



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

“Implementación de un equipo electrónico para soporte a la estimulación multisensorial: visual, auditiva, de memoria y atención en niños de 2 a 5 años del CEIAP.”

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

Autores:

MANUEL ALEJANDRO ALVARADO ALVARADO

JORGE RENE PRADO MONGE

Director:

Mst. OMAR ALVARADO

CUENCA, ECUADOR

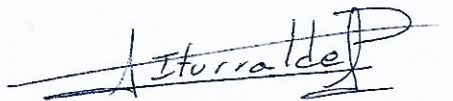
2019

Implementación de un equipo electrónico para soporte a la estimulación multisensorial: visual, auditiva, de memoria y atención en niños de 2 a 5 años del CEIAP.

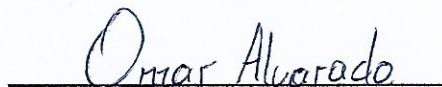
RESUMEN

Este artículo presenta la implementación de un equipo electrónico para soporte a la estimulación multisensorial, se inicia con un breve estudio bibliográfico sobre el tema, beneficios, clases de salas multisensoriales, se describe un modelo de análisis de software donde se da a conocer el funcionamiento detallado del equipo, se expone las herramientas para el desarrollo del software y lenguajes de programación utilizados, se muestra los resultados obtenidos del equipo tanto en hardware y software, así como resultados al utilizar el equipo con niños de 2 a 5 años, quienes presentaron una mejoría en las áreas de comunicación expresiva y motora.

Palabras clave: estimulación multisensorial, necesidad educativa, sistemas embebidos.



Ing. Daniel Iturralde Piedra. Ph.D.
Coordinador de Carrera.



Mst. Omar Alvarado
Director de Trabajo de Titulación



Alejandro Alvarado Alvarado
Autor



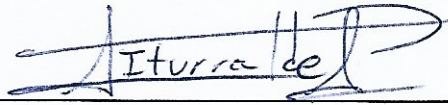
Jorge Prado Monge
Autor

Implementation of an electronic equipment to support multisensory stimulation: visual, auditory, memory and attention in children from 2 to 5 years from CEIAP.

ABSTRACT

This article presents the implementation of an electronic equipment to support multisensory stimulation. It began with a brief bibliographical study. The benefits, classes of multisensory rooms and a software analysis model were described. The detailed operation of the equipment was presented, the tools used for software development and programming languages were exposed. The results obtained from the equipment are shown both in hardware and software, as well as results when using the equipment with children from 2 to 5 years old, who presented an improvement in the areas of expressive and motor communication.


Keywords: multisensory stimulation, educational need, embedded systems.



Ing. Daniel Iturralde Piedra. Ph.D.
Faculty Coordinator



Mst. Omar Alvarado
Thesis Director



Alejandro Alvarado Alvarado
Author



Jorge Prado Monge
Author

Implementación de un equipo electrónico para soporte a la estimulación multisensorial: visual, auditiva, de memoria y atención en niños de 2 a 5 años del CEIAP.

A. Alvarado-Alvarado, J. Prado-Monge
Escuela de Ingeniería Electrónica, Universidad del Azuay, UDA
Cuenca, Ecuador
alejandroalvarado@ieee.org, jorgeprado1992@gmail.com

Resumen. - Este artículo presenta la implementación de un equipo electrónico para soporte a la estimulación multisensorial, se inicia con un breve estudio bibliográfico sobre el tema, beneficios, clases de salas multisensoriales, se describe un modelo de análisis de software donde se da a conocer el funcionamiento detallado del equipo, se exponen las herramientas para el desarrollo del software y lenguajes de programación utilizados, se muestran los resultados obtenidos del equipo tanto en hardware y software, así como resultados al utilizar el equipo con niños de 2 a 5 años, quienes presentaron una mejoría en las áreas de comunicación expresiva y motora.

Palabras Clave. – estimulación multisensorial, necesidad educativa, sistemas embebidos.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen escasas instituciones educativas a nivel local que aplican herramientas tecnológicas con el objeto de desarrollar los sentidos y potenciar diversas capacidades, debido a que existe una falta de integración entre las TICs y el proceso de enseñanza-aprendizaje, al costo elevado que poseen algunos equipos y a la falta de personal capacitado que los maneje adecuadamente.

Existen niños alrededor del mundo que presentan diferentes necesidades educativas, las cuales pueden estar o no asociadas a algún tipo de discapacidad, a causa de esto los niños no pueden seguir un sistema de educación normal, por lo que no desarrollan las aptitudes necesarias para su correcto desenvolvimiento educativo.

La estimulación sensorial por medio de los sentidos es recomendada para niños de todas las edades, debido a que el ingreso de información del entorno que nos rodea se produce mediante el sistema nervioso, a través de los sentidos, el cual responde con sensaciones y percepciones, de esta manera se logra un beneficio en niños y se les proporciona una visión práctica del mundo que los rodea. De la misma manera beneficia el desarrollo del razonamiento, inteligencia y lenguaje, mejora vínculos con otras personas, favorece la relación física, así como la exploración del mundo interior y exterior del niño, entre otros beneficios [1].

Las salas de estimulación multisensorial, también llamadas “snoezelen”, son recursos que permiten trabajar la parte sensorial por medio de la acción y experimentación, de esta manera suponen un cambio en la metodología de estimulación en niños, estas salas están relacionadas con un entorno, por lo que se basan en la creación de espacios que poseen estímulos, los cuales favorecen la

percepción de sensaciones y permiten adquirir conocimiento por medio del descubrimiento [2].

Existen tres tipos de salas multisensoriales: salas blancas, donde prima el color blanco y cuyo objetivo principal es conseguir un ambiente relajado con estimulación pasiva; salas negras, donde el objetivo es facilitar el aprendizaje, el movimiento y la estimulación por medio de luz negra y los colores que resaltan bajo su enfoque, estas mejoran el aprendizaje, semántica, orientación espacial y temporal, entre otros; salas de aventuras, cuyo objetivo principal es trabajar la estimulación perceptiva y motora por medio de diferentes materiales como cuerdas, pelotas, paneles, entre otros [3]. En la Fig. 1 se observan los tres tipos de salas multisensoriales existentes, descritas en el siguiente orden sala blanca, negra y de aventura.



Fig. 1. Sala Negra obtenido de:

<http://www.eneso.es/blog/salas-de-estimulacion-sensorial-o-snoezelen/>

En virtud de lo expuesto nace la idea de crear una herramienta tecnológica que ayude a solventar las diversas necesidades educativas que poseen niños entre los 2 y 5 años de edad, que presenten algún tipo de necesidad educativa asociada o no a una discapacidad, por lo que se pretende crear un equipo que ayude a potenciar diversas capacidades, mejorar aptitudes sensoriales y perceptivas, que esté al alcance de la gran mayoría de centros educativos y en consecuencia ayude a mejorar la calidad de vida de sus usuarios, de esta manera se genera la interrogante ¿Cómo implementar un equipo electrónico que permita estimular diversas aptitudes sensoriales, tales como auditivas, visuales, de memoria y atención en niños de 2 a 5 años?

Se trata de un proyecto innovador, experimental e interdisciplinario. Para la elaboración y ejecución de este estudio se contará con la colaboración de estudiantes de la Escuela de Educación Especial de la Facultad de Filosofía, quienes contarán con un programa planificado de estimulación multisensorial, se contará también con la colaboración del Centro de Estimulación Integral y apoyo Psicoterapéutico de la Universidad del Azuay (CEIAP) [4], que cuenta con 26 años de servicio orientado a niños entre 2 y 5 años que poseen algún tipo de necesidad educativa asociada o no a una discapacidad.

II. ESTADO DEL ARTE

El artículo llamado “Game-based Idioms learning system implementation research” realizado por los autores Yu-Chen Liang y otros, pertenecientes al departamento de informática aplicada y multimedia de la Universidad de Farmacia y Ciencia Chia-Nam, muestran el diseño de un juego orientado a estudiantes de primaria, el cual tiene la finalidad de emplear la tecnología para desarrollar una nueva forma de enseñar modismos y brindar una estructura de enseñanza de expresiones idiomáticas digitales por medio de estímulos visuales y auditivos, el juego consiste en diferentes niveles de dificultad. Inicialmente se brinda al alumno un diccionario con las palabras a usar en el nivel actual, posteriormente el jugador debe resolver un problema a través de las palabras, en donde el nivel de dificultad va en aumento a medida que avanzan los diferentes niveles. El juego se probó con treinta y tres alumnos de quinto de primaria y los resultados obtenidos se registraron para su posterior análisis, la investigación muestra que la aplicación de un juego en el proceso de aprendizaje de idiomas mantiene al usuario interesado y motivado debido a que recibe retroalimentación positiva, se concluye que los estudiantes quedaron satisfechos con esta nueva forma de enseñanza de modismos. [5]

Un estudio denominado “Designing for Engagement; Tangible Interaction in Multisensory Environments”, elaborado por los autores Héctor A. Caltenco y Henrik Svarrer, pertenecientes al departamento de Ciencias del Diseño, LTH de Suecia, muestran como la práctica pedagógica basada en entornos multisensoriales (MSE/Snoezelen) incorpora diversos entornos y artefactos sensoriales, los cuales proporcionan diferentes experiencias en personas que sufren de discapacidades cognitivas, logrando conseguir que estás encuentren la calma y puedan desarrollarse en el mundo que los rodea, adicional a esto el artículo muestra diseños tomados del proyecto SID (sid.desiing.org) en el cual participaron veinte y cuatro niños con discapacidades profundas de desarrollo y tres instituciones de MSE. Entre los diseños que se exponen se tienen:

- “Botón Animado” el cual consiste un sensor capacitivo conectado a una tira de LED’s RGB una tarjeta Arduino y un motor paso a paso, todo contenido en una caja de madera, ésta proporciona diferentes efectos visuales y vibraciones previamente configurados, de esta manera se proporciona estimulación visual y táctil según el grado de interacción del niño con la caja.
- “Almohada Maleable”, la cual consiste en un tejido blanco semitransparente que contiene grupos de luces LED, rodeado de materiales de embalaje ruidosos, cada grupo de LED’s contiene un micrófono que

capta los sonidos de los materiales, posteriormente se amplifica esta señal y se la lleva como entrada a una tarjeta Arduino, la intensidad de luz aumentará gradualmente en la zona presionada, también se ha comprobado que el equipo logra llamar la atención debido a que los micrófonos logran captar sonidos fuertes a distancia, de esta manera se consigue retroalimentación positiva en la interacción del niño con la almohada.

El estudio muestra que los diferentes equipos elaborados permiten estimular diversas áreas de manera más dinámica sin perder el interés del niño en todo momento. [6]

Un estudio llamado “Multisensory Experiences in HCI”, realizado por los autores Mariana Obrist y otros, pertenecientes a la Universidad de Sussex, muestran que la interacción hombre – computadora (HCI) puede proporcionar un enfoque novedoso al combinar los diferentes sentidos humanos con experiencias multisensoriales y el impacto que estas pueden llegar a tener en la sociedad. En el escrito se expone diferentes ejemplos como un atuendo de aroma interactivo que se observa en forma de vestido, el cual emite una selección de aromas dependiendo el estado de ánimo de una persona, también se muestra que experiencias multisensoriales satisfactorias son de particular interés para museos y galerías de arte, debido a que estas buscan atraer a nuevos visitantes, se propone que la interacción multisensorial en conjunto con pantallas dinámicas y componentes interactivos poseen un gran impacto en los usuarios, adicional a esto se explica la importancia que posee el sentido del tacto, gusto y olfato, por lo que por medio de éstos se percibe una amplia variedad de sensaciones, que se relacionan directamente con emociones y recuerdos, que pueden ser estimulados positivamente. [7]

El artículo llamado “Comparing the Effects of Multisensory Stimulation and Individualized Music Sessions on Elderly People with Severe Dementia: A Randomized Controlled Trial”, realizado por los autores Sánchez, Maseda y otros, pertenecientes al Departamento de Medicina, Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Coruña España, exponen un estudio en el cual su objetivo principal es comparar efectos de entornos de estimulación multisensorial (MSSE) y sesiones de música individualizada sobre la agitación, estado cognitivo y emocional así como el grado de demencia en pacientes diagnosticados con demencia grave. Se dividió de manera aleatoria a veinte y dos pacientes diagnosticados con demencia grave o muy grave en dos grupos, MSSE y sesiones de música individualizada, quienes recibieron sesiones semanales de treinta minutos durante un período de 16 semanas, los pacientes pertenecientes al grupo de MSSE recibieron sesiones en una sala snoezelen, que incluía diversos elementos como columnas de burbujas, selecciones musicales, cama de agua, equipos de aromaterapia con aceites aromáticos, cables de fibra de color alterno y un tablero táctil con diversas texturas, la intervención realizada en este grupo fue hecha en base a características que definen entornos de estimulación multisensorial, de esta manera los pacientes obtuvieron estimulación táctil, olfativa, auditiva y

visual, donde los terapeutas realizaron un enfoque no directivo, lo que motivó a las pacientes a participar con estímulos sensoriales a su elección. Para realizar la validación del estudio se evaluó a los pacientes al inicio y al final del mismo, los resultados mostraron que el grupo de pacientes de MSSE presentó una mejoría significativa en comparación con el grupo de sesiones de música individualizada, por lo que el estudio concluye que MSSE tiene un mayor grado de efectividad en pacientes que sufren de ansiedad y demencia severa. [8]

III. MODELO DE ANÁLISIS DEL SISTEMA

Para la creación del modelo de análisis tanto de la interfaz principal como de la aplicación web se utiliza el lenguaje gráfico UML (Lenguaje Unificado de Modelado).

A continuación, las Tablas I – VIII describen: los requisitos funcionales del sistema que indican las tareas que puede realizar; los requisitos no funcionales que son sus características generales; Las Tablas IX – XII describen las referencias que son las funciones desarrolladas en la programación para el software; la Fig. 2 expone el diagrama de actores que exhibe las personas que interactúan con el sistema, la Fig. 3 el diagrama de casos de uso que da a conocer las acciones que pueden realizar el administrador, y Fig. 4 que presenta las actividades que el profesor y estudiante pueden realizar.

A. Requisitos Funcionales

TABLA I
REQUISITO FUNCIONAL 1

Denominación	RF1
Título	Manejo y detección de sonidos
Especificación	Selección y carga un nuevo sonido
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> Se puede cambiar los sonidos de los pulsantes Se puede reproducir los sonidos por defecto o los agregados

Fuente: Alvarado, Prado, 2018

TABLA II
REQUISITO FUNCIONAL 2

Denominación	RF2
Título	Manejo, detección y generación de secuencia
Especificación	Generar secuencia de dos a cuatro sonidos
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> Seleccionar secuencia a generar Seleccionar sonidos Reproducir y eliminar secuencia

Fuente: Alvarado, Prado, 2018

TABLA III
REQUISITO FUNCIONAL 3

Denominación	RF3
Título	Tareas que puede realizar el estudiante
Especificación	Interacciones con el sistema
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> El estudiante puede realizar cualquier prueba. Se puede obtener los resultados al finalizar cada tarea y almacenarlos en la base de datos correspondiente.

Fuente: Alvarado, Prado, 2018

TABLA IV
REQUISITO FUNCIONAL 4

Denominación	RF4
Título	Tareas que puede realizar el profesor
Especificación	Interacciones con el sistema
Descripción	<p>El profesor puede:</p> <ul style="list-style-type: none"> Generar secuencias de dos, tres y cuatro sonidos Reproducir y eliminar secuencias Cargar nuevos sonidos a los pulsantes Reproducir los sonidos cargados y por defecto Observar los datos recogidos en la base de datos Configurar el encendido o apagado de las tiras LED

Fuente: Alvarado, Prado, 2018

TABLA V
REQUISITO FUNCIONAL 5

Denominación	RF5
Título	Visualización de la aplicación
Especificación	Ejecución de la aplicación
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> La interfaz principal se ejecuta como cualquier otra aplicación de PC, al ser desarrollada para una pantalla táctil de 7 pulgadas su uso se asemeja a cualquier aplicación Android La aplicación Android ha sido desarrollada y optimizada para ejecutarse en una Tablet con una pantalla de 7 pulgadas

Fuente: Alvarado, Prado, 2018

TABLA VI
REQUISITO FUNCIONAL 6

Denominación	RF6
Título	Pruebas
Especificación	Realización de la prueba
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> • Se trabaja con un estudiante a la vez • Se ingresan el nombre del estudiante a evaluar • El estudiante debe oír el sonido o secuencia generada y procede a replicar lo escuchado interactuando con los pulsantes • No posee un límite de intentos, si logra acertar los resultados se guardan en la base de datos correspondiente

Fuente: Alvarado, Prado, 2018

TABLA VII
REQUISITO FUNCIONAL 7

Denominación	RF7
Título	Resultados
Especificación	Verificación de resultados
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> • El profesor puede observar los resultados de todos los estudiantes evaluados • Puede buscar al estudiante por su nombre y filtrar sus resultados • Puede eliminar los resultados de uno o todos los estudiantes.

Fuente: Alvarado, Prado, 2018

TABLA VIII
REQUISITO FUNCIONAL 8

Denominación	RF8
Título	Base de Datos
Especificación	La aplicación Android cuenta con una base de datos para almacenar los resultados obtenidos con cada estudiante
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> • En la base de datos se almacena: tiempo de reacción, número de intentos, pulsante y secuencia generada • Los resultados se pueden consultar en cualquier momento incluyendo al iniciar la aplicación • El profesor puede consultar todos los resultados obtenidos con cada estudiante

Fuente: Alvarado, Prado, 2018

Funcionalidad: A fin de minimizar lo más posible los errores del sistema cuando se realicen las pruebas la interfaz principal y la aplicación Android, han pasado por distintas actualizaciones en donde, también se ha tomado en cuenta las mejoras solicitadas por los profesores del CEIAP.

Simplicidad: Tanto en la interfaz principal como en la aplicación android los elementos (Botones, Campos de Texto, Etiquetas) están correctamente distribuidos y se pueden distinguir fácilmente.

Flexibilidad: Si se requieren pruebas de un mayor grado de complejidad se pueden crear secuencias de más de cuatro sonidos, debido a que el sistema está diseñado para acceder y modificar fácilmente su código fuente sin que el funcionamiento del hardware y software resulten afectados.

Portabilidad: La aplicación android está optimizada para ejecutarse en cualquier tablet de siete pulgadas, pero puede ser modificada para adaptarse a cualquier dispositivo con sistema operativo android.

Confiabilidad: La aplicación android mantiene correctamente la comunicación bluetooth con la interfaz principal y viceversa con lo cual los datos recogidos en las evaluaciones se almacenan correctamente en la base de datos.

Tiempo de respuesta: Rápida detección de pulsantes, generación de secuencias y reproducción de sonidos debido a pruebas realizadas anteriormente.

C. Referencias

TABLA IX
FUNCIONES DE MANEJO DE SONIDOS.

Requisito	Clase
Reproducción sonidos cargados por defecto y de secuencia	Visible
Asignar nuevos sonidos a los pulsantes	Visible
Creación de secuencia	Visible

Fuente: Alvarado, Prado, 2018

TABLA X
FUNCIONES DE COMUNICACIÓN BLUETOOTH

Requisito	Clase
Permitir la comunicación entre las dos interfaces	Visible
Almacenamiento de resultados tomados de cada prueba en la base de datos	Secreto

Fuente: Alvarado, Prado, 2018

B. Requisitos no Funcionales

Usabilidad: El uso de la interfaz principal es muy fácil debido a que su diseño y disposición es similar al de cualquier aplicación android. Además, la aplicación móvil cuenta con una vista central desde la cual se controla y gestiona el sistema de estimulación multisensorial.

TABLA XI
FUNCIONES DE REALIZACIÓN DE PRUEBA

Requisito	Clase
El profesor ingresa el nombre del estudiante a evaluar	Visible
El profesor crea secuencias de dos, tres y cuatro sonidos.	Visible
El profesor inicia la prueba y el estudiante escucha el sonido o secuencia a repetir.	Visible
Se calcula el tiempo e intentos	Secreto
Se da un estímulo auditivo y visual al estudiante al acertar	Visible
Los resultados se guardan en la base de datos	Secreto
El profesor puede visualizar los resultados en la base de datos	Visible

Fuente: Alvarado, Prado, 2018

TABLA XII
FUNCIONES DE USO DE BASE DE DATOS

Requisito	Clase
Presentar los resultados de la base de datos recientes e históricos.	Visible
Presentar los resultados independientes de cada estudiante: tiempo, intentos y prueba realizada.	Visible

Fuente: Alvarado, Prado, 2018

D. Diagrama de Actores

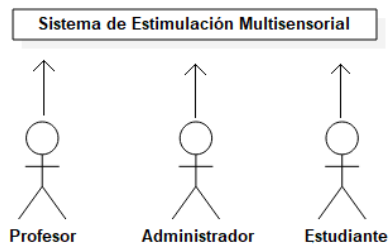


Fig. 2. Diagrama de actores.
Fuente: Alvarado, Prado, 2018

E. Diagrama de casos de uso

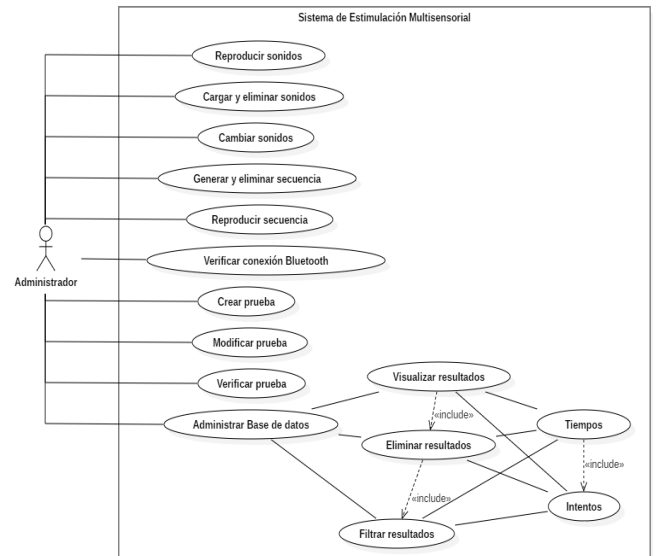


Fig. 3. Diagrama de casos de uso del administrador.
Fuente: Alvarado, Prado, 2018



Fig. 4. Diagrama de casos de uso profesor y estudiante.
Fuente: Alvarado, Prado, 2018

IV. IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE

Para la implementación de la interfaz principal y aplicación android para el sistema es necesario conocer sobre que plataforma y lenguajes de programación se pueden desarrollar.

Con respecto a la interfaz principal el lenguaje de programación utilizado es Python que destaca por ser un lenguaje dinámico de propósito general, interpretado, multiplataforma, de código abierto y orientado a objetos, rápidamente se ha convertido en un lenguaje muy popular en todo el mundo [9] [10]. Entre sus aplicaciones principales

están el procesamiento de datos, visualización, procesamiento de imágenes, operación y mantenimiento de sitios web, procesamiento de lenguaje natural, y desarrollo WEB, pero lo que más sobresale es su fácil lectura y escritura permitiendo trabajar de forma más rápida en el desarrollo e integración de sistemas. [11]

Para el desarrollo de la aplicación android se utilizó la plataforma Android Studio que permite el desarrollo de aplicaciones sencillas o avanzadas mediante su potente e inteligente editor de interfaz de usuario. [12] Permite acceder a funciones sofisticadas de Android para un desarrollo completo y versátil para lo cual utiliza Java que es un lenguaje de programación orientado a objetos, el cual destaca y sobresale de otros lenguajes porque permite a los desarrolladores cambiar los cuerpos de los métodos de clases ya definidas. [13]

Arquitectura del Software

La interfaz principal y la aplicación android se basan en la arquitectura MVC (Modelo, Vista, Controlador).

El modelo representa el intelecto y realiza la tarea de administrar los datos y normas de la aplicación, la vista es un esquema visual conocido como (GUI) Interfaz Gráfica de Usuario que se puede observar en una pantalla y el controlador es el que gestiona la comunicación entre el modelo y la vista [14].

Cuando el administrador o profesor interactúan con la interfaz gráfica realizando una acción como el presionar un botón se producen una serie de pasos para responder a esta petición:

- La interfaz gráfica advierte al controlador acerca de la petición generada.
- A continuación, el controlador procede a interpretar la petición e informa al modelo para contestar a la misma.
- El modelo ejecuta la autenticación de la información para ejecutar la acción solicitada, al finalizar notifica al controlador.
- Por último, el controlador confirma que el modelo realizó la petición e informa a la vista para que presente resultados, datos o muestre un mensaje, al terminar la interfaz gráfica está lista para seguir atendiendo acciones del administrador o profesor.

Fig. 5 muestra el modelo MVC de la interfaz principal, mientras que Fig. 6 muestra de la aplicación android.

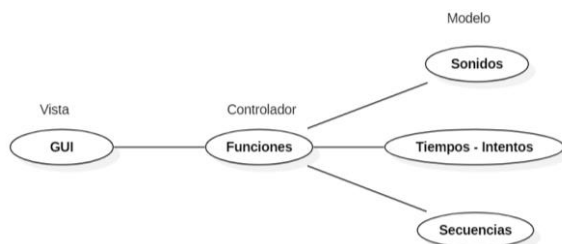


Fig. 5. Arquitectura Interfaz Principal
Fuente: Alvarado, Prado, 2018

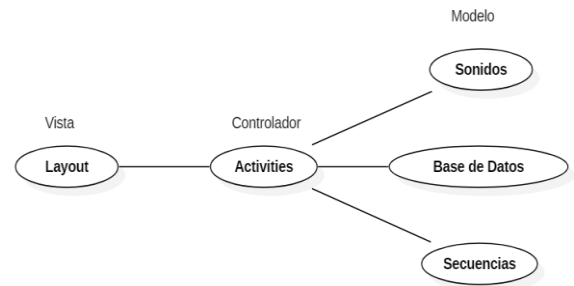


Fig. 6. Arquitectura Aplicación Android.
Fuente: Alvarado, Prado, 2018

Metodología de Programación

La metodología usada para la programación de la interfaz principal y de la aplicación android es la Programación Orientada a Objetos, se ha elegido esta metodología debido a que permite tener un código ordenado, legible, y de fácil mantenimiento sobre todo cuando se trata de corregir un error de compilación.

Modelado de la Aplicación

La aplicación Android cuenta con cuatro interfaces: Fig. 7 pantalla de inicio, Fig. 8 control del sistema, Fig. 9 base de datos modo normal y Fig. 10 base de datos modo secuencia.



Fig. 7. Pantalla de inicio.
Fuente: Alvarado, Prado, 2018



Fig. 8. Pantalla de control y mando del sistema.
Fuente: Alvarado, Prado, 2018

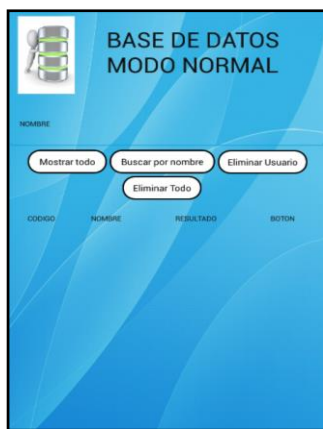


Fig. 9. Base de datos modo normal.
Fuente: Alvarado, Prado, 2018

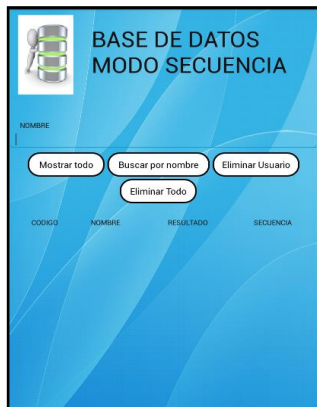


Fig. 10. Base de datos modo secuencia.
Fuente: Alvarado, Prado, 2018

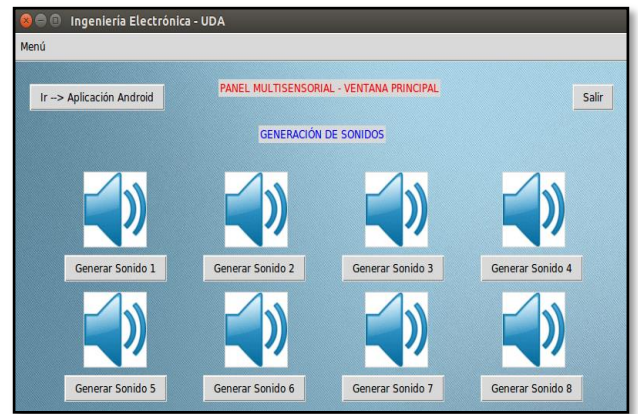


Fig. 11. Interfaz Principal.
Fuente: Alvarado, Prado, 2018



Fig. 12. Interfaz Cargar Sonidos.
Fuente: Alvarado, Prado, 2018

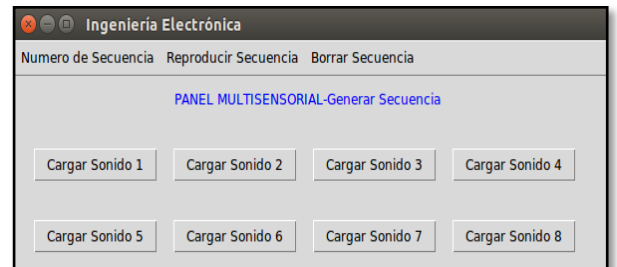


Fig. 13. Interfaz Generar Secuencia.
Fuente: Alvarado, Prado, 2018

V. RESULTADOS

Para poder usar el sistema y determinar su alcance en las pruebas con los estudiantes primero se realizaron pruebas de software y hardware. La Fig. 14 muestra el sistema denominado Panel Multisensorial.

La aplicación principal cuenta con tres interfaces; Fig. 11 control de sonidos, Fig. 12 carga de sonidos y Fig. 13 generación de secuencias, las cuales se exponen a continuación:

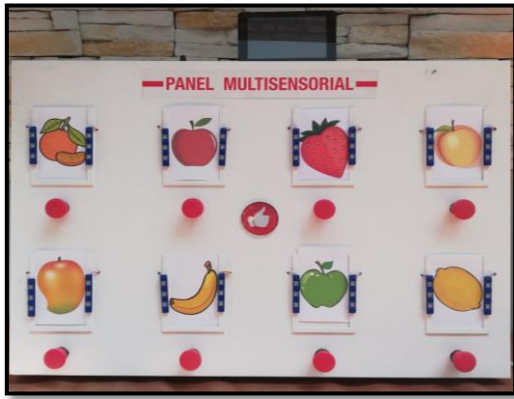


Fig. 14. Sistema de estimulación multisensorial.
Fuente: Alvarado, Prado, 2018

Prueba de Hardware

El PCB realizado para detectar las entradas (pulsantes) se comunica correctamente con el sistema embebido el cual realiza la reproducción de sonidos sin ningún retraso y con una efectividad del 100%.

Además, el PCB cuenta con una etapa de potencia para alimentar las tiras LED, al realizar una prueba se verificó el encendido de cada una en donde su brillo fue el correcto; además el equipo ha permanecido conectado por más de 8 horas continuas de uso donde no se produjo ningún cambio en el brillo ni sobre calentamiento del dispositivo electrónico.

Al accionar varios pulsantes a la vez, el sistema responde correctamente gracias a las interrupciones con las que cuenta cada uno de estos.

El sistema es capaz de variar la intensidad de cada tira de LED, para lo cual cuenta con un circuito acoplado al PCB principal. Se comprobó que la variación de intensidad es muy rápida, pudiendo incluso ejecutarla en medio de una prueba.

Prueba de Software

Una parte fundamental en la prueba de software es la comunicación bluetooth, debido a que sin ella no se podrían almacenar los resultados en la base de datos y en consecuencia no se podría controlar el sistema desde la aplicación android.

En versiones anteriores del sistema se usaba un módulo bluetooth no integrado en el sistema embebido lo que generaba fallas en la comunicación, esto se mejoró al utilizar el mismo sistema embebido, pero de una versión superior, el cual ya cuenta con un módulo bluetooth integrado, aparte de una ampliación de los pines GPIOs para manejar las salidas del sistema, se verificó que el dispositivo android detecta al sistema embebido y establece correctamente la comunicación.

Posteriormente se procedió a realizar la verificación de los resultados de cada estudiante en la base de datos, se cargaron todas las secuencias y se ingresó un nombre al azar. Se inició la prueba con un sonido a la vez y luego con las secuencias, donde se verificó el correcto almacenamiento de datos.

Validación del equipo

La validación del equipo fue realizada en el Centro de Estimulación Integral y Apoyo Psicoterapéutico (CEIAP), por estudiantes de la Escuela de Educación Especial de la facultad de Filosofía de la Universidad del Azuay, quienes evaluaron a un grupo de 20 estudiantes realizando distintas actividades para verificar su evolución en diferentes áreas de desarrollo: motora, comunicación y cognitiva.

Realizaron una evaluación inicial a todos los estudiantes con la Guía Battelle completa en un periodo aproximado de un mes, de acuerdo a los resultados obtenidos realizaron un informe individual.

Tomando en cuenta la similitud de edad formaron dos grupos de 10 estudiantes cada uno llamados grupo experimental y grupo control, en la Tabla XIII se muestra la clasificación que conformaron en cuanto a edad, sexo y necesidades educativas especiales (NEE) asociadas o no a la discapacidad.

TABLA XIII
CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS.

Variable		Grupo experimental:		Grupo control:		Total:	
		F	(%)	F	(%)	F	(%)
Sexo	Hombre	5	(25)	8	(40)	13	(65)
	Mujer	5	(25)	2	(10)	7	(35)
Edad cronológica	24 a 36 meses	2	(10)	2	(10)	4	(20)
	37 a 48 meses	4	(20)	5	(25)	9	(45)
	49 a 60 meses	3	(15)	2	(10)	5	(25)
	> a 60 meses	1	(5)	1	(5)	2	(20)
NEE	NEE/A2	8	(40)	4	(20)	12	(60)
	NEE/NA	2	(10)	6	(30)	8	(40)
m=49,83 DE= 10,506							

Fuente: Pazmiño, Vásquez, 2018

Efectuaron un análisis de la evaluación inicial realizada anteriormente para establecer los aspectos a trabajar con cada grupo y estudiante, en la Tabla XIV se observan las pruebas del sistema que fueron empleadas en un proceso basado en circuitos, acompañados de objetos complementarios como pelotas, texturas, colchonetas, entre otros.

TABLA XIV
ACTIVIDADES REALIZADAS

No. Circuito	Objetivo	Áreas	Sentidos	Recursos
1.	Reconocer sonidos onomatopéyicos	Cognitiva Comunicación Motricidad	Auditiva Visual Táctil	-Panel multisensorial -Animales -Canasta
2.	Reconocer las figuras geométricas (circulo, cuadrado triangulo)	Cognitiva Motricidad Comunicación	Auditiva Visual Táctil	-Figuras de madera -Panel multisensorial
3.	Identificar objetos	Cognitiva Motricidad Comunicación	Auditiva Visual Táctil	-Colchoneta -Frutas -Panel multisensorial
4.	Diferenciar grande pequeño	Cognitiva Motricidad Comunicación	Auditiva Visual Táctil	-Túnel -Colchoneta -Animales -Panel multisensorial
5.	Diferenciar las plantas medicinales y alimenticias	Cognitiva Motricidad Comunicación	Auditiva Visual Táctil	-Panel multisensorial -Plantas medicinales -Plantas alimenticias
6.	Identificar las partes gruesas y finas del cuerpo humano.	Cognitiva Motricidad Comunicación	Auditiva Visual Táctil	-Panel multisensorial -Rompecabezas

Fuente: Pazmiño, Vásquez, 2018

Para concluir realizaron una evaluación final al grupo control y al grupo experimental en aproximadamente tres semanas. Con el software estadístico SPSS V20, Excel 2013 y los resultados obtenidos de la evaluación inicial y final efectuaron un análisis pre-test y pos-test de las distintas áreas de desarrollo estimuladas, en las siguientes tablas mediante frecuencias y porcentajes se muestran los resultados de las comparaciones que realizaron.

En la Tabla XV se muestran los resultados de las pruebas realizadas en la subárea motora gruesa, donde obtuvieron una mejora en los dos grupos.

TABLA XV
RELACIÓN PRE-TEST POS-TEST SUBÁREA MOTORA GRUESA

	Grupo experimental		Grupo control	
	Pre- test	Post-test	Pre-test	Post-test
	19	21	22	31
Z	-2,375		-119	
P	0,018		0,906	

Fuente: Pazmiño, Vásquez, 2018.

En la Tabla XVI se observan los resultados en la subárea motora fina, donde obtuvieron un progreso en los dos grupos.

TABLA XVI
RELACIÓN PRE-TEST POS-TEST SUBÁREA MOTORA FINA

	Grupo experimental		Grupo control	
	Pre- test	Post-test	Pre-test	Post-test
	32	42	39	43
Z	-2,670		-2,670	
P	0,008		0,008	

Fuente: Pazmiño, Vásquez, 2018

En la Tabla XVII se muestran los resultados que obtuvieron en el área motora en general, donde consiguieron un avance en los dos grupos.

TABLA XVII
RELACIÓN PRE-TEST POS-TEST ÁREA MOTORA

	Grupo experimental		Grupo control	
	Pre- test	Post-test	Pre-test	Post-test
	27	32	31	42
Z	-2,680		-1,691	
P	0,007		0,091	

Fuente: Pazmiño, Vásquez, 2018

En la Tabla XVIII se exhiben los resultados que obtuvieron en la subárea comunicación expresiva, donde consiguieron un progreso en los dos grupos, pero solo el grupo experimental obtuvo un avance significativo.

TABLA XVIII
RELACIÓN PRE-TEST POS-TEST SUBÁREA COMUNICACIÓN EXPRESIVA

	Grupo experimental		Grupo control	
	Pre- test	Post-test	Pre-test	Post-test
	38	41	38	44
Z	-2,201		-652	
P	0,028		0,514	

Fuente: Pazmiño, Vásquez, 2018

En la subárea comunicación receptiva obtuvieron una mejora en los dos grupos, los cuales se muestran en la Tabla XIX.

TABLA XIX
RELACIÓN PRE-TEST POS-TEST SUBÁREA COMUNICACIÓN RECEPTIVA

	Grupo experimental		Grupo control	
	Pre- test	Post-test	Pre-test	Post-test
	38	51	47	50
Z	-2,371		-1,956	
P	0,018		0,050	

Fuente: Pazmiño, Vásquez, 2018

En el área comunicación consiguieron un progreso en los dos grupos, se evidencia una mejora considerable en el grupo experimental, los cuales se observan en la Tabla XX.

TABLA XX
RELACIÓN PRE-TEST POS-TEST ÁREA COMUNICACIÓN

	Grupo experimental		Grupo control	
	Pre- test	Post-test	Pre-test	Post-test
	25	46	46	48
Z	-2,524		-2,094	
P	0,012		0,036	

Fuente: Pazmiño, Vásquez, 2018

En el área cognitiva consiguieron una mejora en los dos grupos, donde obtuvo una mejora considerable el grupo experimental, los cuales se muestran en la Tabla XXI.

TABLA XXI
RELACIÓN PRE-TEST POS-TEST ÁREA COGNITIVA

	Grupo experimental		Grupo control	
	Pre- test	Post-test	Pre-test	Post-test
	36	44	44	45
Z	-2,524		-281	
P	0,012		0,778	

Fuente: Pazmiño, Vásquez, 2018

VI. CONCLUSIONES

El presente trabajo muestra que la integración de estimulación multisensorial en conjunto con las TIC's permite desarrollar sistemas educativos interactivos, los cuales brindan soporte a la educación en niños que presentan algún tipo de necesidad educativa que puede estar ligada o no a una discapacidad.

Los resultados evidencian que los veinte niños con los cuales se realizó la validación del equipo muestran una mejoría en diferentes áreas tales como comunicación expresiva, comunicación receptiva, área cognitiva, motora gruesa y motora fina, según la validación realizada por las estudiantes Pazmiño y Vásquez pertenecientes a la Escuela de Educación Especial de la Universidad del Azuay.

Gracias a la plataforma que ofrece Android Studio, la base de datos del sistema multisensorial se almacena y visualiza en un dispositivo android específico, pero, si se desea se puede modificar la aplicación para poder gestionarla y observarla en un dispositivo Android cualquiera sin importar el tamaño de pantalla.

El sistema embebido escogido para el sistema, Raspberry Pi 3, proporcionó alta velocidad de procesamiento para detección de entradas, respuesta a peticiones mediante las salidas, inicio del equipo, establecimiento de comunicación Bluetooth entre aplicaciones y transmisión de resultados hacia la base de datos. Adicional a esto gracias a los pines GPIO, puertos USB, salidas de audio, conexión para display y módulo Bluetooth incorporado se pudo realizar correctamente la conexión entre el hardware y software del equipo.

Para finalizar cabe resaltar que el panel multisensorial es muy robusto, su software cuenta con una estructura de desarrollo sofisticado que es la programación orientado a objetos y su hardware posee componentes adecuados, además de un sistema embebido avanzado, desarrollado para los trabajos más exigentes, el cual funciona como el corazón de todo, si llegara a producirse un fallo en el funcionamiento del sistema multisensorial primero se debe proceder a revisar las entradas, salidas y comunicación que mantiene con el resto de componentes.

VII. REFERENCIAS

- [1] R. Balsells, «Beneficios de la estimulación sensorial,» 15 Noviembre 2017. [En línea]. Available: <http://psicologostortosa.com/beneficios-la-estimulacion-sensorial/>. [Último acceso: 26 11 2018].
- [2] Eneso, «ENESO,» 26 06 2012. [En línea]. Available: <http://www.eneso.es/blog/salas-de-estimulacion-sensorial-o-snoezelen/>. [Último acceso: 11 26 2018].
- [3] A. Comunicación, «adiper,» 7 01 2015. [En línea]. Available: <http://www.adiper.es/salas-de-estimulacion-multisensorial-para-personas-con-discapacidad/>. [Último acceso: 26 11 2018].
- [4] Pazmiño y Vásquez, «ESTUDIO DE DESARROLLO DE NIÑOS DE 2 A 5 AÑOS CON NECESIDADES EDUCATIVAS ASOCIADAS O NO A LA DISCAPACIDAD A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA MULTISENSORIAL,» p. 5, 2018.
- [5] H. S. S. Liang, Game-based Idioms learning system implementation research, 2017.
- [6] S. Caltenco, Designing for Engagement; Tangible Interaction in Multisensory Enviroments, Lund, 2014.
- [7] G. M. V. Obrist, Multisensory Experiences in HCI, 2017.
- [8] M. M.-M. L. Sánchez, Comparing the Effects of Multisensory, Coruña, 2016.
- [9] G. Zhao, Y. Lyu, Y. Tian, Z. Wang y C. Zou, «Case-Based Teaching Organization for Python Programming that Focuses on Skill Training,» de *2018 13th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)*, Colombo, 2018.
- [10] C. Dogan, M. Victor R., P. Pavlos y N. Shrikanth S., «Pykaldi: A Python Wrapper for Kaldi,» de *2018 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, Calgary, 2018.
- [11] B. Malloy y J. Power, «Quantifying the Transition from Python 2 to 3: An Empirical Study of Python Applications,» de *2017 ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM)*, Toronto, 2017.
- [12] M. Zhenhai y J. Lizhen, «Online Bookstore Management System Based on Android,» de *2018 International Conference on Virtual Reality and Intelligent Systems (ICVRIS)*, Changsha, 2018.
- [13] R. Rein y R. G. Allan, «JRebel.Android: Runtime Class- and Resource Reloading for Android,» de *2015 IEEE/ACM 37th IEEE International Conference on Software Engineering*, Florence, 2015.
- [14] L. Pozo, «Python Scouts,» 10 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://pythonscouts.cubava.cu/2018/07/10/como-implementar-modelo-vista-controlador-python/>. [Último acceso: 26 Noviembre 2018].
- [15] K. Jacky, X. Yan, M. Qing y L. Victor C. S., «BlueJ-UML: Learning Object-Oriented Programming Paradigm Using Interactive Programming Environment,» de *2018 International Symposium on Educational Technology (ISET)*, Osaka, 2018.
- [16] J. Zuowen, Z. Yiming, Q. Zhiping y L. Xueming, «Coding Standard Based Object Oriented Programming Course Teaching Reform,» de *2013 International Conference on Computational and Information Sciences*, Shiyang, 2013.