
3 #include <SoftwareSerial.h>
```

Figura 2.43. Librerías para el PIA [Autor]

A su vez la Figura 2.44 muestra algunas constantes y variables para el manejo de las salidas correspondientes a los aromas (líneas del 5 al 13) y para la interactividad con el teclado (líneas del 11 al 22).

```
5 const int limon = 2;
6 const int rosas = 3;
7 const int menta = 4;
8 const int eucal = 5;
9 const int manzana = 6;
10 //Variables para manipular la fuente aromática:
11 int aroma_ant = 0;
12 boolean aroma_aux = 0;
13 boolean aux = 1;
14
15 //Constantes que no se van a modificar para manipular
16 const byte filas = 3;
17 const byte columnas = 3;
18 const byte pines_fila[filas] = { 13, 12 };
19 const byte pines_columna[columnas] = { 9, 8, 7 };
20 const char teclas[filas][columnas] = {
21     { '1', '2', '3' },
22     { '4', '5', 'C' } };
23
```

Figura 2.44. Constantes y variables del código del PIA [Autor]

La descripción del código dentro de “void setup” es similar a los realizados en los ejemplares anteriores.

Por su parte, dentro de “void loop” se incluyó la detección de un dato para ingresar a su respectivo lazo como se muestra en la Figura 2.45, donde se evidencian dos casos que son: cuando existe un valor desde el módulo bluetooth (primer lazo “if”) y cuando existe la pulsación de algún botón del teclado (lazo “if” y función keypadEvent)

```

44 void loop() {
45     if(BT.available()) {
46         serialData = (BT.read());
47         Serial.println(serialData);
48         opcion(serialData);
49     }
50
51     char tecla = keypad.getKey();
52
53     if (tecla) {
54         Serial.println(tecla);
55     }
56 }
57
58 //Función que determina si un botón es presionado, se obt
59 void keypadEvent(KeypadEvent tecla1){
60     switch (keypad.getState()){
61         case PRESSED:
62             opcion(tecla1);
63             break;
64     }
65 }

```

Figura 2.45. Código dentro de “void setup” [Autor]

Una vez que se lee algún dato, se ingresa a su respectivo lazo. Por ejemplo, la Figura 2.46 tiene el lazo al que se ingresa cuando se presiona el “Button1”, donde se aprecian las posibilidades que intervienen si alguna fuente estuvo encendida previamente.

```

81 }else if (tecla == '1') {
82     Serial.println("Citrico (limon)");
83     if (aroma_ant != limon && aroma_aux == 1) {
84         on_off(aroma_ant);
85         aroma_aux = 0;
86     }
87     on_off(limon);
88     aroma_aux = !aroma_aux;
89     aroma_ant = limon;
90 }

```

Figura 2.46. Código involucrado en la pulsación de “Button1” [Autor]

Por otra parte, cuando se presiona el “Button6” correspondiente a la secuencia de aromas se ingresa a los lazos de la Figura 2.47, donde se hace el encendido de todas las fuentes, en orden ascendente y descendente conforme con las constantes de la Figura 2.44.

```

141 //Función que permite mostrar todas las salidas de los ar
142 void automatico(){
143   if (aroma_aux == 1) {
144     on_off(aroma_ant);
145     aroma_aux = 0;
146   }
147   for (int thisPin = 2; thisPin <= 6; thisPin++) {
148     on_off(thisPin);
149     delay(2000);
150     on_off(thisPin);
151   }
152   for (int thisPin = 5; thisPin >= 2; thisPin--) {
153     on_off(thisPin);
154     delay(2000);
155     on_off(thisPin);
156   }
157 }

```

Figura 2.47. Código correspondiente a la pulsación de "Button6" [Autor]

2.2.3.2 Construcción de hardware

Luego de la correspondiente prueba de funcionamiento de cada parte del circuito auxiliar para el PIA se procedió a la elaboración de la respectiva placa electrónica en baquelita como se observa en la Figura 2.48, donde se visualiza que cada parte se encuentra asegurada con silicona.

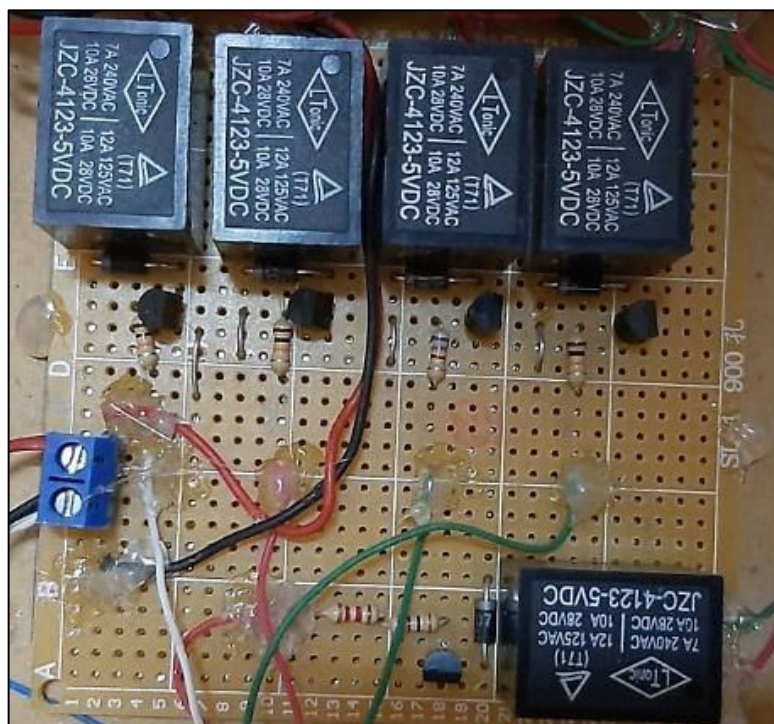


Figura 2.48. Circuito en la placa para el PIA [Autor]

En adición, el PIA posee sus teclas físicas de forma circular y de tamaño mayor, debido a la composición de cada fuente aromática, así como se muestra en la Figura 2.49.

2.2.3.3 Comprobación del PIA

Después de cargar el programa en la placa Arduino Uno y realizar las instalaciones necesarias, se efectuó la respectiva comprobación de funcionamiento, así se evidencia en la Figura 2.49, donde se visualiza la acción del panel luego de presionar la tecla correspondiente al aroma de limón (Button1), para finalmente realizar el proceso de etiquetar cada entrada y salida de todos los ejemplares.



Figura 2.49. Ejemplo de funcionamiento del PIA [Autor]

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez que la implementación basada en el diseño se efectuó, se presentan los resultados de las pruebas de cada ejemplar de forma minuciosa. Se puede observar que en cada aplicación existe un selector de lista para acceder al módulo bluetooth respectivo. Además, el PSM se encuentra instalado en un solo lugar, ver Anexo A.

3.1 PRIMER EJEMPLAR

En principio, cuando se enciende el primer panel, se encuentra en el modo manual con el led de color blanco encendido.

Con lo referente a la fuente de alimentación, se determinó el voltaje de 9.7 voltios en su forma continua que se necesitan para el funcionamiento correcto del PIDC con la ayuda de una fuente variable y un multímetro, para luego realizar una conexión directa del lado positivo de la fuente de luz RGB al lado positivo de la fuente. Luego, se efectuaron las pruebas tecla por tecla, donde se evidenció su funcionamiento en detalle de acuerdo a las Tablas 3.1 y 3.2.

Tabla 3.1. Funcionamiento de la aplicación del PIDC [Autor]

Medio	Parte y descripción	Funcionamiento	
		Modo manual	Modo automático
Inalámbrico (aplicación)	Selector de lista	Elegir el nombre de la dirección MAC del módulo bluetooth	
	Button1 (blanco)	Encender color blanco	Encender color blanco y en 2 segundos desvanecer
	Button2 (amarillo)	Encender color amarillo	Encender color amarillo y en 2 segundos desvanecer
	Button3 (celeste)	Encender color celeste	Encender color celeste y en 2 segundos desvanecer
	Button4 (verde)	Encender color verde	Encender color verde y en 2 segundos desvanecer
	Button5 (violeta)	Encender color violeta	Encender color violeta y en 2 segundos desvanecer
	Button6 (rojo)	Encender color rojo	Encender color rojo y en 2 segundos desvanecer
	Button7 (azul)	Encender color azul	Encender color azul y en 2 segundos desvanecer
	Button8 (naranja)	Encender color naranja	Encender color naranja y en 2 segundos desvanecer
	Button9 (+)	Subir un nivel de brillo	Nada
	Button10 (-)	Bajar un nivel de brillo	Nada
	Button11 (C - led blanco)	Cambiar de modo (apagar led)	Cambiar de modo (encender led)

Tabla 3.2. Funcionamiento del teclado del PIDC [Autor]

Medio	Parte y descripción	Funcionamiento	
		Modo manual	Modo automático
Cableado (teclado)	Tecla blanca	Encender color blanco	Encender color blanco y en 2 segundos desvanecer
	Tecla amarilla	Encender color amarillo	Encender color amarillo y en 2 segundos desvanecer
	Tecla celeste	Encender color celeste	Encender color celeste y en 2 segundos desvanecer
	Tecla verde	Encender color verde	Encender color verde y en 2 segundos desvanecer
	Tecla violeta	Encender color violeta	Encender color violeta y en 2 segundos desvanecer
	Tecla roja	Encender color rojo	Encender color rojo y en 2 segundos desvanecer
	Tecla azul	Encender color azul	Encender color azul y en 2 segundos desvanecer
	Tecla naranja	Encender color naranja	Encender color naranja y en 2 segundos desvanecer
	Tecla +	Subir un nivel de brillo	Nada
	Tecla -	Bajar un nivel de brillo	Nada
	Tecla C (led blanco)	Cambiar de modo (apagar led)	Cambiar de modo (encender led)

Una vez que cada parte, tanto el teclado como la aplicación, presentó un funcionamiento adecuado se han descrito los ejercicios que pueden contribuir al desarrollo de un infante como muestra la Tabla 3.3, que ingresaron a una evaluación mediante encuestas.

Tabla 3.3. Ejercicios para el PIDC [Autor]

Tipo de ejercicio	Descripción de los ejercicios propuestos
Aprendizaje	El paciente aprenderá y/o reconocerá 8 colores
Cambio entre modos	Se observarán similitudes y diferencias entre los modos por parte del infante
Localizar la fuente	Se identificarán las respuestas del paciente ante un cambio de color
Memoria	El paciente ubicará una tecla con los dedos, lo presionará y luego verificará el efecto causado
Conteo	En el modo manual, se realizarán ejercicios de conteo entre 1 y 5 de forma ascendente o descendente si se sube o se baja el brillo
	El infante asociará un número a cada color y se ejercitará el conteo entre el 1 y el 8
Presencia	El infante determinará la presencia y ausencia de luz

3.2 SEGUNDO EJEMPLAR

Una vez que se encendió el panel, se efectuaron las pruebas de funcionamiento parte por parte, donde se constató su comportamiento en detalle de acuerdo a las Tablas 3.4 y 3.5.

Tabla 3.4. Funcionamiento de la aplicación del PIS [Autor]

Medio	Parte y descripción	Funcionamiento
Inalámbrico (aplicación)	Selector de lista	Elegir el nombre de la dirección MAC del módulo bluetooth
	Button1 (sirena de policía)	Reproducir la melodía de una sirena de policía
	Button2 (teléfono)	Reproducir la melodía que representa un celular
	Button3 (vaca)	Reproducir la melodía del mugido de una vaca
	Button4 (tigre)	Reproducir la melodía del rugido de un tigre
	Button5 (pollito)	Reproducir la melodía que emite un pollito
	Button6 (perro)	Reproducir la melodía del ladrido de un perro
	Button7 (caballo)	Reproducir la melodía del relincho de un caballo
	Button8 (grillo)	Reproducir la melodía que emite un grillo
	Button9 (gato)	Reproducir la melodía del maullido de un gato
	Button10 (+)	Subir un nivel de volumen
	Button11 (-)	Bajar un nivel de volumen
Button12 (blanco)	Reproduce las melodías de forma aleatoria	

Tabla 3.5. Funcionamiento del teclado del PIS [Autor]

Medio	Parte y descripción	Funcionamiento
Inalámbrico (aplicación)	Button1 (sirena de policía)	Reproducir la melodía de una sirena de policía
	Button2 (teléfono)	Reproducir la melodía que representa un celular
	Button3 (vaca)	Reproducir la melodía del mugido de una vaca
	Button4 (tigre)	Reproducir la melodía del rugido de un tigre
	Button5 (pollito)	Reproducir la melodía que emite un pollito
	Button6 (perro)	Reproducir la melodía del ladrido de un perro
	Button7 (caballo)	Reproducir la melodía del relincho de un caballo
	Button8 (grillo)	Reproducir la melodía que emite un grillo
	Button9 (gato)	Reproducir la melodía del maullido de un gato
	Button10 (+)	Subir un nivel de volumen
	Button11 (-)	Bajar un nivel de volumen
	Button12 (blanco)	Reproduce las melodías de forma aleatoria

Con lo referente a los ajustes realizados, se menciona la duración de cada archivo de sonido y su edición a 10 segundos aproximadamente con la ayuda del teléfono celular y una aplicación llamada "Cortar tono de llamada y amp", tomando en cuenta que los nombres de los archivos no se cambiaron y su eventual carga a la tarjeta de memoria microSD.

Luego de realizar estos ajustes, se han descrito los ejercicios que pueden ayudar a la estimulación temprana en el paciente como muestra la Tabla 3.6, para su respectiva evaluación.

Tabla 3.6. Ejercicios para el PIS [Autor]

Tipo de ejercicio	Descripción de los ejercicios propuestos
Aprendizaje	El paciente aprenderá y/o reconocerá 9 melodías
Localizar la fuente	Se observará la respuesta del paciente ante el cambio de melodía
Memoria	El infante reconocerá la imagen de quién produce una de entre 9 melodías (con el botón aleatorio)
Conteo	El infante asociará un número a cada color y se ejercitará el conteo entre 1 y 9
	El paciente asociará un número a un nivel de volumen y se ejercitará el conteo entre 1 y 5
Relación causa-efecto	El paciente ejecutará una acción cuando la fuente reproduzca un sonido, por ejemplo: el paciente imitará la melodía
Presencia	El paciente determinará la presencia y ausencia de melodías

3.3 TERCER EJEMPLAR

La Tabla 3.7 posee las acciones que se realizan dentro del PIA por efecto de la pulsación de una tecla, una vez que se ha realizado el proceso de encendido y las respectivas conexiones. De igual forma es importante mencionar que se estableció un ajuste en la duración del pulso que permite el encendido o apagado de cada fuente aromática, que finalmente fue de 100 [ms].

Tabla 3.7. Funcionamiento de la aplicación del PIA [Autor]

Medio	Parte y descripción	Funcionamiento
Inalámbrico (aplicación)	Selector de lista	Elegir el nombre de la dirección MAC del módulo bluetooth
	Button1 (limón)	Encender y apagar la fuente que emite el aroma de limón
	Button2 (rosas)	Encender y apagar la fuente que emite el aroma de rosas
	Button3 (menta)	Encender y apagar la fuente que emite el aroma de menta
	Button4 (eucalipto)	Encender y apagar la fuente que emite el aroma de eucalipto
	Button5 (manzana)	Encender y apagar la fuente que emite el aroma de manzana
	Button6 (blanco)	Demostración de una secuencia de encendido y apagado de todos los aromas

También se mencionan las acciones que ejecutan los botones físicos en el panel a través del teclado como se indica en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8. Funcionamiento del teclado del PIA [Autor]

Medio	Parte y descripción	Funcionamiento
Inalámbrico (aplicación)	Button1 (limón)	Encender y apagar la fuente que emite el aroma de limón
	Button2 (rosas)	Encender y apagar la fuente que emite el aroma de rosas
	Button3 (menta)	Encender y apagar la fuente que emite el aroma de menta
	Button4 (eucalipto)	Encender y apagar la fuente que emite el aroma de eucalipto
	Button5 (manzana)	Encender y apagar la fuente que emite el aroma de manzana
	Button6 (blanco)	Demostración de una secuencia de encendido y apagado de todos los aromas

Tabla 3.9. Ejercicios para el PIA [Autor]

Tipo de ejercicio	Descripción de los ejercicios propuestos
Aprendizaje	El paciente aprenderá y/o reconocerá 5 aromas
	El paciente aprenderá y/o reconocerá las figuras de las teclas y de la fuente de aromas (círculos y rectángulos)
Localizar la fuente	Se observará la respuesta del infante ante el cambio de aroma y posición de la fuente encendida
Secuencia	Con un botón exclusivo se generará una secuencia de aromas
Conteo	El infante asociará un número a cada aroma y ejercitará el conteo entre 1 y 5
Presencia	El paciente determinará la presencia y ausencia de aromas
Memoria	El infante establecerá diferencias y semejanzas entre los paneles

Con lo referente a los ejercicios que se pueden ejecutar con el PIA, se pueden considerar los que se presentan en la Tabla 3.9.

Luego de presionar una tecla de cualquier panel del PSM, se almacena el dato respectivo de dicha acción, como se mencionan en los diagramas de flujo correspondientes, por ejemplo, en el panel interactivo de aromas, en el caso de accionar el botón de limón, el dato almacenado será 1 y se encenderá su aroma, que será reemplazado por 2 en caso de pulsar el botón de rosas, entonces, se apagará el aroma anterior y se encenderá el aroma de las rosas, por otra parte, si después se acciona el mismo botón, tan solo se apagará el mismo aroma y así sucesivamente.

3.4 ENCUESTA

3.4.1 OBJETIVO DE LA ENCUESTA

Una vez que se propusieron las actividades, se procedió a evaluar cada uno a través de encuestas online con el objetivo de medir el nivel de aceptación de las actividades propuestas para el PSM.

3.4.2 POBLACIÓN A LA QUE SE DIRIGE LA ENCUESTA

Para esto, la población elegida a nivel nacional fue toda aquella que frecuenta al menos un infante menor de 5 años de edad y tienen una mayoría de edad, debido a que ellos tienen el criterio suficiente para evaluar el presente proyecto como posibles usuarios finales.

La Ecuación 3.1 permitió la obtención del tamaño de la muestra n (al menos 273 encuestas) [38].

$$n = \frac{Z^2 * \sigma^2 * N}{N * e^2 + Z^2 * \sigma^2} \quad (3.1)$$

En donde Z es la población a la que se dirigió la encuesta (2027967 de infantes menores de 5 años), σ es la desviación estándar de la población que en este caso se asume de un 90% (equivalente a 1,65) y e es el error aceptable, en este caso del 5% (0,05) [39].

3.4.3 CUESTIONARIO

El cuestionario que se realizó posee 11 ítems adecuados para alcanzar al menos 273 formularios llenos de personas mayores de edad, quienes califican en un rango entre 1 y 4 las actividades que se realizarán en el prototipo de sala multisensorial, además existió una visualización oportuna mediante la reproducción de vídeos, ver Anexo B.

3.4.4 ANÁLISIS DE DATOS

Luego de realizar las encuestas, se recolectaron los datos más relevantes, ver Anexo C.

De acuerdo al cuestionario, se evidencia que los encuestados viven en el Ecuador, la mayoría tienen una edad comprendida entre 23 y 30 años, además, todos ellos se dedican a diversas áreas, por tanto, se tiene una visión más amplia acerca de los paneles.

De la misma forma, la mayoría opina que es conveniente que los sentidos se deben estimular adecuadamente y que es importante un servicio integrado con la tecnología.

Además, se menciona que los encuestados califican de forma positiva a las actividades de los paneles, ya que estas obtuvieron buenas calificaciones (entre 3 y 4), como se observa en la Tabla 3.10.

La última parte se refiere a sugerencias, que en resumen pronuncian concordancia con los objetivos planteados, expresiones de aceptación y mejoras que se pueden realizar en la presentación de la parte práctica del prototipo.

Tabla 3.10. Porcentaje de personas que dieron una calificación entre 1 y 4 a cada actividad [Autor]

Nombre	Tipo de ejercicio	Porcentaje			
		1	2	3	4
PIDC	Aprendizaje	0,4	10,8	42,9	45,9
	Cambio entre modos	1,9	18,5	44,0	35,5
	Localizar la fuente	0,4	15,4	45,9	38,2
	Memoria	1,2	14,7	41,7	42,5
	Conteo (1)	1,5	18,5	44,0	35,9
	Conteo (2)	3,9	18,1	43,2	34,7
	Presencia	0,0	10,8	41,3	47,9
PIS	Aprendizaje	1,2	10,8	35,1	52,9
	Localizar la fuente	0,8	10,0	40,5	48,6
	Memoria	0,8	11,2	37,8	50,2
	Conteo (1)	2,3	17,4	44,0	36,3
	Conteo (2)	2,7	17,4	44,8	35,1
	Relación causa-efecto	0,0	10,8	43,6	45,6
	Presencia	0,4	9,7	40,9	49,0
PIA	Aprendizaje (1)	1,2	10,4	40,2	48,3
	Aprendizaje (2)	0,8	13,9	46,7	38,6
	Localizar la fuente	0,8	12,4	46,3	40,5
	Secuencia	2,3	17,0	41,7	39,0
	Conteo	1,5	14,3	51,7	32,4
	Presencia	0,4	13,1	39,4	47,1
	Memoria	1,5	12,0	44,8	41,7

3.5 MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL PSM

Para dar a conocer cómo utilizar y encender los paneles se presentan un conjunto de pasos y recomendaciones para el funcionamiento óptimo de la sala.

3.5.1 PIDC

- Colocar el selector de la fuente de voltaje en la posición 3 y conectar a su entrada respectiva.
- Conectar la fuente de luz con la respectiva salida.
- Para la conexión con la aplicación, pulsar el respectivo botón y elegir el nombre del módulo (98: D3: 91: FD: 6E: C9).
- Es necesario el respectivo cuidado de la fuente de luz por su composición de vidrio.

3.5.2 PIS

- Enchufar el cable USB respectivo de la fuente o cargador.
- Conectar el parlante en la salida de sonido.

- Para la conexión con la aplicación, pulsar el respectivo botón y elegir el nombre del módulo (98: D3: 71: FD: 86: 11).

3.5.3 PIA

- Luego de llenar los envases con las mezclas de agua y esencia se procede con su encendido.
- Enchufar el cable USB respectivo de la fuente o cargador.
- Conectar las fuentes de aromas con sus salidas.
- Para la conexión con la aplicación, pulsar el respectivo botón y elegir el nombre del módulo (98: D3: 31: FB: 7F: AD).
- Al momento de realizar el cambio de la mezcla de agua y esencia, se debe tener el PIA apagado.

3.6 COSTOS DEL PSM

Para finalizar se presenta un análisis referente a los costos del PSM, primero las Tablas 3.11, 3.13, y 3.15 muestran los costos por concepto de materia prima, donde se debe mencionar que el costo de 305 metros de cable UTP está en 52 dólares, dando un total de \$0,17 cada metro, además, el valor unitario de cada elemento no incluye Impuesto al Valor Agregado (IVA).

Tabla 3.11. Costos del PIDC por concepto de materia prima [Autor]

Bloque	Elemento	Valor unitario [USD]	Unidades	Valor Total [USD]
Receptor inalámbrico	Módulo bluetooth HC-06	6,50	1	6,50
Botones de control	Microswitch	1,00	11	11,00
Procesamiento de datos	Arduino Mega 2560	20,54	1	20,54
	Placa de baquelita (70*50 mm ²)	0,60	1	0,60
	Bornera de 2 pines	0,20	1	0,20
	Resistencias: 220 (Ohms) 300 (Ohms)	0,02	1	0,02
		0,02	3	0,06
	Transistor 2N3904	0,06	3	0,19
	Fuente de voltaje	6,50	1	6,50
	Conector molex de 4 salidas	0,35	1	0,35
	Led	0,13	1	0,13
	Cable AWG 24 [m]	0,17	2	0,34
Caja de madera	5,00	1	5,00	
Fuente de luz	Caja de vidrio (12*12*12 cm ³)	6,00	1	6,00
	Encapsulado de 3 leds RGB	1,25	5	6,25
	Cable AWG 24 [m]	0,17	1	0,17
Total [USD]				63,85

Por otra parte, las Tablas 3.12, 3.14 y 3.16 poseen los precios respectivos de cada panel, donde que se obtienen de sumar los siguientes costos: por Mano de Obra (MO), consecuencia del tiempo empleado en la programación y construcción, con base en el detalle de la Tabla 3.17; los costos indirectos de fabricación, resultado de una estimación por el uso de herramientas, equipos y materiales, tales como, taladro, multímetro, cautín, pistola de silicona, pinzas, estaño, destornilladores, pegamento, impresiones, etc; y los costos de materia prima.

Tabla 3.12. Precio del PIDC [Autor]

Concepto	Valor unitario [USD]	Cantidad	Valor Total [USD]
Materia prima	63,85	1	63,85
Mano de obra directa (MOD)	3,09	20	61,77
Costos indirectos de fabricación (CIF)	5,00	1	5,00
Total [USD]			130,62

Tabla 3.13. Costos del PIS por concepto de materia prima [Autor]

Bloque	Elemento	Valor unitario [USD]	Unidades	Valor Total [USD]
Receptor inalámbrico	Módulo bluetooth HC-06	6,50	1	6,50
Botones de control	Microswitch	1,00	12	12,00
Procesamiento de datos	Arduino Uno	8,50	1	8,50
	Placa de baquelita (70*50 mm ²)	0,60	1	0,60
	Bornera de 2 pines	0,20	1	0,20
	Resistencia de 1 (kOhm)	0,02	1	0,02
	Fuente de voltaje USB	5,00	1	5,00
	Conector de audio TRS tipo hembra	0,45	1	0,45
	Cable AWG 24 [m]	0,17	2	0,34
	Conector molex de 2 salidas	0,25	1	0,25
	Módulo DFPlayer	8,04	1	8,04
	Tarjeta de memoria microSD	4,50	1	4,50
Caja de madera	5,00	1	5,00	
Fuente de sonido	Altavoz de 3W y 22 Ohms	12,00	1	12,00
Total [USD]				63,40

Tabla 3.14. Precio del PIS [Autor]

Concepto	Valor unitario [USD]	cantidad	Valor Total [USD]
Materia prima	63,40	1	63,40
Mano de obra directa (MOD)	3,09	20	61,77
Costos indirectos de fabricación (CIF)	5,00	1	5,00
Total [USD]			130,17

Tabla 3.15. Costos del PIA por concepto de materia prima [Autor]

Bloque	Elemento	Valor unitario [USD]	Unidades	Valor Total [USD]
Receptor inalámbrico	Módulo bluetooth HC-06	6,50	1	6,50
Botones de control	Microswitch	1,00	6	6,00
Procesamiento de datos	Arduino Uno	8,50	1	8,50
	Placa de baquelita (80*80 mm ²)	0,85	1	0,85
	Bornera	0,20	1	0,20
	Fuente de voltaje USB	2,00	1	2,00
	Conector molex de 6 salidas	0,45	2	0,90
	Cable AWG 24 [m]	0,17	4	0,68
	Resistencia de 10 (kOhm)	0,02	5	0,10
	Transistor 2N3904	0,06	5	0,31
	Diodos 1N4007	0,10	5	0,50
	Relé de 5VDC	0,75	5	3,75
	Caja de madera	5,00	1	5,00
Fuente de aromas	Humificador ultrasónico	3,50	5	17,50
	Esencia de aromas	2,50	5	12,50
	Caja de madera	4,00	1	4,00
Total [USD]				69,29

Tabla 3.16. Precio del PIA [Autor]

Concepto	Valor unitario [USD]	cantidad	Valor Total [USD]
Materia prima	69,29	1	69,29
Mano de obra directa (MOD)	3,09	20	61,77
Costos indirectos de fabricación (CIF)	5,00	1	5,00
Total [USD]			136,06

Luego de sumar los precios de los paneles, se obtiene un total de \$396,84, que representa el precio final del PSM, y al realizar una comparación con los costos de materiales didácticos de \$1801,50 [10, p. 218], se alcanza un ahorro significativo.

Tabla 3.17. Estimación del costo de la mano de obra [Autor]

Sueldo	Aporte personal 9,45%	Rol de pagos	12,15% aporte patronal	Décimos y vacaciones	Total a recibir	horas trabajo	Costo hora	Costo MO
\$ 400,00	\$ 37,80	\$ 362,20	\$ 48,60	\$ 83,33	\$ 494,13	160	\$ 3,09	\$ 494,13

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Luego de la investigación previa sobre los componentes de una sala multisensorial, se esquematizó de forma general cada parte del prototipo, en concordancia con sus parámetros técnicos y sus beneficios con respecto al desarrollo del infante.

Una vez que se definieron los requerimientos de cada panel, se determinaron materiales, dispositivos, elementos, equipos y herramientas para su desarrollo.

La programación y elaboración de los códigos se realizaron con base en los diagramas de flujo para conocer el funcionamiento individual de cada panel con anticipación.

Después de realizar las pruebas de funcionamiento de cada elemento, se procedió con su instalación, por ejemplo, la fuente de voltaje de la placa de Arduino del PIDC que se dispuso es de 9 voltios.

En la parte de la construcción de los paneles, primero se fijaron los elementos que ocupan más espacio, como tarjeta Arduino y teclado, para facilitar la ubicación de los demás elementos.

Los ejemplares no tuvieron interferencias notables entre sí, debido a que cada uno se orientó a la estimulación de un conjunto de sentidos, así: el PIDC se enfocó en la vista, el PIS en el oído y el PIA en el olfato.

A nivel general el prototipo de sala multisensorial alcanzo buena aceptación por parte de las personas que frecuentan niños, quienes lograron visualizar su funcionamiento y saber el conjunto de actividades que se pueden realizar con cada ejemplar mediante la utilización de tutoriales en forma de videos.

Se realizó un manual de funcionamiento básico para cada panel, con el objetivo de lograr un uso conveniente de cada uno de ellos, por parte de los usuarios y del paciente.

Se evidenció que el costo del prototipo resulta conveniente, si se comparan con otros materiales que utilizan la tecnología en menor proporción.

4.2 RECOMENDACIONES

Referente a los aspectos teóricos del presente trabajo, se sugiere el uso de libros que posean temas puntuales sobre los temas tratados a lo largo de este escrito.

Para comprobar que todos los elementos a disposición para la construcción del prototipo funcionan correctamente, se propone recurrir a los aprendizajes adquiridos durante toda la carrera, por ejemplo, la medición de parámetros eléctricos como voltajes mediante un multímetro.

Para la optimización del tiempo, se sugiere la utilización de la opción 'AI2 Companion' de App Inventor, con el cual se verifica el funcionamiento de cada aplicación sin la necesidad de descarga ni instalación.

Para una apreciación más acertada de los paneles, resultaría pertinente su comprobación en infantes de forma física.

Es adecuado la presentación de un manual de usuario para conocer cómo realizar las conexiones de cada panel, por parte del usuario.

Resultará conveniente, para futuros trabajos de titulación referentes al tema, incluir la posibilidad que un solo panel permita la realización de todas las actividades descritas en el PSM, mediante un switch o selector.

Se puede realizar un trabajo similar en un futuro con un enfoque en las personas con capacidades diferentes.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Cortés Morales, "Introducción a la ingeniería de software y los sistemas de información," in *Introducción Al Análisis de Sistemas Y la Ingeniería de Software*, 1 ed., San José, Costa Rica: EUNED, 1998, pp. 23–24.
- [2] Z. S. Illescas Carangui and D. L. Carrión Villa, "Diseño e implementación de una Sala Multisensorial para el Instituto Fiscal Especial de Invidentes y Sordos del Azuay," Universidad Politécnica Salesiana, 2011.
- [3] M. P. Palomo, "Sala De Estimulación Multisensorial Y Su Efecto En El Desarrollo Psicomotor En Niños Con Parálisis Cerebral Infantil," Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [4] Ministerio de Inclusión Económica y Social, "Más de 6 mil niñas y niños de Los Ríos reciben estimulación temprana en sus hogares," 2019. [En línea]. Available: <https://www.inclusion.gob.ec/mas-de-6-mil-ninas-y-ninos-de-los-rios-reciben-estimulacion-temprana-en-sus-hogares/>. [Último acceso: 29 06 2020].
- [5] Secretaría Técnica Plan Toda una Vida, "Primera Infancia," 2017. [En línea]. Available: <https://www.todaunavida.gob.ec/estrategia-nacional-intersectorial-para-la-primera-infancia-infancia-plena/>. [Último acceso: 29 06 2020].
- [6] Crecer, "Estimulación Temprana," 2019. [En línea]. Available: <https://www.crecer.ec/web/index.php/servicioscrecer/columns-2>. [Último acceso: 29 06 2020].
- [7] PUCHERITOS, "Centro de Estimulación Temprana PUCHERITOS," 2019. [En línea]. Available: <https://chiquitosybebes.com/centro-de-estimulacion-temprana/>. [Último acceso: 30 06 2020].
- [8] G. Avila and P. Pablo, "Diseño e implementación de una sala multisensorial basada en multiagentes con un sistema de seguimiento y evaluación automatizado," Universidad Politécnica Salesiana, 2014.
- [9] A. E. Berrezueta, M. P. Cajamarca, and V. C. Idrovo, "PROPUESTA METODOLÓGICA INTERVENTIVA BASADA EN ESTIMULACIÓN MULTISENSORIAL EN NIÑOS Y NIÑAS CON DISCAPACIDAD QUE ACUDEN AL CENTRO DE DESARROLLO INFANTIL DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA, 2015," Universidad de Cuenca, 2013.

- [10] N. E. Camacho, "Proyecto para implantar un centro de estimulación temprana bilingüe, con características internacionales para niños de 0 a 5 años y adicionalmente para niños con problemas de aprendizaje en la ciudad de Quito," Escuela Politécnica Nacional, 2008.
- [11] Universidad Internacional de Valencia, "Las aulas multisensoriales en la educación especial," 2018. [En línea]. Available: <https://www.universidadviu.com/las-aulas-multisensoriales-en-la-educacion-especial/>. [Último acceso: 22 06 2020].
- [12] J. Velasquez Gomez, "Diseño de un espacio sensorial para niños con y sin discapacidad," EAFIT, 2013.
- [13] Ortotecs, "Estimulación Multisensorial," 2018. [En línea]. Available: <https://www.ortotecs-rehabilitacionyfisioterapia.com/es/comprar-tienda-catalogo/estimulación-multisensorial-salas-snoezelen.html>. [Último acceso: 22 06 2020].
- [14] ENESO, "Salas de estimulación sensorial o Snoezelen," 2012. [En línea]. Available: <https://www.eneso.es/blog/salas-de-estimulacion-sensorial-o-snoezelen/>. [Último acceso: 23 06 2020].
- [15] D. Reinoso, "Televisión analógica a color," Quito, Ecuador, 2018.
- [16] Ortotecs, "Salas multisensoriales Snoezelen (Espacio de luces, olores, sonidos y colores).," 2018.
- [17] Grupo Planeta, "Color: curso de dibujo y pintura," 2006. [En línea]. Available: <https://books.google.com.ec/books?id=fyOrMKTEjqQC&printsec=frontcover&dq=color&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjTxMrfjqHqAhUjneAKHdIDB9YQ6AEwCHoECACQAg#v=onepage&q=color&f=false>. [Último acceso: 26 06 2020].
- [18] O. Carreras Montoto, "Reseña: 'Psicología del color' de Eva Heller," 2008. [En línea]. Available: <https://olgacarreras.blogspot.com/2008/11/resea-psicologa-del-color-de-eva-heller.html>. [Último acceso: 28 06 2020].
- [19] R. A. Serway and J. W. Jewett, *Física, Vol. 1*, 7ma ed. 2008.
- [20] F. Miyara, "Soporte teórico, Acústica y Sistemas de Sonido," vol. 1, pp. 2–121, 2018.
- [21] C. G. Morris and A. A. Maisto, *Introducción a la psicología*, 12ma ed. Naucalpan de Jauárez: Pearson Prentice Hall, 2005.
- [22] M. G. Muñoz Galindo and D. P. Ortiz Campoverde, "DISEÑO INTERIOR DE AULAS

MULTISENSORIALES INTERACTIVAS PARA UNA EDUCACIÓN INCLUSIVA
CASO: Niños con parálisis cerebral leve de 3 a 7 años,” Universidad del Azuay,
2019.

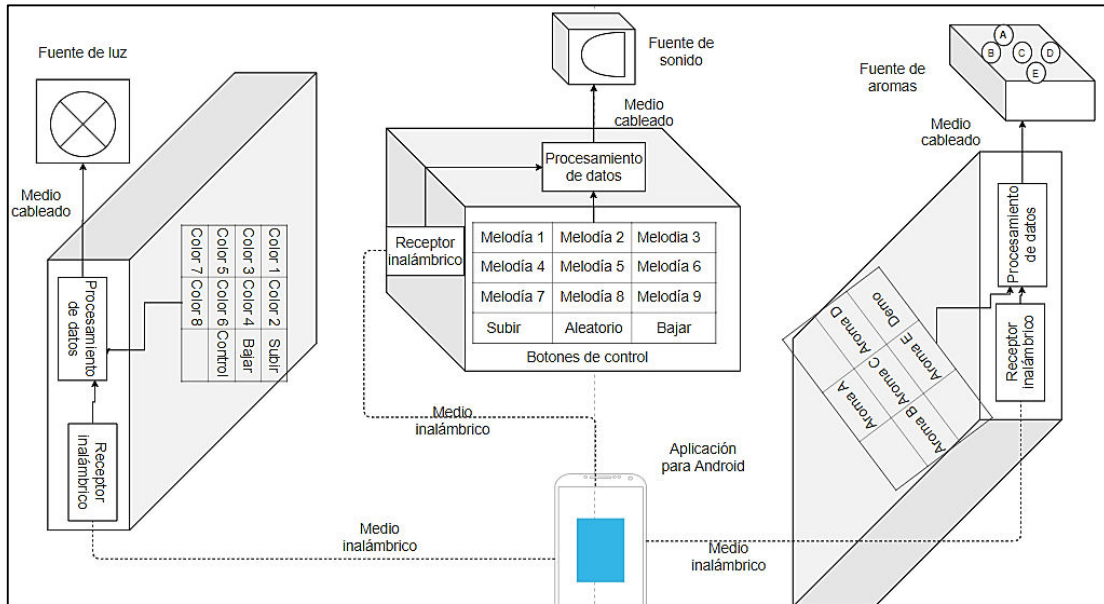
- [23] Cisco, “Capítulo 3: Protocolos y comunicación de red,” p. 6, 2016. [En línea]. Available: https://www.uv.mx/personal/angelperez/files/2019/02/CCNA_ITN_Ch3.pdf. [Último acceso: 02 05 2020].
- [24] Labcenter Electronics, “Diseño de PCB y software de simulador de circuitos - Proteus,” 2020. [En línea]. Available: <https://www.labcenter.com/>. [Último acceso: 03 07 2020].
- [25] M. Banzi, “How Arduino is open-sourcing imagination,” 2012. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=UoBUXOOdLXY&feature=youtu.be>. [Último acceso: 01 07 2020].
- [26] ARDUINO, “Arduino - Comenzando,” 2020. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage>. [Último acceso: 01 07 2020]
- [27] ARDUINO, “Arduino Reference,” 2020. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/reference/en/#structure>. [Último acceso: 01 07 2020]
- [28] ARDUINO, “Arduino - Tutorials,” 2020. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/HomePage>. [Último acceso: 01 07 2020].
- [29] MIT APP INVENTOR, “About Us,” 2020. [En línea]. Available: <http://appinventor.mit.edu/about-us>. [Último acceso: 03 07 2020].
- [30] Epaprendiendoya, “Introducción bloques app inventor 2 - YouTube,” 2017. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=h5pFRqLmWsw>. [Último acceso: 04 07 2020].
- [31] D. A. Velastegui Villamarín, “PROTOTIPO PARA EL SISTEMA DE NOTIFICACIÓN DE LLEGADA DE BUSES Y AVISO DE PARADAS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL,” Escuela Politécnica Nacional, 2016.
- [32] C. A. Reyes, *Microcontroladores PIC Programación en Basic*, 3ra ed. Quito: RISPERGRAF, 2008.
- [33] ARDUINO, “Arduino - Productos,” 2020. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>. [Último acceso: 01 07 2020]

- [34] P. Martha Cecilia, "Bluetooth," vol. 1, pp. 2–12, 2017.
- [35] DFRobot, "DFPlayer Mini," 2020. [En línea]. Available: https://wiki.dfrobot.com/DFPlayer_Mini_SKU_DFR0299. [Último acceso: 05 07 2020].
- [36] M. Giovani and R. Vargas, "Pantalla Multi-LED RGB conectada al IoT (Internet of Things) controlada via aplicación Android," pp. 19–26, 2017.
- [37] Electrónica PZT, "Piezoelectic atomizador fabricantes y empresa," 2020. [En línea]. Available: <http://es.piezodisc.com/mist-generation/piezo-microporous-atomizer/piezoelectic-atomizer.html>. [Último acceso: 07 07 2020].
- [38] QuestionPro Software de Encuestas, "¿Cómo determinar el tamaño de la muestra de una investigación?" [En línea]. Available: <https://www.questionpro.com/blog/es/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra/>. [Último acceso: 14 09 2020].
- [39] INEC, "En Ecuador hay 4,3 millones de niños y niñas," 2013. [En línea]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/en-ecuador-hay-43-millones-de-ninos-y-ninas/>. [Último acceso: 14 09 2020].

ANEXOS

ANEXO A

Ubicación del prototipo de sala multisensorial (diseño y ubicación física).



ANEXO B

Cuestionario aplicado.

Cuestionario sobre actividades en una Sala Multisensorial

Objetivo: Medir el nivel de aceptación de un conjunto de actividades propuestas para la estimulación temprana en una sala multisensorial.

Terminología:

Una sala multisensorial se conoce como el lugar con elementos adecuados que ayuda a la evolución de los sentidos corporales, con el objetivo de alcanzar habilidades sociales, intelectuales y cognitivas.

El conjunto de actividades que se aplican con base científica para maximizar las capacidades físicas y mentales de un infante se conoce como estimulación temprana.

Instrucciones:

Lea detenidamente cada pregunta y responda según se solicita.

¡Gracias por su colaboración!

***Obligatorio**

1. Dirección de correo electrónico *

Datos generales

2. ¿En qué rango se encuentra su edad?

Marca solo un óvalo.

Entre 18 y 22 años

Entre 23 y 30 años

31 años o más

3. ¿Dónde es su lugar de residencia habitual? (Provincia, ciudad/cantón, barrio/zona)

4. ¿Cuál es el área de ocupación donde se desenvuelve? *

Marca solo un óvalo.

- Enseñanza/Docencia
- Medicina/Salud
- Administración/Contabilidad/Comercio
- Informática/Electrónica
- Investigación
- Otro: _____

5. ¿Qué tanto frecuenta niños menores de 5 años? (1 es muy poco, 2 es poco, 3 es algo, 4 es mucho) *

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Relación con la estimulación temprana

6. Entre 1 y 4, donde 4 es el nivel más alto y 1 el más bajo, ¿qué tanto se debería estimular cada sentido en el infante que Ud. más frecuenta? *

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4
Sentido de la vista	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sentido del oído	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sentido del olfato	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sentido del tacto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sentido del gusto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. De acuerdo a su criterio, ¿qué tan importante tiene un servicio que integre la estimulación temprana con la tecnología? (1 es el grado de importancia más bajo y 4 el más alto) *

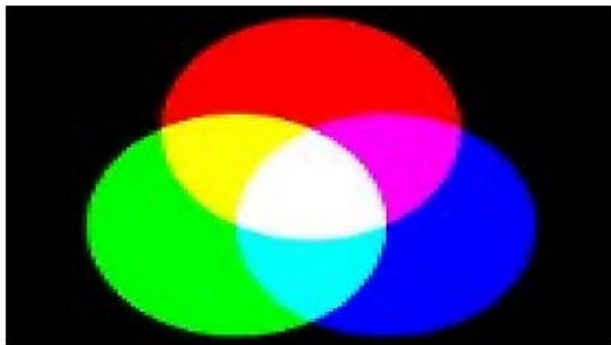
Marca solo un óvalo.

1	2	3	4
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Panel interactivo de
colores (PIDC)

Los paneles que se muestran a continuación también funcionan a través de una aplicación.

El presente video contiene el funcionamiento del ejemplar PIDC



[v=chR5qHcQNYc](http://youtube.com/watch?v=chR5qHcQNYc)

<http://youtube.com/watch?>

8. Entre 1 y 4, donde 4 es el nivel más alto y 1 el más bajo, ¿qué tan adecuada cree que es cada actividad que el infante realizará con el PIDC? *

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4
Aprenderá y/o reconocerá 8 colores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Observará similitudes y diferencias entre los modos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Se identificarán las respuestas del paciente ante un cambio de color	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ubicará una tecla con los dedos, lo presionará y luego verificará el efecto causado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
En el modo manual, se realizarán ejercicios de conteo entre 1 y 5 de forma ascendente o descendente si se sube o se baja el brillo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Asociará un número a cada color y se ejercitará el conteo entre el 1 y el 8	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Determinará la presencia y ausencia de luz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Panel interactivo de sonidos (PIS)

El presente vídeo contiene el funcionamiento del ejemplar PIS



[v=k208bn79gos](http://youtube.com/watch?v=k208bn79gos)

<http://youtube.com/watch?>

9. Entre 1 y 4, donde 4 es el nivel más alto y 1 el más bajo, ¿qué tan adecuada cree que es cada actividad que el infante realizará con el PIS? *

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4
Aprenderá y/o reconocerá 9 melodías	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Se observará la respuesta del paciente ante el cambio de melodía	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reconocerá la imagen de quién produce una de entre 9 melodías (con el botón aleatorio)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Asociará un número a cada color y se ejercitará el conteo entre 1 y 9	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Asociará un número a un nivel de volumen y se ejercitará el conteo entre 1 y 5	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ejecutará una acción cuando la fuente reproduzca un sonido, por ejemplo: el paciente imitará la melodía	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Determinará la presencia y ausencia de melodías	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Panel interactivo de aromas (PIA)

El presente vídeo contiene el funcionamiento del ejemplar PIA



[v=VJ_Nu8Y76Ys](https://www.youtube.com/watch?v=VJ_Nu8Y76Ys)

<http://youtube.com/watch?>

10. Entre 1 y 4, donde 4 es el nivel más alto y 1 el más bajo, ¿qué tan adecuada cree que es cada actividad que el infante realizará con el PIA? *

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4
Aprenderá y/o reconocerá 5 aromas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aprenderá y/o reconocerá las figuras de las teclas y de la fuente de aromas (círculos y rectángulos)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Se observará la respuesta del infante ante el cambio de aroma y posición de la fuente encendida	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Con un botón exclusivo se generará una secuencia de aromas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Asociará un número a cada aroma y se ejercitará el conteo entre 1 y 5	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Determinará la presencia y ausencia de aromas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Establecerá diferencias y semejanzas entre los paneles	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Sugerencias

11. ¿Qué actividades cambiaría o añadiría en los paneles mencionados?

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

ANEXO C

Datos recolectados de la encuesta.

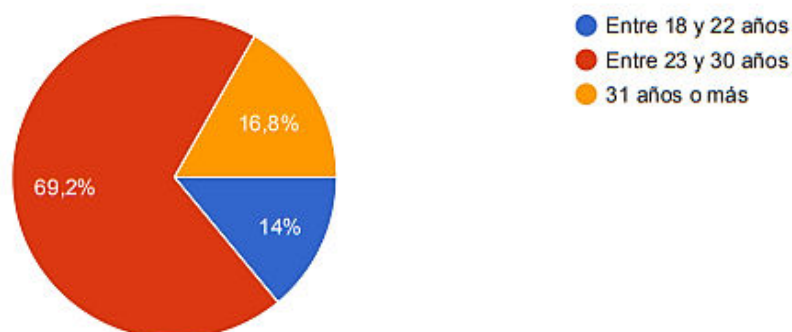
Actividades en una Sala Multisensorial

Preguntas **Respuestas** 287

287 respuestas

¿En qué rango se encuentra su edad?

286 respuestas



¿Dónde es su lugar de residencia habitual? (Provincia, ciudad/cantón, barrio/zona)

287 respuestas

Pichincha, Quito sector itchimbia

Guayas, guayaquil, tarqui, cdla. Modelo

Cotopaxi/latacunga/juan Montalvo/SAn Martin

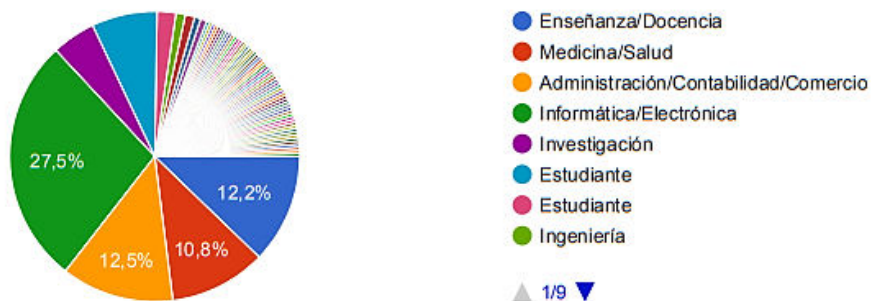
Pichincha, Quito, Santa Rita

Pichincha/Quito/Loma de Puengasí/Sur de Quito

SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS

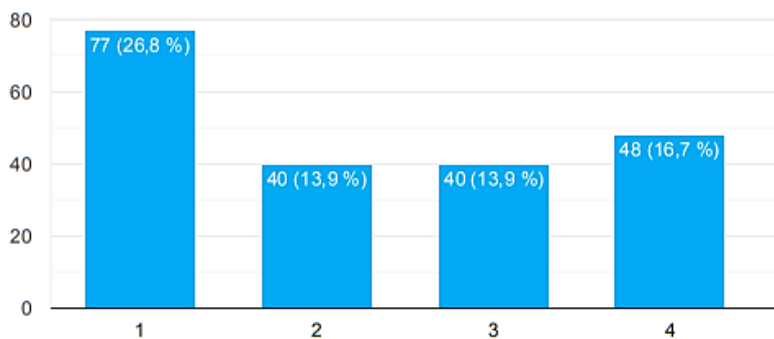
¿Cuál es el área de ocupación donde se desenvuelve?

287 respuestas



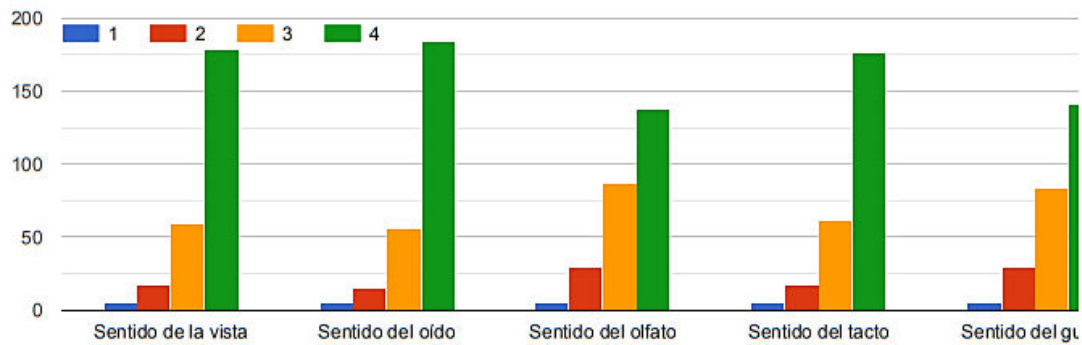
¿Qué tanto frecuenta niños menores de 5 años? (1 es muy poco, 2 es poco, 3 es algo, 4 es mucho)

287 respuestas



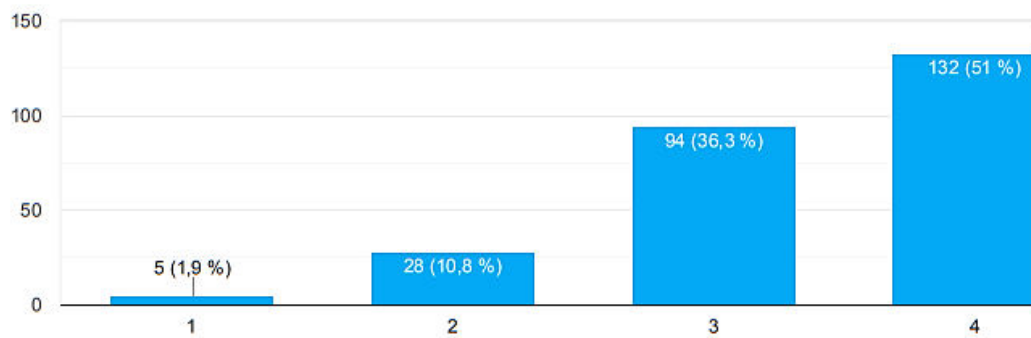
Relación con la estimulación temprana

Entre 1 y 4, donde 4 es el nivel más alto y 1 el más bajo, ¿qué tanto se debería estimular cada sentido en el infante que Ud. más frecuenta?



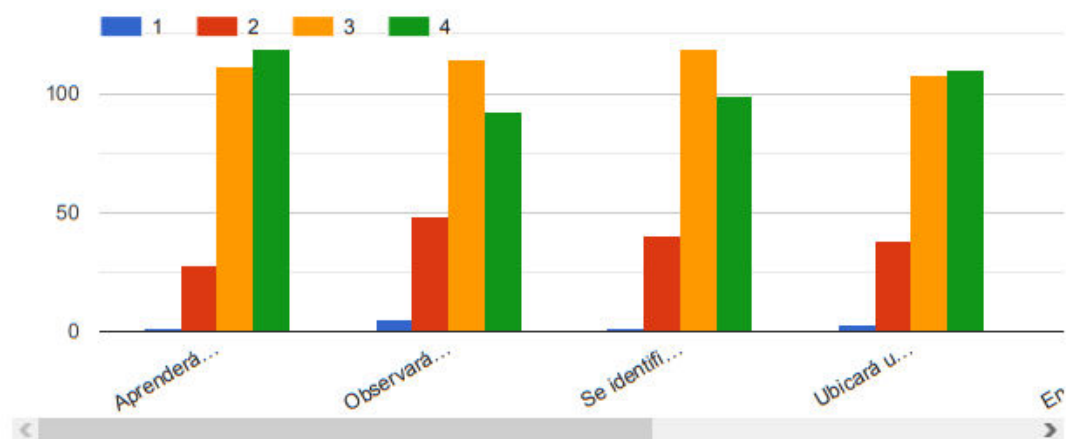
De acuerdo a su criterio, ¿qué tan importante tiene un servicio que integre la estimulación temprana con la tecnología? (1 es el grado de importancia más bajo y 4 el más alto)

259 respuestas



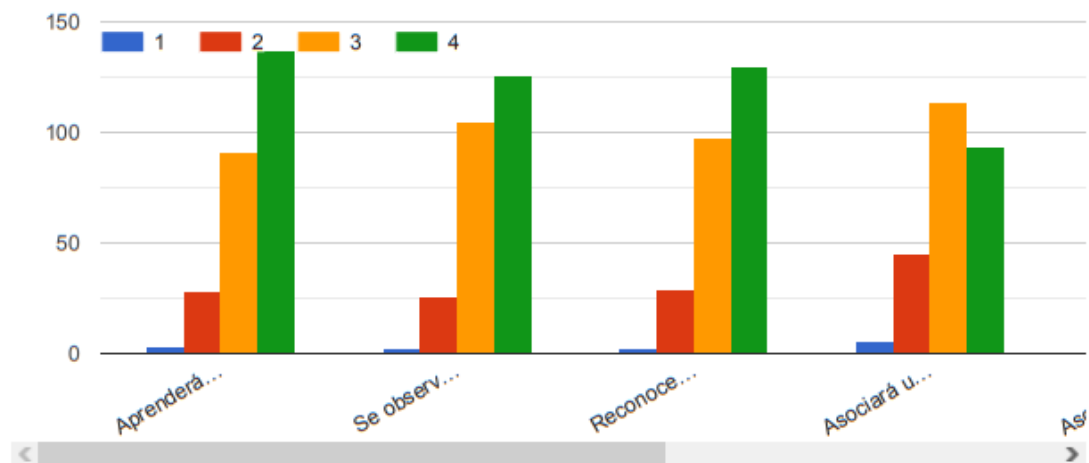
Panel interactivo de colores (PIDC)

Entre 1 y 4, donde 4 es el nivel más alto y 1 el más bajo, ¿qué tan adecuada cree que es cada actividad que el infante realizará con el PIDC?



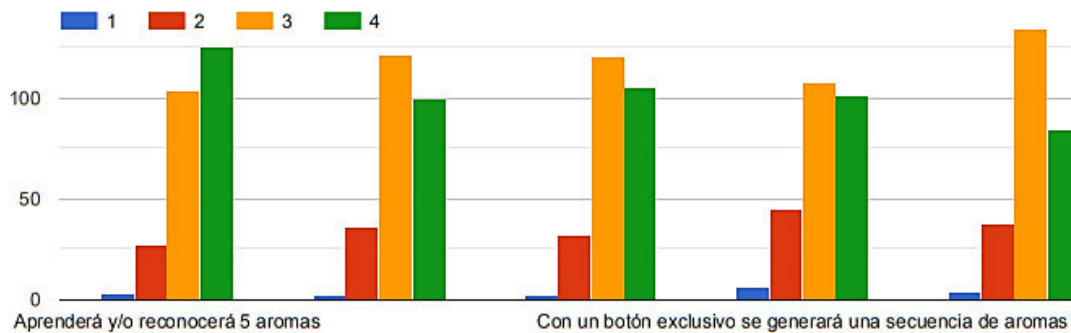
Panel interactivo de sonidos (PIS)

Entre 1 y 4, donde 4 es el nivel más alto y 1 el más bajo, ¿qué tan adecuada cree que es cada actividad que el infante realizará con el PIS?



Panel interactivo de aromas (PIA)

Entre 1 y 4, donde 4 es el nivel más alto y 1 el más bajo, ¿qué tan adecuada cree que es cada actividad que el infante realizará con el PIA?



Sugerencias

¿Qué actividades cambiaría o añadiría en los paneles mencionados?

161 respuestas

mejorar la estructura

Planes de entretenimiento didáctico

NINGUNA me parece una buena estrategia porque los niños no salen al campo y de esta manera pueden simular las cosas de mejor manera

Que la salida del humo no sea tan fuerte ni muy concentrada, para evitar que causea alguna reacción en niños propensos a enfermedades respiratorias

Considero que aportaría de mejor manera el sistema, si es único y posee un switch que ejecute el cambio para cada sentido. Excelente trabajo.

Aromas

Algo relacionado a la pandemia ,normas de aseo , nose , pero esta muy bien excelente

Los colores son muy radiantes, tal vez eso afecte a la vista o el niño no pueda observarlos bien

ORDEN DE EMPASTADO