



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

TEMA:

**SISTEMA DE ESTIMULACIÓN DE SENTIDOS COGNITIVOS EN PERSONAS
CON CAPACIDADES ESPECIALES.**

Trabajo de titulación, modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Tecnologías de la Información y Comunicación

AUTOR: Saúl David Alajo Hinojosa

TUTOR: Ing. Geovanni Danilo Brito Moncayo

AMBATO – ECUADOR

Marzo 2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: SISTEMA DE ESTIMULACIÓN DE SENTIDOS COGNITIVOS EN PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES, desarrollado bajo la modalidad presencial por el señor Saúl David Alajo Hinojosa, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, Marzo 2021.



Firmado electrónicamente por:
**GEOVANNI DANILLO
BRITO MONCAYO**

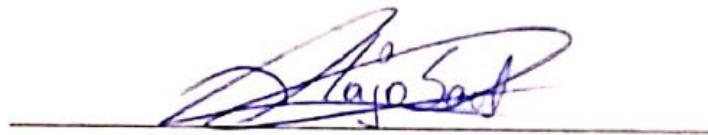
Ing. Geovanni Danilo Brito Moncayo, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: SISTEMA DE ESTIMULACIÓN DE SENTIDOS COGNITIVOS EN PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES, es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Marzo 2021.



Saúl David Alajo Hinojosa

C.C. 0503352379

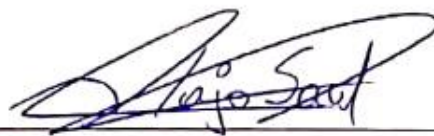
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, Marzo 2021.



Saúl David Alajo Hinojosa

C.C. 0503352379

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Saúl David Alajo Hinojosa, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad presencial, titulado SISTEMA DE ESTIMULACIÓN DE SENTIDOS COGNITIVOS EN PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidenta del Tribunal

Ambato, Marzo 2021.



Firmado electrónicamente por:
**ELSA PILAR
URRUTIA**

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**CLARA AUGUSTA
SANCHEZ BENITEZ**

Ing. Clara Sánchez, Mg.

DOCENTE CALIFICADOR



Firmado electrónicamente por:
**SANTIAGO MAURICIO
ALTAMIRANO
MELENDEZ**

Ing. Santiago Altamirano, Mg.

DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mi abuelita Rosa, quien fue la motivación y quien me inspiró a continuar con mis estudios, a mis padres por ser pilar fundamental en el alcance de este peldaño, personas quienes me apoyaron siempre con su esfuerzo y dedicación para que pueda conseguir este objetivo. A mi amada hija y esposa quienes fueron compañeras de mis largas y difíciles noches, inspiración desde que llegaron a mi vida. A mi familia que nunca dejó de creer en mi persona y mucho menos de mis capacidades. A mis amigos quienes se convirtieron en una segunda familia para mí, que el tiempo que convivimos fue llenos de buenas experiencias.

Saúl David Alajo Hinojosa

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por haberme brindado salud, sabiduría y la fortaleza para no dejarme rendir en los momentos difíciles y alcanzar a cumplir este objetivo. A mi familia por ser el pilar fundamental que me supo apoyar en todo momento.

A los docentes de la FISEI por impartirme de sus conocimientos y experiencias

Agradezco de manera especial mi tutor de tesis el Ingeniero Geovanni Brito por la paciencia y su sabiduría para guiarme a lo largo de todo este tiempo en mi proceso de titulación.

Agradezco a la Fundación San Aníán por haber confiado en mi persona y por permitir realizar mi proyecto de investigación en dicha institución.

Finalmente, agradezco a mis amigos y a todos quienes conforman parte de la familia FISEI por todo este maravilloso tiempo compartido, haber forjado un estudiante y profesional.

Saúl David Alajo Hinojosa

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN	xix
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Antecedentes investigativos	1
1.2 Contextualización del problema	3
1.3 Fundamentación Teórica	5
1.3.1 La discapacidad	5
1.3.2 Personas con Capacidades especiales.....	6
1.3.3 Tipos de discapacidades	6
1.3.4 Personas con capacidades especiales en el Ecuador.....	7
1.3.5 Estimulación Multisensorial	8

1.3.6	Elementos de la Estimulación Multisensorial	8
1.3.7	Estimulación temprana	9
1.3.8	Estimulación Visual.....	10
1.3.9	Estimulación Auditiva	10
1.3.10	Estimulación Táctil.....	10
1.3.11	Estimulación Vestibular	10
1.3.12	Estimulación Propioceptiva.....	11
1.3.13	Sala multisensorial o Snoezelen	11
1.3.14	Características de la sala Multisensorial.....	11
1.3.15	Espacios dentro de la sala Snoezelen	12
1.3.16	Materiales de la sala multisensorial.....	13
1.3.17	Tipos de estimulación.....	13
1.3.18	Realidad Aumentada.....	14
1.3.19	Arquitectura de un sistema de Realidad Aumentada.....	15
1.3.20	Elementos de la Realidad Aumentada	15
1.3.21	Tipos de Realidad Aumentada.....	16
1.3.22	Fundación San Anián.....	18
1.4	Objetivos.....	20
1.4.1	Objetivo general	20
1.4.2	Objetivos específicos	20
CAPÍTULO II.....		21
METODOLOGÍA		21
2.1	Materiales	21
2.2	Justificación	21
2.3	Delimitación	22
2.3.1	Delimitación de contenidos:	22
2.3.2	Delimitación espacial:	23

2.3.3	Delimitación temporal:	23
2.4	Propuesta de solución	23
2.5	Modalidad de la investigación	23
2.6	Recolección de información	24
2.7	Procesamiento y análisis de datos	24
2.8	Desarrollo del proyecto	24
CAPÍTULO III		26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		26
3.1	Introducción.....	26
3.2	Estudio de la factibilidad	26
3.2.1	Factibilidad técnica.....	26
3.2.2	Factibilidad económica.....	27
3.2.3	Factibilidad bibliográfica.....	27
3.3	Análisis de las estrategias de enseñanza para personas con capacidades especiales	27
3.3.1	Integración sensorial.....	27
3.3.2	Acciones de intervención dentro del aula.....	30
3.4	Análisis de los elementos que inciden en el aprendizaje de las personas con capacidades especiales	31
3.5	Selección de los dispositivos que permiten la enseñanza en las personas con capacidades especiales	34
3.6	Descripción de los requerimientos para la implementación de realidad aumentada.	37
3.7	Selección del software para la Implementación de realidad aumentada ...	40
3.7.1	Descripción de Unity	40
3.7.2	SDK destinados a Realidad Aumentada.....	41
3.7.3	Comparación de los SDK	48

3.8	Selección del target idóneo en Vuforia.....	50
3.8.1	Image target	50
3.8.2	Multi target	50
3.8.3	Cylindre target	50
3.8.4	Device Tracker (Position Tracking)	51
3.8.5	VuMark.....	51
3.8.6	Model target.....	51
3.8.7	Ground Plane	51
3.9	Diseño de la estructura física y lógica de la interfaz electrónica.....	52
3.9.1	Estructura física	52
3.9.2	Estructura lógica.....	54
3.10	Selección de los elementos electrónicos que permitan el control de la interfaz para el aprendizaje de las personas con capacidades especiales.....	56
3.11	Implementación del sistema de estimulación de sentidos cognitivos en Personas con capacidades especiales.	60
3.11.1	Implementación del sistema de estimulación visual a través de un sistema de luminarias.	60
3.11.2	Implementación del sistema de estimulación de sentidos cognitivos a través de Realidad Aumentada.....	65
3.11.3	Implementación del sistema de estimulación auditiva.	81
3.12	Pruebas de funcionamiento del sistema.....	84
3.13	Presupuesto del Proyecto.....	89
CAPITULO IV.....		91
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		91
4.1	Conclusiones.....	91
4.2	Recomendaciones	92
BIBLIOGRAFÍA.....		93

ANEXOS.....	99
-------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Materiales para sala multisensorial.....	13
Tabla 2: Tipos de estimulación	14
Tabla 3: Materiales a utilizar.....	21
Tabla 4: Tipos de Necesidades Educativas Especiales (NEE).....	32
Tabla 5: Elementos para la estimulación de persona con capacidades especiales....	35
Tabla 6: Elementos para la estimulación de persona con capacidades especiales....	36
Tabla 7: Comparación de los SDK utilizados para AR	49
Tabla 8: Comparación de las características de cámaras Web.....	57
Tabla 9: Comparación de las características de los CPU.....	58
Tabla 10: Comparación de las características de los dispositivos de visualización..	58
Tabla 11: Comparación de las características de los dispositivos de reproducción de sonido	59
Tabla 12: Comparación de las características de los microcontroladores	60
Tabla 13: Presupuesto del proyecto	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipo de Discapacidad registradas en el CONADIS [16].....	8
Figura 2: Elementos de la Estimulación multisensorial.....	9
Figura 3: Arquitectura de un sistema de Realidad Aumentada [28].....	15
Figura 4: Ejemplo de Códigos QR [27]	17
Figura 5: Marcas de imagen [27].....	17
Figura 6: Ejemplo de marcadores [27]	18
Figura 7: Logo de la Fundación San Anián	18
Figura 8: Pirámide de nivel de evolución [30]	29
Figura 9: Logo de Unity [38].....	40
Figura 10: Interfaz de Unity	40
Figura 11: Logotipo de Vuforia [39]	42
Figura 12: Logotipo de ARkit [39].....	43
Figura 13: Logotipo de ARCore [39]	43
Figura 14: Logotipo de ARToolkit [39]	44
Figura 15: Logotipo de Wikitude [39].....	45
Figura 16: Logotipo de Kudan [39]	45
Figura 17: Logotipo de MaxST [39].....	46
Figura 18: Logotipo de EasyAR [39]	47
Figura 19: Logotipo de VisionLib [39]	47
Figura 20: Logotipo de ARmedia [39]	48
Figura 21: Sala de estimulación 2D	52
Figura 22: Vista superior derecha de la sala de estimulación.....	53
Figura 23: Vista superior trasera de la sala de estimulación.....	53
Figura 24: Sala de estimulación interna.....	53
Figura 25: Zona de control de la sala de estimulación	54
Figura 26: Diagrama de bloques del sistema de AR.....	55
Figura 27: Diagrama de bloques del sistema de Audio	55
Figura 28: Diagrama de bloques del sistema Luminoso.....	56
Figura 29: Diagrama del sistema de Iluminación	61
Figura 30: Diseño de la Placa en Proteus	61

Figura 31: Visualización de la placa en 3D parte superior	62
Figura 32: Visualización de la placa en 3D parte inferior	63
Figura 33: Montaje de los elementos en la placa.....	63
Figura 34: Montaje de los elementos en la Carcasa.....	64
Figura 35: Montaje de los elementos del sistema de iluminación	65
Figura 36: Versión de Unity a instalar.....	66
Figura 37: Módulos a instalar en Unity	66
Figura 38: Aceptación de términos y condiciones de Unity.....	67
Figura 39: Versiones de Unity instaladas	67
Figura 40: Creación de un nuevo proyecto en Unity	68
Figura 41: Descarga del complemento de Vuforia para Unity	69
Figura 42: Importación del complemento de Vuforia para Unity	70
Figura 43: Instalación del complemento de Vuforia para Unity	71
Figura 44: Clave de licencia de desarrollo gratuito en Vuforia.....	72
Figura 45: Creación de la base de datos en Vuforia	73
Figura 46: Importación de la base de datos de Vuforia en Unity	73
Figura 47: Clave de licencia de desarrollo de Vuforia y Unity	74
Figura 48: Agregar Licencia al proyecto de Unity	75
Figura 49: Agrega marcadores a la ventana de Unity.....	76
Figura 50: Importación de objetos 3D para Unity	76
Figura 51: Vinculación de objetos 3D y marcadores en Unity.....	77
Figura 52: Calibración de la iluminación en Unity.....	77
Figura 53: Ventana de botones asociados.....	78
Figura 54: Ventana de animaciones en objetos 3D para Unity.....	79
Figura 55: Programación de los botones virtuales.....	79
Figura 56: Programación de la reproducción del sonido	80
Figura 57: Importación del audio para objetos 3D	81
Figura 58: Diagrama del sistema de estimulación auditiva	81
Figura 59: Diseño de la placa para el sistema de estimulación auditiva.....	82
Figura 60: Vista superior de la placa para el sistema de estimulación auditiva	82
Figura 61: Vista inferior de la placa para el sistema de estimulación auditiva	83

Figura 62: Montaje de la placa para el sistema de estimulación auditiva	83
Figura 63: Sistema de iluminación	84
Figura 64: Pruebas del Sistema de iluminación.....	85
Figura 65: Pruebas del sistema de iluminación	85
Figura 66: Visualización del Sistema de Realidad aumentada.....	86
Figura 67: Pruebas del Sistema de Realidad aumentada	86
Figura 68: Visualización del objeto en 3D	87
Figura 69: Botones virtuales	87
Figura 70: Reproducción de sonido del objeto en 3D	88
Figura 71: Giro del objeto en 3D	88
Figura 72: Sistema de estimulación auditiva	89

RESUMEN

Las personas con capacidades especiales han sido un punto débil dentro de la sociedad debido a su poca autonomía, la falta de aprendizaje y otros factores, es por ello que el presente proyecto describe varias técnicas de enseñanza para personas con capacidades especiales, enfocándose en la interacción entre el educador y el alumno, por tal motivo, la investigación está orientada al desarrollo de un sistema de estimulación de sentidos cognitivos en personas con capacidades especiales, enfocándose en el sentido visual y auditivo en particular.

El diseño del sistema se basa en un microcontrolador que va a generar secuencias de iluminaciones de color comandados por un terapeuta desde un cuarto de control, de igual manera el sistema de estimulación auditiva va a ser comandado por dicha persona, complementado por estimulación olfativa.

El proyecto consta de un sistema de realidad aumentada el cual contribuye a la estimulación visual y auditiva mediante proyecciones de objetos en 3D. La realidad aumentada se ejecuta a través de una aplicación móvil desarrollada en Unity y Vuforia. El mismo que consiste en la captación de una imagen real mediante un smartphone, procesarla y mostrada en un monitor, una vez vista la escena aumentada, se despliegan en la pantalla dos botones virtuales los mismos que ayudan a reproducir sonidos característicos de los objetos 3D y también permiten girar y animar dicho objeto.

De esta manera el sistema implementado en la Fundación San Aníán de la ciudad de Ambato, permite realizar estimulaciones a las personas con capacidades especiales para un mejor desenvolvimiento en su vida cotidiana.

Palabras Clave: Capacidades especiales, estimulación, sentidos cognitivos, rehabilitación, realidad aumentada, marcadores.

ABSTRACT

People with special abilities have been a weak point within society due to their little autonomy, lack of learning and other factors, which is why this project describes various teaching techniques for people with special abilities, focusing on interaction between the educator and the student, for this reason, the research is oriented to the development of a system for stimulating the cognitive senses in people with special abilities, focusing on the visual and auditory sense in particular.

The design of the system is based on a microcontroller that will generate sequences of color illumination commanded by a therapist from a control room, in the same way the auditory stimulation system will be commanded by said person, complemented by olfactory stimulation.

The project consists of an augmented reality system which contributes to visual and auditory stimulation through projections of 3D objects. Augmented reality runs through a mobile application developed in Unity and Vuforia. The same one that consists of capturing a real image by means of a smartphone, processing it and displayed on a monitor, once the augmented scene is seen, two virtual buttons are displayed on the screen, which help to reproduce sounds characteristic of 3D objects and they also allow you to rotate and animate the object.

In this way, the system implemented in the San Aníán Foundation in the city of Ambato, allows people with special abilities to perform stimulations for a better development in their daily life.

Keywords: Special abilities, stimulation, cognitive senses, rehabilitation, augmented reality, markers.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo de investigación es establecer técnicas para lograr estimular los sentidos cognitivos de personas con capacidades especiales, y a través de ellas lograr la tan anhelada inclusión de estudiantes con necesidades especiales.

Para lograr este objetivo es importante desarrollar técnicas de enseñanza que respondan a las diferencias y necesidades individuales. A lo largo de la historia las personas con capacidades especiales han sufrido algún tipo de discriminación e incluso han sido separados de algún tipo de sistema educativo por ser consideradas personas con dificultades para adaptarse a la sociedad.

El presente proyecto de investigación incluye a las personas con capacidades especiales a la sociedad, que puedan interactuar de mejor manera con personas de su misma edad y de alguna manera tengan autonomía en vida cotidiana. Para esto el presente trabajo se estructura de la siguiente manera:

Capítulo I. En este capítulo se establece el marco teórico que nos permite identificar los diferentes tipos de discapacidad, sus estimulaciones y elementos que contribuyen a sus terapias, de igual manera se realizó una revisión a los antecedentes investigativos que contribuyeron a la sustentación de este trabajo, la contextualización del problema a nivel mundial, América Latina, Ecuador y sobre todo en el lugar que se lleva a cabo la investigación, finalmente se plantean los objetivos que contribuyeron al desarrollo del presente proyecto de investigación.

Capítulo II. En este capítulo se desarrolló el marco metodológico en el cual se justifica la importancia de la ejecución del proyecto, la delimitación de la investigación, la propuesta de solución, la modalidad de investigación y la manera en que se recolectó y procesó la información para el respectivo desarrollo del mismo.

Capítulo III. En este capítulo se analiza y estudia la factibilidad técnica, económica y bibliográfica del proyecto, así como la descripción del sistema, en relación a las técnicas de enseñanza a personas con capacidades especiales, descripción y análisis de los elementos que contribuyen a la estimulación, descripción técnica de los elementos que contribuyen al sistema, la estructura física y lógica del mismo. Finalmente se plantea el diseño y la implementación del sistema de estimulación de sentidos cognitivos en personas con capacidades especiales.

Capítulo IV. Por último, en este capítulo se plantearon las conclusiones que nos dejó el proyecto de investigación y las recomendaciones que se realiza a personas que deseen tomar este proyecto como punto de referencia

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

Mientras se realizó el proceso de investigación bibliográfica revisando artículos científicos, tesis de la facultad y de otras Universidades, se encontraron proyectos similares al tema de investigación, los cuales aportaron como soporte para la presente investigación.

En el 2014, Sawsan Saad, Amal Dandashi y Jihad Aljaam propusieron un sistema educativo para generar tutoriales basados en multimedia bajo un modelo pedagógico convencional, el sistema se implementa en dos métodos principales: Tutoriales Prediseñado o Estático, donde los tutoriales están diseñados por expertos en animación según las necesidades específicas del currículo y "Tutoriales dinámicos", donde se utilizan las siguientes técnicas para generar tutoriales personalizados: texto procesamiento, extracción de relaciones, construcción de ontologías y extracción dinámica de elementos multimedia en línea, los resultados de esta investigación es que una vez desarrollado el sistema de tutoriales dinámicos es mucho más flexible y práctico aunque en rendimiento las dos tipos de tutoriales, estáticos y dinámicos son muy buenos ya que permitió un mejor aprendizaje en las personas con discapacidad, logrando obtener puntuaciones mucho más altas [1].

En el 2014, Diana Dionísio Y Gilda Aparecida de Assis propusieron un software musical de realidad aumentada que permite el desarrollo de actividades mediante musicoterapia, analizaron varios puntos de vista de otros profesionales de la salud como musicoterapeutas, terapeutas ocupacionales, fisioterapeutas, terapeutas del habla, terapeutas de lenguaje y enfermeras que asisten a personas con discapacidad motoras o cognitivas. GenVirtual es una herramienta que tiene un gran potencial para ser utilizada en la rehabilitación motora para niños, jóvenes, adultos y adultos mayores, dicha herramienta ha mostrado buenos resultados en personas que promedian en edades entre 38 y 40 años ya que los participantes necesitan de ayuda tecnológica para un mejor entendimiento [2].

En el 2014, Lucrecia Morejón en su artículo “Avances en el diseño de una herramienta de autor para la creación de actividades educativas basadas en realidad aumentada” presenta una herramienta llamada AuthorAR, la misma que está orientada a la creación de actividades educativas basadas en realidad aumentada, dicha aplicación consiste en generar actividades de exploración y estructuración de frases que puedan favorecer procesos de adquisición del lenguaje y entrenamiento de la comunicación, obteniendo resultados favorables, puesto que los estudiantes han logrado una mejor captación mediante la animación de imágenes y la modificación de sus tamaños [3].

En el 2017, Hansung Kim y Luca Remaggi proponen un método de estimulación basada en cuboides, utilizando una combinación de sensores audiovisuales, los mismos que realizan reconstrucción 3D, mediante una cámara de 360° capturan la escena completa y las respuestas acústicas de la sala son grabadas por un altavoz y una matriz de micrófonos, esta información es recuperada a través de la concordancia de estéreo con las imágenes capturadas, los resultados de dicha investigación son favorables ya que generan muestras completas de la estructura de la sala y captan información sin dejar puntos muertos o puntos sin información [4].

En el 2018, Yasuhiro Ogoshi y Sakiko Ogoshi desarrollaron un sistema de tecnología y comunicación (TIC) que comprende los comportamientos de forma individual de las personas con discapacidades del desarrollo, analizando la información, encontraron que la mayoría de estudiantes con autismo padecen de hipersensibilidad a varios estímulos sensoriales, por lo cual proponen una sala de apoyo especial con entorno ajustado basado en el sistema de TIC, obteniendo resultados positivos ya que en la habitación diseñada, los estudiantes logran una mayor concentración con menor distracción, aumentando la velocidad de su lectura y aprendizaje [5].

En el 2018, David Altamirano desarrolla y construye un sistema electrónico llamado “Bits de inteligencia empleando realidad aumentada orientado a la enseñanza de lenguaje infantil”, el cual pretende contribuir a la problemática que enfrentan los niños

que padecen de trastorno de habla, dicho proyecto de investigación utiliza la tecnología de realidad aumentada mediante marcas, el mismo que ha presentado resultados positivos puesto que mediante estímulos auditivos se logra estimular el cerebro y por ende el habla [6].

1.2 Contextualización del problema

A nivel mundial existen más de 1000 millones de personas que padecen de algún tipo de discapacidad según la Organización mundial de la Salud OMS, es decir que alrededor del 15% de la población mundial poseen algún tipo de discapacidad. Entre 110 y 190 millones de personas tienen grandes dificultades para cumplir con sus funciones normales, y sus tasas están aumentando a causa del envejecimiento de la población y el aumento de las enfermedades crónicas a escala mundial. Las personas con discapacidad conforman unos de los grupos más marginados, y presentan peores resultados sanitarios, obtienen resultados académicos inferiores, participan menos en la economía y registran tasas de pobreza más altas que las personas sin discapacidad.

Las personas con discapacidad viven en malas condiciones a comparación que las personas sin discapacidad, por ejemplo, alimentación insuficiente, vivienda precaria, falta de acceso al agua potable y saneamiento. Esto se debe a los costos adicionales que generan aspectos como atención medica dispositivos de ayuda o la asistencia personal, las personas con discapacidad suelen ser más pobres que las personas sin discapacidad aun que tengan los mismos ingresos.

Las personas con discapacidad tienen menos probabilidades de ser escolarizados que las personas sin discapacidad ya que existen desfases en las tasas de finalización de los estudios en los países más pobres, un claro ejemplo de la diferencia entre el porcentaje de personas con discapacidad y el porcentaje de personas sin discapacidad que asisten a la escuela primaria oscila entre el 10% en la india y el 60% en Indonesia [7].

América Latina se caracteriza por una mayor cantidad de personas con discapacidad en extrema pobreza, donde las desigualdades nos sitúan en un contexto de vulnerabilidad al no tener equidad de oportunidades para tener una calidad de

educación, acceso a salud, rehabilitación, trabajo, acceso a la justicia, igualdad de género, entre otros derechos que se han negado por siglos [8].

En muchos países no existen estadísticas confiables, pero cuando las hay queda de manifiesto que un alto porcentaje de estos alumnos no recibe ningún tipo de educación, especialmente los que tienen discapacidades más severas. Aunque la tendencia de las políticas de los países es promover la integración de estos alumnos en la escuela común, la gran mayoría está escolarizada en centros de educación especial, por lo que también son los más discriminados [9].

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), un 10% de la población mundial tiene un tipo de discapacidad, sin embargo, un análisis de los datos censales latinoamericanos de la década de 2000 sobre el tema, realizado por Susana Schkolnik (2010), muestra que de un grupo seleccionado de 10 países para los que se hallaron datos publicados (Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, México, Panamá, Paraguay y República Bolivariana de Venezuela), solo Brasil superaba ese valor con una prevalencia de discapacidad del 14,5% aunque estos datos son tomados como referencia, puesto que pueden variar por diversos factores, como el nivel de desarrollo de los países, la etapa de transición demográfica que están atravesando, ciertas coyunturas de violencia específicas, la ocurrencia de desastres naturales, entre otros [10].

En Ecuador, según datos emitidos por INEC se encuentran registrados un total de 15'828.562 de ecuatorianos de los cuales 361.487 personas es decir un 2.28% del total de ecuatorianos poseen algún tipo de discapacidad y cada año aumenta considerablemente esta cantidad [11].

En el 2018 se registraron 42872 estudiantes con necesidades educativas especiales en el Ecuador de los cuales 18921 son estudiantes con discapacidad, de los cuales, el 56% corresponde a estudiantes con discapacidad Intelectual, el 22% tiene discapacidad física, 12% discapacidad auditiva, 5% discapacidad visual, 3% discapacidad psicológica y el 2% discapacidad de lenguaje. Además, según el informe “Modelo Nacional de gestión y atención para estudiantes con necesidades educativas especiales asociadas a la discapacidad de las instituciones de educación especializadas” solo el

1% de la población con discapacidad ha accedido a la educación inicial o preescolar y solo el 42% ha cursado la primaria [12].

De los datos emitidos por el Instituto Nacional de estadística y censo INEC, se conoce que en Tungurahua existe 10224 casos de personas con diferentes tipos de discapacidad, 2055 personas con discapacidad auditiva, 4244 personas sufren de discapacidad física, 2502 personas tienen discapacidad intelectual, 172 personas tienen trastornos de lenguaje, 321 personas con discapacidad psicológica y 930 personas tienen discapacidad visual [11].

En el Ecuador existe 107 Instituciones Educativas Especializadas (IEE) Fiscales, Mientras que en Tungurahua existen solo 3 IEE, es decir a la relación de la cantidad de personas con discapacidad y el número de IEE, faltaría espacio, metodología y recursos por el exceso de estudiantes. Los Docentes no podrían Interactuar con las personas con discapacidad fácilmente, esto puede tener consecuencias como poca estimulación en el alumno y falta de desenvolvimiento en las actividades tanto escolar como cotidianas.

La Fundación San Aníán cuenta con 60 personas con capacidades especiales, los mismos que están entre las edades de 18 a 64 años. Las personas requieren de atención especializada, que ayude a su estimulación individual, sin embargo, la institución no cuenta con una sala sensorial de estimulación, y que ayuden a su estimulación visual y auditiva, las necesidades de los estudiantes demandan a la necesidad de la implementación del presente proyecto.

1.3 Fundamentación Teórica

1.3.1 La discapacidad

Definición

La discapacidad se puede definir como la pérdida o disminución de una habilidad humana habitual o normal, que dificulta a través del tiempo su desempeño en una sociedad y su realización personal. Se dice que dificulta, pero no que impide [13].

1.3.2 Personas con Capacidades especiales

Son aquellas que requieren de un proceso de aprendizaje diferente para desarrollar sus habilidades y capacidades. Dichas personas resultan vulnerables, pues necesitan de apoyo constante, y confianza en su posibilidad de encontrar caminos para crecer y realizarse plenamente [14].

1.3.3 Tipos de discapacidades

Las discapacidades se clasifican en 3 grupos, los cuales se detallarán a continuación:

1.3.3.1 Discapacidades Físicas

Están relacionadas con el cuerpo, miembros y órganos en general, son originadas en los sistemas musculo esqueléticos, nervios aparato respiratorio y otros sistemas del cuerpo [15],

1.3.3.2 Discapacidades sensoriales

Originadas en el aparato visual, oído garganta y estructuras relacionadas con el lenguaje [15].

➤ Discapacidad Sensorial Auditiva

La discapacidad auditiva es un término amplio que se refiere a la carencia, disminución o deficiencia de la capacidad auditiva total o parcial. Dependiendo del momento en el que se produzca la discapacidad, y en función de factores como la adecuación del proceso educativo y/o rehabilitador, se puede encontrar personas que realicen lectura labio-facial y que se comuniquen oralmente, y otras que se comuniquen a través del lenguaje de signos [15].

➤ Discapacidad Sensorial Visual

La discapacidad visual es la carencia o afectación del canal visual de adquisición de la información. Se considera como persona ciega la persona que, desde ninguno de los dos ojos, puede contar los dedos de una mano a 4,50 metros de distancia, con gafas correctamente graduadas [15].

➤ **Discapacidad Sensorial Intelectual**

La discapacidad intelectual se caracteriza por limitaciones significativas en el funcionamiento intelectual y en la conducta adaptativa, expresada en habilidades conceptuales, sociales y prácticas. la discapacidad intelectual se origina antes de los 18 años [15].

1.3.3.3 Discapacidades Psíquicas

Originadas por retraso y/o enfermedad mental, se dividen en dos tipos:

➤ **Discapacidad Intelectual**

La discapacidad intelectual se caracteriza por limitaciones significativas en el funcionamiento intelectual y en la conducta adaptativa, expresada en habilidades conceptuales, sociales y prácticas [15].

➤ **Trastorno mental**

Una alteración de los procesos cognitivos y afectivos del desarrollo que se traduce en trastornos del comportamiento, razonamiento, de la adaptación a las condiciones de vida y de la comprensión de la realidad [15].

1.3.4 Personas con capacidades especiales en el Ecuador

En el Ecuador existen 466.236 personas con discapacidad o capacidades especiales registrados, aunque se estima que el valor de personas sea mucho más alto, donde el 46,62% tiene discapacidad física, es decir 217.347 personas, el 22,35% tiene discapacidad intelectual (104.184 personas), 14, 12% tiene discapacidad auditiva (65.821 personas), el 11,79% tiene discapacidad visual (54.956 personas), mientras que 5,13% tiene discapacidad psicosocial (23.928 personas) [16].

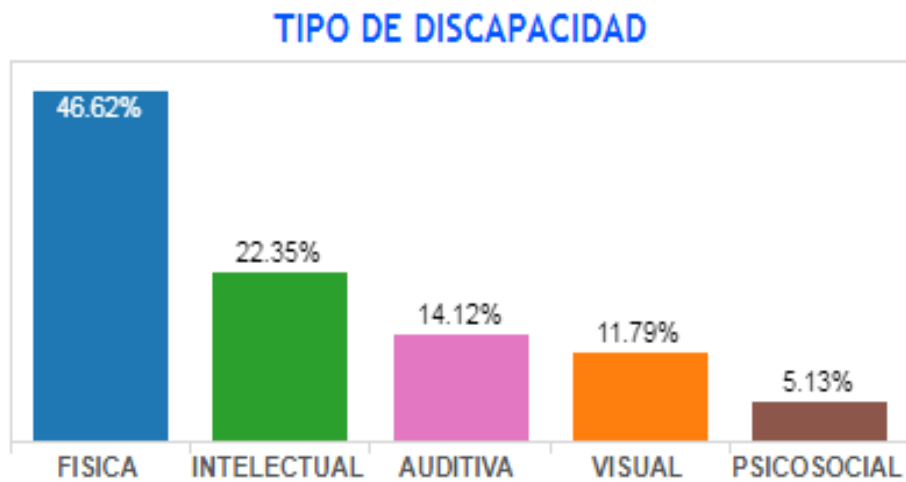


Figura 1: Tipo de Discapacidad registradas en el CONADIS [16]

1.3.5 Estimulación Multisensorial

La estimulación multisensorial es un instrumento utilizado con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de las personas con capacidades. Para ello se recurre a medios y estrategias que trabajan las capacidades más básicas del ser humano [17].

Estimulación multisensorial (EMS) de un niño pequeño es fundamental para su existencia futura. La presentación de estímulos debe seguir un cronograma estricto, tan importante es dicha observación, que, si el momento crítico de incorporación de un estímulo ha pasado, no será el mismo brindar ese estímulo en otro tiempo [18].

1.3.6 Elementos de la Estimulación Multisensorial

En la figura 2 se detallan los elementos que conforman la estimulación multisensorial

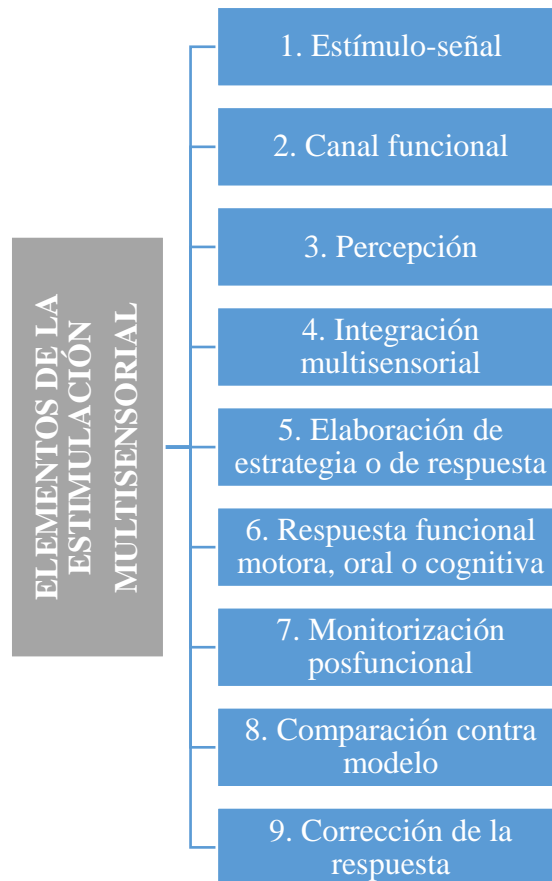


Figura 2: Elementos de la Estimulación multisensorial

Elaborado por: El investigador

1.3.7 Estimulación temprana

La estimulación temprana es el conjunto de medios, técnicas, y actividades con base científica y aplicada en forma sistemática y secuencial. Se emplea en niños/as desde su nacimiento hasta los 6 años, con el objetivo de desarrollar al máximo sus capacidades cognitivas, físicas, emocionales y sociales, evitar estados no deseados en el desarrollo y ayudar a los padres con eficacia y autonomía en el cuidado y desarrollo del infante. El papel unido de familia y escuela trabajando unidos y al unísono en este proceso y en este periodo es esencial [19].

1.3.8 Estimulación Visual

Por estimulación visual se entiende a la serie ordenada de experiencias visuales, según la edad y maduración de la persona, encaminadas a que su desarrollo visual se aproxime al considerado como normal [20].

1.3.9 Estimulación Auditiva

Por estimulación auditiva se entiende que una persona a partir de unos sonidos incompletos, distorsionados y oscuros forme un mundo, mediante su interpretación, por ejemplo, objetos, animales, personas para conseguir que mediante esos estímulos las personas puedan expresarse mediante un lenguaje [21].

1.3.10 Estimulación Táctil

La percepción táctil es la capacidad que permite a los individuos, receptor, interpretar e integrar las sensaciones recibidas por las terminaciones nerviosas situadas en la piel.

La percepción táctil es muy vital en cada individuo puesto que determina la adquisición de bastantes aprendizajes e incluso es importante para la estimulación visual [22].

1.3.11 Estimulación Vestibular

El sistema vestibular es el que permite que la mirada se oriente de forma anticipada a los movimientos. Por eso cualquier trastorno, déficit o anomalía que tenga el sistema vestibular tendrá una importante repercusión que altera el funcionamiento que se puede denominar como normal [23].

Los receptores del sistema vestibular están situados en la zona del oído interno y son los encargados de permitir que la imagen sobre la retina sea estable debido a su actividad sobre el ojo. Esa estabilidad es fundamental y una de las claves del equilibrio.

1.3.12 Estimulación Propioceptiva

El desarrollo propioceptivo forma parte de la sensibilidad y es el encargado de percibir (receptores) y de transmitir (vías) y de integrar los estímulos de origen periférico.

Siendo la propiocepción el sentido que permite al cuerpo tener una adecuada posición de los músculos regulando la dirección y rango de movimiento permitiendo de esta forma las reacciones y respuestas automáticas ante el estímulo.

Además, ayuda en el desarrollo del esquema corporal y en la ubicación en relación con el espacio sustentando la acción motora. Otras de las funciones en las que interviene es en el control del equilibrio, coordinación de ambas partes del cuerpo, mantener el nivel de alerta del sistema nervioso central [24].

1.3.13 Sala multisensorial o Snoezelen

Las aulas multisensoriales fueron creadas por Jan Hulsegge y Verheul, dos terapeutas holandeses que más tarde propusieron el término Snoezelen para identificar a un tipo de aulas en las que se trabaja con diferentes tipos de materiales para estimular los sentidos [25].

La sala Snoezelen a más de ser una técnica la misma es beneficiosa para todo tipo de discapacidad o enfermedad mental, se considera como un aspecto favorable para la persona ya que se encuentra con experiencias sensoriales dentro de un ambiente de confianza y relajación, ya que al encender los estímulos de la sala ayudan a activar cada uno de los sentidos proporcionando un mejor desarrollo y desenvolvimiento [26].

1.3.14 Características de la sala Multisensorial

Según la finalidad de cada espacio Snoezelen, éste consta de unos determinados materiales adaptados a ese objetivo concreto. No todas las aulas multisensoriales cumplen unos patrones estandarizados, sino que su habilitación es flexible según el centro, los sujetos, etc. Asimismo, el aula de estimulación multisensorial se puede modificar de acuerdo con las nuevas demandas que surja. Por parte de Gómez tener en cuenta lo siguiente con respecto a la sala multisensorial: [25]

- **Iluminación:** Cada espacio de la sala deberá tener su propia iluminación y será distinta, en la cual no interfiera la iluminación externa a la sala para evitar los deslumbramientos.
- **Resonancia y reverberación:** Es necesario que exista tiempos de silencio y que no interfieran los estímulos sonoros externos de manera negativa.
- **Color:** Está determinado por la utilidad y funcionalidad que tenga la sala en base al color por medio de los contrastes adecuados evitando de esta manera cansancio visual.
- **Mobiliario:** Disposición adecuada de materiales y bienes inmuebles para evitar accidentes

1.3.15 Espacios dentro de la sala Snoezelen

Existen varios espacios que se ubican dentro de la sala multisensorial los mismos que facilitan una mejor intervención terapéutica con la persona y que según Gómez tiene los siguientes espacios: [25]

- **Espacio Visual:** En este espacio se encuentran luces, objetos de diferentes colores entre otros materiales que tienen como finalidad desarrollar al máximo los restos potenciales visuales de la persona con capacidades especiales.
- **Espacio Olfativo:** El espacio olfativo permite percibir la realidad del ambiente externo por medio de los estímulos olfativos. Se emplean aromas de distintas esencias, aceites, entre otros.
- **Espacio Gustativo:** Se emplean diferentes tipos de alimentos líquidos o sólidos, de sabor dulce o amargo que ayudan a estimular las papilas gustativas para que la persona con capacidades especiales pueda distinguir varios tipos de sustancias que le permitirán diferenciar lo que está saboreando.
- **Espacio Táctil:** Consta de diferentes texturas, temperaturas, volúmenes, formas, etc. los cuales facilitan diferenciar y discriminar objetos y estimular el tacto.
- **Espacio Auditivo:** Se emplea el uso de la música, las voces, los sonidos y diferentes materiales musicales para trabajar la discriminación auditiva.

1.3.16 Materiales de la sala multisensorial

La estimulación multisensorial invita a la persona con capacidades especiales a explorar, interactuar, descubrir y comunicarse. Es por ello que, con luces, texturas, olores, sonidos, colores las salas multisensoriales o Snoezelen permiten estimular de forma controlada todos los sentidos y suelen construirse siguiendo un patrón definido y casi todas ellas contienen los mismos elementos como se detallan en la tabla 1.

Tabla 1: Materiales para sala multisensorial

Material Visual	• Pecera artificial
	• Mazo de fibras ópticas
	• Elementos fluorescentes
	• Columnas y panel de burbujas
	• Programa Senswitcher
	• Pulsador
Material Olfativo	• Proyector de imágenes
	• Inciensos
	• Quemador de aceites
	• Botellitas para oler
	• Difusor de aromas
Material Gustativo	• Esencias
	• Caja de sabores
	• Utensilios de estimulación oral y del gusto
	• Mordedores
Material Táctil	• Masticadores
	• Saquitos de texturas
	• Colchón multisensorial
Material Auditivo	• Móviles multisensoriales
	• Panel de fibra musical
	• Alfombra sonora
	• Instrumentos musicales
	• Juguetes sonoros
	• Equipo de audio

Elaborado por: El investigador

1.3.17 Tipos de estimulación

En la tabla 2 se detallan los tipos de estimulaciones más importantes para las personas con capacidades especiales.

Tabla 2: Tipos de estimulación

Estimulación	Descripción	Materiales
Visual	En estos rincones prima el color, los contrastes, las luces, la iluminación y todo tipo de estimulaciones que captan la atención. Se juega con la intensidad lumínica y los colores para facilitar el aprendizaje.	Reflectores, lámparas, luces de colores, imágenes proyectadas, dibujos, objetos y material didáctico, espejos
Olfativa	Se trabajan la visión y la audición para lograr un aprendizaje a través de la información que se adquiere por medio de ellos. Se combinan colores, sabores, olores, luces, etc.	Aceites en su uso terapéutico, dispensadores de olores, esencias, comida
Táctil	Se trabaja la exploración táctil y se busca formar una imagen del exterior para facilitar la relación con el entorno. Ayudar en la orientación, la movilidad y la integración.	Diferentes texturas, vibraciones, diferentes formas y figuras, masajes
Auditiva	Por medio de un lugar silencioso se capta la atención y se logra la concentración de la persona con capacidades especiales. Los sonidos y la música fomentan el aprendizaje, el desarrollo y el mejoramiento de la comunicación. Los sonidos pueden lograr mejorar el sentido de ubicación y orientación.	Música, plataforma vibratoria, instrumentos musicales, juguetes sonoros
Vestibular y Propioceptiva	Ayuda a entender las sensaciones sobre la posición y movimientos del cuerpo, ayuda a mejorar la conciencia del cuerpo, la ubicación espacial y a controlar el sistema motor grueso y fino. Este espacio permite a la persona con capacidades especiales corregir las malas posturas, los choques con objetos y las caídas constantes.	Piscina de pelotas, hamacas, brincos, plataformas de equilibrio

Elaborado por: El investigador

1.3.18 Realidad Aumentada

La realidad aumentada (RA) podría definirse como aquella información adicional que se obtiene de la observación de un entorno, captada a través de la cámara de un dispositivo que previamente tiene instalado un software específico.

La información adicional identificada como realidad aumentada puede traducirse en diferentes formatos. Puede ser una imagen, un carrusel de imágenes, un archivo de audio, un vídeo o un enlace [27].

1.3.19 Arquitectura de un sistema de Realidad Aumentada

La arquitectura de cualquier sistema de Realidad Aumentada descansa fundamentalmente sobre dos elementos críticos, visualización y seguimiento, pues de ellos depende el grado de inmersión e integración en la realidad mixta. El sistema de seguimiento determina la posición y orientación exactas de los objetos reales y virtuales en el mundo real. El sistema gráfico, o de visualización, además de generar los objetos virtuales, combina todos los elementos de la escena, reales y virtuales, mostrándolos por pantalla [28].

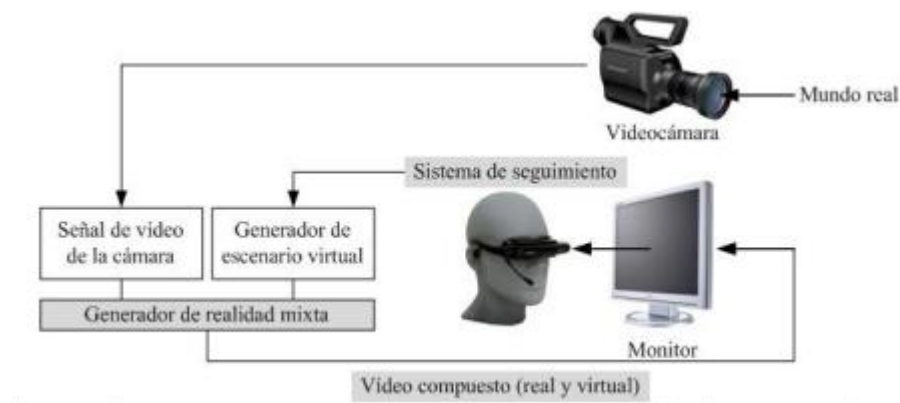


Figura 3: Arquitectura de un sistema de Realidad Aumentada [28]

La figura 3, ilustra el esquema conceptual de un sistema de Realidad Aumentada. La cámara captura la información que suministra el mundo real. El sistema de seguimiento establece la posición y orientación del usuario en cada momento. Con estos datos se genera el escenario virtual que, combinado con la señal procedente de la videocámara, conforma la escena aumentada. Esta escena, compuesta de objetos reales y virtuales, se presenta al usuario por medio del dispositivo de visualización. Un aspecto importante de la Realidad Aumentada lo constituye la interfaz con el usuario. En la mayoría de las aplicaciones las capas superpuestas sobre la imagen real corresponden a vídeo y sonido. En cualquier caso, la RA puede proporcionar un mundo completamente «inmersivo», característico de la Realidad Virtual, pero también un mundo físico, en el que los usuarios disponen de cierta capacidad para interactuar con el medio [28].

1.3.20 Elementos de la Realidad Aumentada

Para la utilización de realidad aumentada se requiere de los siguientes elementos: [27]

- Dispositivo con cámara
 - PC con cámara web
 - Ordenador portátil con webcam
 - Tablet
 - Smartphone
 - Wearable con cámara (reloj, gafas, etc.)
- Un Software encargado de realizar las transformaciones para facilitar la información adicional
- Un disparador, conocido como “trigger” o activador de la información
 - Imagen
 - Entorno físico
 - Marcador
 - Objeto
 - Código QR

1.3.21 Tipos de Realidad Aumentada

La realidad aumentada tiene dos tipos fundamentales que son los siguientes:

➤ **Realidad aumentada Geolocalizada**

La realidad aumentada que se clasifica del tipo “posicionamiento”, debe su nombre a que es determinada por activadores, “triggers” o “desencadenantes” de la información que son los sensores que indican el posicionamiento del dispositivo móvil: [27]

- **GPS:** Indica la ubicación del dispositivo a través de las coordenadas.
- **Brújula:** Hace referencia a la orientación del dispositivo en la dirección que enfoca la cámara integrada.
- **Acelerómetro:** Identifica la orientación y ángulo del dispositivo al uso.

La información se captura a través de la cámara que contiene integrado el dispositivo y este a su vez procesará la información a través del software de posicionamiento instalado. Es una realidad aumentada basada en parámetros de posicionamiento.

➤ **Realidad Aumentada Basada en Marcadores**

Los marcadores representan el tipo de activador de la información por excelencia en el mundo de la realidad aumentada y podrían englobarse en tres grupos [27].

- **Códigos QR:** Son un tipo de formas geométricas en blanco y negro que incluyen información del tipo URL, VCard, texto, email, SMS, redes sociales, PDF, MP3 APP stores, imágenes, teléfonos, eventos, wifi y geolocalización. Dentro del propio diseño, algunas aplicaciones que facilitan su creación permiten la inclusión de una imagen o logo en el mismo Su apariencia es la siguiente:



Figura 4: Ejemplo de Códigos QR [27]

- **Markerless NFT:** Los activadores de la información son imágenes u objetos reales.



Figura 5: Marcas de imagen [27]

- **Marcadores:** Suelen adoptar formas geométricas en blanco y negro y se enmarcan en un cuadrado. En algunas ocasiones también incluyen siglas o imágenes simples.



Figura 6: Ejemplo de marcadores [27]

1.3.22 Fundación San Aníán



Figura 7: Logo de la Fundación San Aníán

El 1 de junio de 1998 la Fundación San Aníán obtiene personería jurídica bajo el Acuerdo Ministerial No. 00509 emitido por el Ministerio del Bienestar Social (MBS), hoy llamado Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES).

A partir del año 1999 hasta el año 2015, la Fundación San Aníán a través del Centro de Primaria Popular San Aníán, atendía a un promedio de 80 educandos de escasos recursos económicos por período, contribuyendo a la erradicación del analfabetismo en la provincia de Tungurahua a través de una educación de alta calidad tanto en las áreas teóricas como en las ramas artesanales, donde prevalecía el respeto y el buen trato al menor; además contaba con un dispensario médico, odontológico, asistencia social y psicológica, alimentación, áreas de recreación y espacios verdes que permitían complementar el trabajo y conseguir mejores resultados.

Esta modalidad de estudio se mantuvo hasta el año 2015 tiempo en el cual cambio la ley de educación y se eliminó el Departamento de Educación Popular, motivo por el cual la fundación debió buscar otra forma para poder seguir ayudando a grupos vulnerables y no perder toda la inversión realizada durante años en equipos, herramientas, muebles, etc. es así que acudieron al Ministerio de Inclusión Económica y Social y ahí les indicaron que aquí en la ciudad existe un grupo de personas con discapacidad que no hay quien las acoja ya que se encontraban en un centro de cuidado muy estrecho y debían ser reubicados ya que estaba a cargo de la Universidad Técnica de Ambato y al no ser su competencia debían ser instalados en otro lugar o lamentablemente deberían sus padres hacerse responsable de ellos ya que se requería de una institución que ponga la contraparte en la atención de este grupo vulnerable y el Ministerio Social dentro de su presupuesto tiene un límite de inversión.

Todo esto es posible gracias al apoyo del Ministerio de Inclusión Económica y Social, la Empresa privada y la Diócesis de Ambato quienes brindan su contingente para sacar este proyecto adelante. Gracias a la autogestión realizada por parte de la institución, la fundación actualmente cuenta con:

- Cuatro áreas pedagógicas (Salones azul, amarillo, verde, naranja)
- Área de Terapia física
- Área de Psicología
- Comedor
- Salón Auditorio
- Área de Trabajo Social

La importancia de la Fundación San Aníán, radica en que es el único centro que atiende a personas con discapacidad comprendidas entre los 18 y 64 años de edad en la ciudad de Ambato. Si bien es cierto, existe la Escuela Especial Ambato, pero su particularidad es que ellos a través de un sistema educativo atienden a personas menores de 18 años. Esto convierte a San Aníán en el único centro en Ambato, donde las personas con discapacidad pueden asistir y ser cuidados, mientras sus familiares trabajan para mantenerlos. Parte de su infraestructura se puede observar en el anexo 10.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

El objetivo principal del presente proyecto de investigación se enfoca en la implementación de un prototipo para el sistema de estimulación de sentidos cognitivos para personas con capacidades especiales en la Fundación San Aníán, en donde la persona con discapacidad puede realizar movimientos poco habituales, de tal manera pueda adquirir nuevas habilidades y pueda desarrollar su sistema visual y auditivo de mejor manera y por ende un mayor desenvolvimiento en su vida cotidiana.

Para poder cumplir con dicho objetivo, fue necesario cumplir con las actividades propuestas en cada uno de los objetivos específicos.

1.4.2 Objetivos específicos

Analizar las técnicas de enseñanza en personas con capacidades especiales.

- Descripción de las diferentes técnicas de enseñanza para personas con capacidades especiales.
- Análisis de los elementos que inciden en el aprendizaje de las personas con capacidades especiales.
- Selección de los dispositivos que permiten la enseñanza en las personas con capacidades especiales.

Diseñar una interfaz electrónica para el sistema de estimulación de sentidos cognitivos para personas con capacidades especiales.

- Diseño de la estructura física y lógica de la interfaz electrónica.
- Selección de los elementos electrónicos que permitan el control de la interfaz para el aprendizaje de las personas con capacidades especiales.
- Implementación del sistema de estimulación de sentidos cognitivos en la Fundación San Aníán.

Implementar un sistema de estimulación de sentidos cognitivos mediante realidad aumentada para personas con capacidades especiales.

- Descripción de los parámetros requeridos para la realidad aumentada.
- Selección del software para la realización de realidad aumentada.
- Selección del trigger o activador de información más idóneo.
- Evaluación y comprobación del funcionamiento del sistema.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Tabla 3 Materiales a utilizar

Elaborado por: El investigador

Elementos del Sistema
Elementos Electrónicos
Elementos de estimulación
Computadora
Libros

2.2 Justificación

A nivel mundial existe una gran cantidad de personas con capacidad especiales, se estima que alrededor del 15% de la población mundial (1.000 millones de personas) sufre de algún tipo de discapacidad según la estimación de la población mundial en el 2010 y datos emitidos por la OMS, esto pueden traer varias consecuencias tales como bajo nivel de salubridad, menor participación económica bajos resultados académicos, altas tasas de pobreza mayor dependencia entre otros aspectos, en la mayoría de casos las personas con discapacidad suelen ser excluidas de la sociedad y hasta son discriminados. [29]

En Ecuador, según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades se han registrado un total de 461.687 personas con algún tipo de discapacidad (Física, intelectual, auditiva visual, psicosocial), de las cuales 20.615 personas se encuentran en el grupo selectivo de estudiantes, entre educación básica, media y bachillerato el 58,61% (12.082 estudiantes) reciben educación regular, mientras que el 41,39% (8.533 estudiantes) reciben educación especializada. [16]

En la provincia de Tungurahua existen 13.320 personas con discapacidad registradas según datos del Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades de las cuales 7.927 personas pertenecen a la ciudad de Ambato, tan solo 406 personas son estudiantes entre educación básica, media y bachillerato, el 40,64% (165 estudiantes) reciben educación regular, mientras que el 59,36% (241 estudiantes) reciben educación especializada.

Según datos emitidos por el director ejecutivo de la Fundación San Aníán, en la institución existen 60 personas con capacidades especiales, los mismos que están entre las edades de 18 a 64 años, dichas personas son de bajos recursos económicos en su mayoría y por ello se ven en la obligación de recibir todo tipo de ayuda social y económica, misma que ha sido intermediada por la Fundación en su gran mayoría.

Las personas con discapacidades o capacidades especiales tienen los mismos derechos que una persona con capacidades normales, las personas con capacidades especiales son víctimas de discriminación y el inevitable bullying, es por ello que existen instituciones especializadas que se dedican a la educación de dichas personas.

El presente proyecto de investigación busca dar solución a la problemática existente entre la interacción de las personas con capacidades especiales y responsabilidad de tomar decisiones propias en la vida cotidiana, ayudando a que logren un “Tratamiento adecuado”, mediante un sistema electrónico de estimulación de sentidos cognitivos constituido por una parte de software y hardware libre, mismos que motivará un fácil aprendizaje y mejoramiento de su desenvolvimiento en sus actividades diarias.

2.3 Delimitación

2.3.1 Delimitación de contenidos:

Área Académica: Comunicaciones

Línea de investigación: Tecnologías de la Información y Comunicación

2.3.2 Delimitación espacial:

El presente proyecto de investigación se realizó en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, en la Fundación San Aníán y en la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, previo a la obtención del Título Terminal de Tercer nivel de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones.

2.3.3 Delimitación temporal:

La presente investigación se realizó en el periodo de Octubre 2020 – Enero 2021 de acuerdo con el reglamento de graduación para obtener el título terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

2.4 Propuesta de solución

La implementación de un Sistema de estimulación de sentidos cognitivos en personas con capacidades especiales de la Fundación San Aníán, permitió mejorar las condiciones de convivencia de dichas personas, de igual manera ayudó a la motivación para un mejor aprendizaje y aumentar la estimulación en el cerebro, desarrollando nuevas habilidades, las cuales permitan un mejor desenvolvimiento de las personas con capacidades especiales en la vida cotidiana.

2.5 Modalidad de la investigación

La modalidad de investigación que se empleó para la implementación de un sistema de estimulación de sentidos cognitivos en personas con capacidades especiales, fue de investigación y desarrollo, misma que se aplicó las siguientes técnicas.

Investigación aplicada por que se dio solución a un determinado problema mediante la aplicación de conocimientos existentes, realizando la implementación de un sistema de estimulación de sentidos cognitivos en personas con capacidades especiales para motivar el aprendizaje y fácil desenvolvimiento de dichas personas.

La investigación bibliográfica, debido a que el sustento científico del tema planteado se obtuvo de libros, publicaciones, artículos científicos y repositorios disponibles en el internet, que se hayan escrito en relación con el tema para tener una visión del

problema que se trató y además también se pudo desarrollar el proyecto de una manera eficiente.

2.6 Recolección de información

La recopilación de información en este proyecto se realizó mediante el uso de documentos, revistas, libros, proyectos desarrollados, referentes al tema. También se hizo una investigación acerca de los antecedentes referentes al tema mediante tesis desarrolladas o artículos publicados en los repositorios de universidades y revistas electrónicas.

2.7 Procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de los datos se procedió con las siguientes actividades:

- Análisis de la información recogida anteriormente.
- Análisis e interpretación de los resultados y estrategias de solución.
- Determinación de la mejor propuesta de solución.
- Planteamiento de la propuesta de solución.

2.8 Desarrollo del proyecto

A continuación, se detalla las actividades que se realizó durante el desarrollo del proyecto de investigación:

- Descripción de las diferentes técnicas de enseñanza para personas con capacidades especiales.
- Análisis de los elementos que inciden en el aprendizaje de las personas con capacidades especiales
- Selección de los dispositivos que permiten la enseñanza en las personas con capacidades especiales.
- Diseño de la estructura física y lógica de la interfaz electrónica.
- Selección de los elementos electrónicos que permitan el control de la interfaz para el aprendizaje de las personas con capacidades especiales.
- Descripción de los parámetros requeridos para la realidad aumentada.
- Selección del software para la realización de realidad aumentada.
- Selección del trigger o activador de información más idóneo.

- Implementación del sistema de estimulación de sentidos cognitivos en la Fundación San Aníán.
- Evaluación y comprobación del funcionamiento del sistema.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Introducción

A nivel mundial existe una gran cantidad de personas con capacidades especiales, según el reportaje “Discapacidad” del Banco Mundial, se estima que aproximadamente 1000 millones de habitantes, es decir un 15% de la población mundial, las personas con discapacidad tienen mayor probabilidad de resultados adversos como menor nivel de educación, peor estado de salud, inaccesibilidad a los entornos físicos y transporte, falta de disponibilidad de dispositivos y tecnología y tasas más altas de pobreza. En Ecuador, según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades se han registrado un total de 466.236 personas con discapacidad o capacidades especiales registrados, aunque se estima que el valor de personas sea mucho más alto, la igualdad a nivel educativo es un reto que se ha trabajado desde hace algún tiempo, sin embargo, no se ha logrado tener los resultados esperados. La Fundación San Aníán cuenta con 60 personas con capacidades especiales, los mismos que están entre las edades de 18 a 64 años. Las personas requieren de atención especializada, es por ello que se realiza la presente investigación para desarrollar un sistema de estimulación de sentidos cognitivos, vista y oído puntualmente, el enfoque a estos sentidos puesto a que son los más sensibles en las personas, haciendo uso de la tecnología y en particular de la realidad aumentada para hacer un sistema más amigable para el maestro y el estudiante y así lograr mejores resultados en el proceso enseñanza-aprendizaje.

3.2 Estudio de la factibilidad

A continuación, se describen los detalles del análisis de la factibilidad del presente proyecto de investigación.

3.2.1 Factibilidad técnica

El presente proyecto de investigación es técnicamente factible debido a que las personas con discapacidad pueden desarrollar nuevas habilidades cognitivas, además

de haber estimulado sus sentido visual y auditivo, permitiendo así un mejor desenvolvimiento en las actividades cotidianas de dichas personas.

3.2.2 Factibilidad económica

El presente proyecto de investigación es económicamente factible debido a que existen diversas plataformas de código abierto destinadas a la creación de realidad aumentada, además, la parte de software es libre y la parte de hardware están disponible en el mercado nacional e internacional.

3.2.3 Factibilidad bibliográfica

El proyecto de investigación posee factibilidad bibliográfica ya que existe variedad de información acerca del tema en libros, artículos, tesis, etc.

3.3 Análisis de las estrategias de enseñanza para personas con capacidades especiales

Se va a implementar un sistema de estimulación de sentidos cognitivos en personas con capacidades especiales en la Fundación San Aníán para lo cual es indispensable realizar un análisis de las estrategias de enseñanza para personas con capacidades especiales.

Se pueden utilizar distintas estrategias de enseñanza para satisfacer las necesidades de las personas con capacidades, quienes suelen tener problemas para aprender conceptos y tener un ambiente adecuado en el aula tradicional. En la educación especial se pueden lograr los mismos objetivos educativos que sus compañeros con necesidades especiales. [30]

3.3.1 Integración sensorial

La integración sensorial se refiere a la capacidad de relacionar la información recibida por los estímulos sensoriales que nos rodean con sus comportamientos y pensamientos. Algunos estudiantes con NEE (Necesidad Educativas Especiales) necesitan ayuda para

integrar dicha información por ejemplo personas con síndrome de Down, TDAH (Trastorno por déficit de atención e Hiperactividad) entre otros.

La integración de estas áreas es posible cuando se

identifique el perfil individual y las necesidades específicas del estudiante.

➤ **Análisis del perfil individual**

Se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos

- Como reacciona el estudiante a las sensaciones y como procesa la información.
- Como planea sus acciones, que comportamiento presenta, y que pensamiento expresa.
- El nivel de sus capacidades intelectuales

➤ **Patrones de interacción del estudiante**

Para comprender la interacción del estudiante es importante tomar en cuenta sus factores biológicos ya que estos afectan directamente con el comportamiento hacia sus estímulos (auditivo, visual, olfato, táctil) entre los factores biológicos tenemos:

- Dificultad para comprender los datos sensoriales que recibe
- Dificultad para mover su cuerpo como lo desea

➤ **Pirámide de nivel de evolución**

La pirámide nos permite observar cuales son las necesidades básicas del estudiante, de manera que pueda desarrollarse adecuadamente a lo largo de los diferentes niveles de la pirámide como se puede observar en la Figura 8.



Figura 8: Pirámide de nivel de evolución [30]

En la base de la pirámide se encuentran los componentes de crianza como: la comida, casa, el contacto físico, el sentido de seguridad, cuidado médico. Estos elementos se vuelven muy importantes a la hora de tratar con un estudiante con NEE.

En el segundo nivel están las relaciones sociales que deben ser confiables y consistentes, en un estudiante por naturaleza existe dificultad por establecer confianza, en un estudiante con NEE se debe tener mayor cuidado para establecer dicha confianza, en ello también influye la relación con amigos y familiares.

El tercer nivel se refiere a la creación de relaciones que se adapten a las necesidades sensoriales del estudiante, el docente debe crear vínculos para mejorar la interacción con el estudiante de acuerdo a las necesidades sensoriales por ejemplo manejar los estímulos sensoriales como el sonido, estimulación visual y táctil.

El cuarto nivel se refiere a las técnicas adaptadas al desarrollo del estudiante para establecer relación con otros estudiantes, por ejemplo, un estudiante que tenga una comunicación intencional para expresar una idea, pero tal vez no pueda relacionarse con otros estudiantes al punto que no pueda expresar una opinión, es por ello que es importante que el estudiante realice una adaptación al nivel que se encuentre.

En el quinto nivel se encuentran las técnicas terapéuticas y educativas que ayudan al desarrollo del estudiante basadas en interacciones y motivaciones acorde a las necesidades individuales del estudiante. [30]

➤ **Estrategias por área**

Existen varias estrategias asociadas a la estimulación sensorial del estudiante, así como diferentes áreas de desarrollo a continuación se enlistan algunas técnicas útiles que facilitan el trabajo del docente con el estudiante.

Área Social y Emocional

- Seguir señales
- Tener la mayor concentración posibles para que el docente pueda estar involucrado totalmente con el estudiante
- Escuchar y observar minuciosamente cada movimiento del estudiante.

Área verbal

- Responder siempre a todo intento de comunicación del estudiante
- Nunca cambiar de tema al que se está comunicando con el estudiante
- Responder con afecto

Desarrollo

- Observar si el estudiante es capaz de controlar sus emociones
- Asegurar que el estudiante esté interesado en interactuar con el docente
- Controlar que el estudiante juega con sus compañeros y si comparte la atención con los demás

3.3.2 Acciones de intervención dentro del aula

➤ **Un ambiente adecuado en el aula**

El paso primordial para generar inclusión en la educación especial es generar un espacio adecuado, las aulas con pupitres en filas generan un orden jerárquico por lo que en este caso no serviría de mucho. A continuación, se ponen en conocimiento algunas recomendaciones.

- Se debe exponer a los estudiantes a situaciones de aprendizaje motivadoras e interactivas.

- Proveer a los estudiantes con espacios físicos amplios donde ellos se puedan desenvolver y puedan trabajar con el grupo de forma colaborativa.
- Facilitar al estudiante situaciones de aprendizaje donde el estudiante busque y obtenga la información por sí mismo, siempre monitoreado por el docente.
- Utilizar material sensorial relacionado al tacto, audición vista, olfato, gusto y vestibular.

➤ **Adecuaciones dentro del aula**

Cuando se habla de adecuaciones dentro del aula se refiere tanto al material utilizado por el docente como a su planificación dependiendo el nivel de dificultad que posea el estudiante

➤ **Canales de comunicación**

El canal de comunicación es el docente y desempeña un papel muy importante en la inclusión de la persona con discapacidad ya que de él depende el éxito de la inclusión del estudiante, es por ellos que se nombra las principales estrategias para el objetivo.

- La actitud e interés que muestre el docente al de los estudiantes
- La motivación que muestre el docente es clave
- Utilizar distintos canales de comunicación, es decir diferente material páginas web, carteles, paginas informativas, etc.

3.4 Análisis de los elementos que inciden en el aprendizaje de las personas con capacidades especiales

Existen diferentes factores que influyen en el aprendizaje de las personas con capacidades especiales, ya que aprender es un proceso bastante complejo de pensamiento y de comportamiento, más aún cuando está involucrada una persona con necesidades educativas especiales (NEE). En la tabla 4 se describen los tipos de Necesidades Educativas Especiales (NEE).

Tabla 4: Tipos de Necesidades Educativas Especiales (NEE)

TIPOS DE NECESIDADES EDUCATIVAS ESPECIALES	
Necesidades Educativas Especiales permanentes (NEEp)	Discapacidad Intelectual Trastornos del Espectro Autista Discapacidad Múltiple Discapacidad Sensorial (visual, auditiva) Discapacidad Motora
Necesidades Educativas Especiales transitorias (NEEt)	Trastorno Específico del Lenguaje Trastornos Específicos del Aprendizaje Trastorno por Déficit de Atención Rendimiento Intelectual Limitado Trastornos Emocionales Trastornos Conductuales Deprivación socioeconómica y cultural Violencia intrafamiliar Embarazo adolescente y drogadicción

Elaborado por: El investigador, en base a [31].

Evidentemente si una persona con capacidades especiales tiene algún tipo de necesidad educativa especial, los factores que influyen en el aprendizaje del mismo pueden ser internos o externos y pueden interferir de manera beneficiosa o perjudicial en el

desarrollo académico de la persona con capacidades especiales en el aula de clases.

➤ **Factores ambientales**

Los factores ambientales están relacionados con el lugar en donde vive la persona con capacidades especiales, ya que todo lo que lo rodea puede influir en el aprendizaje del mismo. Las Habilidades que desarrolle van a depender de los agentes internos y externos que lo rodeen diariamente como, computadoras, tablets, celulares y video juegos, con lo cual podrá potenciar habilidades tecnológicas o de la información, a diferencia de una persona con capacidades especiales que crezca sin estos elementos, va a tener dificultades frente a la tecnología avanzada [32].

➤ **Factores hereditarios**

Los factores hereditarios se refieren a aquellos problemas congénitos que pueden presentar las persona con capacidades especiales, impidiéndoles desarrollar al máximo sus capacidades intelectuales [32], [33].

➤ **Violencia contra las personas con capacidades especiales**

La violencia contra las personas con capacidades especiales es un factor que afecta tanto física como psicológicamente al menor. Dicho acto hace que la persona con capacidades especiales tenga sentimientos de miedo, rencor, rabia y no piense en los estudios, por ende, influir en el aprendizaje [32], [33].

➤ **Factores socio económicos**

Los factores socioeconómicos pueden influir en al aprendizaje de la persona con capacidades especiales tanto de manera positiva como negativa ya que la educación para personas que presentan discapacidad auditiva no tiende a ser accesible para toda la población.

Hay pocas escuelas públicas especializadas en este tipo de discapacidad. Esto hace que las personas con capacidades especiales que vengan de una familia de escasos recursos tengan acceso limitado o no tengan acceso a la misma. No obstante, una familia que cuente con los recursos económicos necesarios puede brindarle una educación que le permita desarrollar al máximo su potencial. Esto no indica que si una persona es de

escaso recursos no pueda aprender, ya que en varios casos representa una desventaja para el aprendizaje [32], [33].

➤ **Factores geográficos**

El factor geográfico se refiere a la distancia que existe entre un centro educativo y ciertas poblaciones. Ya que actualmente hay unidades educativas que se encuentran muy distantes de los hogares de las personas con capacidades especiales y esto hace que tengan que pasar largas horas caminando para asistir a la escuela.

Finalmente, esta situación puede generar cansancio o desgaste físico, por lo que decidan dejar de ir o que no tengan las fuerzas necesarias para prestar atención durante la clase debido a la larga caminata que han tenido que hacer [32], [33].

➤ **Factores afectivos sociales**

Son factores que tienen relación con los sentimientos, las relaciones interpersonales y la comunicación que se debe establecer para el logro eficaz del proceso de aprendizaje [32], [33].

➤ **Factor cognitivo**

El factor cognitivo se refiere a las operaciones de pensamiento, las cuales son determinantes para el aprendizaje y son procesos bien definidos y complejos como; percibir a través de los sentidos los datos proporcionados por el medio, es la forma personal de interpretar la información, observar y tomar conciencia del mundo que lo rodea, prestar estricta atención y vigilancia a un objeto o circunstancia movido por un propósito definido a través de los sentidos [32], [33].

3.5 Selección de los dispositivos que permiten la enseñanza en las personas con capacidades especiales

Se va a realizar la selección de los dispositivos o elementos para la estimulación sonora y auditiva de las personas con capacidades especiales, como se ilustró en la tabla 4. La tecnología está impulsando un cambio importante para docentes y estudiantes, ya que equipos como tablets, ordenadores y pizarras digitales están marcando la diferencia en el aula moderna. Hasta pueden llegar a ser, en términos académicos, un factor de

mejora significativa para el aprendizaje en grupos de estudiantes con algún tipo de discapacidad, ya sea de naturaleza física o intelectual [34].

En la tabla 5 se indican diferentes elementos sonoros y visuales con sus características, de los cuales se seleccionan los dispositivos que más se acoplen a las características de educación en un aula moderna.

Tabla 5: Elementos para la estimulación de persona con capacidades especiales.

Elementos para la estimulación Auditiva de personas con capacidades especiales	
Elemento	Características
Música	Canciones o sonidos que trabajen la motricidad o las emociones y desarrollen la coordinación, los vínculos con los adultos y aprendan tareas cotidianas.
Instrumentos musicales	Los instrumentos musicales ejercitan las habilidades motrices de las personas discapacitadas y se combina con el ritmo y el compás para la participación en actividades grupales.
Juguetes sonoros	Los juguetes sonoros son especialmente importantes por ser una fuente de autoafirmación que ayuda al desarrollo de sus capacidades.
Animaciones sonoras	En función del grado de sordera de la persona con discapacidad, se puede escoger animaciones con efectos sonoros acompañados de vibraciones.
Plataformas	Herramientas multimedia que permitan a las personas con capacidades especiales con o sin NEE, entender el mundo de la informática. Un ejemplo son las aplicaciones.

Elaborado por: El investigador, en base a. [35], [36]

Tabla 6: Elementos para la estimulación de persona con capacidades especiales.

Elementos para la estimulación Visual de personas con capacidades especiales	
Elemento	Características
Reflectores	Son dispositivos que permiten a la persona discapacitada aprender sobre objetos luminosos.
Lámparas	Esta herramienta busca acabar con el efecto espejo que es el que provoca los problemas de lectoescritura y que vienen a dificultar el aprendizaje.
Luces de colores	Las luces de colores vivos o contrastados, podrían ser muy estimulantes ayudando a la identificación de objetos.
Animaciones visuales	Es una herramienta importante para facilitar el juego y el reconocimiento de animales, agregando efectos sonoros a las animaciones
Dibujos	Los dibujos en el aprendizaje de personas con NEE ayuda a que desarrollen el sentido artístico y la imaginación, además de permitir formar su personalidad.
Material didáctico	Estos elementos sirven para que las personas con discapacidad puedan identificar propiedades, clasificar y establecer diferencias entre varios objetos o materiales.

Elaborado por: El investigador, en base a. [35], [36]

De los elementos mostrados en la tabla 6, se han seleccionado la música y las animaciones sonoras para generar una estimulación auditiva en las personas con Necesidades Educativas Especiales, y para la estimulación visual, se ha seleccionado; lámparas, luces de colores, imágenes proyectadas y animaciones visuales [35], [36].

3.6 Descripción de los requerimientos para la implementación de realidad aumentada.

Los requerimientos para el uso de la realidad aumentada en el presente tema de investigación son dos, los cuales se detallan a continuación.

3.6.1. Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales ayudan a que la interfaz sea amigable con el maestro y mejor aún con el estudiante, es decir que proporciona una mayor comprensión y claridad del sistema.

3.6.1.1. Captación de Escena

La captación de escenas es muy importante en cualquier sistema de realidad aumentada, puesto que es indispensable contar con un tipo de mecanismo que recolecte la escena real, para que posteriormente se proceda a aplicar la realidad aumentada. Para dicho mecanismo se tiene do tipos de dispositivos: [37]

➤ Dispositivos video-through

Estos dispositivos se encargan solo de recolectar la escena, es decir no se encargan de visualizarla. Dentro de este grupo se encuentran las cámaras de video.

➤ Dispositivos see-through

Este grupo de dispositivos se encargan de tomar la escena real y además se encargan de visualizar al usuario en realidad aumentada. Cabe recalcar que estos dispositivos visualizan la imagen en tiempo real. Un claro ejemplo son las gafas para realidad aumentada.

3.6.1.2. Identificación de escena

La identificación de escenas consiste en averiguar que el escenario físico es el que quiere el usuario aplicar la realidad aumentada. Existen dos maneras: [37]

➤ Reconocimiento por marcadores

Un marcador es un objeto conocido por el sistema, existen tres maneras para que reconozca un marcador, mediante su geometría, su color o mediante ambas características.

➤ **Reconocimiento sin marcadores**

En los sistemas de realidad aumentada también se puede identificar las escenas mediante imágenes o mediante la estimación de la posición, es posible encontrar sistemas híbridos los cuales consiste en la combinación de las dos técnicas

3.6.1.3. Técnica de mezclado de realidad e información adicional

Después de identificar el escenario es importante sobreponer la información digital que se desea ampliar sobre la escena real, esta escena puede ser de carácter visual, auditiva o táctil. En la mayoría de sistemas de RA, los dispositivos de visualización son en 2 dimensiones como por ejemplo, pantallas de celulares, ordenadores, etc. Para realizar la conversión de un plano 3D en 2D se puede utilizar la técnica de perspectiva o también llamada proyección de puntos la cual consiste en la superposición de dos imágenes captadas desde diferentes ángulos dando la sensación de una profundidad que no existe en imágenes 2D [37].

3.6.1.4. Visualización de la escena

Dentro de los sistemas de RA, quizá uno de los procesos más importantes es el de visualización de la escena real con la información añadida, para lo cual se ha dividido en dos mecanismos, los cuales se detallan a continuación: [37]

➤ **Sistemas de bajo coste**

Estos tipos de sistemas se encuentran en la mayoría de dispositivos, tanto móviles como fijos y el usuario lo puede adquirir de forma sencilla y de bajo costo.

Los sistemas de visualización móvil hacen referencia a dispositivos móviles como teléfonos o PDAs (Personal Digital Assistant). Estos sistemas vienen integrados en los dispositivos de fábrica, por lo cual no se deben preocupar por adquirir elementos adicionales, la debilidad de estos dispositivos es que son de baja definición y calidad de la imagen de salida.

Los sistemas de visualización fijo, disponen de hardware adecuado para visualizaciones más complejas generando una imagen de salida de mayor calidad,

➤ **Sistemas de alto coste**

Estos sistemas son escasos en la RA, aunque no imposible de encontrar, como es el caso de los Head Up Displays (HUDs). Estos dispositivos son mucho más interactivos, pudiendo representar información aumentada mediante proyecciones sobre elementos físicos reales. Para poder realizar este fenómeno se utilizan dispositivos de proyección en 2D o 3D que tienen un profundo interés de representar holográficamente en 3D, lo cual conlleva a un mayor costo.

3.6.2. Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales hacen referencia a las características que posee el sistema propuesto, los mismos que se detallan a continuación:

➤ **Bajo Costo**

Al ser un sistema que utiliza software y hardware libre, reducen los gastos considerablemente.

➤ **Preciso**

Al ser utilizada imágenes y modelados de alta calidad, ayuda a tener una mayor precisión.

➤ **Interactivo**

El sistema es interactivo, ya que la educadora y las personas con capacidades especiales pueden interactuar con la realidad aumentada para así potenciar y reforzar su estimulación.

➤ **Disponibilidad**

El sistema está disponible para utilizarse en una PC de escritorio, laptop, Tablet o teléfono móvil.

3.7 Selección del software para la Implementación de realidad aumentada

La selección del software para la implementación de realidad aumentada es muy importante, puesto que se busca un conjunto de programas que se adapte de mejor manera a los requerimientos del sistema de AR.

3.7.1 Descripción de Unity

Unity es un motor de desarrollo para la creación de juegos y contenidos 3D interactivos, con las características que es completamente integrado y que ofrece innumerables funcionalidades para facilitar el desarrollo [38].



Figura 9: Logo de Unity [38]

Interfaz de Unity 3D

La interfaz de Unity posee 5 paneles principales que pueden ayudar a desarrollar cualquier tipo de juego o aplicación 3D, en la figura 10 se puede observar la Interfaz de un proyecto vacío en Unity.

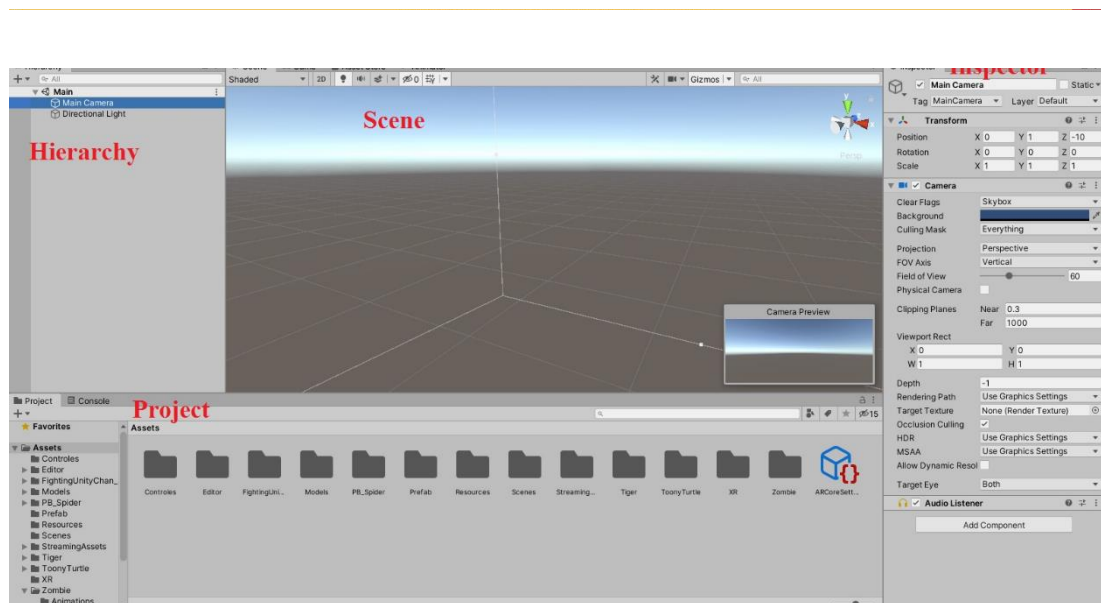


Figura 10: Interfaz de Unity

Elaborado por: El investigador

- **Hierarchy:** En esta ventana se encuentra todos los objetos agregados en la escena actual, están ordenados de forma jerárquica, es decir un objeto puede estar dentro de otro objeto.
- **Project:** Aquí se encuentra las carpetas, subcarpetas y archivos del proyecto, además se encuentran los paquetes que se han añadido.
- **Toolbar:** La barra de herramientas está formada por una gran variedad de botones que permite manipular al objeto utilizado según el requerimiento del desarrollador, entre los botones más importantes se encuentran el de mover, rotar, escalar, modificar el punto de pivote y el sistema de coordenadas del objeto seleccionado. En la parte central se encuentran los botones de ejecución como el play, pausa y ejecución frame a frame.
- **Scene:** Aquí se encuentra la representación visual del proyecto, es decir, aquí está el objeto, figura o juego que se esté elaborando y el desarrollador se puede desplazar a lo largo de ella.
- **Inspector:** Esta ventana es una de las más importantes puesto que aquí se encuentra todos los componentes que están agregados al objeto o juego, por ejemplo, animaciones, sonidos, desplazamientos etc. Desde esta ventana también se puede editar el tamaño, la escala, posición, rotación de manera precisa.

3.7.2 SDK destinados a Realidad Aumentada

Actualmente existen varios SDK (Software Development Kit) dedicados a Realidad aumentada, a continuación, se realiza una breve descripción de los más importantes.

3.7.2.1 Vuforia

Vuforia es una de las plataformas más populares en realidad aumentada, es capaz de reconocer planos en 3D, reconocimiento de texto, así como VuMark (combinación de imágenes y código QR).

El proceso de reconocimiento de imagen u objeto es mediante una base de datos (almacenamiento local o en la nube), posee un complemento de Unity muy potente y fácil de instalar [39].

Características:

- Soporte de Realidad Mixta y gafas incluyendo HoloLens.
- Reconocer y rastrear un conjunto más amplio de objetos o imágenes.
- Interacción con botones virtuales.
- Compatible con plataformas como Android, iOS, Windows.



Figura 11: Logotipo de Vuforia [39]

3.7.2.2 ARkit

ARkit es presentado por iOS, combina objetos digitales con el entorno que lo rodea, ARkit lleva las aplicaciones más allá de la pantalla para dispositivos iPhone y iPad.

ARkit usa VIO (Visual Inertial Odometry) para rastrear con precisión el mundo que lo rodea, VIO fusiona los datos del sensor de la cámara con los datos Core Motion. ARkit puede detectar planos horizontales, rastrear y colocar objetos de características más pequeñas, además de su compatibilidad con Unity [39].

Características:

- Seguimiento de movimiento muy rápido y estable.
- Permite colocar objetos virtuales que se conecten con el mundo real (Compresión medioambiental).
- Permite al usuario caminar e interactuar con el objeto 3D (seguimiento de movimiento).
- Crea objetos de aspecto realista al tener un cambio de luz de forma dinámica (estimación de iluminación).

- Es una API que se puede descargar de forma gratuita como parte de Android SDK 7.0 o mayor.



Figura 12: Logotipo de ARkit [39]

3.7.2.3 Google ARCore

Google lanza ARCore para realidad aumentada para dispositivos Android sin la necesidad de agregar algún hardware adicional, este SDK funciona con Unity, Unreal y Java/OpenGL.

ARCore es una capa fundamental en la AR puesto que es similar a ARkit, su diferencia es que funciona en todo el ecosistema de Android, es decir proporciona a los desarrolladores la capacidad de construir seguimiento de movimientos, comprensión ambiental y estimación de luz en las aplicaciones de AR [39].

Características:

- Compatible con plataformas como Android Studio, Unity, Unreal Engine.
- Soporte de Realidad Mixta y gafas incluyendo HoloLens.
- Reconocer y rastrear un conjunto más amplio de objetos o imágenes.
- Interacción con botones virtuales.
- Compatible con plataformas como Android, iOS, Windows.



Figura 13: Logotipo de ARCore [39]

3.7.2.4 ARToolkit +

ARToolkit es un proyecto de código abierto lanzado por DAQURI cuando adquirió a ARToolworks en el 2015, poniendo todas las características a disposición [39].

Características:

- Seguimiento robusto, incluido el seguimiento de características naturales.
- Fuerte soporte de calibración de cámara.
- Seguimiento simultáneo y soporte de cámara estéreo.
- Soporte completo de Unity3D y OpenSceneGraph.
- Compatible con plataformas como Android, iOS, Unity Editor.



Figura 14: Logotipo de ARToolkit [39]

3.7.2.5 Wikitude

Wikitude combina la tecnología 3D Markerless Tracking (SLAM), reconocimiento y seguimiento de objetos, imágenes, así como Geo-localización AR para aplicaciones. Wikitude es de uso comercial, pero también está disponible una versión de prueba, la cual coloca su logo de forma permanente en la cámara de la aplicación. Además, dispone de Wikitude Studio para el desarrollo de la aplicación mediante programación [39].

Características:

- Reconocimiento de imagen y seguimiento.
- Reconocimiento de objetos.
- Seguimiento instantáneo.
- Tecnología de seguimiento 3D (basado en SLAM).
- Reconocimiento en la nube.

- Compatible con plataformas como Android, iOS, Unity Editor, Smart Glasser, JavaScript, Xamarin.



Figura 15: Logotipo de Wikitude [39]

3.7.2.6 Kudan

Kudan ha abierto un nuevo mundo tras incorporar redes de visión inteligente mediante la combinación de IoT e Inteligencia Artificial (IA). Probablemente la única característica que le da ventaja sobre los otros SDK de realidad aumentada, además admite una tecnología de seguimiento de localización y mapeo simultáneo visual (SLAM) disponible para aplicaciones AR/VR, robótica y de inteligencia artificial. Se puede decir que Kudan es el principal rival de Vuforia [39].

Características:

- Tecnología de seguimiento de localización y mapeo simultáneo (SLAM).
- Reconocimiento 2d/3D en la misma aplicación.
- Flexible para trabajar en aplicaciones móviles IoT avanzadas, IA y robótica.
- Disponible con operación sin marcador y con marcador.
- Compatible con plataformas como Android, iOS, Unity Editor y Smart Glasses.



Figura 16: Logotipo de Kudan [39]

3.7.2.7 MaxST

MaxST integra una variedad de característica que incluye Image Tracker, Instant Tracker, Visual SLAM, Object Tracker y QR en un solo paquete, ofrece dos herramientas diferentes para el reconocimiento de imágenes y objetos. A través de una base de datos y para escanear objetos 3D hay un administrador de mapas que utiliza aplicaciones para Android e iOS (MAXST AR Trainer). El sitio web oficial existe documentación completa y fácil de entender [39].

Características:

- Rendimiento rápido y sólido de reconocimiento y seguimiento.
- Multiplataforma compatible con Android, iOS, Mac OS, Windows.
- Fácil de implementar varios efectos visuales.
- Smart Gasses compatibles como Epson Moverio BT-200, 300 y ODG R-7.



Figura 17: Logotipo de MaxST [39]

3.7.2.8 EasyAR

EasyAR Ofrece una serie de características de vanguardia como SLAM, seguimiento 3D y grabación de pantalla. Sin embargo, estas funciones están solo para versiones pagadas, las funciones para versiones gratuitas también son impresionantes, tales como reconocimiento en la nube y consultas de reconocimiento ilimitado, también se pueden almacenar hasta 1000 objetivos en el dispositivo [39].

Características:

- Reconocimiento de objetos 3D.
- Percepción de entorno.
- Reconocimiento en la nube.
- Compatibilidad con Smart Glass.

- Compatible con plataformas como Android, iOS, Unity Editor.

The logo for EasyAR, featuring the word "EasyAR" in a blue, rounded, sans-serif font. The letters are slightly shadowed, giving it a 3D appearance as if it's floating above a white surface.

Figura 18: Logotipo de EasyAR [39]

3.7.2.9 VisionLib

VisionLib es una aplicación empresarial de realidad aumentada posee múltiples métodos de seguimiento de objetos 3D para aplicaciones de alta clase.

Permite el uso de modelos 3D y datos CAD para configurar rastreadores, ya que son referencia para sus objetos 3D físicos, esto resuelve problemas de mala iluminación, escenas dinámicas u objetos de baja textura, sino que también hace que la configuración de le seguimiento sea mucho más simple [39].

Características:

- Seguimiento de modelo mejorado con detección basada en CAD.
- Crear seguimientos AD en segundos.
- Soporte multiplataforma incluyendo HoloLens.
- Compatible con plataformas como Android, iOS, Windows, HoloLens y Unity3D.

The logo for visionLib, with "vision" in a blue, lowercase, sans-serif font and "Lib" in a black, uppercase, sans-serif font. The letters are bold and modern.

Figura 19: Logotipo de VisionLib [39]

3.7.2.10 ARmedia

ARmedia está diseñado para crear aplicaciones para Android, iOS y Windows, proporcionando módulos de seguimiento y representación que se basan en varios métodos de reconocimiento y seguimiento de objetos 3D, planos, ubicación y seguimiento de movimientos, el SDK está disponible en versiones gratuitas y pagadas.

El SDK ofrece capacidades de renderizado y seguimiento en 3D con todo lo que se requiere desarrollar una poderosa visión por computadora y aplicaciones de realidad aumentada de manera fácil a bajo costo [39].

Características:

- Reconocimiento de objetos 3D.
- Reconocimiento de imagen 2D.
- Geolocalización y navegación precisas.
- Integración con Unity3D.
- Compatible con plataformas como Android, Unity Editor.



Figura 20: Logotipo de ARmedia [39]

3.7.3 Comparación de los SDK

Para la elección del SDK idóneo para el desarrollo de la aplicación de realidad aumentada se ha tomado varios factores muy importantes los cuales se detallan en la tabla 7.

Abreviaturas utilizadas en la tabla 7.

DEV: Licencia de desarrollo con limitaciones

A: Android

i: iOS

W: Windows

SLAM: Localización y mapeo

Tabla 7: Comparación de los SDK utilizados para AR

Comparación de características básicas de los SDK para realidad aumentada										
Parámetro	Vuforia	ARkit	ARCore	ARToolkit	Wikitude	Kudan	MaxST	EasyAR	VisiónLib	ARmedia
Licencia	Pagado + DEV	API Gratis	API Gratis	Código abierto	Pagado + DEV	Pagado + DEV	Pagado + DEV	Pagado + DEV	Pagado	Pagado + DEV
Open Source	No	No	No	Si	No	No	No	No	No	
Soporte de plataforma	A,i,W	ios	Android	A,i	A,i	A,i	A,i	A,i	A,i	
Complemento Unity3D	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Seguimiento basado en funciones 2D	Si (robusto)	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Seguimiento basado en bordes 3D	Si	No	No	No	Si	Si	Si	Si	si	Si
Localización y mapeo simultaneo (SLAM)	No	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	No	No
Reconocimiento en la nube	Si	No	No	No	Si	Si	Si	Si	No	No
Procesos de generación de objetivos	Nube			Local	Nube	Local		Local	Local	Local
Open CV Codebase	No	Metal	Si	Si	No	Si	No	No	No	No

Elaborado por: El investigador en base a [39] [40]

La elección del SDK a utilizar en el presente proyecto de investigación fue el de Vuforia, por su Soporte y Escala que ofrece, cabe recalcar que se utiliza una licencia de desarrollo gratuita, con ciertas limitaciones pero que ayuda a cumplir con el propósito establecido.

3.8 Selección del target idóneo en Vuforia

Existe una gran variedad de targets que ofrece Vuforia para la implementación de realidad aumentada conjuntamente con Unity, su elección depende de la situación o utilidad que se requiera en el sistema, a continuación, se realiza una breve descripción de los principales targets.

3.8.1 Image target

Los image targets son imágenes que Vuforia puede detectar y rastrear, el motor detecta las características que se encuentran en la imagen seleccionada como target donde una vez se detecta los patrones o características de la imagen, Vuforia dará seguimiento a la imagen cuando se mantenga en visión de la cámara [41].

Los image target se pueden crear a través de Target Manager con formato PNG o JPG en escala de grises o RGB, cabe mencionar que la imagen debe tener una buena iluminación para que pueda ser detectada.

3.8.2 Multi target

Es la combinación de varios image target de una manera cúbica, ubicando en cada cara del cubo Multi target un image target, es decir, cada vez que detecte una de las caras del Multi target, se activará el objeto o animación destinada. Para administrar los targets, se lo realiza mediante un Target Manager, en el cual hay que especificar el tamaño del cubo y de la imagen que se va a utilizar [41].

3.8.3 Cylindre target

Se trabaja de forma similar al image target, con diferencia que la imagen se encuentra alrededor de una forma cónica o cilíndrica, la cual al escanear la imagen sobre dicha

forma se despliega la figura virtual, se deben tener en cuenta varios factores como la forma física y el tamaño del objeto [41].

3.8.4 Device Tracker (Position Tracking)

Este método no necesita de un target para la activación del sistema, si no que utiliza el medio o lugar en el que se encuentra el dispositivo, es decir utiliza los detalles visuales captados por la cámara o en algunos casos el sensor IMU (Unidad de medición inercial) mejor conocido como giroscopio que viene incorporado en los dispositivos acompañado del rastreador del dispositivo o Positional Device Tracker [41].

3.8.5 VuMark

Este método utiliza una imagen similar al Código QR, es de mayor uso empresarial, el cual el marcador siempre posee una imagen en la parte central y que se las puede diferenciar es por los detalles o patrones que la rodean, lo que le convierte en una marca mucho más robusta que un image target [41].

3.8.6 Model target

El model target realiza el reconocimiento a partir de un contorno y características de objetos que pueden ser en 3D o a su vez escanear objetos reales, donde al identificar un objeto con características similares se reconocerá como un target y se activará el sistema [41].

3.8.7 Ground Plane

Este método permite que colocar el contenido digital en superficies horizontales de su entorno tal como mesas y pisos, es decir, admite la detección y seguimiento de superficies horizontales como al identificar un image target, también se puede colocar contenido virtual al aire libre, utilizando los puntos de anclaje [41].

3.9 Diseño de la estructura física y lógica de la interfaz electrónica.

3.9.1 Estructura física

La estructura física del sistema de estimulación de sentidos cognitivos se lo simuló mediante el software Room Arranger, el cual permite modificar diferentes aspectos y reajustar la habitación de acuerdo al requerimiento del usuario.

En la figura 21 se puede observar la estructura física en 2D, la misma que consta de los elementos para la estimulación visual y auditiva.

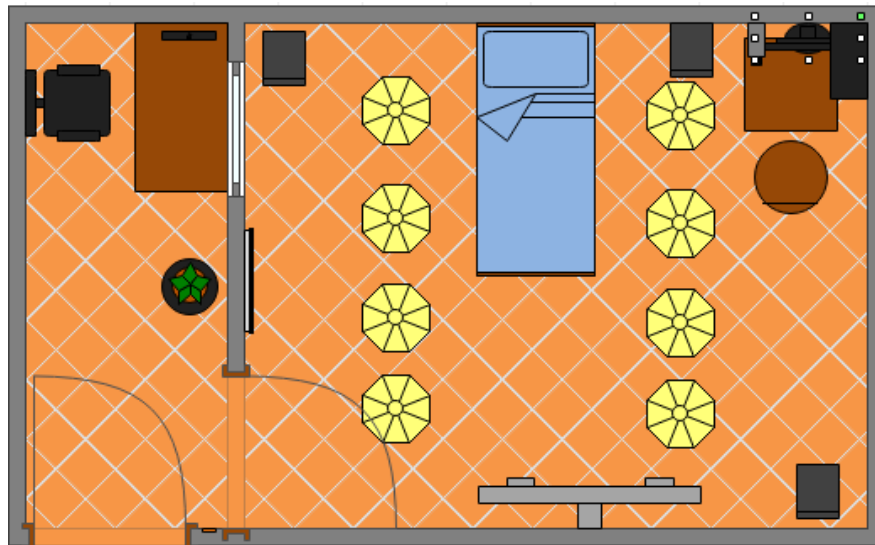


Figura 21: Sala de estimulación 2D

Elaborado por: El investigador

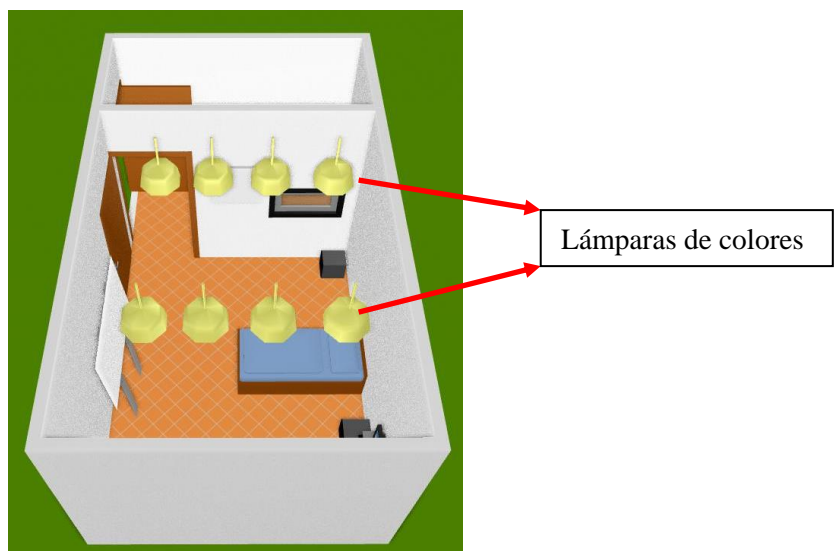


Figura 22: Vista superior derecha de la sala de estimulación

Elaborado por: El investigador

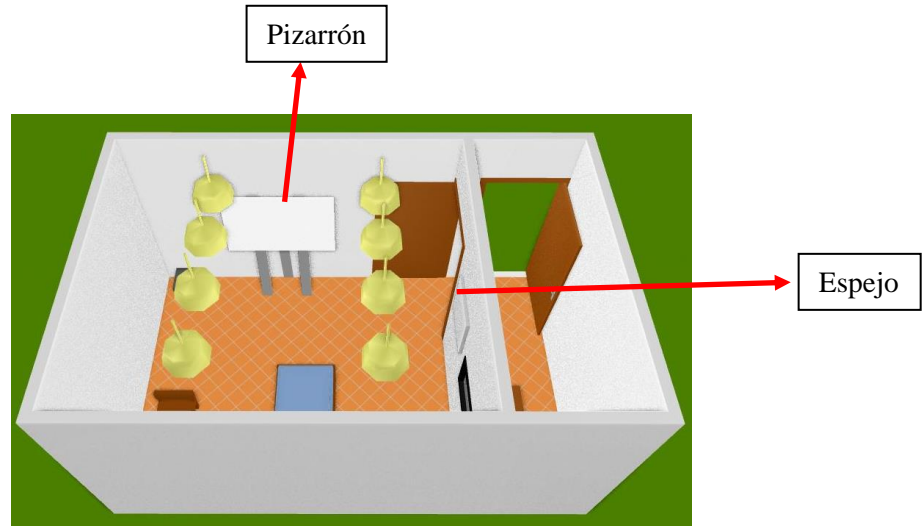


Figura 23: Vista superior trasera de la sala de estimulación

Elaborado por: El investigador

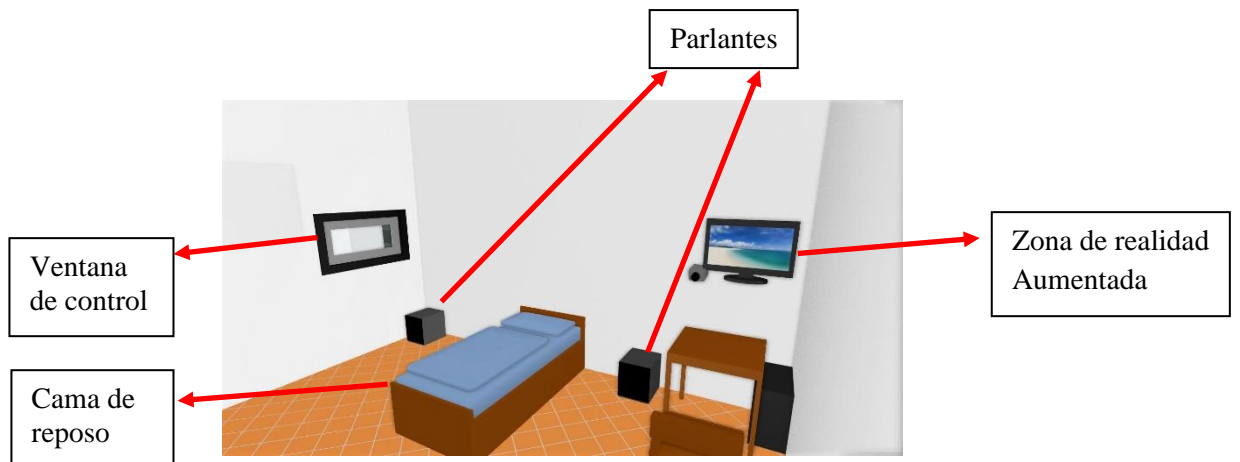


Figura 24: Sala de estimulación interna

Elaborado por: El investigador

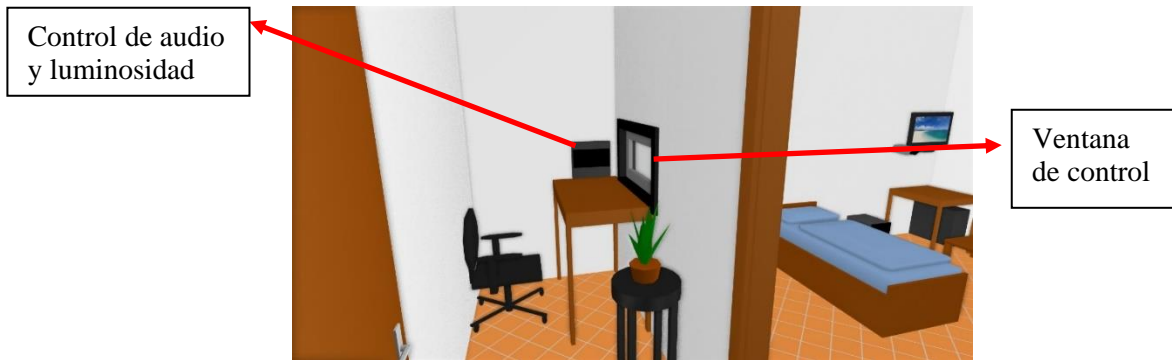


Figura 25: Zona de control de la sala de estimulación

Elaborado por: El investigador

3.9.2 Estructura lógica

La estructura lógica del sistema de estimulación de sentidos cognitivos en personas con capacidades especiales está separada en subsecciones.

3.9.2.1 Diagrama de bloques del Sistema de Realidad Aumentada

El diagrama de bloques que se muestra en la figura 26 describe la estructura del sistema de realidad aumentada para lograr la estimulación de las personas con capacidades especiales, dicho diagrama indica las distintas fases que contribuyen con la implementación, es decir, desde la captación de la escena real captada por una cámara, reconocimiento de marcadores con los cuales se activan la AR, asociación de marcadores con el objeto 3D, animación del objeto 3D, importación de archivos de audio para las animaciones, diseño del interfaz para el usuario, la programación de las escenas que conforma la interfaz, renderizado de los objetos 3D que se utiliza y finalmente la visualización de la escena aumentada.

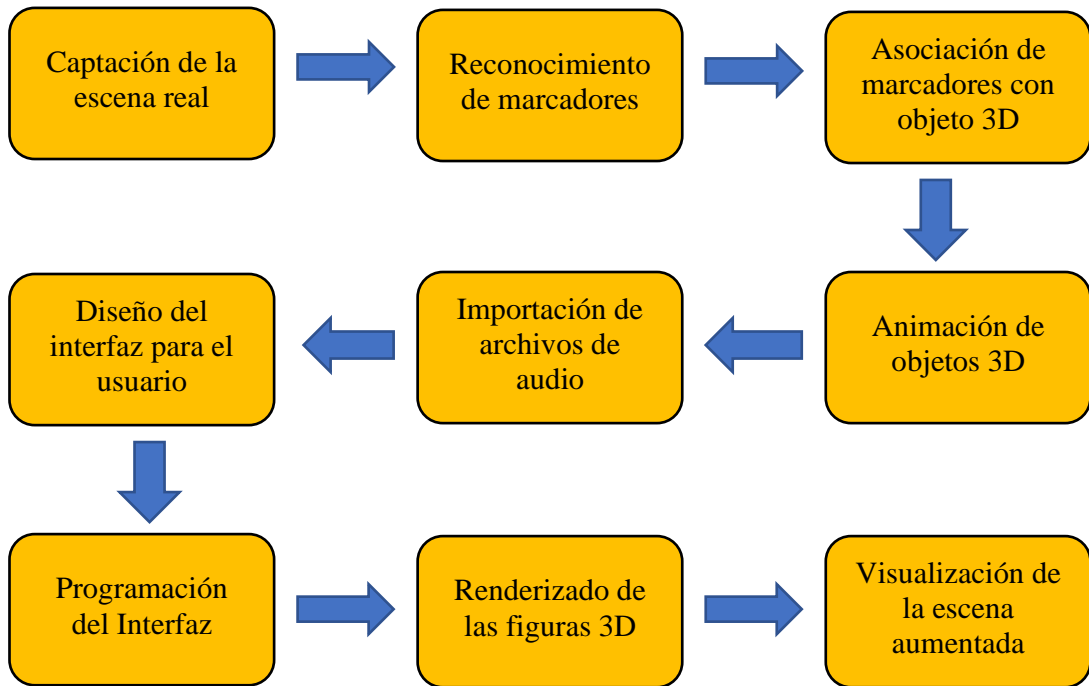


Figura 26: Diagrama de bloques del sistema de AR

Elaborado por: El investigador

3.9.2.2 Diagrama de bloques del sistema de estimulación auditiva

El sistema de estimulación auditiva es controlado por un módulo de reproducción de audio, el cual reproduce audios almacenados en una trajera de memoria y mediante los botones puede seleccionar el archivo a reproducir.

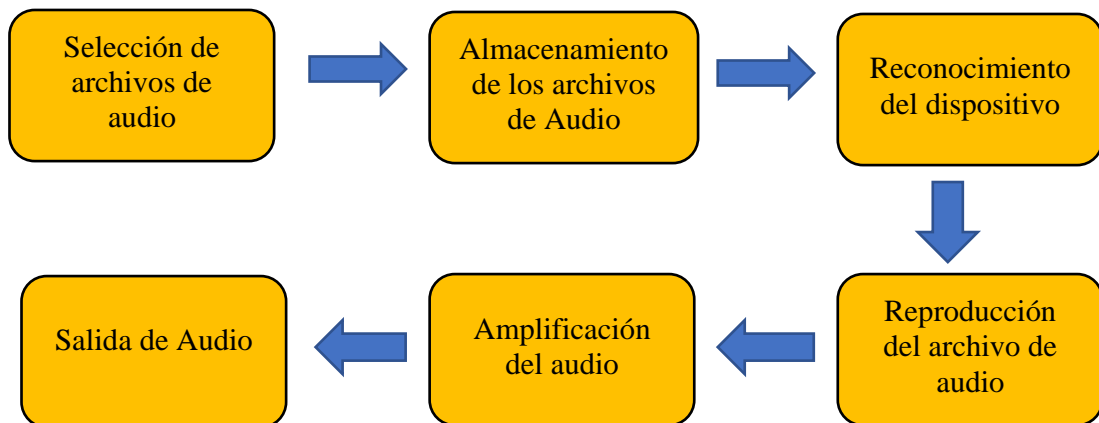


Figura 27: Diagrama de bloques del sistema de Audio

Elaborado por: El investigador

3.9.2.3 Diagrama de bloques del sistema de estimulación Visual-Luminoso

El sistema de estimulación Visual-Luminoso es controlado por un microcontrolador, mismo que permite seleccionar el modo de trabajo (Manual o Automático), el mismo microcontrolador está conectado a una tarjeta electrónica que permite acondicionar las señales para que se pueda tener una señal luminosa al final del sistema.

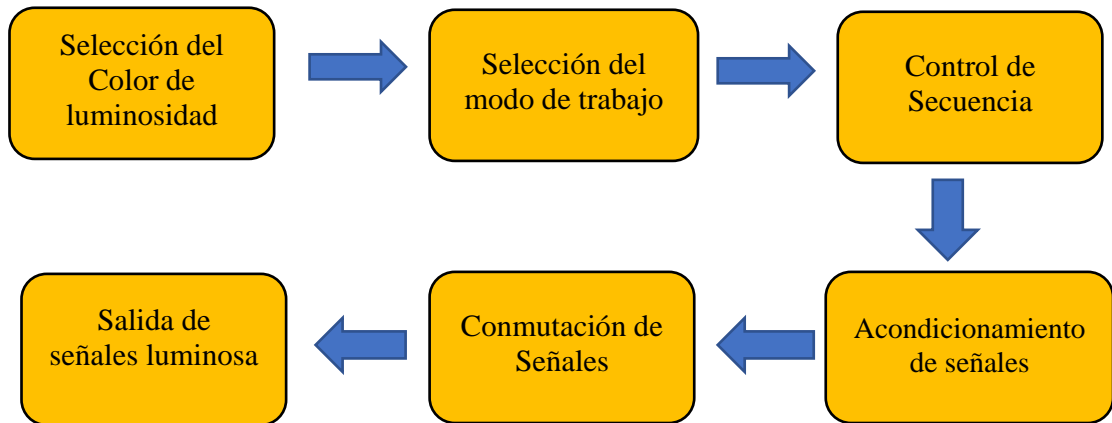


Figura 28: Diagrama de bloques del sistema Luminoso

Elaborado por: El investigador

3.10 Selección de los elementos electrónicos que permitan el control de la interfaz para el aprendizaje de las personas con capacidades especiales

Para la selección de los elementos electrónicos que permitan el control del interfaz de aprendizaje se realiza una tabla comparativa y se selecciona los dispositivos más idóneos a las necesidades del sistema.

➤ Cámara Web

La cámara web cumple con una función muy importante para el sistema, puesto que es el dispositivo que se encarga de captar la escena real para posteriormente ser procesada. En la tabla 8 se realiza una comparación entre varias cámaras web con sus respectivas características.

Tabla 8: Comparación de las características de cámaras Web

Cámara	Logitech C930e	Logitech C525	MESSOPOWER H806-M2	Smartphone
Resolución máxima de video	1920x1080p	720p	1944x1080p	1080p
Ángulo de enfoque	90°	69°	70°	90°
Sistema Operativo compatible	Windows10/8/7 /Vista/XP Mac OS	Windows10/8/7 /Vista/XP/ Mac OS	Windows 10/8/7 /Vista/XP/	Windows10/8/7 Linux/Mac OS
Velocidad Máxima de captura de video	30fps a 1080p	30fps a 720p	30fps a 1080p	30fps a 1080p
Tipo de enfoque	Automático	Automático	Manual	Automático
Precio	\$170	\$75	\$60	\$200

Elaborado por: El investigador

El dispositivo que mejor se adapta a las características necesarias del sistema es el Smartphone, debido a su alta resolución de cámara y su enfoque automático.

➤ **Parlantes**

Para la selección de los parlantes no se realiza una tabla de comparación puesto que no tiene más características que la potencia y los ohmios.

Para la implementación se requiere parlantes no mayores a 3W y 8Ω

➤ **Procesador**

El Procesador elegido es el que contiene mejores características para el desarrollo de la aplicación de realidad aumentada, el cual debe ser compatible con el desarrollador Unity. En la tabla 9 se detallan algunas características importantes

Tabla 9: Comparación de las características de los CPU

CPU	Smartphone	HP	RYZEN
Memoria RAM	4Gb	8Gb	8Gb
Tarjeta Grafica	No incluye	GT-730 4Gb	Radeon VEGA 2Gb
Procesador	Kirin 659	Core I5	AMD RYZEN 3
Sistema Operativo	Android	Windows 10	Windows 10
Disco Duro	64 Gb	1Tb	500Gb
Costo	\$200	\$590	\$480

Elaborado por: El investigador

El dispositivo que mejor se adapta a las características necesarias del sistema es el Smartphone, debido a su bajo costo y tomando en cuenta que el sistema es manipulado por una persona con conocimientos en uso de Smartphone.

➤ **Dispositivo de Visualización**

El dispositivo de visualización cumple una función vital, puesto que es el que va a mostrar la figura que se aplicó la realidad aumentada y para ello en la tabla 10 se detallan algunas características

Tabla 10: Comparación de las características de los dispositivos de visualización

Dispositivo de Visualización	HoloLens2	Tablet	Monitor o Pantalla
Tamaño	No aplica	8 pulgadas	19.5 pulgadas
Resolución	HD	Full HD	Full HD
Conexión	USB tipo C	USB tipo C	HDMI o VGA
Precio	\$ 3500 sólo a empresas asociadas a Microsoft	\$180	\$150
Características Adicionales	Dispositivo incluye cámara, micrófono memoria y conexión Bluetooth, sistema operativo Windows 10	Incluye cámara y sistema operativo Android	No incluye

Elaborado por: El investigador

El dispositivo que mejor se adapta a las características necesarias del sistema es el Monitor, debido a su alta resolución, su tamaño y su precio (ver Anexo 1).

➤ **Dispositivo de reproducción de Sonido**

El dispositivo de reproducción de sonido nos ayuda para que se cumpla la estimulación auditiva, por ello también cumple una función importante, para lo cual se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 11: Comparación de las características de los dispositivos de reproducción de sonido

Dispositivo de Reproducción de sonido	Equipo de Sonido	DFPlayer Mini	Reproductor MP3
Tamaño	350x163x251	8 pulgadas	1.8 pulgadas
Peso	3.4 Kg	0.3 Kg	0.8 Kg
Alimentación	110 V	5 V	9 V
Precio	\$ 185	\$3.50	\$25
Conectividad	Bluetooth, USB y CD	Serial, mediante tarjeta Micro SD	USB o mediante tarjeta SD

Elaborado por: El investigador

El dispositivo que mejor se adapta a las características necesarias del sistema es Módulo DFPlayer Mini, debido a su pequeño tamaño, su bajo costo y su conectividad Serial (ver Anexo 2).

➤ **Microcontrolador**

El Microcontrolador es el elemento que realiza el control del sistema tanto auditivo como visual, es por ello que se debe elegir de mejor características, las mismas que se detallan a continuación:

Tabla 12: Comparación de las características de los microcontroladores

Microcontrolador	Arduino UNO	Arduino Mega	Arduino Leonardo
Procesador	ATmega328	ATmega2560	ATmega32u4
Entradas Analógicas	6	16	12
Entradas /Salidas Digitales	14	54	20
Memoria RAM	2 KB	8 KB	2.5 KB
Pines de interrupción externa	2	6	5
Costo	\$12	\$18	\$13

Elaborado por: El investigador

El dispositivo que mejor se adapta a las características necesarias del sistema es el microcontrolador Arduino Leonardo, debido al número de pines de interrupción, su procesador y su bajo costo (ver Anexo 3).

➤ **Lámparas**

Las lámparas son los elementos que cumplen el funcionamiento de actuador para la estimulación visual, sin embargo, no hay mayores características que elegir, por conveniencia y menor consumo de potencia se eligió unas lámparas led.

3.11 Implementación del sistema de estimulación de sentidos cognitivos en Personas con capacidades especiales.

3.11.1 Implementación del sistema de estimulación visual a través de un sistema de luminarias.

Se procede a la implementación del sistema para la estimulación visual siguiendo la estructura del diagrama propuesto en la figura 29.

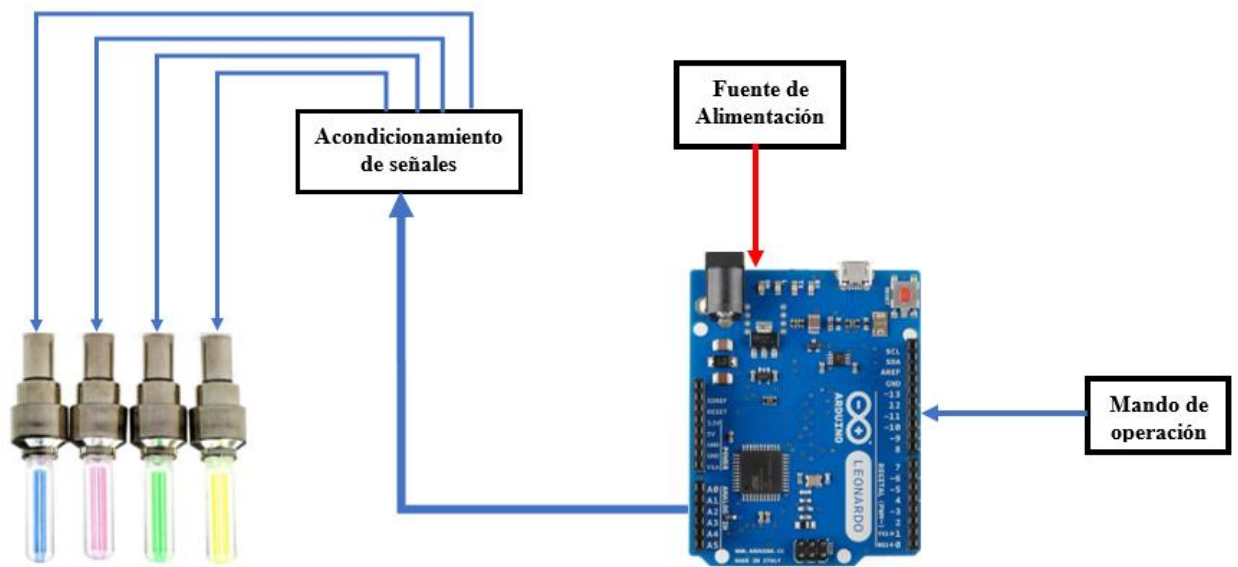


Figura 29: Diagrama del sistema de Iluminación

Elaborado por: El investigador

Para la implementación del sistema se procedió al diseño de la placa electrónica para el acondicionamiento de las señales, también se coloca la tarjeta del microcontrolador Arduino Leonardo. El diseño fue realizado en el software Proteus 8 Professional, cuyo esquema se muestra en la figura 30.

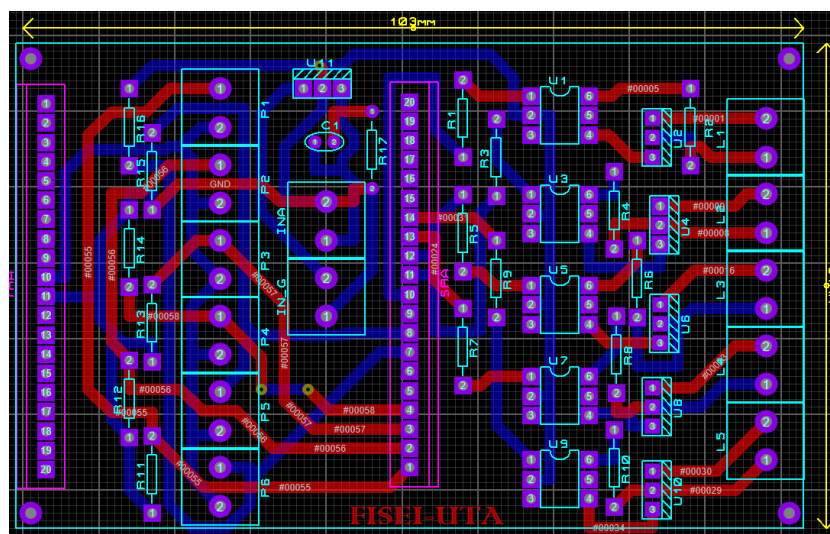


Figura 30: Diseño de la Placa en Proteus

Elaborado por: El investigador

Como se puede observar, las pistas de la placa electrónica están realizadas a doble cara, además el software posee la herramienta de visualización en 3D, en el cual muestra la ubicación de cada uno de los elementos, cabe recalcar que al no existir la librería de Arduino como PBC, se procedió a colocar espadines, para posteriormente montar la placa Arduino en los mismos. En la figura 31 se muestra el diseño de la placa electrónica en 3D.

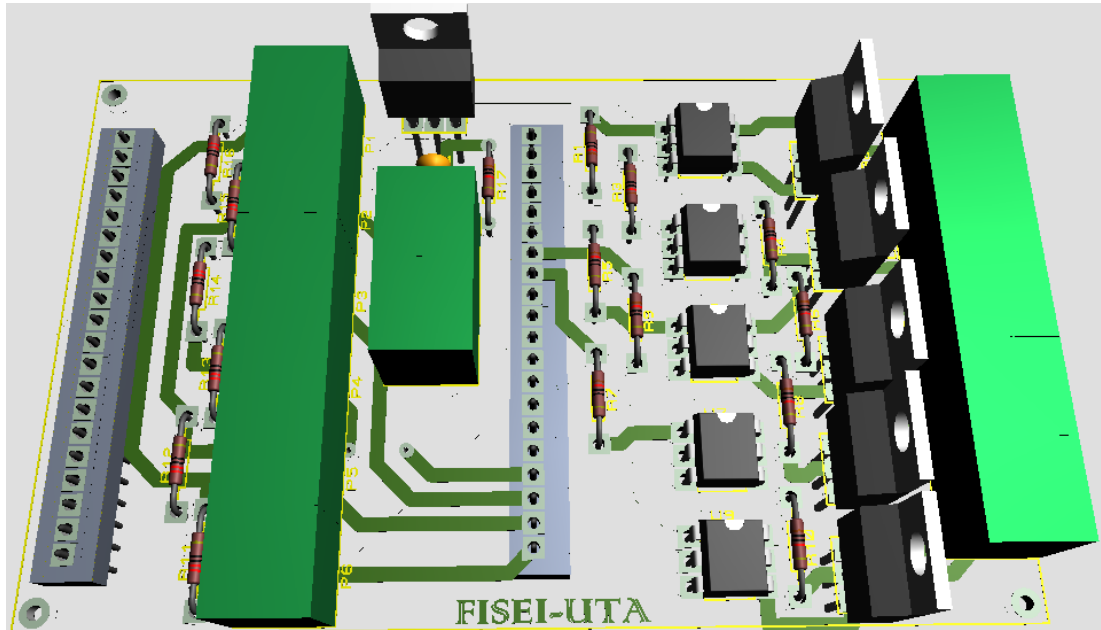


Figura 31: Visualización de la placa en 3D parte superior

Elaborado por: El investigador

Como se mencionó anteriormente, las pistas de la placa son a doble cara, es por ello que en la figura 32 se visualiza la parte inferior del circuito.

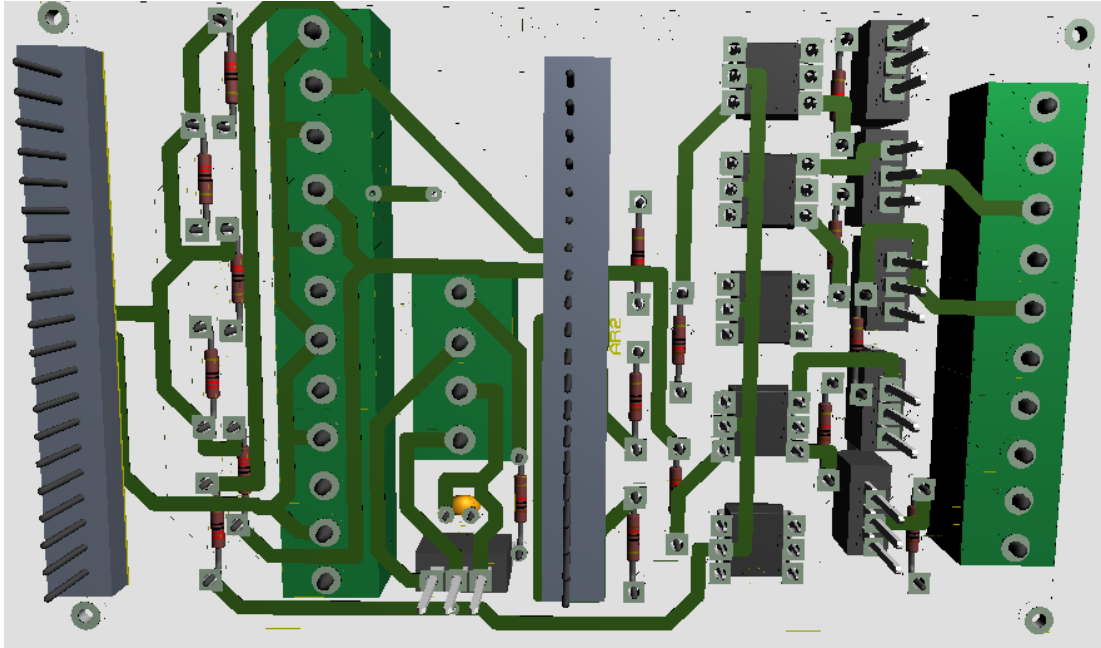


Figura 32: Visualización de la placa en 3D parte inferior

Elaborado por: El investigador

Con el diseño de la placa realizado, se procedió al montaje y soldadura de los elementos de la placa electrónica como se puede visualizar en la figura 33. Además se colocó el microcontrolador programado, cuya programación se puede observar en el anexo 4.

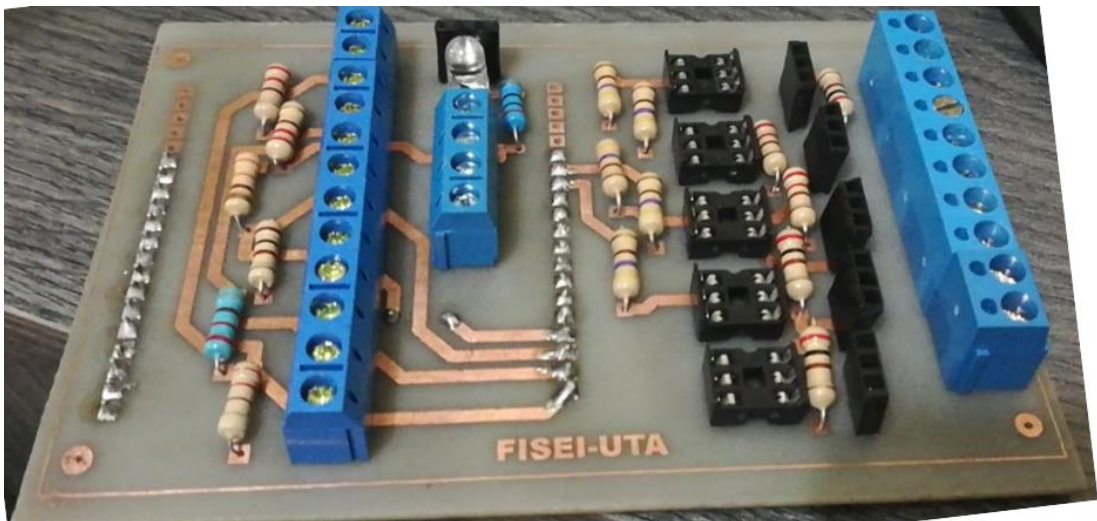


Figura 33: Montaje de los elementos en la placa

Elaborado por: El investigador

Una vez soldado los elementos en la placa electrónica se acopló la placa en una carcasa con los elementos de mando y la alimentación respectiva como se puede visualizar en la figura 34.



Figura 34: Montaje de los elementos en la Carcasa

Elaborado por: El investigador

Cabe indicar que la Licuadora como se denomina en el mando de control de luminarias, es un dispositivo que emite luces estroboscópicas, este dispositivo es de propiedad de la fundación y fue adaptado al sistema por pedido del director.

Finalmente se procede a la implementación del sistema de luminosidad en la Fundación San Aníán.



Figura 35: Montaje de los elementos del sistema de iluminación

Elaborado por: El investigador

3.11.2 Implementación del sistema de estimulación de sentidos cognitivos a través de Realidad Aumentada.

Anteriormente se realizó una breve descripción del software a utilizar para la parte que abarca a la realidad aumentada, a continuación, se detalla cómo se ejecutó en nuestro proyecto.

3.11.2.1 Instalación de Unity

Para la instalación del software se lo realizó en la versión gratuita o personal, para instalar el software, primero se debe descargar el gestor de escritorio que se llama Unity HUB, es el que permite instalar varias versiones de Unity, además se encarga de agilizar la creación de un nuevo proyecto, así como de abrir uno ya existente, para ello se ejecutaron los siguientes pasos:

- Descargar e instalar Unity Hub desde la página Oficial de Unity, en nuestro caso la última versión a la fecha actual es Unity Hub 2.4.2.
- En la ventana de Unity Hub encontramos la pestaña de instalaciones, en el cual se encuentran todas las versiones disponibles como se puede observar en la figura 36.

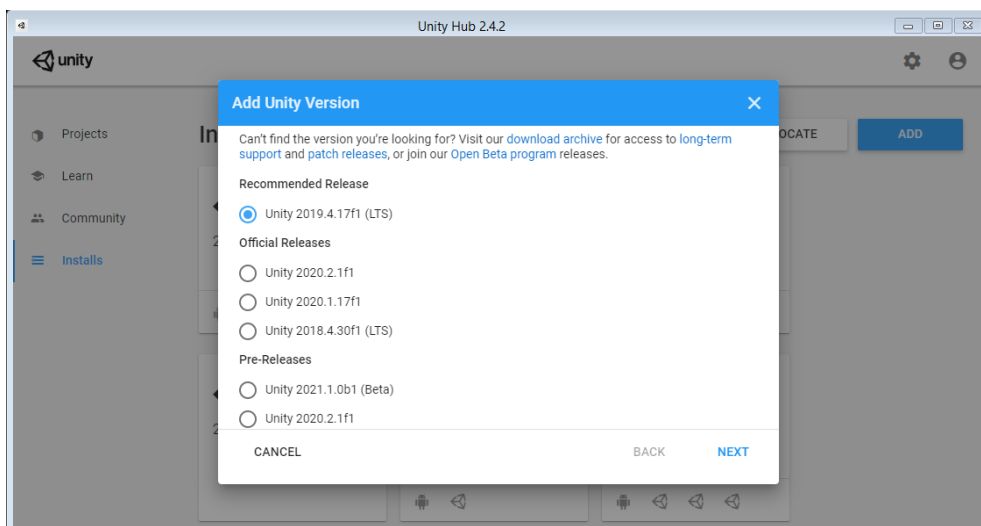


Figura 36: Versión de Unity a instalar

Elaborado por: El investigador

➤ Al presionar siguiente se despliega los módulos que deseamos utilizar según la necesidad de nuestro proyecto, se recomienda instalar sólo los módulos necesarios ya que, a mayor cantidad de módulos instalados, mayor cantidad de recursos del computador son utilizados, en nuestro caso se instaló los módulos de Android, soporte de Vuforia y de Windows como se muestra en la figura 37.

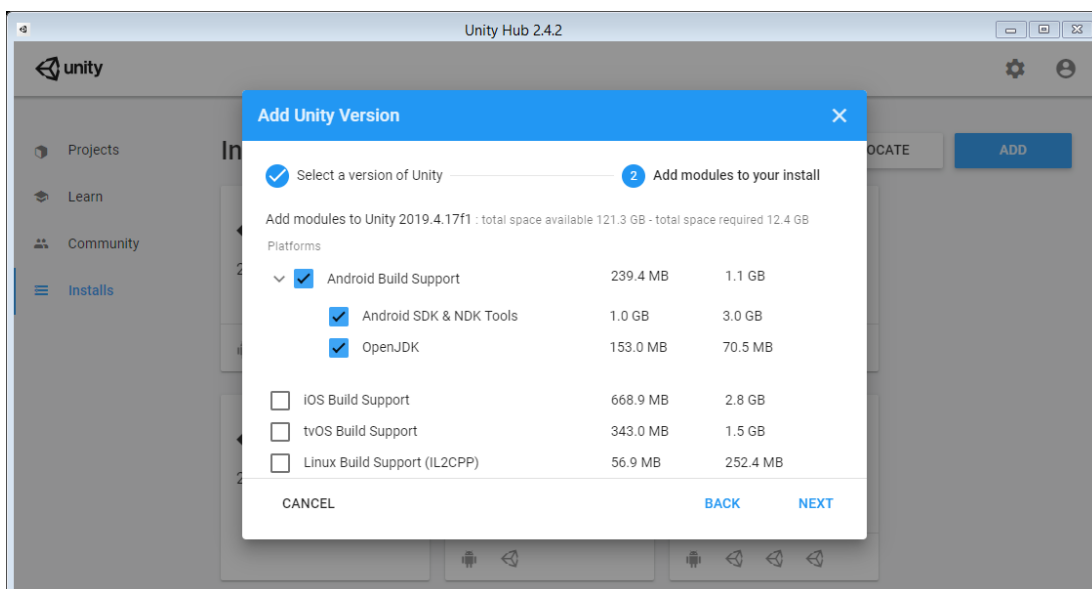


Figura 37: Módulos a instalar en Unity

Elaborado por: El investigador

- Posteriormente se aceptan los términos y condiciones y se realiza la instalación.

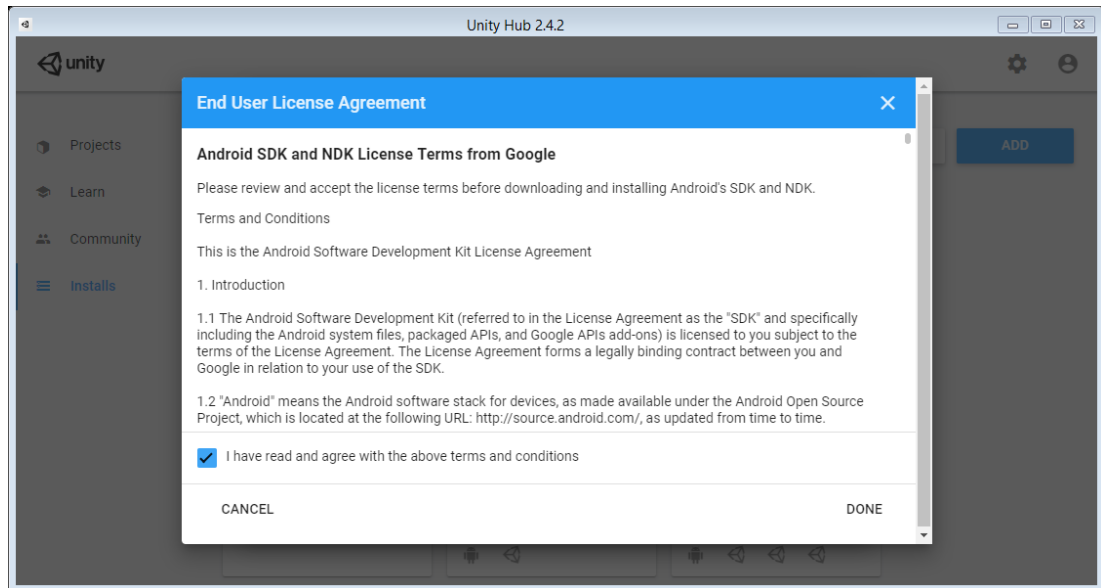


Figura 38: Aceptación de términos y condiciones de Unity

Elaborado por: El investigador

- Finalmente se verifica que la instalación se haya realizado correctamente como se muestra en la figura 39.

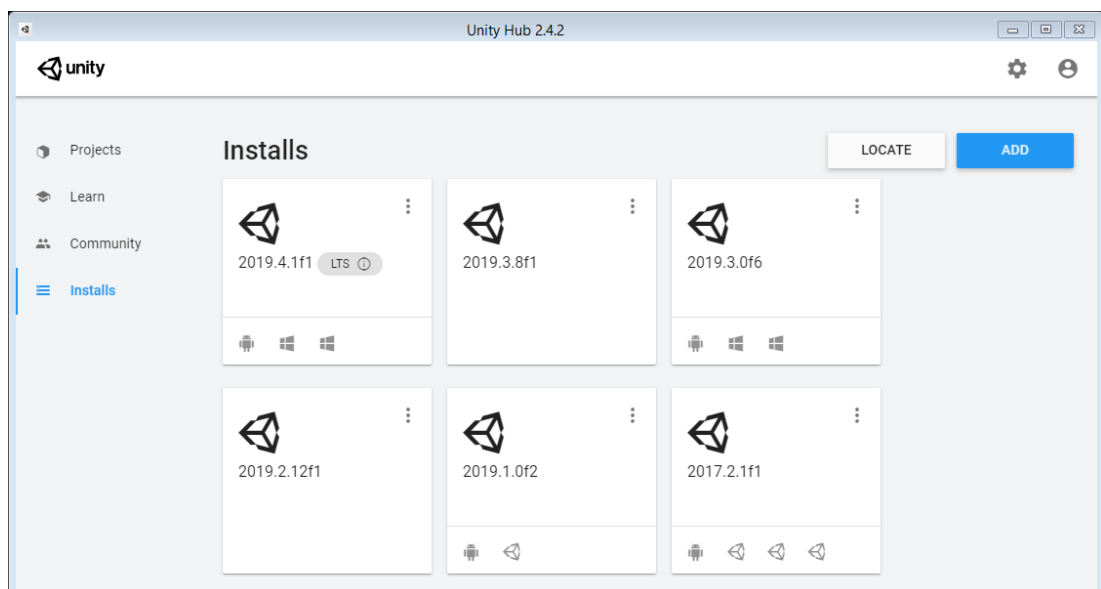


Figura 39: Versiones de Unity instaladas

Elaborado por: El investigador

3.11.2.2 Instalación y configuración de Vuforia

Unity requiere el complemento de Vuforia para la ejecución de Realidad Aumentada, anteriormente se realizó una breve descripción de Vuforia, a continuación, se detalla la instalación y configuración en Unity3D.

1. Se crea un proyecto en Unity 3D con el nombre y la ubicación deseada como se visualiza en la figura 40

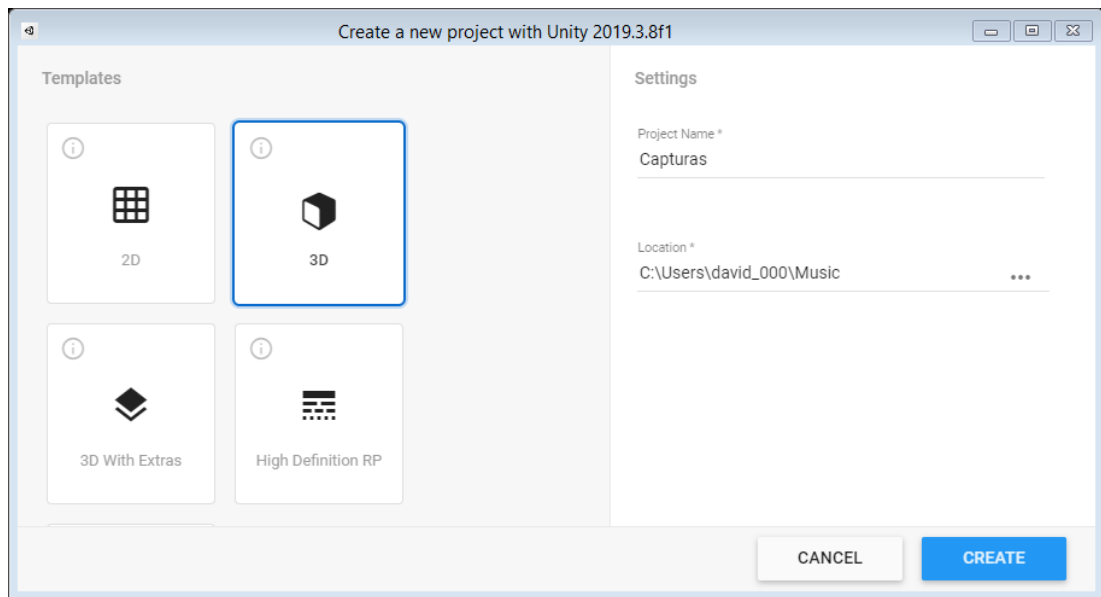





Figura 40: Creación de un nuevo proyecto en Unity

Elaborado por: El investigador

2. Crear una cuenta en la página oficial de Vuforia y validar el registro con el correo ingresado
3. Se ingresa en la página principal, en la sección descargas y selecciona “Agregue Vuforia Engine a Unity” como se muestra en la figura 41.

Motor Vuforia 9.6

Utilice Vuforia Engine para crear aplicaciones de realidad aumentada para Android, iOS y UWP para dispositivos móviles y gafas de realidad aumentada. Las aplicaciones se pueden crear con Unity, Android Studio, Xcode y Visual Studio. También se puede acceder a Vuforia Engine a través del Administrador de paquetes de Unity agregando el repositorio de paquetes de Vuforia con el siguiente script.

-  [Agregue Vuforia Engine a un proyecto de Unity o actualice a la última versión](#)
add-vuforia-package-9-6-4.unitypackage (2,75 KB)
-  [Descarga para Android](#)
vuforia-sdk-android-9-6-3.zip (22,19 MB)
-  [Descarga para iOS](#)
vuforia-sdk-ios-9-6-3.zip (63,56 MB)
-  [Descarga para UWP](#)
vuforia-sdk-uwp-9-6-3.zip (21,53 MB)

[Notas de lanzamiento](#)

Figura 41: Descarga del complemento de Vuforia para Unity

Elaborado por: El investigador

4. Se importa el paquete de Vuforia en Unity como se muestra en la figura 42

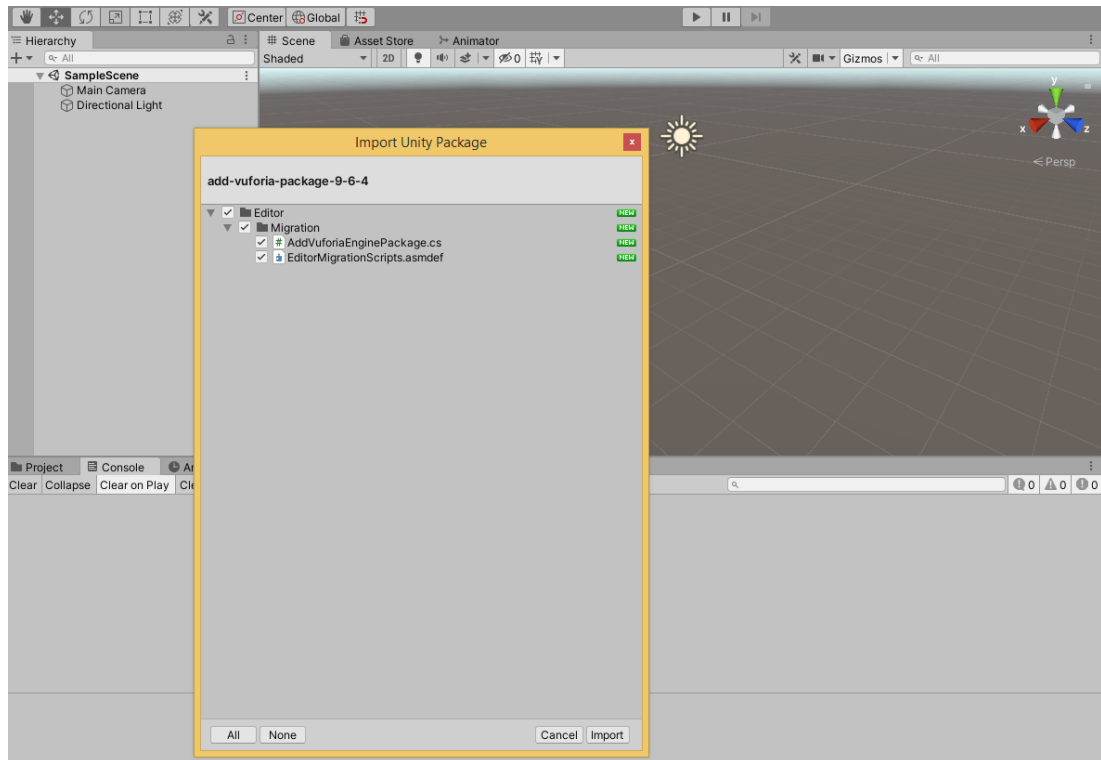


Figura 42: Importación del complemento de Vuforia para Unity

Elaborado por: El investigador

5. Se instala Vuforia Engine AR desde Package Manager como se visualiza en la figura 43.

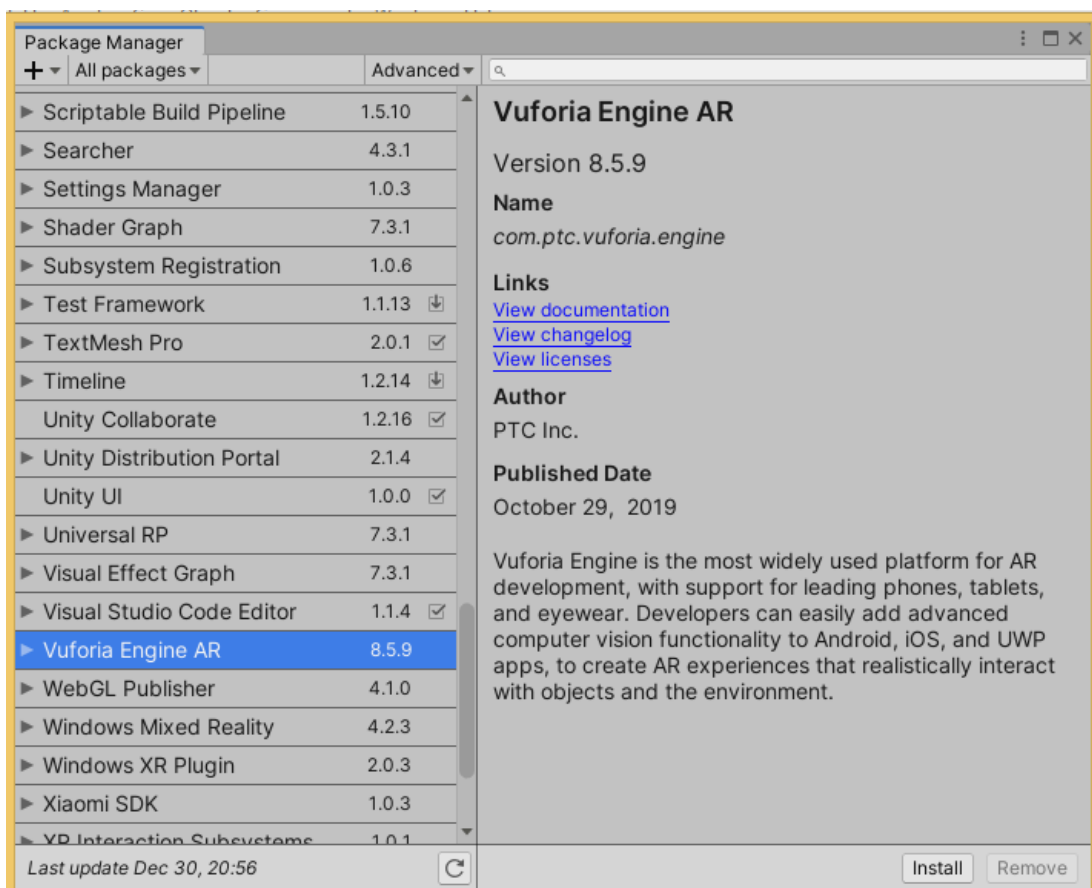


Figura 43: Instalación del complemento de Vuforia para Unity

Elaborado por: El investigador

6. Se añade una clave licencia de desarrollo gratuita la cual permite hasta 1000 reconocimientos por mes y otras características como se puede visualizar en la siguiente figura.

[Volver al administrador de licencias](#)

Agregar una clave de licencia de desarrollo gratuita

Nombre de licencia *
Realidad Aumentada

Puedes cambiar esto más tarde

Clave de licencia

Desarrollar

Precio: Sin cargo

Uso de Reco: 1,000 por mes

Objetivos de la nube: 1,000

Plantillas VuMark: 1 activa

VuMarks: 100

Al marcar esta casilla, reconozco que esta clave de licencia está sujeta a los términos y condiciones del [Acuerdo de desarrollador de Vuforia](#).

Cancelar

Confirmar

Figura 44: Clave de licencia de desarrollo gratuito en Vuforia

Elaborado por: El investigador

7. Se crea una base de datos de marcadores o activadores de realidad aumentada como se visualiza en la figura 45, posteriormente se añade marcadores, en donde van colocadas las imágenes que se desea aplicar la realidad aumentada con el nombre y el tamaño asignado, una vez subida la imagen, Vuforia asigna un valor de estrellas de cada imagen, a mayor número de estrellas asignada, mayores puntos de reconocimiento posee el marcador.

Create Database

Database Name *
Animales

Type:

Device

Cloud

VuMark

Cancel

Create

Figura 45: Creación de la base de datos en Vuforia

Elaborado por: El investigador

8. Se descarga la base de datos para el editor de Unity, se importa al proyecto en Unity como se visualiza en la figura 46.

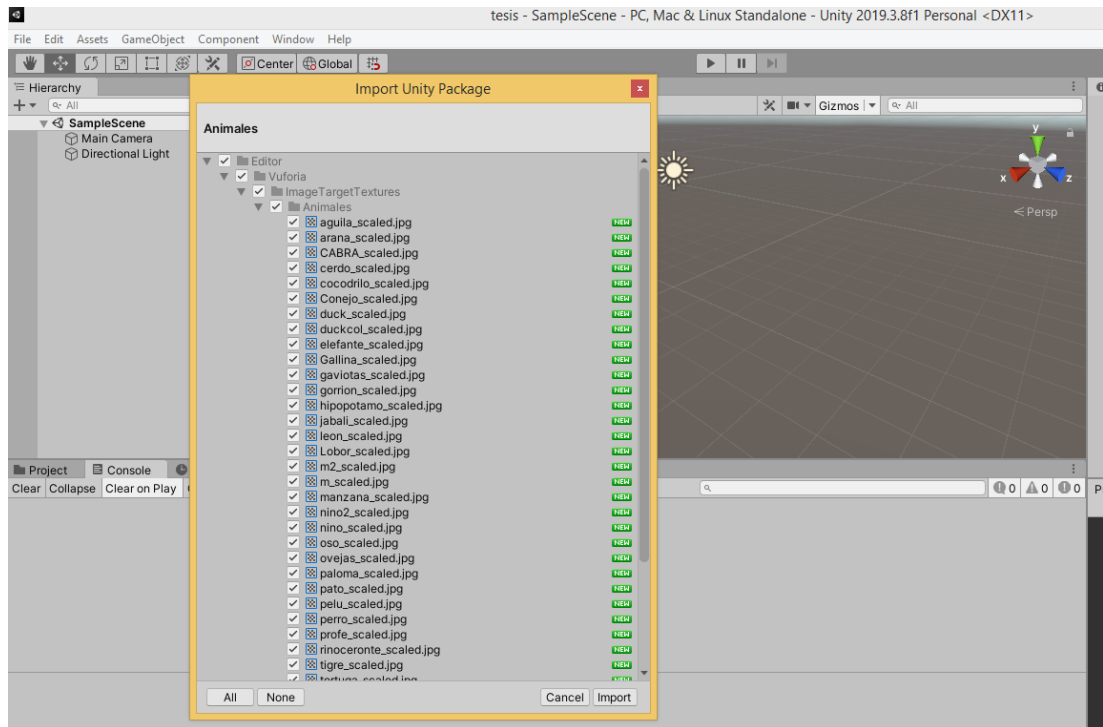


Figura 46: Importación de la base de datos de Vuforia en Unity

Elaborado por: El investigador

9. Se copia la clave de la licencia que se muestra en la figura 47.

Realidad Aumentada [Editar nombre](#) [Eliminar clave de licencia](#)

Clave de licencia Uso

Copie la clave de licencia a continuación en su aplicación

```
AVoeYoH // // // AAABmc33P0cjK6GhXyha0oKD5e5G81D1buiqC1jmF2zMa7SaR / hxEyV52K8NaKbcwUgru1594hf4Azm0qHoqewqf
X9odsL1PF66VTKvdMaBNTezh8KcCFqeMYDjC1qD1I4dx6 / uYUFWnfoQjeaEsU1N04UWUWk2zRoX75yjo1Mh / 11KqplvdG + zbFMy
p8vqciyeUVzN5ax6yOH + pr0z7aVEQ46Kq2y09zI78VK5OJyk7H54niCHYTo34HTCq60AP + UtWvopLAotulutPuHPuoZ / mgQqZUBt
gXcxzIBZ0tyztK2zqe3ewAzR0e7ZEHKJtb8FC1Bgi0P2ph0Ue3zh9P + Defka9egxxIaKgd8b5adCKX
```

Tipo de plan: Desarrollar

Estado: Activo

Creado: 07 de abril de 2020 23:02

UUID de la licencia: 005ee092d3b545e6954595ee481c21db

Permisos:

- Cámara avanzada
- Cámara externa
- Objetivos del modelo
- Filigrana

Historia:

Nombre de licencia cambiado de tercer a Realidad Aumentada - Hoy 20:07

Licencia creada - 07 de abril de 2020 23:02

Figura 47: Clave de licencia de desarrollo de Vuforia y Unity

Elaborado por: El investigador

10. Se añade la licencia de Vuforia en Unity como se muestra en la figura 48.

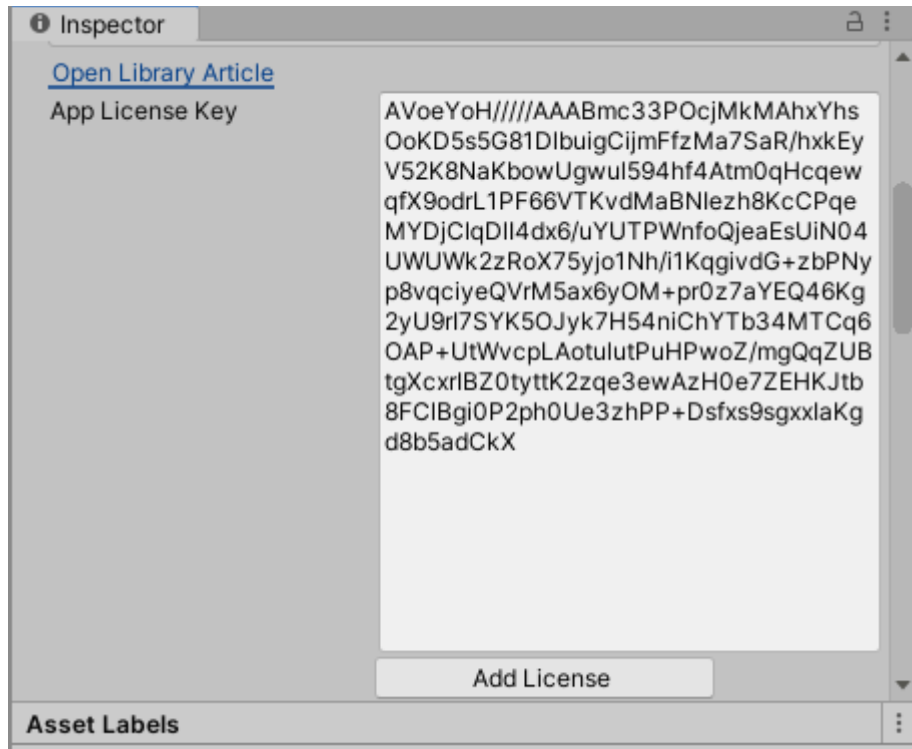


Figura 48: Agregar Licencia al proyecto de Unity

Elaborado por: El investigador

3.11.2.3 Diseño de Realidad Aumentada con Unity y Vuforia

Para el diseño de realidad aumentada se debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Verificar que la base de datos esté importada correctamente en el proyecto de Unity.
- Reemplazar la cámara principal que viene por defecto en Unity por una AR camera.
- Agregar una Image desde el panel GameObject en la pestaña Vuforia Engine.
- Seleccionamos el Image y en la ventana Inspector le asignamos un nombre, la base de datos, y la Image target que corresponda, como se muestra en la figura 49.

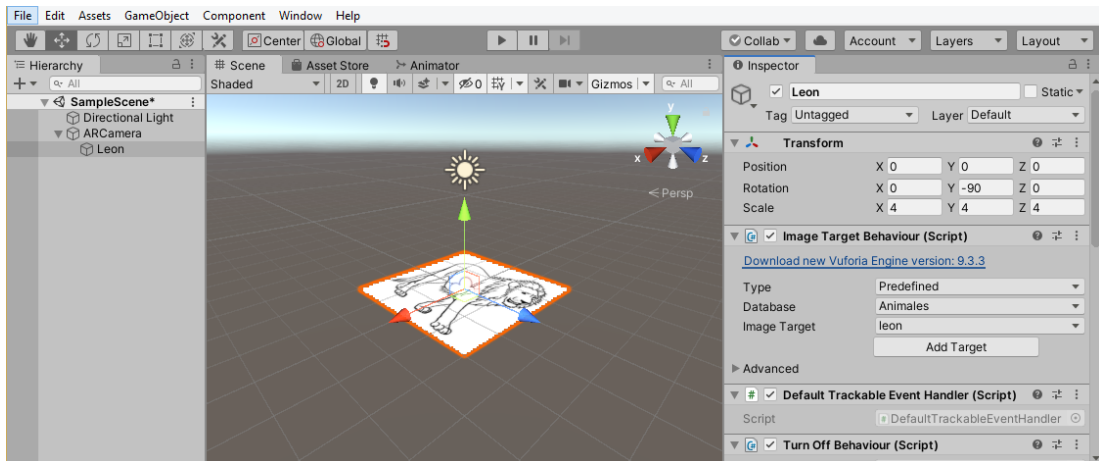


Figura 49: Agrega marcadores a la ventana de Unity

Elaborado por: El investigador

- Se debe importar las figuras en 3D con las que se realiza la realidad aumentada como se Muestra en la figura 50.

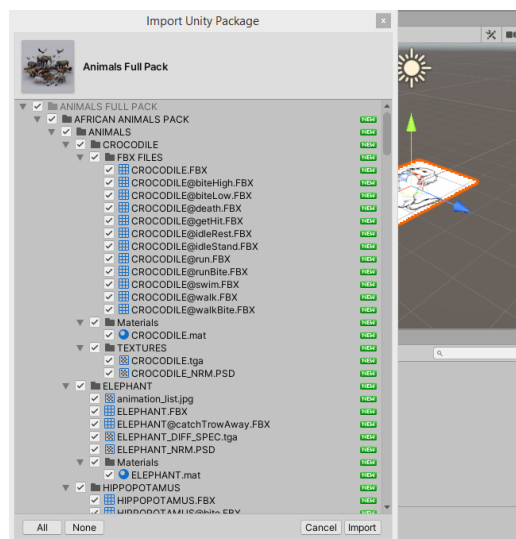


Figura 50: Importación de objetos 3D para Unity

Elaborado por: El investigador

- En la sección Project están ubicadas las carpetas de los animales que han sido importados, se arrastra hasta el Image que se añadió anteriormente, en la sección inspector se puede cambiar la escala, girar o mover de acuerdo a las necesidades del proyecto, en la figura 51 se puede observar un ejemplo.

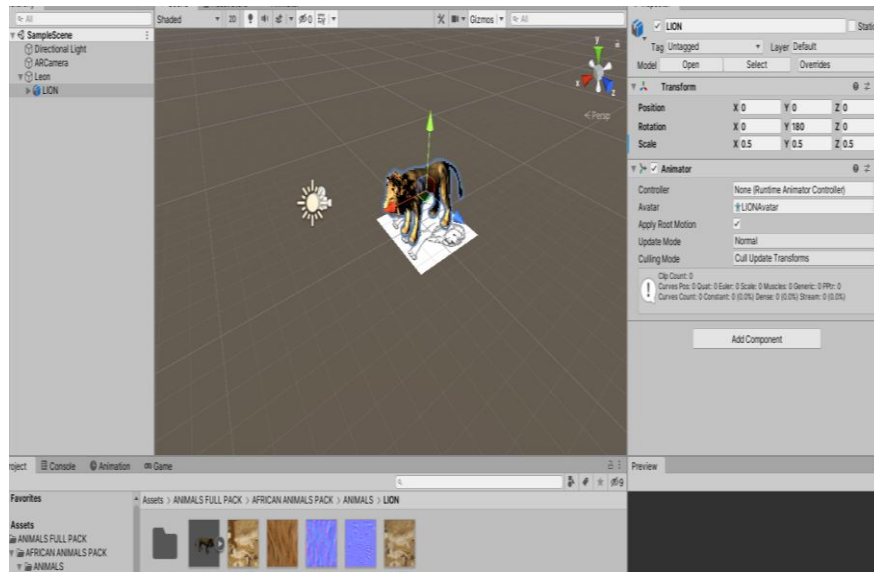


Figura 51: Vinculación de objetos 3D y marcadores en Unity

Elaborado por: El investigador

- Algo importante en la sección de Realidad Aumentada es la calibración de la luminosidad que ofrece Unity ya que esto depende del ambiente en que se implementa el sistema, en el presente proyecto se ha logrado una mejor calibración dejando los parámetros como se muestra en la figura 52.

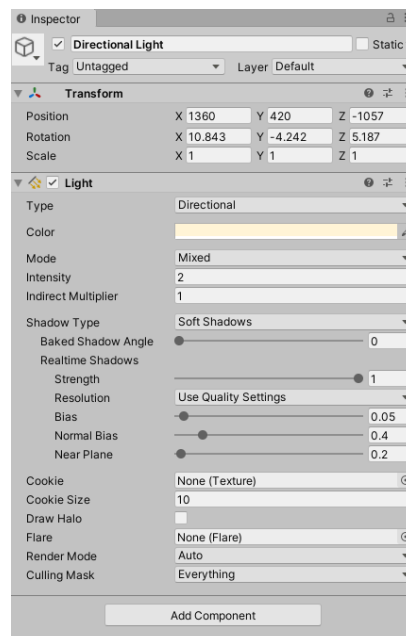


Figura 52: Calibración de la iluminación en Unity

Elaborado por: El investigador

- Se procede a la creación de los botones para las animaciones de los animales, para ello se dirige a la sección GameObject en la pestaña UI se selecciona Canvas y se crea los botones, salir, regresar animación y Sonido como se muestra en la figura 53. La programación de los respectivos botones se puede observar en los anexos 5, 6, 7 y 8.

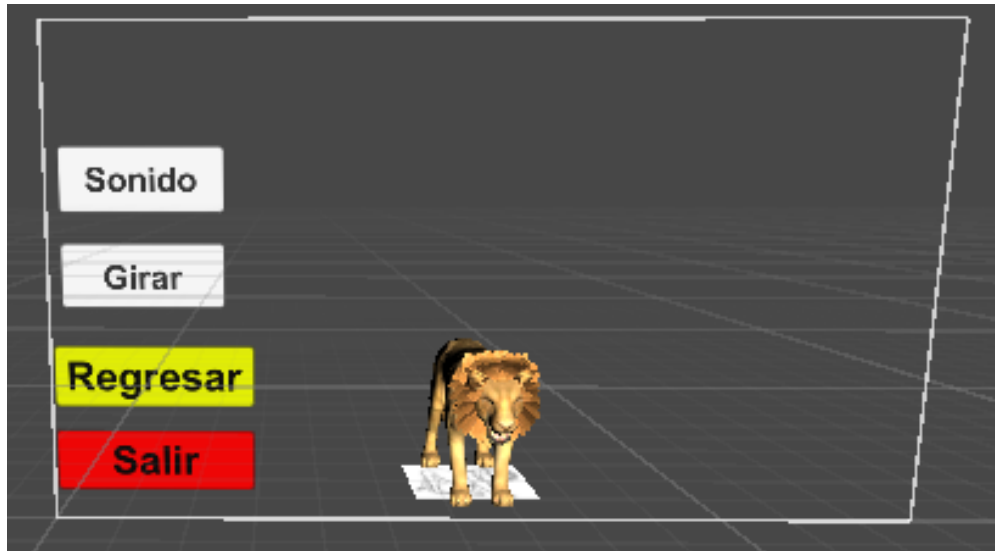


Figura 53: Ventana de botones asociados

Elaborado por: El investigador

3.11.2.4 Animaciones de los modelos 3D

Para asignar animaciones a los objetos 3D con realidad aumentada se utilizó las animaciones que vienen predefinidas en cada Figura, esto se lo realiza con el fin que el sistema sea más interactivo de tal manera que la persona con discapacidad tenga mayor confianza y pueda desarrollar de mejor manera sus sentidos cognitivos, para ellos se deben seguir los siguientes pasos:

- Crear una carpeta que llamada “Animaciones”, la misma que contiene todos los archivos de las animaciones de cada Figura.
- Una vez dentro de la carpeta, se procede a crear el archivo de animación, se presiona click derecho/create/animator controller, ahí se asigna las animaciones correspondientes a cada Figura en el botón correspondiente, como se puede visualizar en la figura 54.

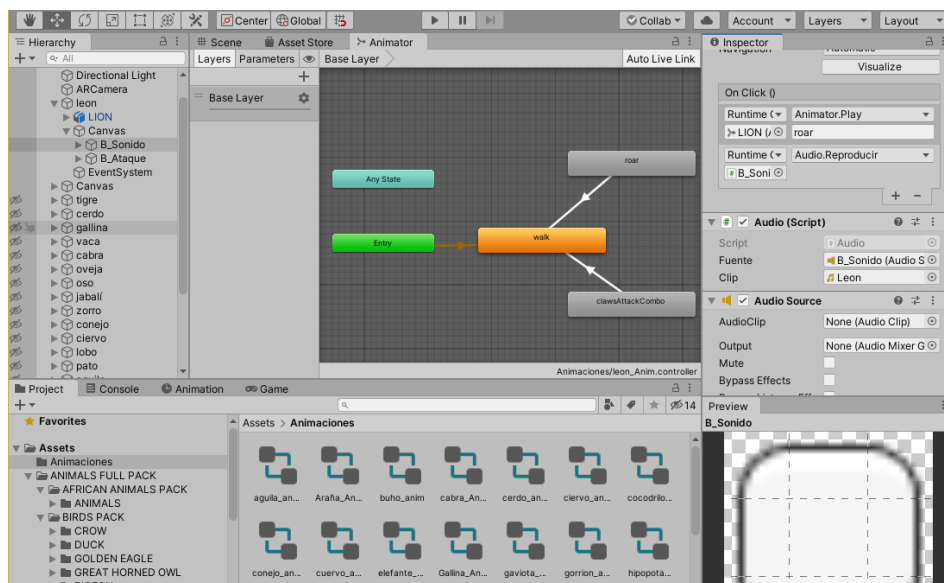


Figura 54: Ventana de animaciones en objetos 3D para Unity

Elaborado por: El investigador

- Además de la animación se crea un Script para que la figura rote, asignando la rotación mediante el código que se puede visualizar en la figura 55 (ver anexo 6).

```

Girar.cs
Assembly-CSharp
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class Girar : MonoBehaviour
{
    public GameObject ObjectRotate;
    public float rotateSpeed = 50f;
    bool rotateStatus = false;
    // Start is called before the first frame update
    public void Rotasi()
    {
        if (rotateStatus == false)
        {
            rotateStatus = true;
        }
        else
        {
            rotateStatus = false;
        }
    }
    void Update()
    {
        if (rotateStatus == true)
        {
            ObjectRotate.transform.Rotate(Vector3.up, rotateSpeed * Time.deltaTime);
        }
    }
}

```

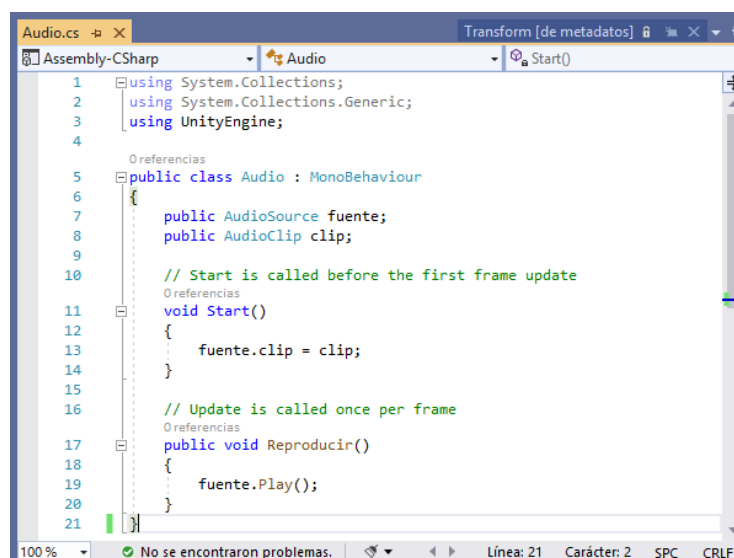
Figura 55: Programación de los botones virtuales

Elaborado por: El investigador

3.11.2.5 Asignación de audio en los Modelos 3D

Para la asignación de los archivos de audio de las figuras 3D en sus respectivas animaciones se lo realizo a través de archivos en formato mp3, dichos audios ayudan a los sentidos cognitivos a través del oído humano, los mismos que son estimulados por sonidos onomatopeyas acorde a la animación, para asignar audio se procede a seguir los siguientes pasos:

- Crear una carpeta que contenga los scripts del proyecto, dentro de ella presionamos click derecho/créate/C# Script.
- En el Script creamos el código para que se pueda agregar un archivo de audio a dicha animación como se puede observar en la figura 56 (ver anexo 8).



```
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4
5 public class Audio : MonoBehaviour
6 {
7     public AudioSource fuente;
8     public AudioClip clip;
9
10    // Start is called before the first frame update
11    void Start()
12    {
13        fuente.clip = clip;
14    }
15
16    // Update is called once per frame
17    public void Reproducir()
18    {
19        fuente.Play();
20    }
21 }
```

Figura 56: Programación de la reproducción del sonido

Elaborado por: El investigador

- Agregamos dicho Script a cada figura que corresponda.
- Creamos una carpeta la cual contenga los archivos de audio de cada figura.
- Arrastramos el archivo de audio hasta la sección Inspector en el apartado que dice “clip”, seleccionando el visto de “Play On Awake”, esto es para que se reproduzca el audio mientras está presionado el botón, como se muestra en la figura 57

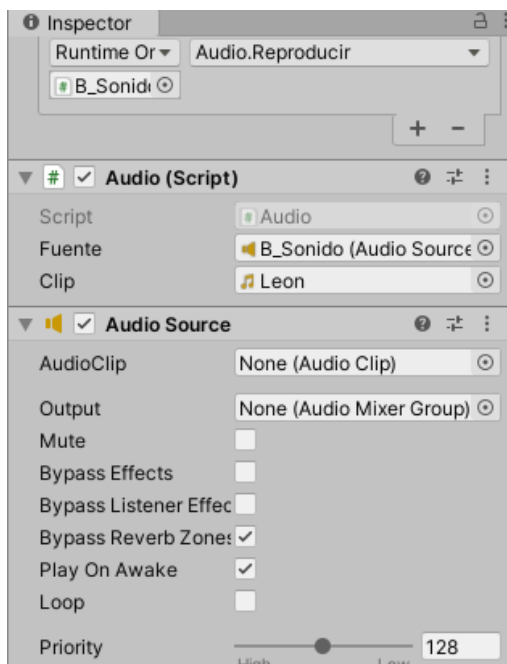


Figura 57: Importación del audio para objetos 3D

Elaborado por: El investigador

3.11.3 Implementación del sistema de estimulación auditiva.

Para la implementación de estimulación auditiva se implementó un sistema de audición, que conjuntamente a los sonidos onomatopéyas del sistema de realidad aumentada ayudan a la estimulación de la persona con capacidades especiales.

Para la implementación del sistema auditivo se siguió el diagrama que se muestran en la figura 58.

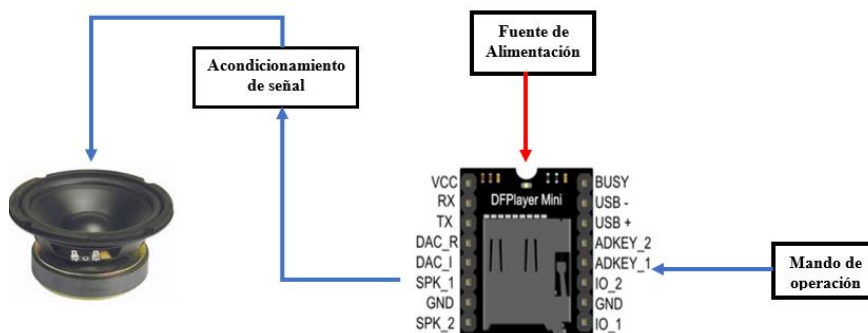


Figura 58: Diagrama del sistema de estimulación auditiva

Elaborado por: El investigador

Para la implementación del sistema se procedió al diseño de la placa electrónica para el acondicionamiento de la señal auditiva, también se coloca la tarjeta del módulo DFPlayer mini mp3. El diseño fue realizado en el software Proteus 8 Professional, cuyo esquema se muestra en la figura 59

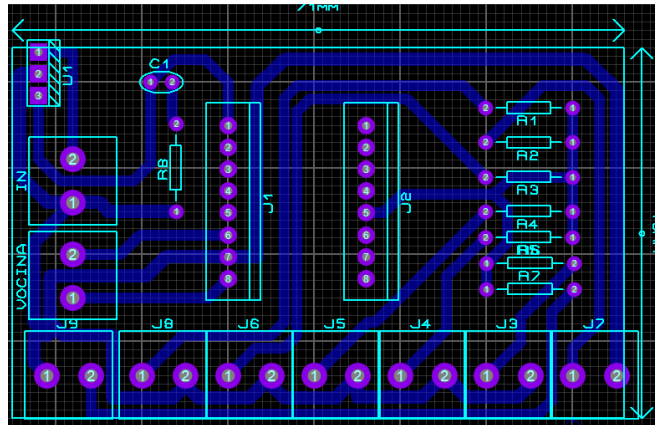


Figura 59: Diseño de la placa para el sistema de estimulación auditiva

Elaborado por: El investigador

Como se puede observar en la figura 59 este circuito electrónico está diseñado las pistas en una sola cara, el módulo DFPlayer mini no posee librería para Arduino por ende se procedió a colocar zócalos de la medida y separación del módulo. En la figura 60 se puede observar el modelado en 3D de la parte superior.

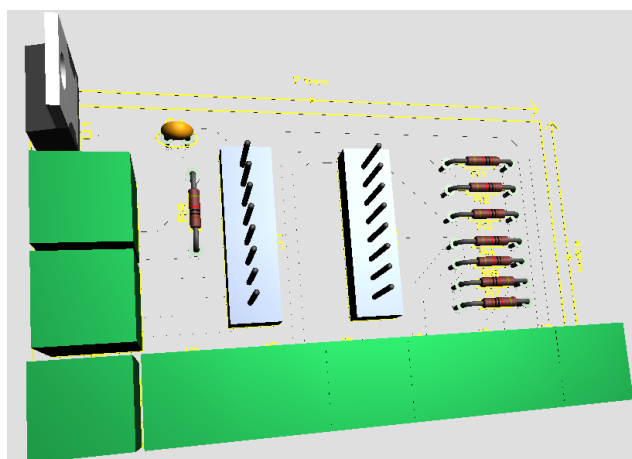


Figura 60: Vista superior de la placa para el sistema de estimulación auditiva

Elaborado por: El investigador

Como se mencionó anteriormente, las pistas están diseñadas en una sola cara, en la figura 61 se puede visualizar el modelado en 3D de la parte inferior.

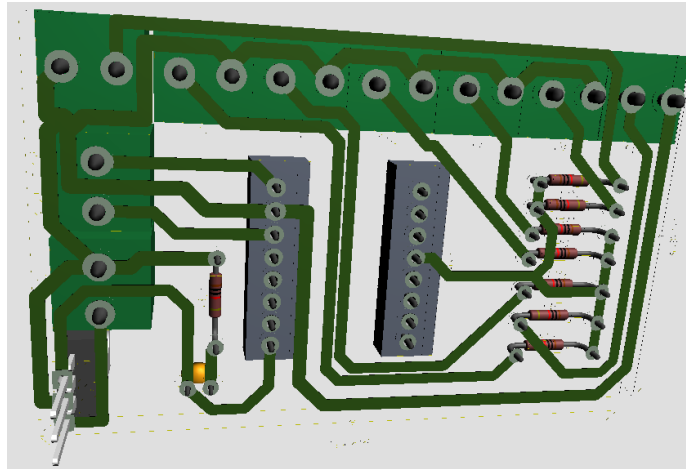


Figura 61: Vista inferior de la placa para el sistema de estimulación auditiva

Elaborado por: El investigador

Una vez impresa la tarjeta electrónica, se procede al montaje de los elementos, posteriormente a soldarlos y por último a adaptar en la carcasa de mando que posee, como se puede observar en la figura 62.

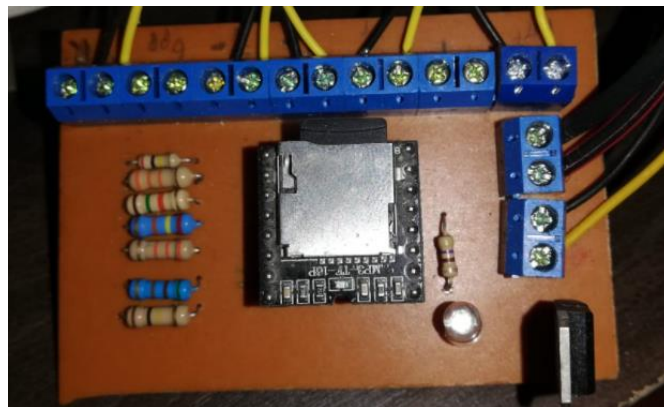


Figura 62: Montaje de la placa para el sistema de estimulación auditiva

Elaborado por: El investigador

3.12 Pruebas de funcionamiento del sistema

Para las pruebas de funcionamiento se seleccionó un grupo de 7 personas con capacidades especiales, debido a la situación que atraviesa el país y el mundo entero con la Pandemia por covid-19.

Las personas con capacidades especiales no pueden ser expuestas en las fotografías, es por ello que se ha decidido cubrir sus rostros.

En la figura 63 se puede visualizar como fue ubicado el sistema de estimulación visual en lo que refiere a las luminarias dentro de la Fundación San Aníán

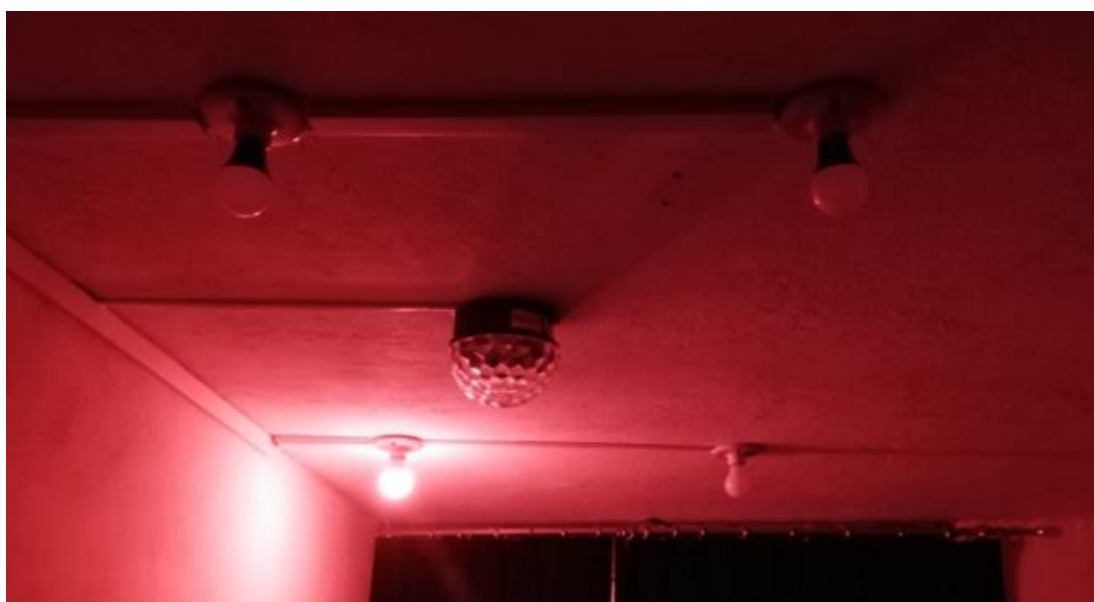


Figura 63: Sistema de iluminación

Elaborado por: El investigador

Una vez ubicado el sistema luminoso se procede a realizar las pruebas de funcionamiento respectivo, como se puede observar en la figura 64



Figura 64: Pruebas del Sistema de iluminación

Elaborado por: El investigador



Figura 65: Pruebas del sistema de iluminación

Elaborado por: El investigador

El sistema luminoso consta de dos tipos de activación, de forma manual, cuya activación es realizada por la persona a cargo de acuerdo a los colores de activación que mayor tenga dificultad la persona con capacidades especiales, y la forma automática, cuya activación es realizada por el microcontrolador de forma aleatoria.

En la figura 66 se puede observar cómo fue ubicado el sistema de estimulación visual y auditivo mediante realidad aumentada.



Figura 66: Visualización del Sistema de Realidad aumentada

Elaborado por: El investigador

Una vez ubicada el sistema de realidad aumentada se realiza las respectivas pruebas con personas con capacidades especiales tanto visuales como auditivas.



Figura 67: Pruebas del Sistema de Realidad aumentada

Elaborado por: El investigador

El sistema de realidad aumentada se genera cuando la cámara del Smartphone capta la imagen del marcador, un modelo en 3D se superpone y es visualizado en una pantalla, al momento que se superpone el modelo en 3D, se despliegan dos botones virtuales, el cual permite girar el objeto 3D y el otro que permite reproducir un sonido onomatopéyico del modelo.

En la figura 68 se puede visualizar un objeto en 3D que corresponde a la categoría mamífero, la misma que se encuentra en su estado original



Figura 68: Visualización del objeto en 3D

Elaborado por: El investigador

En la figura 69 se puede visualizar los botones virtuales que se despliegan al enfocar al marcador con la cámara.



Figura 69: Botones virtuales

Elaborado por: El investigador

En la figura 70 se puede observar al modelo 3D de la categoría aves realizar la animación correspondiente cuando se presiona el botón Sonido



Figura 70: Reproducción de sonido del objeto en 3D

Elaborado por: El investigador

En la Figura 71 se puede observar girar al modelo 3D de la categoría Aves hasta que la persona encargada vuelva a presionar el botón girar, entonces el modelo va a girar hasta cuando se vuelva a presionar el botón girar.



Figura 71: Giro del objeto en 3D

Elaborado por: El investigador

En la siguiente figura se puede visualizar como fue implementado el sistema de estimulación auditiva y se realiza las respectivas pruebas.



Figura 72: Sistema de estimulación auditiva

Elaborado por: El investigador

El sistema de estimulación auditiva consta de la parte de control que se encuentra en la cabina de control y de la parte sonora, la misma que es a través de música de relajación para la estimulación del cerebro. Adicional a esto, la estimulación auditiva se la puede realizar conjunto a la estimulación del olfato o del tacto como se puede visualizar en la figura 72.

Las imágenes de las pruebas realizadas también se pueden observar en el anexo 9.

3.13 Presupuesto del Proyecto

El costo de los materiales utilizados en el sistema de estimulación de sentidos cognitivos en personas con capacidades especiales se detalla en la tabla 13 a continuación.

Tabla 13: Presupuesto del proyecto

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Smartphone	1	200	200
Monitor	1	150	150
DFPlayer Mini	1	3.50	3.50
Arduino Leonardo	1	13	13
Ancast	1	20	20
Material eléctrico	1	60	60
Material electrónico	1	50	50
Carcasa	1	20	20
Cable de parlante	10	0.40	4
Parlantes	2	10	20
	Total		540.50

Elaborado por: El investigador

CAPITULO IV.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Con el diseño y la implementación del sistema de estimulación de sentidos cognitivos en personas con capacidades especiales, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- En base a la información recopilada y el funcionamiento del sistema de estimulación de sentidos cognitivos en personas con capacidades especiales, se determina que es de vital importancia las herramientas tecnológicas como técnicas para la enseñanza y más aún para estimular cualquier parte del cuerpo humano.
- A pesar de los grandes avances de la tecnología es increíble que cosas que parecen tan sencillas para la ciencia, terminan por ser de gran ayuda para los educadores y más para las personas que sufren de algún tipo de discapacidad ya sea visual, auditiva o mental, que con el simple hecho de tener una luz de color encendida ellos logran estimular la vista, sus movimientos y hasta el cerebro, cuando para una persona sin discapacidad eso puede significar algo sin valor.
- Las aplicaciones realizadas a través de la realidad aumentada permiten tener un entorno de aprendizaje mayor al modelo común, ya que mediante la inmersión de animaciones y movimientos de objetos en 3D se puede tener un mundo más real y llamativo, en el caso de las personas con capacidades especiales, se puede ayudar a comprender las cosas de una manera más amigable.
- La Fundación San Aníán poseen otros elementos como esencias y materiales rugosos que sirve para estimular los sentidos del olfato y el tacto respectivamente, material que sirven de complemento con el sistema de estimulación implementado en la institución.0020

4.2 Recomendaciones

Para las personas que deseen hacer uso del presente proyecto de investigación, se recomienda lo siguiente:

- Es fundamental que las personas encargadas de la estimulación de la persona con capacidades especiales estén concentradas netamente en lo que va a realizar, ya que de ellos depende que el estudiante presente mejorías en su estimulación y dependiendo de sus capacidades individuales aplicar las técnicas necesarias.
- Las personas que se encarguen del manejo del sistema de estimulación de sentidos cognitivos deben tener la capacidad y el conocimiento de manejar minuciosamente la estimulación de cada estudiante, para así determinar la mejoría que presente el estudiante.
- El tipo de Realidad aumentada que se desee emplear depende mucho de a quien vaya a ser aplicado, es decir, si se puede utilizar marcadores, GPS imágenes reales o acelerómetro, además, depende del ambiente de iluminación que requiera el sistema, ya que en espacios abiertos se requiere menos iluminación por parte de la aplicación de Unity.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. D. Sawsan Saad, «The Multimedia-Based Learning System Improved Cognitive Skills and Motivation of Disabled Children with a Very High Rate,» *Educational Technology & Society*, p. 366, 2014.
- [2] G. A. d. A. Diana Dionísio, «Perception of Health Professional about Clinical Utility of an Augmented Reality Musical System to Motor and Cognitive Rehabilitation,» *IEEE*, p. 71, 2014.
- [3] C. S. Lucrecia Moralejo, «Avances en el diseño de una herramienta de autor para la creación de actividades educativas basadas en realidad aumentada,» *Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación Especial N°12* , pp. 8-14, 2014.
- [4] L. R. Hansung Kim, «3D Room Geometry Reconstruction Using Audio-Visual Sensors,» *IEEE*, 2017.
- [5] S. O. Yasuhiro Ogoshi, «Development of an Education Support System for Children with Developmental Disabilities,» *IEEE*, p. 45, 2018.
- [6] D. Altamirano, «Repositorios UTA,» Junio 2018. [En línea]. Available: http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28111/3/Tesis_t1422ec.pdf#page=101&zoom=100,0,114. [Último acceso: 27 Julio 2019].
- [7] Organización Mundial de la Salud, «Organización Mundial de la Salud,» Noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.who.int/features/factfiles/disability/es/>. [Último acceso: 21 Septiembre 2019].
- [8] Á. Fernández, «esglobal,» 22 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://www.esglobal.org/america-latina-discrimina-la-discapacidad/>. [Último acceso: 22 Septiembre 2019].
- [9] R. Blanco, «La Equidad y la Inclusión Social: Uno de los Desafíos de la Educación y la Escuela Hoy,» *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, vol. 4, nº 3, pp. 1-15, 2006.

- [10] M. Stang, «Las personas con discapacidad en América Latina,» *Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía*, Abril 2011.
- [11] F. Cadme, Febrero 2015. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7877/1/UPS-CT004718.pdf>. [Último acceso: 18 Diciembre 2019].
- [12] MInisterio de Educación, «Ministerio de Educación,» 2018. [En línea]. Available: <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/07/Modelo-IEE.pdf>. [Último acceso: 20 Diciembre 2019].
- [13] Á. H. Posada, « Las personas con discapacidad,» 2004. [En línea]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74140408>. [Último acceso: 05 Agosto 2019].
- [14] N. P. d. Bistue, «Aciprensa,» [En línea]. Available: <https://www.aciprensa.com/recursos/personas-con-capacidades-especiales-el-momento-de-la-verdad-434>. [Último acceso: 05 Agosto 2019].
- [15] Plan de Acción para las personas con discapacidad, «LA DISCAPACIDAD EN NÚMEROS,» [En línea]. Available: http://www.madrid.org/cs/BlobServer?blobkey=id&blobwhere=1310853507259&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=filename%3D2-CONCEPTO+DE+DISCAPACIDAD_2.pdf&blobcol=urldata&blobtable=MungoBlobs. [Último acceso: 05 Agosto 2019].
- [16] C. N. p. l. I. d. Discapacidades, «Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades,» 02 06 2019. [En línea]. Available: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>. [Último acceso: 22 06 2019].
- [17] R. Uriarte, «Estimulación Multisensorial,» 17 04 2008. [En línea]. Available: <http://psicopedagogias.blogspot.com/2008/07/estimulacin-multisensorial.html>. [Último acceso: 01 07 2019].
- [18] L. A.-M. J. P. M.C. Etchepareborda, «Estimulación multisensorial,» *Neuología*, pp. 122-128, 2003.

- [19] F. d. e. d. Andalucía, «La estimulación temprana y su importancia,» *Revista Digital para profesionales de la enseñanza*, 17 11 2011. [En línea]. Available: <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8727.pdf>. [Último acceso: 19 07 2019].
- [20] P. P. Jordá, «Programas de estimulación visual en atención temprana:» *Revista sobre discapacidad visual*, 2015.
- [21] T. R. d. Castilla, «Estimulación Auditiva,» *JUNTA DE EXTREMADURA*, 2015.
- [22] C. A. MARTÍN, «LA PERCEPCIÓN TÁCTIL: SU ESTIMULACIÓN EN ALUMNOS CON DISCAPACIDAD,» [En línea]. Available: http://www.quadernsdigitals.net/index.php?accionMenu=hemeroteca.DescargaArticuloIU.descarga&tipo=PDF&articulo_id=10925. [Último acceso: 20 07 2019].
- [23] E. González, «AKROS,» 13 06 2016. [En línea]. Available: <https://akroseducational.es/blog/claves-estimulacion-vestibular/#comments>. [Último acceso: 19 07 2019].
- [24] A. Ramírez, «Repositorio UTA,» Abril 2018. [En línea]. Available: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27646/2/Proyecto%20de%20Investigacion%20de%20Alex%20Ramirez.pdf>. [Último acceso: 19 Julio 2019].
- [25] M. Gomez, *Aulas multisensoriales en educación especial*, Vigo: Ideas propias, 2009.
- [26] L. H. Ramos, «ESTIMULACIÓN TEMPRANA A NIÑOS DE CERO A DOS AÑOS CON FACTORES DE RIESGO DE RETRASO MENTAL,» 2005. [En línea]. Available: <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2011/flhr/indice.htm>. [Último acceso: 19 Julio 2019].
- [27] A. B. SEVILLA, Artist, *Realidad Aumentada en la educación*. [Art]. Universidad Politécnica de Madrid, 2017.
- [28] J. d. P. Carracedo, «IEEE,» Mayo 2012. [En línea]. Available: <http://rita.det.uvigo.es/201205/uploads/IEEE-RITA.2012.V7.N2.A9.pdf>. [Último acceso: 21 Abril 2019].
- [29] Organización Mundial de la Salud, «Informe mundial sobre la discapacidad,» Malta, 2011.

- [30] A. S. Alencastro, «Ministerio de educación,» 2013. [En línea]. Available: <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Guia-de-estrategias-pedagogicas-para-atender-necesidades-educativas-especiales-en-el-aula.pdf>. [Último acceso: 2020 07 04].
- [31] I. M. López y G. E. Valenzuela, «NIÑOS y adolescentes con necesidades educativas especiales,» *Revista Médica Clínica Las Condes*, vol. 26, n° 1, pp. 42-51, 2015.
- [32] C. Martínez, «10 Factores que Influyen en el Aprendizaje de Niños,» lifeder, 2020. [En línea]. Available: <https://www.lifeder.com/factores-influyen-aprendizaje/>. [Último acceso: 28 Marzo 2020].
- [33] WEBSCOLAR, «Las teorías del aprendizaje y factores que influyen en el aprendizaje,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.webscolar.com/las-teorias-del-aprendizaje-y-factores-que-influyen-en-el-aprendizaje>. [Último acceso: 28 Marzo 2020].
- [34] Redacción Realinfluencers, «Realinfluencers,» 28 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://www.realinfluencers.es/2019/01/28/como-la-tecnologia-puede-beneficiar-a-los-alumnos-con-necesidades-educativas-especiales/>. [Último acceso: 25 Abril 2020].
- [35] Guiainfantil.com, «Guiainfantil.com,» 25 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://www.guiainfantil.com/blog/517/los-mejores-juguetes-para-ninos-con-discapacidad.html>. [Último acceso: 26 Marzo 2020].
- [36] UNIRrevista, «FUNDACIÓN UNIR,» 06 Febrero 2020. [En línea]. Available: <https://www.unir.net/educacion/revista/noticias/actividades-trabajar-discapacidad-en-el-aula/549204842396/>. [Último acceso: 26 Marzo 2020].
- [37] D. A. Redondo, «Departamento de Ingeniería Telemática,» [En línea]. Available: <http://www.it.uc3m.es/~jvillena/irc/practicass/10-11/13mem.pdf>. [Último acceso: 28 03 2020].
- [38] C. Luttecke, 2014 Abril 2014. [En línea]. Available: <https://deideaaapp.org/sabes-que-es-unity-descubrelo-aqui/>. [Último acceso: 24 Abril 2020].
- [39] S. Prabhu, «ARreverie,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.arreverie.com/blogs/best-augmented-reality-sdk-in-2018/>. [Último acceso: 28 04 2020].

- [40] S. Prabhu, «ARreverie,» 21 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <http://www.arreverie.com/blogs/augmented-reality-sdk-comparison-parameters/>. [Último acceso: 03 Mayo 2020].
- [41] M. A. M. Rodriguez, «NIIXER,» 17 Abril 2020. [En línea]. Available: <http://niixer.com/2020/04/17/que-son-targets-en-vuforia/>. [Último acceso: 24 Abril 2020].
- [42] E. Rodríguez, C. Bonet y L. Pérez, «Propuesta de sistema de mantenimiento a los vehículos de transporte urbano y agrícola de una base de transporte de carga,» *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 22, n° 2, pp. 61-67, 2013.
- [43] S. Bauset, P. Olmeda, V. Martínez y B. Martínez, «El mantenimiento de las flotas de transporte,» *Técnica Industrial*, n° 247, pp. 42-47, 2002.
- [44] J. L. Alba Romero Morillas, «Espacio Logopédico,» 01 12 2014. [En línea]. Available: <https://www.espaciologopedico.com/noticias/det/6296/estimulacion-temprana-en-ninos-con-capacidades-diferentes.html>. [Último acceso: 22 06 2019].
- [45] Sunrise Medical, 30 Enero 2018. [En línea]. Available: <https://www.sunrisemedical.es/blog/derechos-ninos-con-discapacidad>. [Último acceso: 2019 Octubre 18].
- [46] M. Alvarado, Artist, *ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA DEL DOCENTE PARA NIÑOS CON CAPACIDADES*. [Art]. UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR, 2016.
- [47] Flores J, «Tipos de Estrategias de enseñanza,» 2016. [En línea]. Available: www.tiposestrategiasdeenseñanza.com.gob.gt. [Último acceso: 02 Noviembre 2019].
- [48] R. J, «Manual de estimulación para niños que presentan problemas visuales,» Málaga, 2007.
- [49] S. J, «Estrategias Didácticas Apoyadas en Tecnología,» 2006. [En línea]. Available: <http://www.camposc.net/0repositorio/libros/estrategias/m2TiposdeEstrategias.htm>.
- [50] J. Saavedra, *Selección de Rondas Infantiles*, Bogotá, 2005.

- [51] G. L., Escritor, *Módulo 5 Rincones de Aprendizaje.* [Performance]. Ministerio de Educación Primera Edición, Guatemala, 2008.
- [52] M. F., Escritor, *Estrategias de enseñanza para niños con problemas de aprendizaje.* [Performance]. 2012.
- [53] N. Martinez, Escritor, *Estrategias de enseñanza para niños con problemas auditivos.* [Performance]. 2013.
- [54] Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, «Biblioteca Brincar,» [En línea]. Available: <https://www.brincar.org.ar/biblioteca/estrategias-efectivas-para-ensenar-a-los-ninos-con-autismo/>. [Último acceso: 20 Noviembre 2019].
- [55] G. Osewalt, «Understood,» [En línea]. Available: <https://www.understood.org/es-mx/school-learning/partnering-with-childs-school/instructional-strategies/5-common-techniques-for-helping-struggling-students>. [Último acceso: 25 Noviembre 2019].
- [56] «Incluyeme,» [En línea]. Available: <https://www.incluyeme.com/las-mejores-actividades-para-ninos-con-discapacidad-auditiva/>. [Último acceso: 25 Noviembre 2019].
- [57] E. Ruiz, «Fundacion Iberoamericana Down21,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.downciclopedia.org/neurobiologia/la-atencion-en-el-sindrome-de-down-estrategias-de-intervencion.html>. [Último acceso: 25 Noviembre 2019].

ANEXOS

Anexo 1: Hoja de especificaciones técnicas del monitor de visualización de Realidad Aumentada

BÁSICOS

Tamaño (pulgadas)	19,5"
Tipo de panel	TN
Gama de colores (CIE1931)	72%
Profundidad de colores (cantidad de colores)	1 6,7 M de colores
Relación de aspecto	16:09
Resolución	1366 x 768
Brillo (típ.)	200cd/m ² (típ.) 160cd/m ² (Min.)
Relación de contraste (original)	600:1 (típ.)
Relación de contraste (DFC)	Mega
Tiempo de respuesta (GTG)	2 ms
Ángulo de visión (CR=10)	90/65 (CR=10)
Tratamiento superficial	Antirreflejo, 3H

FUNCIÓN ESPECIAL

Modo imagen	Personalizada, Lectura, Debilidad de colores, Foto, Cine, Juego
Relación	Ancho/Original
DDC/CI	Sí
HDCP	HDCP1.4

Bloqueo de teclado	Sí
Modo DAS	Sí
Estabilizador de negros	Sí
Retículo	Sí
Sin parpadeo	Sí
Ahorro de energía inteligente	Sí
Súper + resolución	Sí

ENTRADA/SALIDA

HDMI	1
Frecuencia -H- (HDMI)	30-61 KHz
Frecuencia -V- (HDMI)	50-75 Hz
D-Sub	1
- H-Frequency	30-61 kHz
- V-Frequency	56-75 Hz
Salida de auriculares	1

DISEÑO - SOPORTE

Inclinación (Ángulo)	-5-20
----------------------	-------

ALIMENTACIÓN

Tipo	Adaptador
------	-----------

Entrada	100-240 Vca, 50/60 Hz
---------	-----------------------

CONSUMO DE ENERGÍA

Encendido normal (EPA típ.)	13 W
Modo ahorro de energía/reposo (máx.)	Por debajo de 0,3 W

ESTANDAR

UL (cUL)	Sí
TIPO-TUV	Sí
FCC-B, CE	Sí
CCC (para China)	Sí
ERP	Sí
Windows 10	Sí
Otros (KC,CCC)	Sí

DIMENSIÓN(A*P*A)(MM)

Conjunto (con soporte)	468,8 x 366,5 x 181,9
Conjunto (sin soporte)	468,8 x 276,4 x 38,4

PESO(KG)

Conjunto (con soporte)	2.3
Conjunto (sin soporte)	2

Anexo 2: Hoja de especificaciones técnicas del módulo DFPlayer mini

DFPlayer Mini

1. Summary

1.1 .Brief Instruction

DFPlayer Mini module is a serial MP3 module provides the perfect integrated MP3, WMV hardware decoding. While the software supports TF card driver, supports FAT16, FAT32 file system. Through simple serial commands to specify music playing, as well as how to play music and other functions, without the cumbersome underlying operating, easy to use, stable and reliable are the most important features of this module.

1.2 .Features

- Support Mp3 and WMV decoding
- Support sampling rate of 8KHz, 11.025KHz, 12KHz, 16KHz, 22.05KHz, 24KHz, 32KHz, 44.1KHz, 48KHz
- 24-bit DAC output, dynamic range support 90dB, SNR supports 85dB
- Supports FAT16, FAT32 file system, maximum support 32GB TF card
- A variety of control modes, serial mode, AD key control mode
- The broadcast language spots feature, you can pause the background music being played
- Built-in 3W amplifier
- The audio data is sorted by folder; supports up to 100 folders, each folder can be assigned to 1000 songs
- 30 levels volume adjustable, 10 levels EQ adjustable.

1.3 .Application

- Car navigation voice broadcast
- Road transport inspectors, toll stations voice prompts
- Railway station, bus safety inspection voice prompts
- Electricity, communications, financial business hall voice prompts
- Vehicle into and out of the channel verify that the voice prompts
- The public security border control channel voice prompts
- Multi-channel voice alarm or equipment operating guide voice
- The electric tourist car safe driving voice notices
- Electromechanical equipment failure alarm
- Fire alarm voice prompts
- The automatic broadcast equipment, regular broadcast.

2. Module Application Instruction

2.1. Specification Description

Item	Description
MP3Format	1、 Support 11172-3 and ISO13813-3 layer3 audio decoding
	2、 Support sampling rate (KHZ):8/11.025/12/16/22.05/24/32/44.1/48
	3、 Support Normal、 Jazz、 Classic、 Pop、 Rock etc
UART Port	Standard Serial; TTL Level; Baud rate adjustable(default baud rate is 9600)
Working Voltage	DC3.2~5.0V; Type :DC4.2V
Standby Current	20mA
Operating Temperature	-40~+70
Humidity	5% ~95%

Table 2.1 Specification Description

2.2 .Pin Description

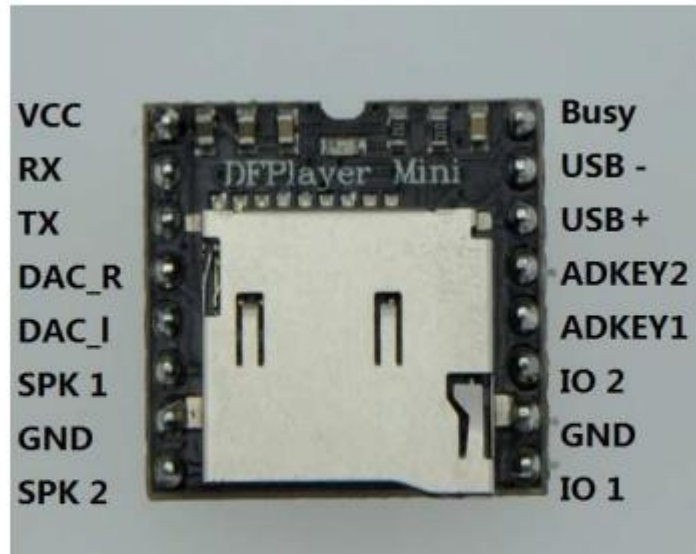


Figure 2.1

No	Pin	Description	Note
1	VCC	Input Voltage	DC3.2~5.0V;Type: DC4.2V
2	RX	UART serial input	
3	TX	UART serial output	
4	DAC_R	Audio output right channel	Drive earphone and amplifier
5	DAC_L	Audio output left channel	Drive earphone and amplifier
6	SPK2	Speaker-	Drive speaker less than 3W
7	GND	Ground	Power GND
8	SPK1	Speaker+	Drive speaker less than 3W
9	IO1	Trigger port 1	Short press to play previous (long press to decrease volume)
10	GND	Ground	Power GND
11	IO2	Trigger port 2	Short press to play next (long press to increase volume)
12	ADKEY1	AD Port 1	Trigger play first segment
13	ADKEY2	AD Port 2	Trigger play fifth segment
14	USB+	USB+ DP	USB Port
15	USB-	USB- DM	USB Port
16	BUSY	Playing Status	Low means playing \High means no

Table 2.2 Pin Description

3. Serial Communication Protocol

Serial port as a common communication in the industrial control field, we conducted an industrial level of optimization, adding frame checksum, retransmission, error handling, and other measures to significantly strengthen the stability and reliability of communication, and can expansion more powerful RS485 for networking functions on this basis, serial communication baud rate can set as your own, the default baud rate is 9600

3.1. Serial Communication Format

Support for asynchronous serial communication mode via PC serial sending commands Communication Standard:9600 bps Data bits :1 Checkout :none Flow Control :none									
Format	SS	VER	Len	CMD	Feedback	para1	para2	checksum	SO
SS			Start byte 0x7E						Each command feedback begin with \$, that is 0x7E
VER			Version						Version Information
Len			the number of bytes after "Len"						Checksums are not counted
CMD			Commands						Indicate the specific operations, such as play / pause, etc.
Feedback			Command feedback						If need for feedback, 1: feedback, 0: no feedback
para1			Parameter 1						Query high data byte
para2			Parameter 2						Query low data byte
checksum			Checksum						Accumulation and verification [not include start bit \$]
SO			End bit						End bit 0xEF

For example, if we specify play NORFLASH, you need to send: 7E FF 06 09 00 00 04 FF DD EF
Data length is 6, which are 6 bytes [FF 06 09 00 00 04]. Not counting the start, end, and verification.

3.2 .Serial Communication Commands

1).Directly send commands, no parameters returned

CMD	Function Description	Parameters(16 bit)
0x01	Next	
0x02	Previous	
0x03	Specify tracking(NUM)	0-2999
0x04	Increase volume	
0x05	Decrease volume	
0x06	Specify volume	0-30
0x07	Specify EQ(0/1/2/3/4/5)	Normal/Pop/Rock/Jazz/Classic/Base
0x08	Specify playback mode (0/1/2/3)	Repeat/folder repeat/single repeat/ random

0x09	Specify playback source(0/1/2/3/4)	U/TF/AUX/SLEEP/FLASH
0x0A	Enter into standby – low power loss	
0x0B	Normal working	
0x0C	Reset module	
0x0D	Playback	
0x0E	Pause	
0x0F	Specify folder to playback	1~10(need to set by user)
0x10	Volume adjust set	{DH= 1:Open volume adjust } {DL: set volume gain 0~31}
0x11	Repeat play	{1:start repeat play} {0:stop play}

2).Query the System Parameters

Commands	Function Description	Parameters(16 bit)
0x3C	STAY	
0x3D	STAY	
0x3E	STAY	
0x3F	Send initialization parameters	0 - 0x0F(each bit represent one device of the low-four bits)
0x40	Returns an error, request retransmission	
0x41	Reply	
0x42	Query the current status	
0x43	Query the current volume	
0x44	Query the current EQ	
0x45	Query the current playback mode	
0x46	Query the current software version	
0x47	Query the total number of TF card files	
0x48	Query the total number of U-disk files	
0x49	Query the total number of flash files	
0x4A	Keep on	
0x4B	Queries the current track of TF card	
0x4C	Queries the current track of U-Disk	
0x4D	Queries the current track of Flash	

Anexo 3: Hoja de especificaciones técnicas del microcontrolador Arduino Leonardo

Overview

The Arduino Leonardo is a microcontroller board based on the ATmega32u4 (datasheet). It has 20 digital input/output pins (of which 7 can be used as PWM outputs and 12 as analog inputs), a 16 MHz crystal oscillator, a micro USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started.

The Leonardo differs from all preceding boards in that the ATmega32u4 has built-in USB communication, eliminating the need for a secondary processor. This allows the Leonardo to appear to a connected computer as a mouse and keyboard, in addition to a virtual (CDC) serial / COM port. It also has other implications for the behavior of the board; these are detailed on the getting started page.

This version of the Leonardo comes assembled.

Summary

Microcontroller	ATmega32u4
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	20
PWM Channels	7
Analog Input Channels	12
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega32u4) of which 4 KB used by bootloader
SRAM	2.5 KB (ATmega32u4)
EEPROM	1 KB (ATmega32u4)
Clock Speed	16 MHz

If you want to give a closer look to this board we advice you to visit the official Arduino Leonardo page in the Hardware Section.

Anexo 4: Programación para Sistema de Iluminación

```
int leds[]={8,9,10,11,12};

int posicion=0;

int pulsa=6;

volatile int t=6000;

long azar;

int cont=0;

void setup() {

Serial.begin(9600);

for (posicion=0; posicion<5; posicion++){

    pinMode(leds[posicion],OUTPUT);

}

attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(0),amarillo,FALLING);

attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(1),azul,FALLING);

attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2),rojo,FALLING);

attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(3),verde,FALLING);

attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(7),licuadora,FALLING);

pinMode(pulsa,INPUT);

randomSeed(analogRead(A0));

}

void loop() {
```



```

if (digitalRead(pulsa)==HIGH){

  for (cont=0;cont<4;cont++){

    apaga();

    azar=random(0,4);

    Serial.println(azar);

    digitalWrite(leds[azar],HIGH);

    delay(t);

    apaga();

    randomSeed(analogRead(random(1,4)));

  }

}

}

void amarillo(){

  digitalWrite(leds[0],HIGH);

  digitalWrite(leds[1],LOW);

  digitalWrite(leds[2],LOW);

  digitalWrite(leds[3],LOW);

  digitalWrite(leds[4],LOW);

  Serial.println(0);

  delay(t);

}

void azul(){

```

```

digitalWrite(leds[0],LOW);

digitalWrite(leds[1],HIGH);

digitalWrite(leds[2],LOW);

digitalWrite(leds[3],LOW);

digitalWrite(leds[4],LOW);

Serial.println(1);

delay(t);

}

void rojo(){

digitalWrite(leds[0],LOW);

digitalWrite(leds[1],LOW);

digitalWrite(leds[2],HIGH);

digitalWrite(leds[3],LOW);

digitalWrite(leds[4],LOW);

Serial.println(2);

delay(t);

}

void verde(){

digitalWrite(leds[0],LOW);

digitalWrite(leds[1],LOW);

digitalWrite(leds[2],LOW);

digitalWrite(leds[3],HIGH);

```

```
digitalWrite(leds[4],LOW);

Serial.println(3);

delay(t);
}

void licuadora(){

digitalWrite(leds[0],LOW);

digitalWrite(leds[1],LOW);

digitalWrite(leds[2],LOW);

digitalWrite(leds[3],LOW);

digitalWrite(leds[4],HIGH);

Serial.println(4);

delay(t);
}

void apaga(){

digitalWrite(leds[0],LOW);

digitalWrite(leds[1],LOW);

digitalWrite(leds[2],LOW);

digitalWrite(leds[3],LOW);

digitalWrite(leds[4],LOW);

delay(50);
}

void autom(){
```

```
azar=random(0,3);  
  
digitalWrite(leds[azar],HIGH);  
  
delay(t);  
}
```

Anexo 5: Programación para añadir botones virtuales en la aplicación de Realidad Aumentada

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.SceneManagement;
public class Botones : MonoBehaviour
{
    // Start is called before the first frame update
    void Start()
    {

    }

    // Update is called once per frame
    void Update()
    {

    }

    public void CargaNivel(string pNombreNivel)
    {
        SceneManager.LoadScene(pNombreNivel);
    }
}
```

Anexo 6: Programación para girar un objeto 3D en la aplicación de Realidad Aumentada

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class Girar : MonoBehaviour
{
    public GameObject ObjectRotate;
    public float rotateSpeed = 50f;
    bool rotateStatus = false;
    // Start is called before the first frame update
    public void Rotasi()
    {
        if (rotateStatus == false)
        {
            rotateStatus = true;
        }
        else
        {
            rotateStatus = false;
        }
    }
    void Update()
    {
        if (rotateStatus == true)
        {
            ObjectRotate.transform.Rotate(Vector3.up, rotateSpeed * Time.deltaTime);
        }
    }
}
```

Anexo 7: Programación para añadir el botón “Salir” en la aplicación de Realidad Aumentada

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class Salir : MonoBehaviour
{
    public void salir()
    {
        Application.Quit();
        Debug.Log("Se ha cerrado el Programa");
    }
}
```

Anexo 8: Programación para añadir un archivo de audio a la animación de Realidad Aumentada

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class Audio : MonoBehaviour
{
    public AudioSource fuente;
    public AudioClip clip;

    // Start is called before the first frame update
    void Start()
    {
        fuente.clip = clip;
    }

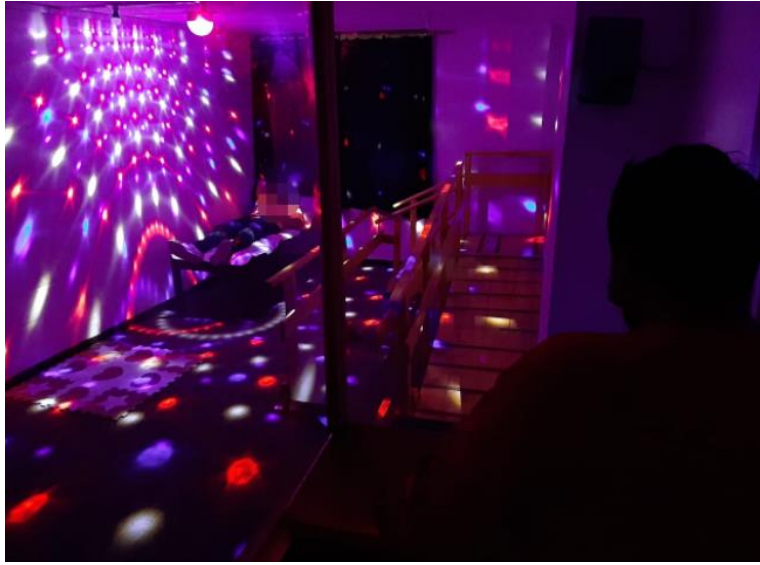
    // Update is called once per frame
    public void Reproducir()
    {
        fuente.Play();
    }
}
```


Anexo 9: Imágenes de las pruebas de funcionamiento del sistema de estimulación de sentidos cognitivos en personas con capacidades especiales





10







Anexo 10: Infraestructura de la Fundación San Aníán







