Herramienta para la estimulación y el desarrollo integral de niños con discapacidad visual.

Sebastián Uribe Ocampo

Stephanie Valencia Valencia

Trabajo de grado para optar al título de

Ingeniero Biomédico e Ingeniera Biomédica

DIRECTORA:

Tatiana Mejía Piedrahita

Ingeniera biomédica

MSc. en Ingeniería con énfasis en Diseño Inclusivo

ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA
INGENIERÍA BIOMÉDICA
ENVIGADO
2014

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

“The design issues around disability are underexplored, and demand and deserve far more radical approaches…What is needed is truly interdisciplinary design thinking, combining and blurring design craft with engineering brilliance, therapeutic excellence, and the broadest experiences of disabled people.”

-Graham Pullin

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a todos nuestros profesores y compañeros que con su apoyo, dirección y consejo nos han permitido crecer profesional y personalmente. Gracias especiales a las personas que trabajan en el laboratorio de metalmecánica, Tatiana Mejía, Juliana Velásquez, Francisco Londoño, Jazmín Valencia y a la fundación Multis, su valiosa ayuda permitió que este proyecto fuera posible.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 12
1. PRELIMINARES 14
1.1 CONTEXTO Y CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA 14
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 16
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO 16
1.3.1 Objetivo General 16
1.3.2 Objetivos Específicos 16
1.4 MARCO DE REFERENCIA 17
1.4.1 Discapacidad visual 17
1.4.2 Discapacidad visual Infantil 18
1.4.3 Desarrollo del niño con discapacidad visual 19
1.4.4 Tecnologías de apoyo 20
1.4.5 El juego 21
1.4.6 El juego y el desarrollo integral de los niños 21
1.4.7 Estimulación sensorial 22
1.4.8 Diseño universal 23
2. METODOLOGÍA 24
2.1 Hear: Fase de observación 24
2.2 Create: Fase de Construcción 24
2.3 Deliver: Fase de implementación 25
3. DESARROLLO DEL PROYECTO 26
3.1 ESTADO DEL ARTE 26
3.1.1 Benchmarking 26
3.1.2 Investigaciones a nivel académico del diseño de herramientas para la estimulación sensorial de niños con y sin discapacidad 30
3.2 DISEÑO DE LA HERRAMIENTA 31
3.2.1 Análisis del usuario: 31
3.2.2 Oportunidades de diseño 36

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.2.3 Diseño conceptual 37
Concepto 1: Cuenta cuentos 39
Concepto 2: Juego de adivinanza 39
3.2.4 Diseño de detalle 45
3.3 Descripción del funcionamiento de la herramienta 56
3.4 Construcción del prototipo funcional 58
3.4.1 Programación del microcontrolador y diseño del circuito 58
3.4.2 Diseño de la caja de interfaz 66
3.4.3 Diseño de las fichas 68
3.4.4 Fabricación y ensamblaje 70
3.5 Pruebas del prototipo 72
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 75
5. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES 76
BIBLIOGRAFÍA 77

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Herramientas existentes en el mercado.....26
Tabla 2. Características de las herramientas encontradas en el análisis de benchmarking y las investigaciones académicas. 31
Tabla 3. Cuadro resumen análisis del usuario. 34
Tabla 4. Demandas y deseo obtenidos a partir de las entrevistas y sesiones de grupo. ..37
Tabla 5. Criterios para la selección del concepto 43
Tabla 6. Calificación de conceptos. 44
Tabla 7. Análisis del modelo blando. 45
Tabla 8. Lista de Necesidades. 46
Tabla 9. Lista de Medidas. 47
Tabla 10. Matriz Necesidades-Medidas.....47
Tabla 11. Alternativas de solución.....50
Tabla 12. Matriz morfológica 55
Tabla 13. Criterios para la selección de la alternativa de solución 57
Tabla 14. Matriz de calificación 57
Tabla 15. Cuadro de combinaciones de pulsadores. 65

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de conceptos, método para ayudar al proceso creativo.....38

Figuras 2-3.Diseños preliminares del concepto 1.....40

Figura 4.Diseños preliminares del concepto 2.....40

Figura 5.Diseños preliminares del concepto 3.....41

Figura 6.Diseños preliminares del concepto 4.....42

Figura 7. Caja negra del sistema. 47

Figura 8. Diagrama de funciones. 48

Figura 9. Diagrama de flujo general. 60

Figura 10. Diagrama de flujo modo cuentos.....61

Figura 11. Diagrama de flujo modo letras.....62

Figura 12. Diagrama de flujo modo musical. 63

Figura 13. Programación y simulación. 64

Figura 14. Esquemático de los circuitos de control. 65

Figura 15-16. Impresión de las tarjetas para los circuitos (PCB) en 3D.....66

Figura 17-18. PCB de los circuitos.....66

Figura 19. Diseño final de la herramienta......67

Figura 20-21. Diseño final de la herramienta en donde se visualiza los componentes internos.....67

Figura 22. Lista de los elementos que componen la herramienta.....68

Figura 23. Lista de los elementos que componen la herramienta.....58

Figuras 24. Todas las posibilidades de las fichas tipo rompecabezas.....69

Figuras 25. Diseño de fichas del modo letras. 70

Figuras 26. Diseño de fichas del modo musical.. 70

Figuras 27-28. PCBs fabricados.. 71

Figuras 29-30. Herramienta totalmente ensamblada. 71

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figuras 31. Todas las fichas del modo cuento. 72

Figuras 32. Todas las fichas del modo letras. 72

Figuras 33. Todas las fichas del modo musical. 72

Figuras 34-35. Los niños inspeccionando la herramienta. 73

Figuras 36-37. Prueba de la herramienta en modo cuento. 73

Figuras 38-39. Prueba de la herramienta en modo letras 74

Figuras 40. Prueba de la herramienta en modo musical. 74

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

LISTA DE ANEXOS

pág.

ANEXO 1. ESCALA DE WECKER Y NIVEL DE AGUDEZA VISUAL.....82

ANEXO 2. ENTREVISTAS. 83

ANEXO 3. SESIÓN DE GRUPO-FUNDACIÓN MULTIS.....89

ANEXO 4. PLANOS DE LA HERRAMIENTA Y SUS COMPONENTES. 95

ANEXO 5. MANUAL DE USUARIO... 103

ANEXO 6. HOJAS DE CARACTERISTICA. 107

ANEXO 7. CODIGO DEL PROGRAMA. 109

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

RESUMEN

El presente trabajo documenta el proceso de diseño conceptual y de detalle al igual que la construcción de una herramienta para la estimulación sensorial y el desarrollo de habilidades sociales de niños con discapacidad visual. En la etapa de diseño conceptual se obtuvieron los requerimientos básicos de diseño y criterios de selección de concepto mediante el análisis de herramientas existentes en el mercado e investigaciones a nivel académico, visitas a centros de rehabilitación y educación especial, entrevistas con expertos en el tema y sesiones de grupo con niños con discapacidad visual. Bajo la metodología del diseño centrado en el usuario, se estableció una lista de demandas y deseos clara a partir de estas fuentes y se procedió a la propuesta de varios conceptos de diseño y a su selección a través de criterios justificados en la investigación.

Una vez seleccionado el concepto se desarrolló el diseño de detalle, logrando así dar cumplimiento a los objetivos planteados en un principio. Con el soporte de herramientas de diseño asistido por computador CAD y de prototipado rápido como cortadora laser es posible construir prototipos para evaluar y rediseñar. A través de la evaluación del diseño con usuarios se logró llegar a el producto final: el prototipo de una herramienta con varios modos de juego que muestra ser un producto atractivo para niños con discapacidad visual y sin discapacidad visual que busca fortalecer en ambos el sentido del tacto, la audición, la creatividad y el aprendizaje de conceptos básicos.

Palabras clave: Discapacidad Visual, Rehabilitación, Niños, Interacción social, Diseño conceptual, Diseño Inclusivo.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ABSTRACT

The work presented in this thesis documents the design and production process of a tool that provides sensory stimulation and fosters the involvement of children with visual impairments in the play environment, aiming to promote the development of their social skills. In the conceptual design phase, the requirements and selection criteria for the concept were established through the analysis of existing tools available in the market and academic research projects carried out on the same topic as well as visits to special education and rehabilitation centers, interviews with experts and focus group with kids with visual impairments. Following the user centered design methodology, a list of desires and needs was established from the consulted sources. Four different design concepts were proposed and one was selected by criteria justified in this research.

Once the concept was selected, the detailed design phase took place. With the use of computer assisted design, CAD, and rapid prototyping tools, a model of the selected concept was built, evaluated and redesigned. Through the evaluation of the prototype with users, the final product was obtained: a prototype of a tool with different game modes that proved to be attractive to sighted kids and kids with visual impairments and that seeks to strengthen in both their senses of touch and audition, their creativity and concept learning.

Key words: Visual impairment, Rehabilitation, Children, Social Interaction, Concept Design, Inclusive design.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

INTRODUCCIÓN

La manera de abordar el tema de atención a las personas con discapacidad ha migrado de la idea de que solo se debe brindar un apoyo en el aspecto médico a el planteamiento de políticas y objetivos trazados por organizaciones, convenciones y asociaciones que concuerdan en que una atención integral es necesaria y que las herramientas disponibles para brindar esta atención pueden cambiar la situación de la persona con discapacidad. Se evidencia la necesidad de tener estas herramientas o recursos para poner a disposición de las personas en situación de discapacidad y empoderarlas por medio de ellas. Es así como cada vez se hacen más populares los términos: diseño inclusivo y diseño universal; dos conceptos que hacen alusión al diseño de entornos y productos para que puedan ser usado por la mayor cantidad de personas posible.

El ambiente y las herramientas disponibles en el ambiente tienen una influencia directa en las personas y esta puede ser positiva o negativa. Es negativa cuando existen barreras y obstáculos que crean un entorno que incapacita a la persona que buscan interactuar y desarrollarse en él; y positiva cuando habilita y capacita a las personas para que puedan desarrollar sus habilidades al máximo y llevar a cabo ciertas tareas de una manera más fácil. Un sencillo ejemplo de los impactos negativos que un entorno o ambiente puede tener sobre una persona son las barreras físicas a la entrada de un edificio que impiden el acceso de personas con movilidad reducida. En el caso contrario, en el que el entorno impacta positivamente la vida del usuario, se tiene como ejemplo un sistema de transporte integrado que le permite a una población transportarse con facilidad por todo un territorio. Estos dos son ejemplos de medios que influyen en la experiencia de interacción con el entorno.

Esta experiencia es importante ya que una persona recibe información valiosa del ambiente a través de sus sentidos; y esto le permite aprender, desarrollarse y a su vez transmitir información de vuelta al entorno y la sociedad. Las habilidades sociales y muchos conceptos básicos se aprenden a través del sentido de la vista en los primeros años de vida. Gestos, figuras, gráficos que reflejan datos de un estudio, pinturas, e ilustraciones anexas a una historia, todos hacen parte de un lenguaje gráfico que aporta al desarrollo integral de las personas y se comunican por medio de este sentido. Con los recursos adecuados se pueden eliminar las barreras que impiden el correcto desarrollo de conceptos y habilidades sociales de los niños con discapacidad visual, promoviendo así su participación en actividades de interacción social e incluso de desarrollo artístico y académico.

Durante el desarrollo de esta investigación se definió un proceso de diseño bajo el enfoque de diseño universal. El proyecto denomina al resultado final esperado “herramienta” pues su objetivo principal es que el prototipo construido pueda además de tener elementos de estimulación sensorial, ser útil para promover la participación de los niños con y sin discapacidad visual en un ambiente de juego en un colegio, hogar o espacio público y fortalecer así sus habilidades de interacción social. Bajo la metodología del diseño centrado en el usuario y las herramientas del diseño conceptual, se describen en este trabajo los procesos llevados a cabo para poder dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Cuáles son

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

los requerimientos de diseño que debe cumplir una herramienta para la recreación de niños, entre los 5 y 10 años de edad, con discapacidad visual y sin discapacidad visual?

En el primer capítulo de este trabajo se encuentran en detalle el planteamiento del problema y su contexto el cual plantea que recursos hacen falta para poder lograr la inclusión social y el desarrollo integral de los niños con discapacidad visual. Esta sección incluye también los objetivos de la investigación y el marco de referencia del proyecto en donde se ahonda en temas de discapacidad visual y discapacidad infantil, tecnologías de apoyo, la importancia del juego como actividad, la estimulación sensorial y el concepto de diseño universal.

El segundo capítulo describe la metodología utilizada para cumplir los objetivos planteados y se enumeran las fases del proyecto según la estrategia utilizada para completarlas. El tercer capítulo es el capítulo más extenso al cubrir todo el desarrollo del proyecto, comenzando con el estado del arte en donde se hizo un análisis de herramientas existentes en el mercado y avances de herramientas en investigaciones académicas. Luego se describe el proceso de diseño de la herramienta, las fuentes consultadas, sesiones de grupo realizadas para probar diseños preliminares planteados y un modelo construido, y finalmente se describe la construcción y especificaciones del prototipo final.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1. PRELIMINARES

1.1 CONTEXTO Y CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA

Existen muchas herramientas que buscan promover el desarrollo integral de los niños. Entre estas están los gimnasios infantiles para el desarrollo motor, los rompe-cabezas que desarrollan las capacidades de aprender y entender problemas (CP, 2011), las crayolas para los dibujos, las pinturas, los libros, los computadores y los instrumentos musicales, entre otros. Todos estos son recursos que de la mano de la educación pueden ser empleados por maestros o tutores para brindar a los niños un desarrollo de todas sus aptitudes a un máximo potencial.

La discapacidad visual infantil es una realidad; puede estar presente desde el nacimiento o se puede presentar a temprana edad por varias causas: condiciones de salud de la madre en gestación, la presencia de un retinoblastoma o cáncer en la retina, una cicatriz corneal, a causa de una retinopatía congénita y otras afecciones oftálmicas (OMS, 2013). Según la Organización Mundial de la salud 1,4 millones de niños sufren ceguera irreversible (OMS, 2012).

El proceso de enseñanza y la recreación es diferente para las personas con discapacidad visual. En la educación, la escritura y la lectura se hace por medio del sentido del tacto empleando un sistema de comunicación de puntos en relieve conocido como Braille. Para el acceso a las tecnologías de la información y en general los contenidos digitales, se utilizan decodificadores de texto a voz. Para la recreación, el uso de colores, la pintura y el manejo de piezas pequeñas se dificulta dado a la falta de la visión que facilita el desarrollo del sentido de profundidad y coordinación (Mullick, 2010).

La diferencia en los métodos de aprendizaje hace que se segreguen los diferentes grupos. Existen servicios para la atención de niños ciegos y con baja visión, no obstante es un reto lograr tener actividades que incluyan niños con y sin discapacidad visual. Esto hace que sea necesario desarrollar herramientas para la educación y el desarrollo integral de los niños con discapacidad visual al igual como se hace para los niños que pueden ver (Kolucki, 2000).

En la actualidad se conoce poca oferta de herramientas adecuadas para la formación personal de los niños con discapacidad visual, que les permitan crear interacciones con las demás personas, y que a su vez fomenten su creatividad y estimulen sus sentidos. La forma en que los niños aprenden normalmente se da por la experiencia en que viven las cosas, y una de las formas en la que más aprenden durante la infancia es jugando (Mullick, 2010), puesto que les permite explorar y aprender los conceptos más básicos de una manera natural y espontánea.

Generalmente al hablar de inclusión social, la clave en el proceso para lograrla son los recursos disponibles para implementarla. Es gracias a la existencia de herramientas, que ayudan a los niños a concebir ideas, desarrollar conceptos y mejorar sus habilidades de resolución de problemas que se puede abrir camino para incluir a las personas con discapacidad visual en situaciones en las que normalmente no hay una invitación abierta

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

como en las actividades artísticas, e incluso en el uso de ayudas para el aprendizaje como mapas o gráficos.

El acuerdo 86 del 2009, el cual adopta la política pública en discapacidad para Medellín, describe bajo el componente equiparación de oportunidades lo siguiente:

> "Reconocer la participación de las personas en situación de discapacidad en la vida deportiva, recreativa y cultural a partir de sus capacidades y potencialidades. Posibilitando las actividades a las que tienen derecho las personas con discapacidad, sus familia y sus cuidadores en igualdad de condiciones para llevar actividades fuera de su entorno habitual, con fines de ocio, utilización del tiempo libre, goce y disfrute de la ciudad y de otros sitios de interés turístico." (Apartado 2.4.4).

Si un niño o niña con discapacidad visual tiene una herramienta disponible que le permita agudizar sus otros sentidos y compartir con otros niños, él o ella podrán descubrir muchas aptitudes que incrementen las opciones de desarrollo para su futuro. De esta manera las herramientas que hagan posible esto, generarán lo que se busca en las escuelas: espacios de interacción y empoderamiento.

El Instituto Nacional de Ciegos INCI ha arrojado unas cifras significativas con respecto a los niños entre 5 y 11 años de edad que tienen discapacidad visual:

> "Según el Sistema de Información de Matrículas SIMAT del Ministerio de Educación Nacional al año 2011, muestra que estaban matriculados 3.425 niños, de los cuales 3.042 tienen baja visión y 383 son ciegos. No obstante, la información del registro de discapacidad muestra que el 41.6% de los niños en este rango de edad siguen excluidos de la educación regular." (INCI, 2012)

Es necesario estudiar las interacciones entre las personas invidentes y las videntes y reconocer que ambas son personas con aptitudes y diversidad funcional. Se requieren más herramientas que puedan permitir una interacción, cooperación y comunicación entre los individuos.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se conoce que el jugar conlleva beneficios importantes, tanto físicos como sociales y por lo tanto es una actividad a la que todos deberían tener acceso. Los niños con discapacidad visual requieren de herramientas recreativas que les permitan interactuar de manera espontánea con otras personas para establecer vínculos y actitudes sociales valiosas (Morey & Taylor, 2008). Estas herramientas además deben permitir la interacción entre niños con discapacidad visual y sin discapacidad, lo que lleva a plantear la siguiente pregunta:

¿Cuáles son los requerimientos de diseño que debe cumplir una herramienta para la recreación y el desarrollo de aptitudes sociales de niños, entre los 5 y 10 años de edad, con discapacidad visual y sin discapacidad visual?

Muchas personas en situación de discapacidad son conscientes de la realidad de su vida personal, pero es solo a la hora de salir e interactuar con la sociedad cuando se sienten limitados. La falta de recursos para realizar las actividades que todos los demás pueden hacer son las barreras que los hacen sentir en una verdadera situación de discapacidad (Bould & Miller, 2007).

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar una herramienta (juguete, juego o interfaz) que posea elementos de estimulación sensorial y promueva la interacción entre niños con discapacidad visual y niños sin discapacidad y que logre promover la participación de los niños y niñas con discapacidad visual en un ambiente de juego.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Definir los requerimientos de la herramienta mediante entrevistas a niños con discapacidad visual y profesionales de organizaciones y/o instituciones especializadas en discapacidad visual.
- Definir el diseño de la herramienta mediante la metodología de diseño conceptual.
- Construir el prototipo de acuerdo con el concepto escogido.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1.4 MARCO DE REFERENCIA

1.4.1 Discapacidad visual

La discapacidad visual es un tipo de discapacidad sensorial que afecta el sentido de la vista, limitando en diferentes niveles la visión. (Ministerio de salud, 2011)

La discapacidad visual se describe en relación a dos parámetros, la agudeza visual y el campo visual. La agudeza visual hace referencia a la calidad de visión en las diferentes distancias y la discriminación de detalles. El índice de agudeza en una persona ciega es igual o inferior a un décimo en la escala de Wecker, ver Anexo 1. El campo visual es el espacio que se ve alrededor de un punto que se toma como referencia. En una persona ciega, este parámetro es igual o inferior a diez grados. (Organización Mundial de la Salud, 2001)

Al medir estas variables por medio de varias pruebas oftalmológicas como los potenciales evocados (PEV), el encefalorretinograma (ERG) o la tensión ocular, se puede clasificar la discapacidad visual como baja visión o ceguera (Ruiz Barrero, Peña Castañeda, & Maya Peña, 2010)**.**

Clasificación

La Clasificación Internacional de Enfermedades CIE-10, actualización y revisión de 2006, clasifica la función visual en cuatro niveles:

- Visión normal.
- Discapacidad visual moderada.
- Discapacidad visual grave.
- Ceguera.

La discapacidad visual moderada y la discapacidad visual grave constituyen el grupo de personas con baja visión. La baja visión y la ceguera representan conjuntamente el total de casos de discapacidad visual (Organización Mundial de la Salud, 2001).

- Ceguera Total

Existe ausencia de respuesta visual. En este grupo se encuentran a aquellas personas que no tienen resto visual.

- Ceguera Legal

Este término muy pocas veces hace referencia al hecho de que la persona no puede ver nada en absoluto, es más comúnmente utilizado en países como Estados Unidos para

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

determinar los beneficios sociales y los servicios que una persona requiere bajo esta clasificación. Las personas con ceguera legal tienen una medida de 1/10 de agudeza visual en el ojo de mayor visión, con correctivos y/o 20 grados de campo visual. (Thompson, 2003). Ver escala de Wecker y medidas de agudeza visual en el anexo 1.

- Personas con baja visión

Este término incluye a aquellas que poseen algún resto visual. Dentro de esta población, que agrupa a la mayor parte de las personas con discapacidad visual y se distinguen dos tipos: personas con visión parcial con una agudeza visual de 3/10 en el ojo de mayor visión que se caracteriza por tener capacidad reducida para distinguir detalles, y las personas con visión subnormal las cuales pueden presentar perdida del campo visual o agudeza central reducida.

1.4.2 Discapacidad visual Infantil

En el mundo hay cerca de 285 millones de personas con discapacidad visual y aunque en Colombia no se ha establecido una cifra certera actual, se estima que cerca del 7% de la población se encuentra en situación de discapacidad, del cual el 43,4% tiene discapacidad visual (Ortiz, 2012). Aproximadamente hay 360.000 personas con discapacidad visual según el Instituto Nacional de Ciegos INCI. Un 30% de ellos tienen ceguera completa y un 70% baja visión (Rodriguez & Henao, 2013).

De las cifras del censo de población de 2005, el INCI dio a conocer que 8 de cada mil niños en el país tiene discapacidad visual. Esto es aproximadamente 18.952 infantes menores de 5 años y 83.212 niños entre los 5 y 11 años de edad, de los cuales un 41.6% se encuentran excluidos de la educación regular (INCI, 2012).

La discapacidad visual infantil puede crear grandes retos en el desarrollo de habilidades motoras, perceptivas, cognitivas, conceptuales y emocionales al imponer una limitación para interpretar los estímulos exteriores (Arenzon, 2014). Todas estas habilidades son requisitos para poder lograr un desarrollo integral que permite a largo plazo la integración de los niños y futuros adultos en la sociedad y por eso son de gran importancia.

Causas y diagnóstico

Las tres causas principales de la discapacidad visual infantil en los Estados Unidos son problemas en la corteza visual de los niños, la retinopatía ligada al nacimiento prematuro y defectos en la formación del nervio óptico durante el embarazo. En latino américa las causas más comunes de la ceguera en los niños incluyen la retinopatía y adicionalmente la catarata congénita o glaucoma. Muchas de estas complicaciones que causan discapacidad visual pueden ser evitables por medio de programas de prevención y la correcta inmunización y educación en prácticas higiénicas y hábitos alimenticios durante el embarazo (Thompson, 2003).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

El niño también puede desarrollar discapacidad visual en sus primeros años de vida. Esta puede deberse a cambios estructurales en sus ojos, la presencia de una enfermedad degenerativa, una infección causada por contaminantes en el ambiente como virus o bacterias, una mala nutrición que lleve a una deficiencia de vitamina A o por la aparición del estrabismo, condición en la que hay poco control de los músculos oculares dificultando la alienación de ambos ojos en la misma dirección.

El diagnóstico temprano es un determinante importante para evitar la pérdida visual completa del niño en los casos donde existe tratamiento.

1.4.3 Desarrollo del niño con discapacidad visual

Existen comportamientos en los niños con baja visión que son consistentes más no característicos de la discapacidad visual o de alguna patología asociada. Estos comportamientos incluyen la poca atención visual, aversión a la luz o lo exactamente opuesto como fijar la mirada en la luz, el reflejo óculo-digital que consiste en hacer presión en los ojos utilizando los dedos o frotarse los ojos con fuerza, asentir con la cabeza constantemente y mecerse (Thompson, 2003).

Es importante conocer estos comportamientos y entender por qué se dan, igualmente es necesario conocer los caminos por los cuales el niño integra y procesa la información sensorial ya que es a través de esta información que aprende sobre el mundo que lo rodea. Es así como el desarrollo tiene dos componentes importantes, la capacidad biológica de recibir información del entorno a través de los sentidos y el proceso de desarrollo que depende de la participación social y cultural del individuo en la sociedad (García, 2007).

Los niños logran aprender sobre el mundo que habitan a través de su cuerpo y sus sentidos. El desarrollo sensoriomotor es el proceso evolutivo más importante en la infancia y es producto de la exploración que hace el niño con su cuerpo y sus sentidos. Lo aprendido se complementa con el significado que el adulto le enseña al niño sobre lo vivido o sentido (García, 2007).

El desarrollo de un niño que tiene discapacidad visual es un desarrollo atrasado. El atraso en la motricidad del niño ciego en sus primeros años de vida se debe a la falta del sentido de la vista por la cual se da la observación y se aprenden muchos movimientos y gestos e incluso a cómo relacionarse con el otro. El 85% del aprendizaje social se logra a través de la visión (Salleha, 2010). Esto hace que sea necesario proveer estímulos alternativos que le permitan al niño lograr alcanzar las metas de desarrollo de su edad en cuanto a sus habilidades motrices y sociales (Thompson, 2003).

Los niños ciegos de nacimiento tienen una alta probabilidad de desarrollar autismo y con frecuencia muestran tener síntomas clínicos del mismo. También son susceptibles a presentar trastornos del sueño (Thompson, 2003).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Desde una perspectiva sociocultural y también desde una perspectiva médica, se plantea y demuestra como muchos de los aspectos atrasados en el desarrollo infantil de los casos estudiados, no son resultado de la condición biológica de discapacidad visual sino de la falta de mediación social, orientación y capacitación en el tema, los preconceptos y la no disponibilidad de ayudas técnicas especiales y adaptaciones específicas en el ambiente y los objetos (Thompson, 2003) (García, 2007).

> "Siempre se cuestiona la capacidad del niño con deficiencia para usar diferentes objetos de la cultura y se entiende como lógico que ellos sean inaccesibles a esta población; así, casi nunca se pone en tela de juicio, los juguetes, los juegos, los libros, los parques, el cine, los utensilios de la casa, que son inaccesibles para estos niños; ¿qué niño con los ojos vendados puede ir al parque del barrio y disfrutar de los juegos que hay allí? ¿Cómo hace el niño que no ve para disfrutar de los libros infantiles y disfrutar de la magia que ellos despiertan si todos vienen en formato impreso? ¿Cómo puede este niño ir venir y acceder a todos los espacios de la escuela si estos cambian sin previo aviso y se llenan de obstáculos físicos?" (García, 2007).

1.4.4 Tecnologías de apoyo

La Organización Mundial de la Salud define las tecnologías de apoyo como aquellos productos o herramientas que permiten eliminar las barreras existentes a la hora de realizar una actividad de la vida diaria. Es así como las tecnologías de apoyo más representativas son las sillas de ruedas, prótesis, ayudas para la movilidad, audífonos, dispositivos de ayuda visual y equipos y programas informáticos para aumentar la comunicación. Las ayudas técnicas, como también se les conoce, tienen como principal objetivo, mejorar y mantener las habilidades y autonomía de las personas que las usan, y se requieren para que ellas puedan participar activamente en sus sociedades (Organización Mundial de la Salud, 2013).

Existen muchos tipos de tecnologías de apoyo, aquí se resaltan aquellas que apoyan actividades para la recreación y la educación. Algunas ayudas técnicas para la recreación son los juguetes adaptados y los dispositivos para la estimulación sensorial. Estos pueden ser de baja o alta tecnología según su principio de funcionamiento. Por lo general los juguetes adaptados permiten que el niño pueda prender, apagar o controlar las funciones de un juguete con más facilidad gracias al uso de un interruptor o de controles más grandes. En cuanto a dispositivos para la estimulación sensorial, se cuenta con tubos de burbujas y luces transmitidas a través de fibra óptica para estimular el sentido de la vista, tapetes con diferentes texturas para estimular el tacto y muchos otros dispositivos diseñados para despertar los sentidos.

Las herramientas que apoyan al usuario en la educación buscan que pueda leer, escribir y comunicarse para poder incrementar el acceso al material educativo. Igualmente, las ayudas técnicas para la educación buscan desarrollar las capacidades cognitivas del

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

usuario. Algunos ejemplos de ayudas técnicas para la educación para las personas con discapacidad visual son:

- Magnificadores de texto.
- Software de voz para el acceso a las tecnologías de la información.
- Ábaco: dispositivo para realizar operaciones aritméticas sencillas.
- Regleta de braille: para la escritura por medio del sistema de lecto-escritura braille.

Una tecnología de apoyo para la recreación puede ser la única manera en la que un niño con discapacidad severa pueda acceder a interactuar activamente con el ambiente ya que es a través de los sentidos como un niño comienza a recibir información del exterior y a comprenderla e interactuar con ella física y socialmente (Angelo, 1997).

Las ayudas técnicas para la recreación permiten y le facilitan al usuario llevar a cabo actividades de recreación y ocio, lo que promete grandes beneficios en su proceso de rehabilitación. Estos beneficios incluyen la oportunidad de reestructurar las relaciones sociales, desarrollar nuevas habilidades y autoestima así como mantener o aumentar la fuerza, la resistencia y otras ganancias físicas que se hayan logrado dentro del programa de rehabilitación (Galdame, 1999).

1.4.5 El juego

El juego es una actividad que aporta placer al realizarse y además estimula diferentes componentes del desarrollo infantil. Es la forma en que pueden practicar la experiencia y más aún, una manera para medir sus aptitudes en muchos ámbitos de la vida. El juego pone en marcha las habilidades cognitivas del niño, en cuanto a que le permite comprender su entorno y desarrollar su pensamiento. En los juegos al aire libre se multiplican las actividades de exploración, y las experiencias son más variadas, desde el punto de vista de los estímulos y las sensaciones de la naturaleza (Pecci Garrido, 2010).

Los juegos también permiten a los niños personificar papeles, en donde se desarrolla su aptitud social al pretender ser alguien que no es, lo que es de gran ayuda para aquellos que son tímidos y se les dificulta la interacción con los demás (Davidhizar & Lonser, 2003). Los juegos diseñados como tecnologías de apoyo abren las posibilidades de interacción para los niños con discapacidad, sus cuidadores y sus familias.

1.4.6 El juego y el desarrollo integral de los niños

Jugar puede ayudar al niño a entender el proceso de aprendizaje como una experiencia activa y participativa y a desarrollar habilidades sociales. Hay diferentes etapas del juego infantil y es en estas en donde se puede ayudar al niño a adaptarse e integrarse para que logre adquirir las habilidades necesarias para enfrentar el proceso de aprendizaje a través de toda la vida (Grellet, 2000)**.**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

De los 2 a 7 años son importantes los juegos simbólicos con representación de la realidad, el lenguaje y la socialización. A través de los juegos los niños logran aprender símbolos y conceptos del mundo que los rodea. El lenguaje hace parte importante de este aprendizaje. Igualmente, los niños pueden jugar en grupo y esto logra ampliar su capacidad de hacer interacciones sociales (Grellet, 2000).

A partir de los 4 años hasta los 7 años, la modalidad del juego está más orientada a juegos para armar y juegos con reglas simples. En esta edad se desarrollan competencias de reflexión, es decir la capacidad de abstraerse de las distracciones externas y concentrarse sobre una sola cosa a la vez y de utilizar estrategias para recordar símbolos abstractos como las cifras y las letras. El niño comienza a organizar su mundo a medida que establece relaciones lógicas y clasifica y distribuye ideas (Grellet, 2000).

Desde los 5 años a los 7 años se fortalecen los juegos grupales y los niños establecen fuertes lazos de amistad, que juegan un gran rol en su desarrollo social y emocional. Esto les permite aprender sobre los demás, escuchar opiniones y puntos de vista diferentes, a la vez compartir experiencias y sentimientos logrando tener mayor conciencia de su propio valor y adquiriendo confianza en sí mismos. Es por esto que durante este periodo el niño necesita objetos y actividades que lo ayuden a expandirse sobre el plano social y afectivo (Grellet, 2000).

Desde los 7 a los 8 años comienzan a ser importantes los juegos de reglas que actúan como puente hacia la madurez en la capacidad de razonar y en la madurez en el comportamiento social. Los juegos para esta edad involucran nociones lógicas: observación, reflexión, deducción y juegos matemáticos. A través de la socialización y el razonamiento el niño comienza a construir su propio universo (Grellet, 2000).

1.4.7 Estimulación sensorial

La estimulación sensorial es aquella que se logra mediante señales o cambios dirigidos a los diferentes sentidos buscando lograr un efecto sobre estos para así mejorar o mantener su sensibilidad. Tiene múltiples beneficios como incrementar la conciencia del entorno, lograr la relajación, permitir la estimulación cognitiva, al procesar la información recibida por los sentidos, y brindar una experiencia de disfrute (Grandal, 2007).

La estimulación sensorial comprende la estimulación visual, auditiva, del tacto y la estimulación del gusto y el olfato. Es a su vez, una técnica que puede ser utilizada en los juegos con el objetivo de buscar que sean más interactivos ya que es a través de los sentidos que se recibe información sobre el entorno. Como técnica, la estimulación sensorial se emplea en terapias interactivas que estimulan los diferentes sentidos afectados por alguna condición de salud o discapacidad adquirida (Miramos por ti, 2009).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1.4.8 Diseño universal

Es el diseño de productos, tecnologías y entornos que puedan ser usados por todas las personas. Su objetivo es eliminar las barreras existentes en el diseño de los productos y los obstáculos que impiden la integración social (Ginnerup, 2010).

El diseño universal está fundamentado en siete principios (Connell, 1997):

1. Uso equitativo: comercializable y útil para todas las personas, evitando la segregación.

2. Flexibilidad de uso: aquí se hace referencia a la adaptabilidad del diseño a las diversas necesidades y capacidades.

3. Uso sencillo e intuitivo: es de uso simple y consistente con la intuición del usuario.

4. Información perceptible: comunica la información al usuario eficazmente sin que las capacidades sensoriales del usuario o las condiciones del ambiente afecten esta comunicación.

5. Tolerancia con el error: minimiza riesgos de accidentes, errores y peligro.

6. Mínimo esfuerzo físico: permite al usuario estar cómodo y tener una fatiga mínima al evitar acciones que utilicen fuerzas no razonables, que sean repetitivas y requieran de un esfuerzo físico constante.

7. Adecuado tamaño de aproximación y uso: su accesibilidad, manipulación y utilización son independientes a las dimensiones corporales del usuario y su nivel de movilidad.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2. METODOLOGÍA

Este trabajo de investigación se basa en la metodología de diseño centrada en el humano HCD (Human Centered Design) en la cual se siguen los pasos que corresponden a sus siglas en inglés (IDEO, 2014):

- Hear (escuchar): fase de observación
- Create (crear): fase de construcción
- Deliver (implementar): esta última fase no hace parte del alcance de este proyecto.

2.1 Hear: Fase de observación

Esta metodología de diseño propone investigar para lograr una clara definición del problema y luego seguir con la creación, desarrollo e implementación de una solución concreta. Es así como durante la primera fase, o fase de observación, se hizo uso de herramientas de la investigación cualitativa para elaborar sesiones de grupo y entrevistas a los actores involucrados en el desarrollo integral de los niños. Las sesiones de grupo se realizaron con niños con discapacidad visual, para identificar sus gustos y preferencias en el juego. Se realizó un análisis de la información recolectada y paralelamente se investigó sobre las herramientas que se han desarrollado hasta al momento a nivel industrial como académico estudiando sus características, ventajas y desventajas. Es así como se construyó el estado de arte del problema al igual que el marco teórico y se lograron definir los requerimientos del dispositivo a partir de una lista de demandas y deseos que se obtuvo como resultado de la investigación.

2.2 Create: Fase de Construcción

Para el diseño de concepto se siguieron las etapas planteadas en el libro “Diseño y desarrollo de Producto” (Ulrich & Eppinger, 2000), en donde a partir de una lista de requerimientos y necesidades obtenidas por medio de entrevistas y sesiones de grupo, se elaboró una lista de necesidades y una lista de medidas, al igual que una matriz de medidas contra necesidades.

Para ayudar a la generación de ideas en el proceso de la definición de la herramienta se dibujó un Mapa de conceptos. Este mapa es un método visual que requiere que se hagan asociaciones entre ideas y conceptos alrededor del tema central estimulando el pensamiento creativo (Dieter, 2013). El tema central sobre el cual se hizo una lluvia ideas fue el desarrollo Integral de los niños y como se puede lograr.

A partir de los requerimientos se generaron varios conceptos de diseño. Los diseños de cada concepto se llevaron a modelos CAD con el fin de tener el diseño digitalizado, organizado y acotado para facilitar su construcción y facilitar su presentación a expertos en el área de pedagogía especializada en niños con discapacidad visual, ya que al ser este proceso de diseño un proceso centrado en el usuario, su opinión era importante al conocer ellos las demandas y deseos recolectados en la lista de requerimientos inicial. Se evaluó

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

cada uno de los conceptos por medio de una matriz de calificación tomando en cuenta las observaciones de cada experto para de esta manera seleccionar el concepto definitivo.

Al concepto seleccionado le sigue el diseño de detalle siguiendo de nuevo las etapas planteadas en el libro de diseño guía (Ulrich & Eppinger, 2000).

Una vez seleccionado el concepto guiado por las demandas y deseos recolectados por la investigación bibliográfica, entrevistas a docentes, niños y jóvenes con discapacidad visual se procedió al diseño de detalle del prototipo. Para esto fue necesario hacer de nuevo el proceso de diseño de concepto esta vez aplicándolo a la definición de cada parte del prototipo de la herramienta.

Utilizando técnicas de prototipado como lo son el corte por láser, y los modelos asistidos por computador (CAD) se construye un prototipo blando funcional con el cual se organiza una sesión de grupos con niños con discapacidad visual para hacer pruebas y evaluar modificaciones necesarias. Esto permite completar la etapa de construcción.

2.3 Deliver: Fase de implementación

Esta fase no es necesaria para dar cumplimiento a los objetivos planteados en esta investigación, no obstante es importante y necesaria para evaluar el potencial de la herramienta con sus usuarios finales, los niños. Para esto se organizó una sesión con un grupo de niños heterogéneo compuesto por niños con discapacidad visual y niños sin discapacidad visual para probar el prototipo. De esta manera se planeó observar y analizar el efecto que tiene la herramienta en los niños y considerar posibles necesidades para rediseñarse.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 ESTADO DEL ARTE

Con motivo de realizar una herramienta que favorezca el desarrollo integral de los niños y que aun así permita estimulación sensorial de la forma más adecuada, se optó por analizar los productos ya existentes que están relacionados con cumplir con esta necesidad de una forma directa o indirecta.

3.1.1 Benchmarking

Benchmarking: análisis de las herramientas que existen en el mercado para la estimulación sensorial de niños con discapacidad visual.
Se buscaron diferentes productos para personas con baja visión o ceguera completa de distintas empresas especializadas en herramientas para personas con discapacidad.

Tabla 1. Herramientas existentes en el mercado

Nombre producto	Empresa	Descripción	Imagen	Educativo	Estimulacion Visual	Estimulacion auditiva	Beneficios	Desventajas
KRINKLES FAMILY SET	Dragonfly Toy Company	Es un juego de bloques didácticos que permite construir objetos, es especial para niños que presentan una discapacidad visual pero todavía conservan un movimiento fino motor.		Si	No	No	Fomenta creativamente al usuario	No cuenta con elementos de estimulacion sensorial
inTACT Sketchpad	E.A.S.Y Tactile Graphics.	Es un tablero de dibujo que busca hacer accesible el contenido gráfico a las personas con baja visión o ceguera, permitiéndoles dibujar y escribir, e incluso borrar sobre la superficie de este tablero que actúa como un sustituto del tradicional papel y lápiz.		Si	No	No	Fomenta creativamente al usuario	No cuenta con elementos de estimulacion sensorial

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 1. Herramientas existentes en el mercado

INFANT MAZE	Play Mart	El Infant Maze es un pequeño parque con paneles interactivos para ayudar a infantes entre 6 y 18 meses a descubrir el aprendizaje.		Si	No	Si	Cuenta con diferentes paneles interactivos, por lo que puede brindar diferentes actividades para estimular	Es un producto demasiado grande, por lo que se necesitaria amplio para instalarlo
APH WEB CHASE	American Printing House for the Blind, Inc.	Es un juego de mesa, el cual esta adaptado para que pueda ser usado por personas con limitaciones visuales, ademas mejora las habilidades tactiles de las personas.		Si	No	No	Fomenta la interaccion social	No cuenta con elementos de estimulacion sensorial
BRAILLE AND LOW VISION MONOPOLY	Beyond Sight, Inc	Es un Monopolio convencional adaptado para que pueda ser usado por personas con limitaciones visuales, permitiendo ademas que es mejorar las habilidades del tacto.		Si	No	No	Fomenta la interaccion social	No cuenta con elementos de estimulacion sensorial
CHUNKY TIC TAC TOE	Enabling Devices	Es un triqui convencional adaptado para que pueda ser usado por personas con limitaciones visuales, permitiendo ademas que es mejorar las habilidades del tacto.		Si	No	No	Fomenta la interaccion social	No cuenta con elementos de estimulacion sensorial
FINGER EXTENSION REMDEDIAL BOARD GAME	Patterson Medical Holdings, Inc.	Es un juego de mesapara que pueda ser usado por personas con limitaciones visuales, permitiendo ademas que es mejorar las habilidades del tacto.		Si	No	No	Fomenta la interaccion social	No cuenta con elementos de estimulacion sensorial
DELUXE LOW VISION 60TH ANNIVERSARY SCRABBLE	Brian Game	Es un scrabble convencional adaptado para que pueda ser usado por personas con limitaciones visuales, permitiendo ademas que es mejorar las habilidades del tacto.		Si	No	No	Fomenta la interaccion social	No cuenta con elementos de estimulacion sensorial

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 1. Herramientas existentes en el mercado

Catherine Wheel	Rompa	Es una especie de panel que tiene incorporado tanto efectos visuales como auditivos, incluyendo entre ellos una simulacion de una rueda de Catherine.		No	Si	Si	Cuenta con elementos visuales y auditivos, lo que lo convierte en una herramienta muy util para ser usada en tratamientos de estimulación	No es una herramienta que permita una interacción social.
Sound to Light Wall Panel	Rompa	Es una especie de panel que tiene incorporado tanto efectos visuales como auditivos, incluyendo entre ellos secuencias de iluminación asi como tambien metodos didácticos		Si	Si	Si	Cuenta con elementos visuales y auditivos, lo que lo convierte en una herramienta muy util para ser usada en tratamientos de estimulación	No es una herramienta que permita una interacción social.
Interactive Carpet	Rompa	Es un tapete que tiene como objetivo estimular tanto visual asi como fomentar el desplazamaiento a lo largo del tapete, buscando impulsar movimientos perdidos en el paciente.		No	Si	No	Cuenta con elementos visuales lo que lo convierte en una herramienta muy util para ser usada en tratamientos de estimulación	No es una herramienta que permita una interacción social.
TALKING BOOK AND TALKING GAME BOARD KEYGUARDS	Turning Point Therapy & Technology Inc	Es una tabla de juegos que permite al usuario realizar actividades didacticas mediante pulsasiones de botones.		Si	No	SI	Es una herramienta educativa que presenta elementos para estimular auditivamente al usuario	No es una herramienta que permita una interacción social.
LightAide	Perkins	LightAide, es una nueva herramienta de enseñanza para personas con baja vision y discapacidad cognitiva, es un panel con una gran cantidad de leds que se iluminan en secuencias predeterminadas para estimular .		Si	Si	No	Posee una gran cantidad de LEDS que permiten un nivel de estimulacion alto. Favorece interaccion	No lo pueden usar aquellos que tengan ceguera completa. Es muy grande
Giant Maxi Bubble Tube	Rompa	Estos tubos son usados como complementos en salones multisensoriales. Vienen en gran tamaño por lo que permiten estimulara un alto nivel.		No	Si	No	Cuenta con un metodo de estimulación muy llamativo, lo que facilita cumplir con la estimulacion	No es un elemento recreativo ni fomenta la interaccion social.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 1. Herramientas existentes en el mercado

The Dome	Rompa	Es un domo de gran tamaño en el cual se pueden visualizar imagenes y videos que se reflejan en la pantalla esferica del domo. Cuenta ademas con una tecnología vibro-acustica que permite sincronizarse con lo que se esta representando en la pantalla.		Si	Si	Si	Cuenta con una estructura que permite estimular tanto visual como auditivamente.	Es un producto demasiado grande, por lo que se necesitaria amplio para instalarlo, no es una herramienta de interaccion social.
UV Mat	Rompa	Es un tapeta que posee estructuras coloridas que son al agrado del tacto y ademas responde a luz UV para estimularl visualmente		Si	Si	No	Cuenta con un metodo de estimulación muy llamativo, lo que facilita cumplir con la estimulacion	No favorece la interacción social.
Bop It	Hasbro	Bop It es un juguete que tiene como fin la realizacion de una serie de comandos que son indicados por el Bop it, cada comando corresponde a una actividad, cuenta con sonidos divertidos para mayor atracción.		No	No	Si	Cuenta con elementos visuales y auditivos, lo que lo convierte en una herramienta muy util para ser usada en tratamientos de estimulación	No es una herramienta que permita una interacción social.

De acuerdo con sus características, se clasificaron los productos en 3 categorías principales:

- De estimulación visual: buscan emitir luz, en todos los colores posibles y de una forma muy llamativa, dirigidos principalmente a niños con baja visión.

- De estimulación auditiva: los sonidos que son empleados en estos productos son llamativos para los infantes, ya que son de carácter cómico, además el uso de sonidos animales es muy común. Mediante diferentes sonidos se mantiene interesado al usuario y se logra captar su atención.

- De interacción social: también se encuentran los productos que aunque no presentan algún estímulo sensorial, son productos que requieren de la participación de más de una persona por lo que se fomenta la interacción social. Estos por lo general son juegos en los que se genera una rivalidad amistosa.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.1.2 Investigaciones a nivel académico del diseño de herramientas para la estimulación sensorial de niños con y sin discapacidad

A nivel académico también se han desarrollado herramientas lúdicas para la estimulación sensorial. A continuación se presentan algunas de las investigaciones consultadas con el fin de establecer características y requerimientos de diseño que deben ser tenidos en cuenta para el desarrollo de este trabajo de investigación:

- En la Universidad de Vermont, Estados Unidos se desarrolló un tablero de dibujo que busca hacer accesible el contenido gráfico a las personas con baja visión o ceguera permitiéndoles dibujar y escribir e incluso borrar sobre la superficie de este tablero que actúa como un sustituto del tradicional papel y lápiz (Rosen, 2014).

- En un trabajo de grado de la Escuela de ingeniería de Antioquia se plantea el diseño de un espacio sensorial para la estimulación temprana de niños con multidéficit. Este espacio contiene salas que se enfocan en estimular solo un tipo de sentido, por ejemplo la sala de estimulación visual es un lugar donde se resaltan mucho los colores y el juego con luces, lo cual es muy útil para niños que tienen baja visión. Se cuenta también con lugares que tratan de estimular otros sentidos como el táctil, auditivo y olfatorio los cuales son muy útiles para niños con discapacidad visual debido a que con estos sentidos ellos aprenden a obtener información del ambiente (Molina, 2008).

- Un juego destinado a fortalecer el sentido de orientación de un niño de 16 meses con discapacidad visual fue desarrollado por estudiantes en Carolina del Norte en EEUU. Consiste en cuatro cubos que se ponen en diferentes áreas de un cuarto y cuando el niño o la niña, enciende el juego, un cubo comienza a reproducir música y cuando el niño halla este cubo y activa otro botón, la música comienza a sonar en otro cubo que está en otra zona del área del juego. Esto motiva al niño a gatear para buscar los otros cubos y a desarrollar su sentido de la orientación (Yaemsiri, 2004).

- De manera similar, estudiantes de la Universidad de Duke, buscando crear espacios mínimamente restrictivos, llevaron a cabo un proyecto para instalar una estación de juego en un colegio para permitir que tanto niños con discapacidad visual y niños sin discapacidad visual puedan interactuar, aprender y desarrollar habilidades motoras por medio de esta estación de altura ajustable con actividades de estimulación sensorial, entre ellas actividades de causa-efecto. La principal desventaja del diseño como lo expresan los estudiantes, es que hay un limitado número de actividades que se pueden llevar a cabo (Matic, 2004).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Para analizar cuáles son las características que debe tener la herramienta que se desarrollará en este trabajo, se resumieron las características más importantes y que constantemente se repiten en las diferentes herramientas analizadas en el benchmarking y las investigaciones académicas. Estas se resumen en la tabla 2.

Tabla 2. Características de las herramientas encontradas en el análisis de benchmarking y las investigaciones académicas.

Características de la estimulación sensorial en las herramientas existentes	**Características para promover interacción entre los usuarios en las herramientas existentes**
● Los sonidos son clave para la estimulación y sirven para guiar las actividades. ● Las luces y colores son elementos valiosos de estimulación. ● Los diferentes contornos y superficies facilitan la exploración táctil de las herramientas. ● Varios productos requieren habilidades de motricidad fina.	● Son juegos de carácter competitivo. ● Por lo general los jugadores deben tomar turnos.

3.2 DISEÑO DE LA HERRAMIENTA

3.2.1 Análisis del usuario:

Entrevistas

Para conocer las necesidades existentes frente a herramientas para el desarrollo integral de los niños con discapacidad visual se estableció consultar a los principales actores en el desarrollo integral de los niños los cuales son profesionales en educación especial y rehabilitación, jóvenes con discapacidad visual y niños con discapacidad visual. El resultado de las entrevistas, conversaciones y sesión de grupo se encuentran en detalle en los anexos 2 y 3.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Se consultaron instituciones y organizaciones nacionales e internacionales, estas fueron:

Instituciones Nacionales:

- El Instituto Nacional para Ciegos INCI en Colombia: a través de un video-conferencia con asesores del INCI, se tuvo un acercamiento de las necesidades y estrategias que se plantean en el instituto para la atención a los niños con respecto a la inclusión escolar y a su desarrollo integral. Se analizó el problema planteado en esta investigación y se concluyó que hay pocas iniciativas para desarrollar herramientas lúdicas para los niños con discapacidad visual en el país.

- La Fundación Multis en Medellín, Colombia – en donde se prestan servicios de habilitación y rehabilitación de personas con retos múltiples, sordo – ceguera y discapacidad visual.

  En la fundación Multis, se realizó una entrevista con la educadora especial Jazmín Valencia. Esto permitió conocer las habilidades de los niños en las que hay más fortalezas y cuales habilidades se pueden mejorar. Entre las habilidades fuertes se encuentra la audición y el braille pero se busca que estas mismas habilidades se sigan fortaleciendo. Para esto se emplean en la fundación texturas y vibraciones. Jazmín hizo énfasis en el aprendizaje de conceptos, que se puede lograr a través de la lectura de cuentos en donde se ilustran temas como las normas de cortesía, la interpretación de intenciones a partir de los personajes y las diferencias entre la realidad y la fantasía. Esta entrevista se puede encontrar en detalle en el Anexo 3.

  La fundación también fue el lugar en donde se realizaron tres sesiones de grupo con objetivos diferentes y que se describen en otros apartados.

- Instituto Educativo Francisco Luis Hernández Betancur la cual ofrece educación a estudiantes regulares, sordos, ciegos y con baja visión siendo líder en programas de inclusión escolar.

  En el Instituto Educativo Francisco Luis Hernández, se tuvo un acercamiento con los requisitos pedagógicos de la herramienta a través de entrevistas con tres educadores que se hicieron en la fase de diseño de concepto para valorar las propuestas planteadas.

Instituciones Internacionales:

- E.A.S.Y Tactile Graphics –Empresa que diseña y construye tableros de dibujo en relieve y promueve el uso de gráficos táctiles en la formación científica de personas con discapacidad visual.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Los ingenieros de E.A.S.Y abrieron las puertas de su empresa ubicada en Burlington, Vermont, Estados Unidos, para compartir sobre su experiencia en el desarrollo de un Sketchpad para dibujo en relieve. Este proyecto que inició como un trabajo de investigación del pregrado de ingeniería mecánica de la Universidad de Vermont ha hecho una exhaustiva caracterización de las necesidades de la población con discapacidad visual. En su estudio identificaron la necesidad de promover más las habilidades gráficas de las personas con discapacidad visual por medio de las gráficas táctiles. El aprendizaje de conceptos gráficos fue también uno de los temas centrales discutidos en la convención de la NFB, por lo cual se identificó este aspecto como uno de prioridad.

- La Federación Nacional de Ciegos de los EEUU (NFB) – Convención Nacional de 2014.

  Durante la convención de la Federación Nacional de Ciegos de los EEUU se realizaron entrevistas a expertos. Entre ellos se encuentran Michelle Chacon, Educadora para las personas con discapacidad visual y Ann Cunningham, artista reconocida de arte táctil y profesora de Arte, ambas docentes del centro para los ciegos de Colorado. Hicieron énfasis sobre el aprendizaje multisensorial y su importancia para los niños a la hora de poder expresar sus ideas y emociones y lograr su desarrollo integral.

  Igualmente durante la convención se pudo interactuar con niños de dos grupos de edades, de 4 a 8 años y de 9 a 12 años. Fue posible observar a los niños jugando y realizarles preguntas por medio de las cuales se conoció que disfrutan de juegos lúdicos-didácticos como juegos de adivinanzas, de armar palabras, de armar y desarmar y los que permiten la libre expresión como la plastilina y el dibujo. Las entrevistas y conversaciones que tuvieron lugar durante la convención se encuentran en el Anexo 2.

Primera sesión grupal realizada en Fundación Multis

Esta primera sesión de grupo realizada con niños con baja visión y ceguera completa se realizó con el objetivo de identificar los gustos y preferencias en el juego de los niños al igual que sus habilidades motrices y sociales.

En la fundación Multis, se realizó una sesión de grupo con cuatro estudiantes de la clase de la educadora especial Jazmín Valencia para conocer más acerca de los requerimientos de diseño de la herramienta desde el punto de vista de los niños. Se pudo observar la dinámica de la clase, previo al inicio de la sesión, en donde la profesora leyó un cuento a los niños y todos prestaban mucha atención. Con el objetivo de conocer principalmente como actúan socialmente los niños durante una actividad recreativa, se llevaron dos tipos

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

de juegos diferentes en los que se combinan sonidos, Braille y representación de los colores por medio de símbolos en relieve. Los niños compartieron sus observaciones con respecto a los juegos, el sonido y las vibraciones provenientes de los botones de uno de los juegos fueron muy llamativos para ellos.

Adicionalmente a esto se realizó una actividad para evaluar sus habilidades en el tacto y su motricidad. Se les pidió identificar un objeto y asociarlo a su representación en dos dimensiones en un dibujo en relieve. En la sesión se observó cómo los niños con baja visión se apoyan mucho en su resto visual haciendo que confíen más en su visión que en su capacidad de distinguir un objeto solo utilizando sus manos, impidiendo que pudieran distinguir los objetos por medio del tacto en un corto tiempo como lo hicieron los estudiantes con ceguera completa. Los resultados de la sesión se resumen en la tabla 3, junto a los aspectos más relevantes de cada entrevista realizada. Los resultados detallados y la guía utilizada para dirigir esta sesión se encuentran en el Anexo 3.

Tabla 3. Cuadro resumen análisis del usuario

Persona entrevistada	**Ocupación**	**Institución**	**País**	**Aspectos Relevantes de la entrevista**
Santiago Rodríguez	Profesional Especializado Inclusión Educativa y TIC's	INCI	Colombia	Existen pocos proyectos desde el área de tecnologías que se estén desarrollando para niños.
Jazmín Valencia	Profesional en Educación Especial	Fundación Multis	Colombia	Es importante mantener las habilidades del tacto y la audición. El aprendizaje de conceptos en niños de 5 a 10 años es valiosa y se puede lograr a través de la lectura de cuentos.
Michelle Chacon	Educadora para las personas con discapacidad visual	Centro para los Ciegos de Colorado	EEUU	Hay grandes retos con los estudiantes que tienen baja visión. Aunque el braille será el principal modo de escritura y lectura, conocer los números en texto impreso es importante. Se valora el aprendizaje de las figuras geométricas. El aprendizaje multisensorial es valioso

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 3. Cuadro resumen análisis del usuario

Ann Cunningham	Artista y profesora de arte táctil	Centro para los Ciegos de Colorado	EEUU	Hay alternativas para lograr que los niños tengan acceso al arte. La arcilla y la creación de esculturas basados en las emociones ayuda en su aspecto emocional Para lograr reconocer un objeto en una representación en relieve del mismo se requiere experiencia.
20 Niños edades: 4 a 12 años	Asistentes al campamento para niños y jóvenes de la NFB	Convención de la federación Nacional de Ciegos (NFB)	EEUU	Los niños disfrutan del juego en conjunto con familia y amigos Juegos preferidos: juegos con retos. Los niños son sociales por naturaleza pero las herramientas lúdicas pueden ser la manera de fortalecer sus habilidades mientras disfrutan con sus compañeros
4 niños (sesión grupal) edades: 6 a 9 años	Estudiantes de primer a segundo grado	Fundación Multis	Colombia	Señalaron actividades que les parecían difíciles: aprender braille y el uso del ábaco Los niños con baja visión (2) confían en su resto visual más que en su sentido del tacto, esto retrasa su desarrollo de la habilidad táctil. Los niños con baja visión tardaron más en descifrar los objetos con sus ojos vendados que los niños con ceguera completa. Les gusta la música y los sonidos descriptivos, como sonidos de animales, aplausos y vehículos.

I

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.2.2 Oportunidades de diseño

Finalizada la recopilación de información tanto por parte del benchmarking como por parte de las entrevistas con expertos y la primera sesión grupal realizada con los niños de la fundación Multis, se establecieron las principales necesidades a tener en cuenta para la realización de la herramienta. Cada necesidad está catalogada entre una demanda o un deseo. Las demandas son consideradas como aspectos a tener en cuenta que permiten cumplir el objetivo de la herramienta, mientras que los deseos son aspectos que proporcionan un valor agregado. Cada necesidad está calificada en una escala de 1-5, donde 1 es el menor valor y 5 es el máximo. El valor de importancia de cada necesidad es un valor subjetivo asignado acorde a las observaciones y comentarios que las fuentes consultadas realizaron. Un valor de importancia alto fue asignado a aquellas necesidades que fueron mencionadas por más de una fuente. La lista de necesidades se encuentra en la tabla 4.

Tabla 4. Demandas y deseo obtenidos a partir de las entrevistas y sesiones de grupo.

Núm.	Necesidad	Categoría	Importancia
1	Permita el aprendizaje de la relación Causa - efecto	Demanda	4
2	Permita la interacción entre los niños	Demanda	5
3	Multi-sensorial	Demanda	4,5
4	Permita desarrollar conceptos gráficos por medio del tacto	Demanda	4
5	Hace que no sea necesario que los usuarios con baja visión o visión completa se tapen los ojos.	Deseo	4
6	Estimula el uso del tacto y la audición.	Demanda	4,5
7	Desarrolla la motricidad fina	Deseo	4
8	Es un juego para aprender a respetar los turnos	Deseo	3,5
9	Tiene música	Deseo	4
10	Permita practicar escritura y lectura en braille.	Deseo	3
11	Aprender a reconocer las figuras geométricas	Deseo	4
12	Uso de relieves	Deseo	4
13	Ayuda a los niños a aprender a diferenciar la realidad de la fantasía.	Deseo	4

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.2.3 Diseño conceptual

Mapa de conceptos

Previo a plantear los conceptos de diseño, se realizó un esquema de los elementos que son necesarios según las fuentes consultadas para lograr un desarrollo integral en los niños. Partiendo de que el desarrollo integral comprende cuatro aspectos, el educativo, el físico o motriz, el emocional y el social se comenzó a desarrollar el mapa conceptual como una lluvia de ideas en donde el objetivo era encontrar maneras en las que se podrían fortalecer estos aspectos.

El mapa permitió organizar esta información por medio de relaciones y se pudo observar cómo se conectan los elementos y como podrían combinarse para dar respuesta a cada aspecto. Es así como se encontraron elementos que podían asociarse a más de un aspecto principal del desarrollo. Para ejemplificar esto se puede observar en la figura 1 el elemento "conceptos", si se enseñan conceptos de figuras geométricas por medio del tacto se lograría fortalecer el aspecto educativo y a la vez el motriz del niño. Es así como el ejercicio del mapa conceptual permitió generar muchas ideas y sintetizarlas en un resumen gráfico y sencillo para su análisis. Como fruto del mapa nacieron cuatro conceptos de diseño que se explican a continuación.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

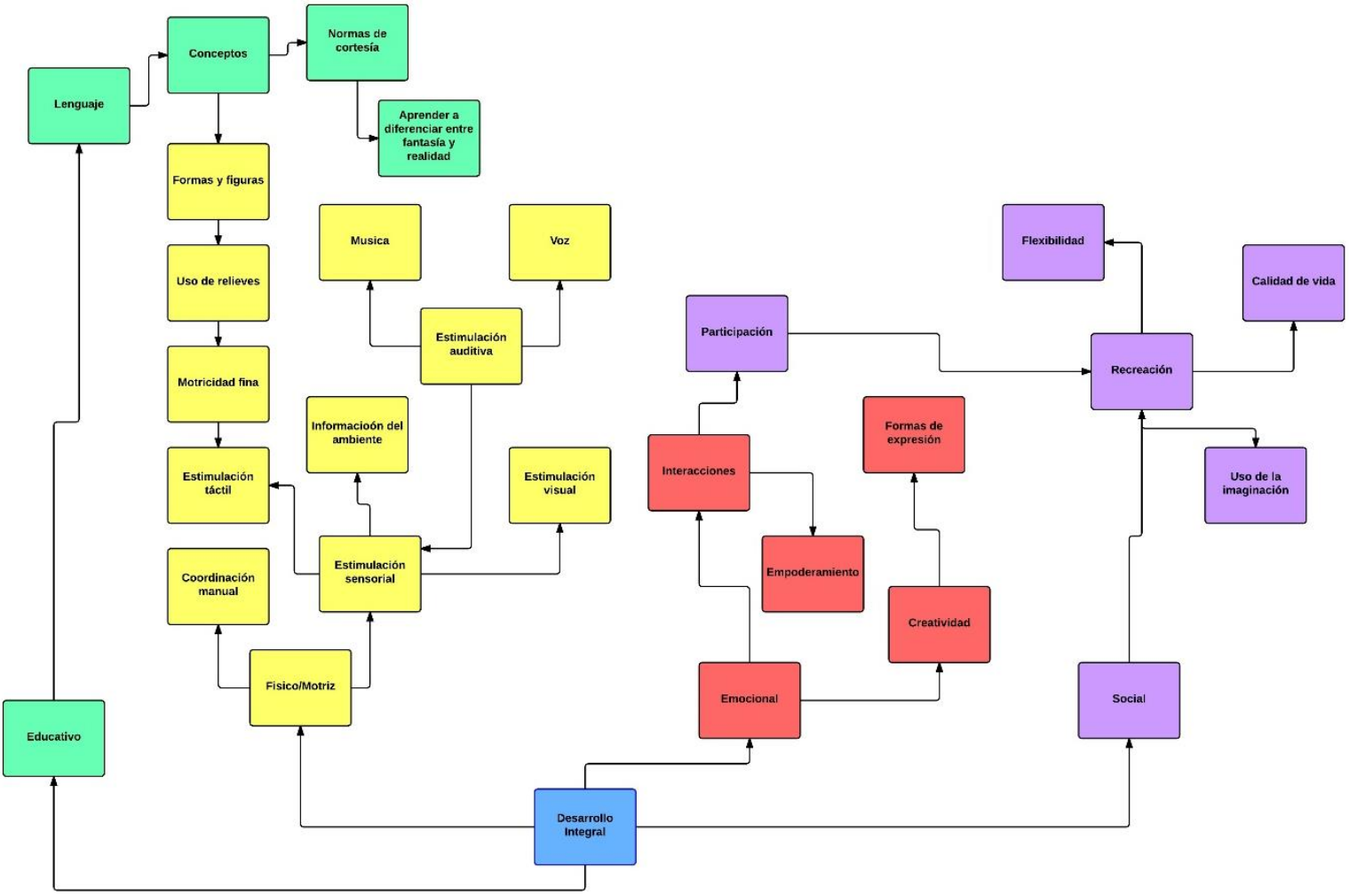


Figura 1. Mapa de conceptos, método para ayudar al proceso creativo

Conceptos

“Un concepto de producto es una descripción aproximada de la tecnología, principios de funcionamiento, y forma del producto. Es una descripción concisa sobre como satisfacer el producto las necesidades del cliente.” (Ulrich & Eppinger, 2000).

Basado en las demandas establecidas para este proyecto la herramienta a diseñar debe tener elementos que permitan la interacción del niño o niña con discapacidad visual con un niño sin discapacidad, permita la estimulación multisensorial, y que el niño quien la use desarrolle conceptos gráficos por medio del tacto y también experimente la relación causa efecto.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Concepto 1: Cuenta cuentos

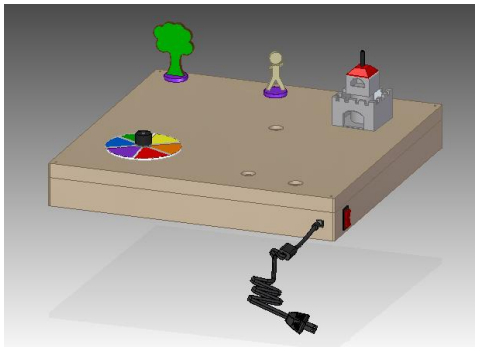
El primer concepto es una herramienta que permite construir una historia y escucharla. Para utilizarse, tendrá unas fichas que serán una representación tridimensional de los elementos que componen la historia, como personajes, ambientes y objetos que están involucrados en ella. Las fichas se ubican sobre un tablero que tendrá espacios donde encajen las fichas. La historia se narrará al final de la ubicación de cada ficha.

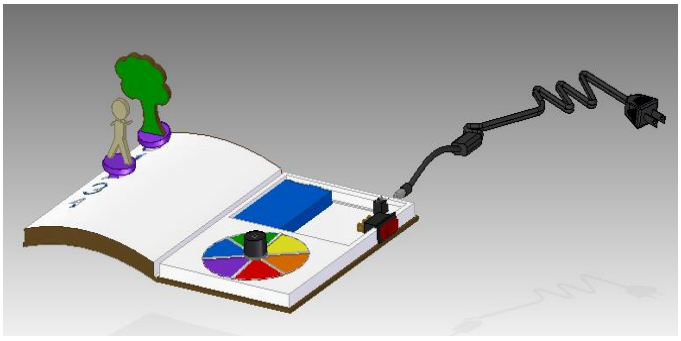
Para reducir el número de posibilidades y aun así permitir que el juego sea flexible y evite la repetición, se selecciona un color utilizando la rueda de texturas, según el color habrá grupos de fichas de cada elemento que pertenecen a ese grupo de color.

Contar historias es una actividad que se promueve como método ideal para motivar a los niños a asociar el escuchar con una actividad placentera permitiendo incrementar su capacidad de atención, su capacidad de retención de información y a la vez permite la ampliación de su vocabulario y el uso simbólico del lenguaje. (Fitzgibbon, 1998)

Encajar la ficha en su lugar ayuda a la motricidad fina. La identificación del personaje por medio del tacto para el niño con discapacidad visual estimula su capacidad táctil.

En cada concepto se tiene un diseño preliminar de la herramienta a desarrollar en donde se busca que cumpla con la mayor cantidad de demandas y deseos sin que altere su complejidad. Para el concepto 1 se presentó un segundo diseño preliminar en donde se buscó darle un aspecto más estético y asemejarlo a un libro ya que se trata de un cuenta cuentos.





Figuras 2-3.Diseños preliminares del concepto

Concepto 2: Juego de adivinanza

Este concepto trata sobre un tablero el cual tiene como objetivo principal adivinar un "personaje" el cual se encontrará dentro de una cápsula. Para adivinar el personaje el tablero proporcionará una serie de ayudas para facilitar su identificación. Para escuchar las pistas se deben cumplir una seria de retos o tareas entre los jugadores. Una vez terminado con todos los retos se procederá a adivinar el personaje. Para esto se cuenta

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

con una serie de fichas con forma de rompecabezas las cuales son una representación en 2D del personaje que se encuentra dentro de la cápsula. Cada jugador tiene una mitad de la representación 2D y entre los 2 deberán ponerse de acuerdo sobre cual personaje es para poder ubicarla en la casilla correspondiente.

Los retos, los cuales son de colaboración entre los jugadores como por ejemplo presionar los botones en una secuencia dada o realizar operaciones matemáticas, se deben desarrollar para obtener las pistas. De esta forma se busca impulsar la interacción entre los participantes a través de la colaboración.

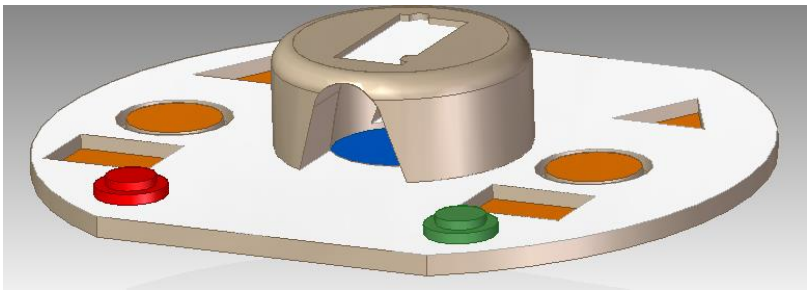


Figura 4.Diseños preliminares del concepto 2.

Concepto 3: Juego por retos

En este concepto se tiene un centro de mando que funciona a lo largo de una historia que se está narrando. Los jugadores deben estar atentos a lo que se narra ya que se presentarán retos indicados por el centro de mando y estos deberán ser realizados si quieren que se continúe con la historia. Se trata de un juego cooperativo donde ambos jugadores deberán cumplir con los retos previamente indicados por el sistema.

Para los retos se usarán botones y fichas que permitan a los jugadores interactuar con la historia. Los retos consisten en repetir una secuencia entre los participantes, reproducir un sonido en particular o ubicar una determinada ficha. Estas fichas cuentan con una connotación en relieve para facilitar su identificación. Ya que la herramienta está dirigida a un público infantil, la historia que es narrada es de carácter educativo y trata temas del agrado de los niños, como son las fábulas que a lo largo de la historia dejan enseñanzas a quien las escucha.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

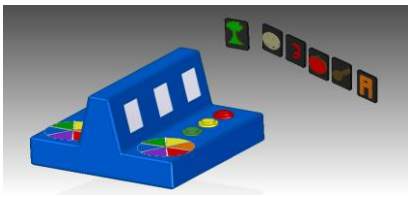


Figura 5.Diseños preliminares del concepto 3

Concepto 4: Juego por pistas

En este concepto cada jugador deberá adivinar varios objetos por medio de unas pistas que el juego emitirá por sonido, cada jugador por turnos deberá escoger la ficha que la pista le sugiere y ponerla en el tablero siguiendo el orden: personajes, entornos y objetos. Al final se narrará la historia si todas las fichas corresponden con las pistas dadas.

Cada pieza es una representación en 3D del objeto que simbolizan y deberá ser colocada en la posición que el juego lo indique.

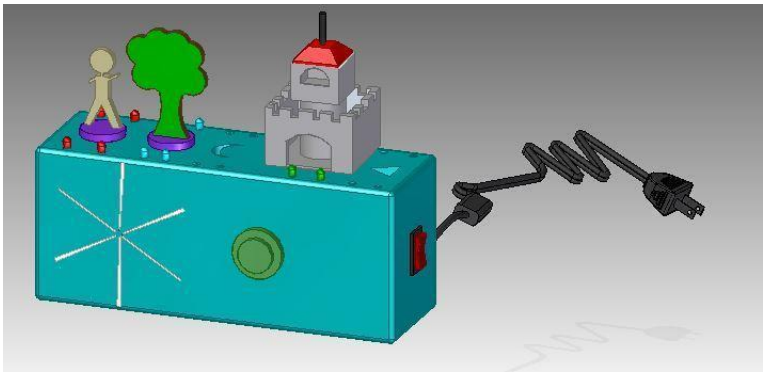


Figura 6.Diseños preliminares del concepto 4

Prueba de los conceptos con expertos en pedagogía

Finalizados los planteamientos de los conceptos se visitó el Instituto Educativo Francisco Luis Hernández Betancur en donde se consultó con los educadores especiales acerca de los conceptos previamente establecidos. Su experiencia en el tema de la pedagogía facilitó la selección de un concepto como herramienta final.

Los expertos consultados fueron la docente Yolanda, la tiflóloga Luci y la profesora Gloria López. Las entrevistas se encuentran documentadas en archivos de audio.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Los educadores cuentan de sus experiencias, que las falencias que más se destacan en los niños con discapacidad visual, es la asociación de un concepto gráfico con un concepto teórico, es decir la capacidad de imaginar cómo es un objeto del que constantemente se habla como una silla o un animal y poderlo reconocer por medio del tacto. Ellos señalan que el concepto gráfico es de gran importancia debido a que les facilita la interpretación de los alrededores, con respecto a la ubicación espacial, permitiendo que tengan un concepto claro de dónde se encuentran, facilitando que se desenvuelvan en ese ambiente. Los conceptos gráficos mentales son importantes para realizar asociaciones y facilitar el proceso de aprendizaje (Luci, 2014).

Para los niños que poseen resto visual consideran una dificultad potenciar sus otras habilidades ya que en muchas ocasiones les es muy fácil usar su resto visual para cumplir alguna tarea y no usar sus otros sentidos.

Con respecto a los conceptos planteados, señalaron que todas son opciones de su agrado, pero el concepto 4 fue en el que más resaltaron su gusto debido a la versatilidad de la herramienta.

Selección de concepto

"La selección del concepto es el proceso de evaluar los conceptos con respecto a las necesidades del cliente, así como otros criterios, comparando las fortalezas y debilidades de los conceptos, y seleccionando uno o más de ellas para investigación, prueba o desarrollo adicional" (Ulrich & Eppinger, 2000).

Para seleccionar un concepto existen diferentes métodos para lograrlo:

- Votación múltiple
- Prototipos y pruebas
- Decisión externa entorno al cliente o alguna entidad.
- Dirigente del producto: El líder del equipo selecciona el concepto basado en preferencia personal.
- Matriz de calificación: Se utilizan los criterios previamente establecidos en la etapa de necesidades para obtener un concepto que se vea altamente influenciado por ellos.

Considerando que el producto debe cumplir con la mayor cantidad de demandas y deseos establecidos a través del estudio de mercado, consulta a expertos y la sesión de grupo, se optó por el método de la matriz de calificación, en esta se encuentran las demandas y deseos como criterios de selección. Estos criterios se enuncian en la tabla 5.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 5. Criterios de selección del concepto

Descripción	Criterio	Peso
Método para lograr la participación de varios jugadores (multijugador)	1	25%
Criterio de los educadores	2	15%
Jugadores en igualdad de condiciones (La visión no ayuda en el desarrollo del juego)	3	10%
Permite desarrollar conceptos gráficos	4	15%
Estimulación de la imaginación.	5	10%
Permite el aprendizaje de la relación Causa-Efecto	6	10%
Es fuente de estimulación multi-sensorial	7	15%

El peso asignado a cada criterio es un valor subjetivo basado en el análisis del usuario. Con base en estos criterios se calificó cada concepto y se obtuvo la siguiente matriz de selección. Ver tabla 6.

Tabla 6. Calificación de conceptos.

		Concepto 1		Concepto 2		Concepto 3		Concepto 4	
Criterio	Peso	Calificación	Puntuación	Calificación	Puntuación	Calificación	Puntuación	Calificación	Puntuación
1	25%	4	1	4,5	1,125	4,5	1,125	4,5	1,125
2	15%	4	0,6	3,5	0,525	3,5	0,525	5	0,75
3	10%	4,5	0,45	4,5	0,45	3,5	0,35	4	0,4
4	15%	3,5	0,525	4	0,6	4	0,6	4	0,6
5	10%	4,5	0,45	3,5	0,35	3,5	0,35	4,5	0,45
6	10%	4	0,4	4	0,4	5	0,5	4	0,4
7	15%	3,5	0,525	4,5	0,675	4	0,6	3,5	0,525
	100%	Total	3,95	Total	4,125	Total	4,05	Total	4,25

De acuerdo a la puntuación obtenida para cada concepto respecto a los criterios de selección determinados, se concluye que el concepto elegido es el concepto 4.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Prueba de Concepto 4 con usuarios

Aunque el concepto elegido tuvo la aprobación de docentes expertos en pedagogía infantil y con experiencia en el trabajo con niños con discapacidad visual, se optó por construir un modelo funcional para presentar el concepto a los niños y obtener una retroalimentación con el fin de desarrollar el concepto seleccionado de la mejor manera posible. Las pruebas del modelo se realizaron con seis estudiantes de la fundación Multis.

Para presentar el concepto se escribieron dos historias modelo sobre personajes de la granja. Se construyeron dos personajes, dos lugares, y dos objetos para ser elegidos según las adivinanzas por los participantes del juego.

Se separó el grupo en dos equipos con tres integrantes cada uno. Cada equipo le tocaría armar una historia por turno. Se entregaron las fichas al primer equipo y se leyeron las adivinanzas directamente. Una vez los participantes adivinaron las fichas, cada uno procedió a ubicar su ficha en el tablero, oprimiendo la ficha en su lugar para escuchar el sonido que corresponde con el personaje, lugar u objeto adivinado. Al terminar de ubicar todas las fichas se presionó un botón para comenzar a escuchar la historia. Se realizó el mismo proceso con el segundo equipo pero utilizando otras piezas para armar la segunda historia.

Mediante la evaluación del modelo con los estudiantes y la profesora Jazmín Valencia se recibieron recomendaciones y observaciones que se resumen en la tabla 7 donde se hace un análisis de los aspectos positivos y los aspectos por mejorar del modelo.

Tabla 7. Análisis del modelo blando

Modelo Concepto 4	**Aspectos positivos**	**Aspectos por mejorar**
	Al colocar cada pieza se activa el sonido característico de la ficha. Requiere que se reconozcan las figuras por medio del tacto para ubicarlas en el tablero. Los cuentos como resultado final de la actividad crean expectativa y son divertidos para los niños.	Aumentar el volumen del sonido. Etiquetar las piezas con braille. Incluir un marcador en las piezas para indicar cuál es su orientación. Incluir en el juego otras fichas además de las que hacen parte del juego de adivinanzas y él cuenta cuentos para enseñar las letras y números. La longitud de los cuentos debe ser mayor.

De acuerdo con la tabla anterior y las observaciones hechas por los niños y la profesora Jazmín Valencia se definió continuar con el desarrollo del concepto cuatro tomando en cuenta la necesidad de mejorar los aspectos mencionados en la tabla.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.2.4 Diseño de detalle

Una vez establecidas todas las características y evaluado el modelo blando, se analizaron todas las necesidades para convertirlas en elementos que debe implementar la herramienta. En la tabla 1 se muestra la lista de necesidades que se obtuvo de ese análisis, en donde también se muestra la importancia relativa (entre 1 y 5, siendo 5 el máximo valor). En la tabla 8 se muestran las medidas y unidades en las que se mide, las necesidades a las que está relacionada y los valores estimados para cada medida. Estos valores estimados son el resultado de aproximaciones y solo marcan una guía para el desarrollo del concepto. Más adelante se profundizará en el diseño de detalle, donde se presentan los cálculos apropiados que validan esas aproximaciones y sustentan el producto final.

Tabla 8. Lista de Necesidades

Núm.	Necesidad	Importancia
1	Permite la interacción entre niños con discapacidad visual y niños sin discapacidad	5
2	Es recreativo	4
3	Posee elementos de estimulación sensorial	5
4	Permite aumentar y mejorar la creatividad de los niños	4
5	Es de fácil implementación (intuitivo)	3.5
6	Es seguro de usar	5
7	Permite desarrollar conceptos gráficos por medio del tacto	5
8	Permite el desarrollo de la motricidad fina	3
9	Es educativo	4
10	Es accesible	5
11	Permite el aprendizaje de la relación causa – efecto	4
12	Permite el uso de los sentidos diferentes al sentido visual	5
13	Requiere poco mantenimiento	4

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 9. Lista de Medidas

Núm.	Núm. de necesidad	Medida	Importancia	Unidades	Valor estimado
1	1,2	Multijugador	5	Núm. De participantes	≥2
2	1,2,4,11	Componente lúdico	4	si/no	Si
3	4,9	Componente educativo	4	si/no	Si
4	3,7,8,10	Detalles en relieve	4	si/no	Si
5	2,3,10	Salidas de audio	5	si/no	Si
6	6	Circuito de protección	5	si/no	Si
7	6,13	Materiales resistentes	5	si/no	Si
8	5	Masa total	2	Kg	<4
9	1,2,5	Apariencia	4	subj.	Subj.
10	11	Identifica las entradas seleccionadas por el usuario (es interactivo)	5	si/no	Si
11	10	A prueba de error	3	si/no	si

Tabla 10. Matriz Necesidades-Medidas

	MEDIDAS / NECESIDADES	Multijugador	Componente lúdico	Componente educativo	Detalles en relieve	Salidas de audio	Circuito de protección	Materiales resistentes	Masa total	Apariencia	Identifica las entradas seleccionadas por el usuario	Guias y uso del braille
1	Permite la interaccion entre niños con discapacidad visual y niños sin discapacidad	■	■							■		
2	Es recreativo	■	■			■				■		
3	Posee elementos de estimulacion multisensorial		■		■	■						
4	Permite aumentar y mejorar la creatividad de los niños		■	■								
5	Es intuitivo				■					■		■
6	Es seguro de usar						■	■	■			
7	Permite desarrollar conceptos graficos por medio del tacto				■							■
8	Permite el desarrollo de la motricidad fina				■							
9	Es educativo			■								■
10	Es accesible				■	■						■
11	Permite el aprendizaje de la relacion Causa-efecto		■								■	
12	Permite el uso de los sentidos diferentes al sentido visual				■							■
13	Requiere poco mantenimiento							■				

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Desarticulación del problema:

Para proponer alternativas que puedan dar solucion a las funciones que debe realizar la herramienta se hizo una desarticulacion del problema para poder identificar estas funciones. Los esquemas presentados son la caja negra de función global que se muestra en la figura 7 y la desarticulacion funcional que se muestra en la figura 8.

Figura 7. Caja negra del sistema

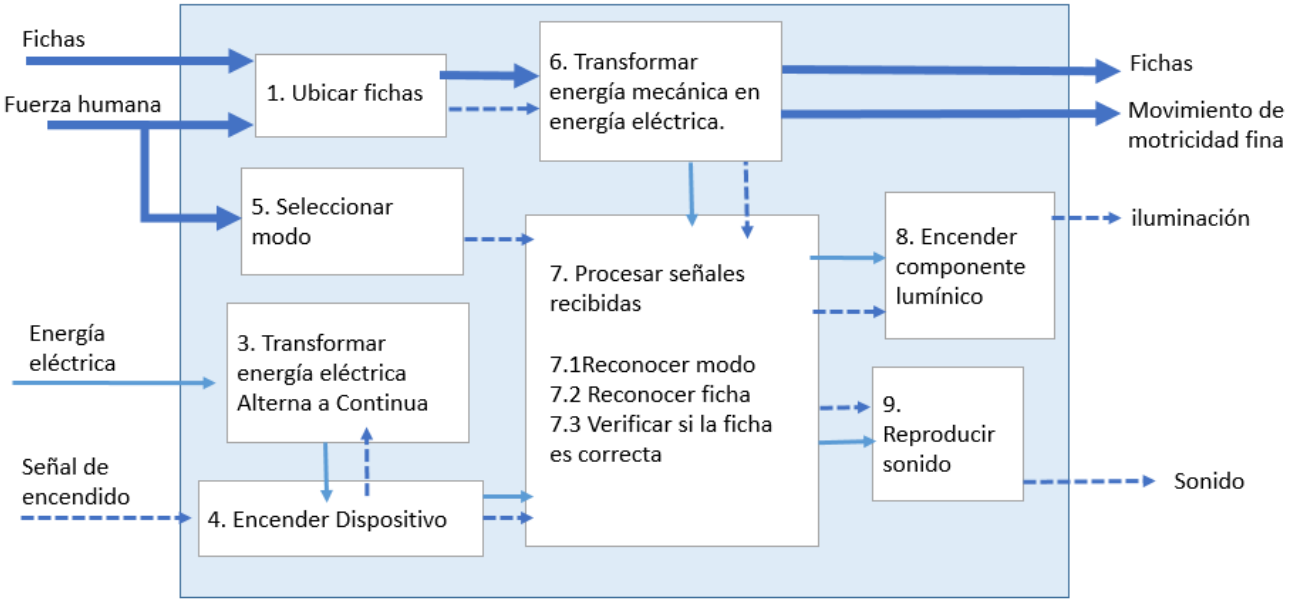


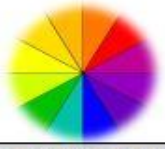
Figura 8. Diagrama de funciones

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Alternativas de solución

Para llevar a cabo cada una de las funciones y subfunciones hay diferentes alternativas de solución. Se consultaron diferentes componentes y se generaron ideas nuevas para la búsqueda de las alternativas.

Tabla 11. Alternativas de solución

Contener sistema	Consiste en el tipo de material que se empleara para construir la herramienta.
Alternativa Solución Madera MDF	**Definición**
	Tablero de fibras de densidad media, producido a partir de fibras de madera unidas por un adhesivo mediante la aplicación de presión y temperatura, ideal para ambientes secos. Es un material de un costo bajo, buenas propiedades mecánicas, reciclable y fácil de limpiar (UTISA, 2011).
Alternativa Solución Acrílico	**Definición**
	Es un material termoplástico transparente con resistencia a la luz solar y agentes atmosféricos. Posee buenas propiedades mecánicas y un bajo peso específico. Es resistente al rayado, es reciclable y fácil de limpiar (PAOLINI, 2010).
Alternativa Solución Polipropileno	**Definición**
	El polipropileno es un polímero termoplástico que posee una gran capacidad de recuperación elástica. Es resistente a temperaturas de 70°C sin presentar deformación. Viene en una gran cantidad de colores. (PROPILCO, 2012)
Diferenciar fichas	Representa el método por el cual se van a ubicar las fichas en la herramienta en los espacios correspondientes.
Alternativa Solución Color	**Definición**
	Posicionar las fichas por colores, utilizando el método Constanz sobre la teoría del color para aplicarlo y pueda ser utilizado por personas con discapacidad visual.
Alternativa Solución Textura	**Definición**
	Posicionar las fichas por el uso de diferentes texturas: rugosas, lisas y carrasposas.
Alternativa Solución Encaje	**Definición**
	Posicionar las fichas en espacios con un único lugar de posición.
Activar herramienta	Mecanismo de encendido eléctrico ON/OFF
Alternativa Solución Interruptor	**Definición**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 11. Alternativas de solución

	Es un dispositivo eléctrico caracterizado por la presencia de una manija que permite interrumpir o re direccionar el flujo eléctrico desde una batería asía otro dispositivo. (IEEE, 2010)
Identificar fichas	Se refiere al método el cual se empleara para que la herramienta identifique las diferentes fichas.
Alternativa Solución Botón	**Definición**
	Es un dispositivo electrico que al ser presionado permite interrumpir o el flujo electrico .(IEEE, 2010)
Alternativa Solución Sensor de color	**Definición**
	Es un sensor que puede detectar y medir una gran cantidad de colores utilizando un arreglo de foto detectores, en conjunto con un oscilador para producir una señal cuadrada con una frecuencia proporcional a la intensidad de los colores.(SIGMA, 2011)
Alternativa Solución NFC	**Definición**
	Es un dispositivo que permite el intercambio de datos a corto alcance, mediante la inducción de un campo magnética. (Adafruit, 2012)
Controlador de la herramienta	Consiste en la clase del controlador que se encargara de operar la herramienta
Alternativa Solución PIC	**Definición**
	Los microcontroladores son computadores digitales integrados que cuentan con un microprocesador, y una memoria (Torres Torriti, 2007).
Alternativa Solución Arduino	**Definición**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 11. Alternativas de solución

	Un Arduino es un dispositivo que integra las funciones de un microcontrolador además de tener ciertas características integradas, como por ejemplo un oscilador y en la mayoría de los casos reguladores de voltaje y protecciones de sobre corriente y cortos. Se caracteriza por ser más fácil de implementar y usar que un microcontrolador común. (ARDUINO, 2014)
Alternativa Solución Raspbery PI	**Definición**
	Es un computador de pequeño tamaño y bajo costo con salidas de audio y video, empleado en proyectos donde se requiere procesar mucha información.(Raspberrypi, 2014)
Reproductor de sonidos	Dispositivo encargado de reproducir los sonidos en conjunto con el controlador.
Alternativa Solución MP3 Shield	**Definición**
	Es un dispositivo compatible con Arduino que permite la decodificación y reproducción de archivos de sonido con formato MP3 (SPARKFUN, 2011).
Alternativa Solución UMP3	**Definición**
	Es un dispositivo que reproduce sonidos compatibles con diferentes microcontroladores, y además incorpora conexión a diferentes tipos de almacenamiento. (Rouge Robotics, 2011)
Alternativa Solución Alientek Model	**Definición**
	Es un reproductor mp3 compatible con diferentes microcontroladores y que ademas cuenta con diferentes tipos de conexión.(Rouge Robotics, 2011)
Almacenamiento de Información	Dispositivo encargado de contener la información a ser reproducida.
Alternativa Solución Micro SD	**Definición**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 11. Alternativas de solución

	Es un tipo de dispositivo de almacenamiento en tarjeta diseñada con ciertas características de protección y compatibilidad. (SD Association, 2014)
Alternativa Solución Memoria EEPROM	Definición
	Una memoria EEPROM (Electrónicamente borrable/Programable de solo lectura) que almacena información. (Torres Torriti, 2007)
Alternativa Solución USB	Definición
	Es un dispositivo de almacenamiento externo que usa protocolo serial para la comunicación.(SIGMA, 2011)
Iluminar	Elementos que constituyen la estimulaion visual
Alternativa Solución OLED	**Definición**
	Es un diodo que tiene la capacidad de emitir luz cuando pasa energía a través de él. La diferencia entre un LED convencional y un OLED es que el OLED utiliza un material orgánico como recombinante radiante. (UNICROM, 2012)
Alternativa Solución LED	**Definición**
	El LED es un diodo que tiene la capacidad de emitir luz cuando pasa energía a través de él, usando elementos llamados recombinantes radiantes.(UNICROM, 2012)
Alternativa Solución LEDSUPERFLUX	**Definición**
	Es un diodo que tiene la capacidad de emitir luz cuando pasa energía a través de él. Se diferencia de los LEDS convencionales en aspectos físico el cual permite que se distribuya la luz de forma diferente.(SUCONEL, 2012)
Salida de Audio	Mecanismo por el cual se emite la señal de audio.
Alternativa Solución Parlantes	**Definición**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 11. Alternativas de solución

	Dispositivo que emiten sonidos procedentes de una tarjeta de audio.(Cavi, 2009)
Transformar energía eléctrica	Transformar energía eléctrica alterna en continua
Alternativa Solución Adaptador AC/DC	**Definición**
	Elemento que permite transformar energía eléctrica alterna de un cierto nivel de voltaje, en energía directa a otro nivel para ser usada como fuente de alimentación.

Matriz morfológica

La matriz morfológica resume las alternativas de solución y las organiza respecto a las funciones de tal forma que se facilite la generación de los conceptos. En la siguiente matriz se muestran 3 conceptos o soluciones, cada uno está diferenciado por un color. Las casillas que se encuentran en blanco hacen parte de los 3 conceptos, la matriz se muestra en la tabla 12.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 12. Matriz morfológica

	FUNCIÓN	SOLUCIONES 1	2	3
		Madera	Acrilico	Polipropileno
1	Contener sistema			
		Color	Textura	Encaje
2	Diferenciar fichas			
		Interruptor		
3	Activar herramienta			
		Combinacion de botones	Sensor de color	NFC
4	Identificar Fichas			
		PIC16f877a	Arduino	Rasberrypi
5	Controlar herramient			
		parkfun MP3 Plager Shiel	UMP3	Alientek module mp3 player
6	Reproducir Sonidos			
		Memoria EEPROM	Memoria MicroSD	Memoria USB
7	Almacenar Sonidos			
		OLEDs	LEDs	LED SUPER FLUX
8	Iluminar			
				Parlantes Unitec
9	Salida de audio			

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Concepto o solución 1

Este concepto cuenta con un contenedor en madera que lo convierte en una herramienta muy económica, así como un controlador arduino y un sistema de combinación de botones para identificar las fichas.

La característica superficial más relevante es el método en cómo se diferencian las fichas el cual es por encaje único, limitando la posibilidad de error.

Internamente funciona mediante un controlador arduino en conjunto con un Shield MP3 especial para arduino que contiene una microSD que se usa para almacenar los sonidos a reproducir. Al ser fabricados para trabajar en conjunto simplifica el proceso de fabricación y posterior programación.

Concepto o solución 2

En este concepto se cuenta con una cubierta de acrílico disponible en diferentes colores dándole un toque más elegante a la herramienta aunque evitando que pueda ser pintada. El método para diferenciar las fichas consta de diferentes tipos de superficies, estimulando el sentido del tacto.

Internamente funciona con un raspberry pi el cual es el encargado de controlar todo, aunque el raspberry pi cuenta con una salida propia de audio se puede utilizar en conjunto con módulo mp3 para reproducir sonidos dependiendo de la necesidad y la conectividad de los parlantes a usar. Para identificar las fichas se utiliza tecnología NFC que permite crear fichas reprogramables logrando que sea más versátil para diferentes aplicaciones. Una desventaja de esta tecnología es que para el uso de esta herramienta es necesario el uso de 3 o más lectores NFC si se busca que se lean las tarjetas en diferentes posiciones.

Concepto o solución 3

A diferencia de los otros conceptos, en este se busca ejercer un gran énfasis en la teoría del color, por esto se diferencian las fichas mediante colores y aplicando el método Constanz sobre el color, método que codifica cada color con un patrón de figuras en relieve. Para reconocer las fichas se utiliza un sensor de color que genera una onda cuadrada con una frecuencia correspondiente a la intensidad del color que es interpretada por un microcontrolador pic. Para reproducir sonidos se usa un módulo mp3.

Para la iluminación se usan led súper flux para ejercer más énfasis en los colores para aquellos que los puedan ver.

Selección del concepto o solución

Para la selección del concepto se utilizó la misma metodología sobre matriz de calificaciones y se utilizaron los siguientes criterios:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 13. Criterios para la selección del concepto

Descripción	Criterio	Peso
Intuitivo	1	20%
Seguro	2	15%
Fácil de ensamblar	3	10%
Durabilidad	4	10%
Fácil de limpiar	5	10%
Desempeño	6	20%
Costo	7	15%

El peso de cada criterio fue definido según la lista de necesidades y en la medida que el criterio aporta a que la herramienta cumpla los requerimientos establecidos. A cada concepto se le asignó una puntuación entre 1.0 y 5.0 siendo 5.0 el mayor puntaje, por cada criterio. Los resultados se muestran en la tabla 14.

Tabla 14. Matriz de calificación

		Concepto 1		Concepto 2		Concepto 3	
Criterio	Peso	Calificación	Puntuación	Calificación	Puntuación	Calificación	Puntuación
1	20%	4,5	0,9	4,5	0,9	4,5	0,9
2	15%	4,5	0,675	4	0,6	4,5	0,675
3	10%	5	0,5	4	0,4	4	0,4
4	10%	4	0,4	4,5	0,45	4	0,4
5	10%	4	0,4	4,5	0,45	4,5	0,45
6	20%	4,5	0,9	4,5	0,9	4	0,8
7	15%	4,5	0,675	4,5	0,675	5	0,75
	100%	Total	4,45	Total	4,375	Total	4,375

De acuerdo con la puntuación obtenida, se concluye que el Concepto 1 es el elegido, no obstante la poca diferencia que se da con las otras opciones no descarta una posible implementación de otro concepto.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.3 Descripción del funcionamiento de la herramienta

En este capítulo se explicará a fondo los modos de juego del prototipo final de la herramienta y sus modos de uso, este prototipo es el que fue seleccionado en la tabla 14 según los criterios descritos en la tabla 13.

Modos de juego

La herramienta tiene tres modos de juego que funcionan todos mediante la metodología causa-efecto. La herramienta explica por medio de una voz las reglas del juego, notifica a los niños que modo de juego han seleccionado y qué debe hacerse en cada uno de ellos.

En total se cuenta con 15 fichas para los 3 modos, de las cuales 6 corresponden al modo cuentos, 6 para el modo letras y las últimas 3 para el modo musical.

Reglas del juego: La única regla del juego es que cada jugador solo puede poner una ficha por turno.

Modo cuentos:

Con el objetivo de fortalecer el aprendizaje de conceptos por medio de los beneficios de los cuentos, la herramienta cuenta con un modo en el que los niños pueden interactuar con una historia haciendo la selección de tres variables: personajes, lugares y objetos.

Para guiar la selección de cada ficha, la herramienta enuncia una adivinanza. La primera adivinanza corresponde a un personaje, la segunda a un lugar y la tercera a un objeto.

La herramienta evalúa si es la ficha correcta, si no lo es se emite un mensaje indicando que no lo es y espera una nueva activación, por otro lado si la ficha era la correcta se emite un sonido que representa a la ficha introducida y se continúa con la siguiente adivinanza. Una vez posicionadas las 3 fichas, al presionar el botón de activación se escuchará una historia que relaciona a las tres fichas adivinadas.

Modo Letras:

Para este modo se utilizan las fichas que tienen las vocales, representadas en letras tridimensionales y en braille. Es asi como el jugador puede escoger la letra y leer en braille, verla o sentirla para seleccionarla y posicionarla. Cuando estas son posicionadas, el dispositivo identifica la ficha y procede a emitir una descripción de esta la cual incluye el nombre de la letra, una palabra que empieza por y por último la forma en cómo se escribe en braille. Este modo también tiene una ficha especial musical, la cual tiene una canción sobre las vocales.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Modo Musical:

El modo tiene como objetivo enseñar como suenan algunos instrumentos musicales, cada vez que se posiciona una ficha de este modo, las cuales se identifican por llevar una semicorchea sobre su base, se escucha un instrumento, luego de estar todos ubicados en un orden específico se escucha una melodía que mezcla los tres instrumentos. Los instrumentos seleccionados fueron la flauta, la guitarra y el tambor.

Metodología del juego

La herramienta es flexible y permite que el docente, padre de familia o quien desee guiar su uso pueda usarla para sus necesidades o deseos.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.4 Construcción del prototipo funcional

En este capítulo se describe a detalle cómo fue la construcción de la herramienta.

Es importante esclarecer que la herramienta consta de un contenedor en donde se ubican los componentes electrónicos. Para jugar se cuenta con un botón para cambiar los diferentes modos de juego que posee la herramienta, mientras con un segundo botón y fichas específicas se permite el desarrollo del juego, más adelante se explicará con más detalle.

3.4.1 Programación del microcontrolador y diseño del circuito

La herramienta está construida con un Arduino Mega 2560 como sistema de control en conjunto con el Mp3 shield de sparkun específicamente diseñado para los productos Arduino, el MP3 shield posee un espacio reservado para una memoria microSD facilitando las conexiones.

En las figuras 9, 10 ,11 y 12se muestra el pseudo código de la programación del controlador de la herramienta. En la figura 9 se muestra el esquema general del funcionamiento de la herramienta. Para la figura 10 se muestran 2 tipos de combinaciones, esto hace referencia a los 2 tipos de configuración de adivinanzas que se tienen programadas, en esta figura solo se muestra el proceso interno de la combinación 1 ya que ambas funcionan igual y ponerlas en una misma figura dificultaría su compresión.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

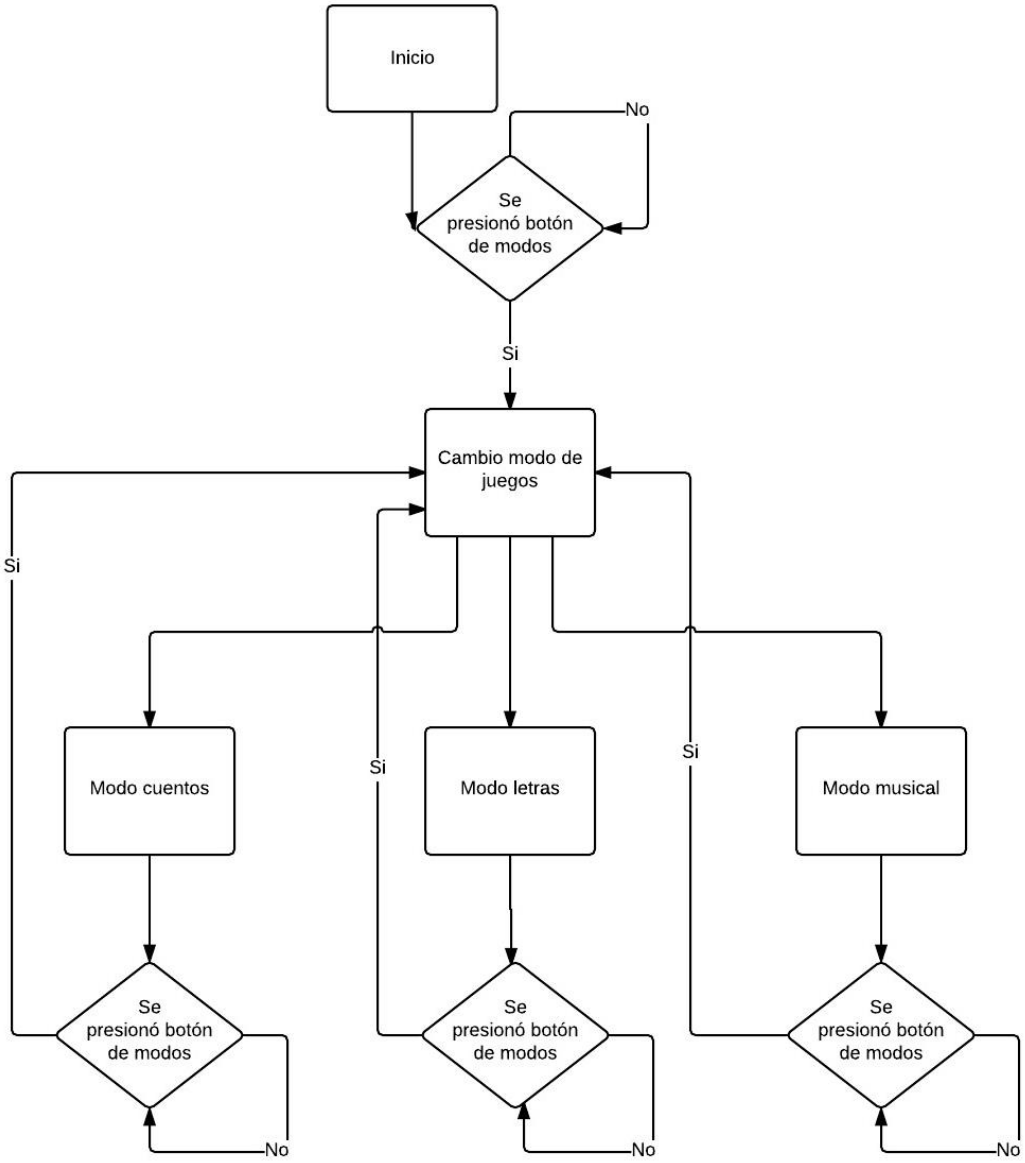


Figura 9. Diagrama de flujo general.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

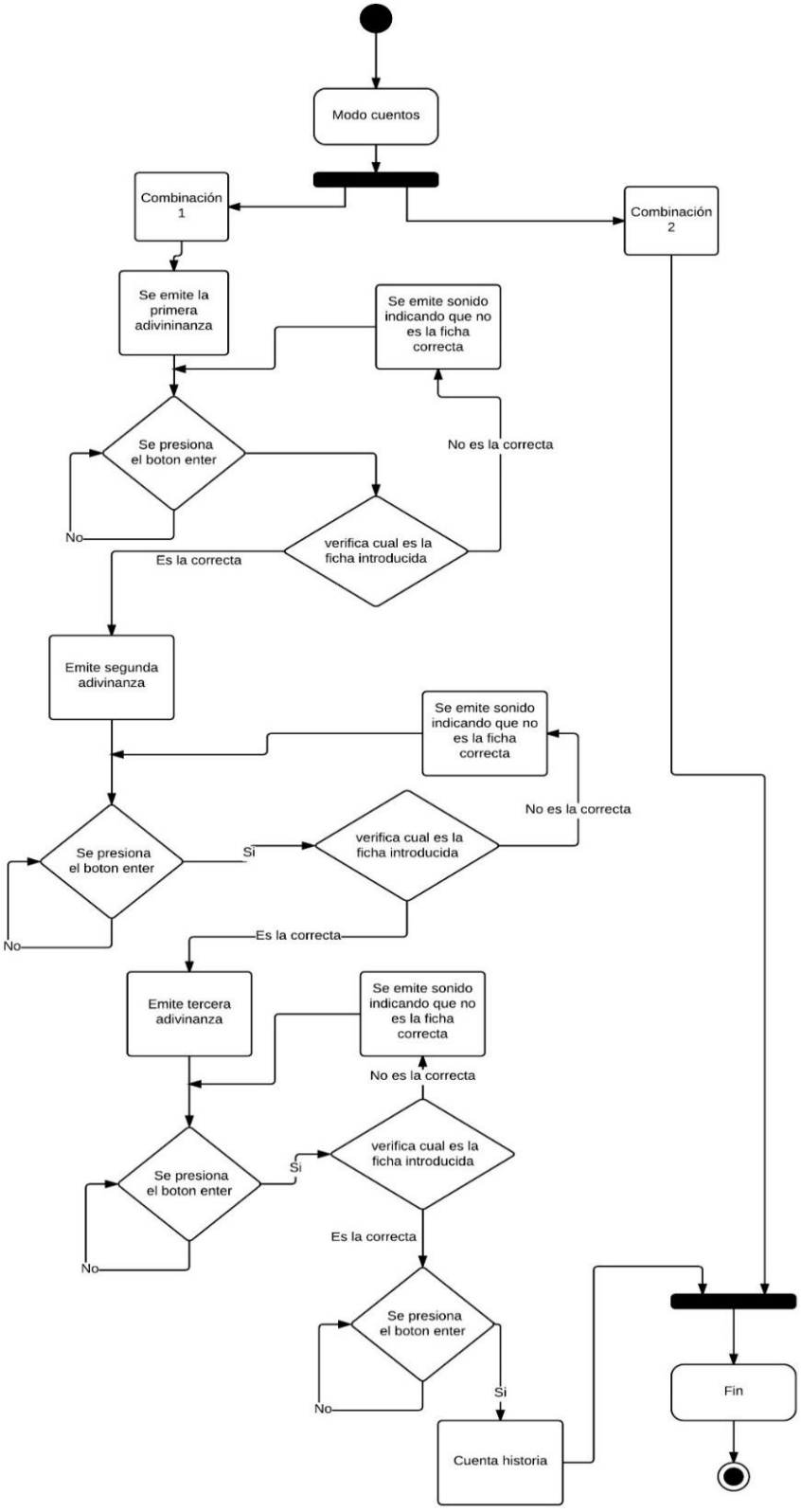


Figura 10. Diagrama de flujo modo cuentos.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

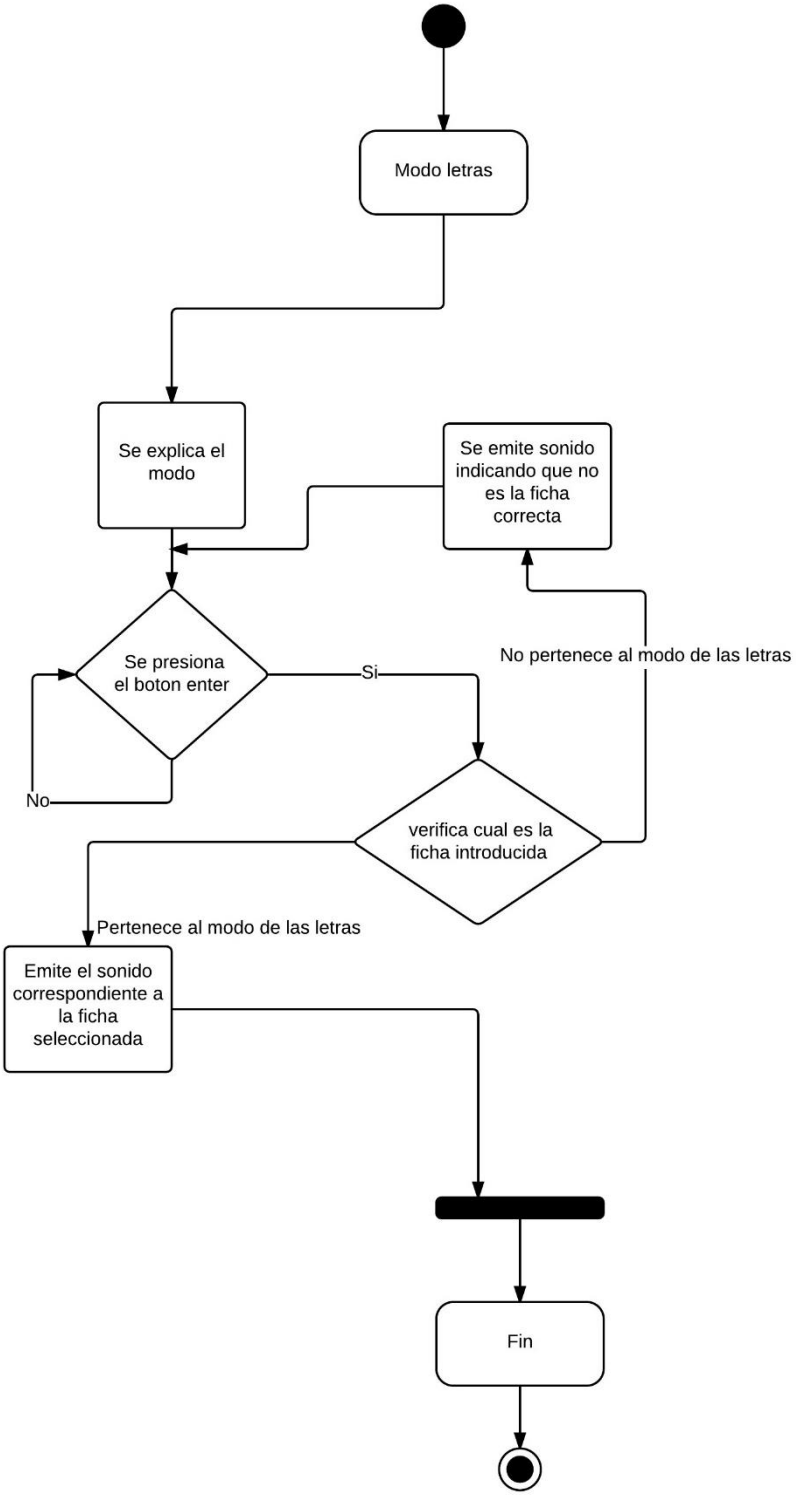


Figura 11. Diagrama de flujo modo letras.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

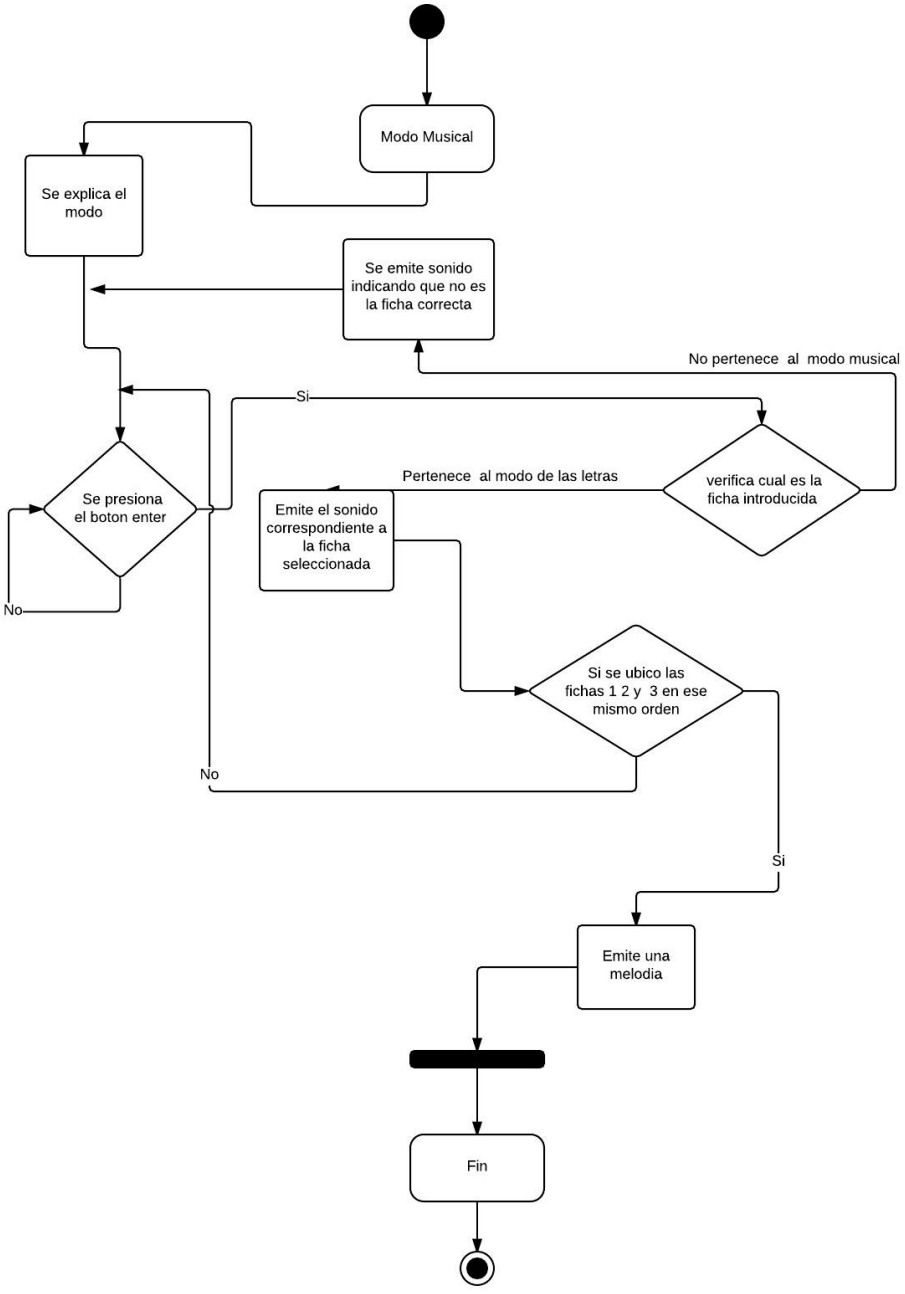


Figura 12. Diagrama de flujo modo musical

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La programación fue desarrollada en el software de la plataforma arduino y fue corroborada con el Software de simulación PROTEUS ISIS. Para ver el código en detalle ver anexo 7.

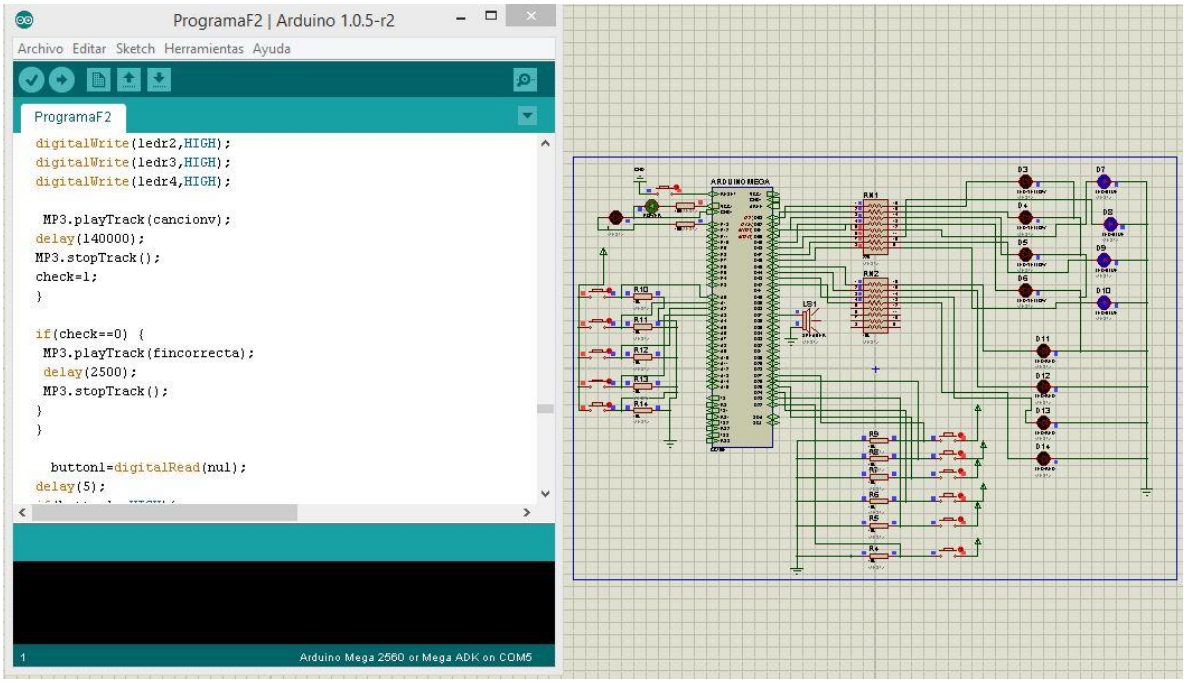


Figura 13. Programación y simulación.

En la figura 14 se puede ver más claramente los elementos electrónicos que lo componen sin incluir el reproductor MP3 ya que este no puede ser simulado en PROTEUS, los cuales son 12 LEDS (4 amarillos, 4 azules y 4 rojos) y 11 botones. 9 de los Botones están destinados a la identificación de fichas, 3 por cada una. Para identificar las fichas estas tienen agujeros que permiten la presión o no de los botones en diferentes tipos de combinaciones, en la tabla 15 se muestran todas las combinaciones empleadas. El 1 significa que está presionado y el 0 que no lo está.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 15. Cuadro de combinaciones de pulsadores.

Combinación	Pulsador 1	Pulsador 2	Pulsador 3
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

La herramienta cuenta con dos botones, uno es para cambiar entre los modos de juego y el restante es para usarse como botón de activación en los diferentes modos. El botón de activación (Enter) tiene como función indicar al sistema que una ficha ha sido posicionada, por lo tanto primero deberá colocarse la ficha y luego presionar el botón de activación.

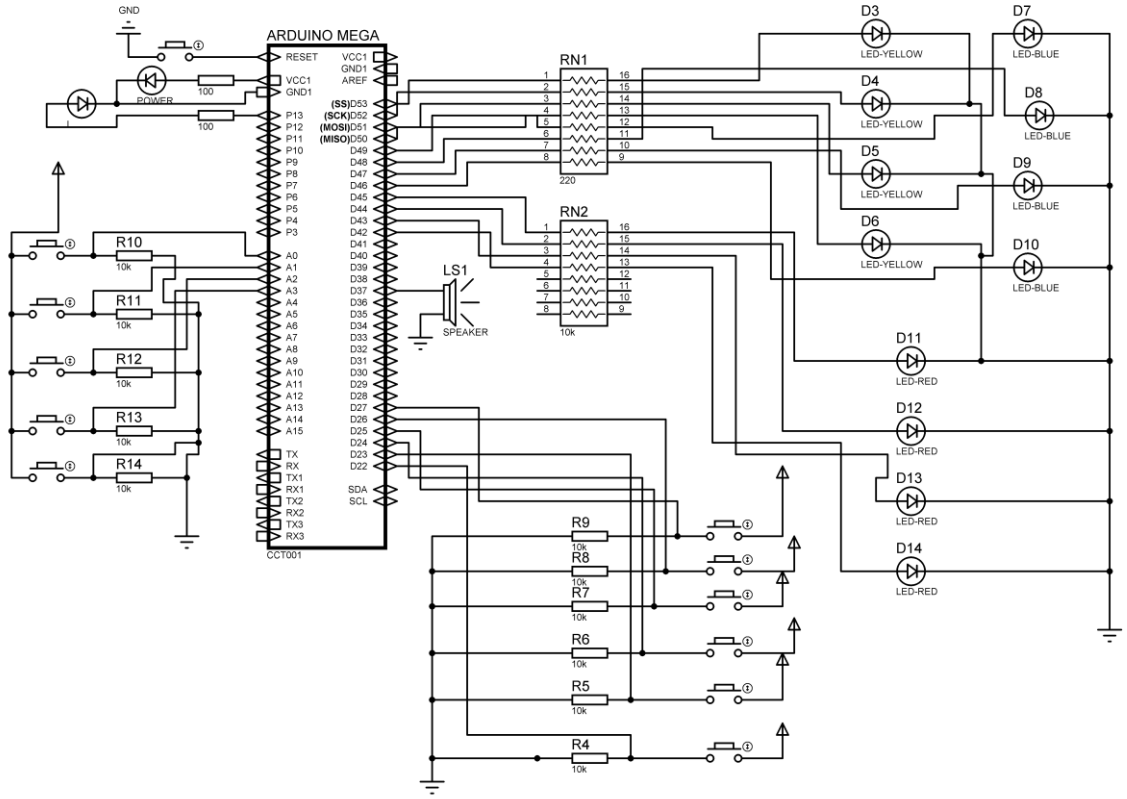


Figura 14. Esquemático de los circuitos de control

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Para el diseño de los pcbs se utilizó el software PROTEUS *ARES*, para optimizar espacio se decidió realizar 2 PCBs, uno donde estuviera el arduino, con los LEDS y 2 botones, mientras que en la segunda están las conexiones para los 9 botones restantes. En las figuras 15 y 16 se visualizan la representación 3D de los diseños de los PCB mientras que en las figuras 17 y 18 se visualizan los PCB

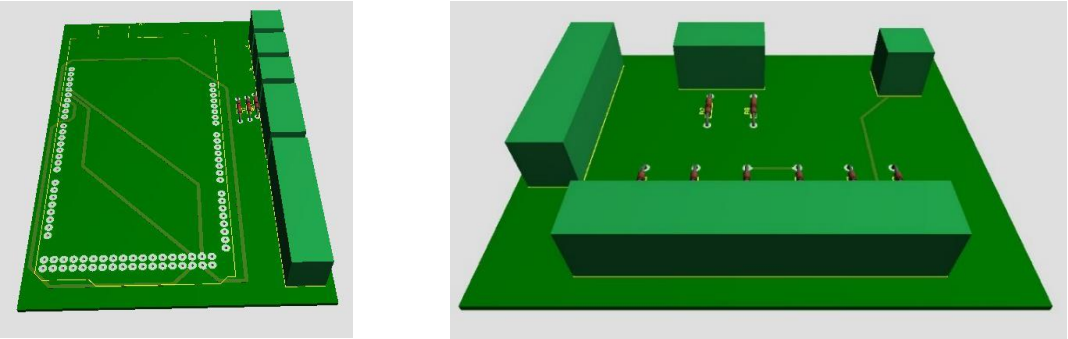


Figura 15-16. Impresión de las tarjetas para los circuitos (PCB) en 3D.

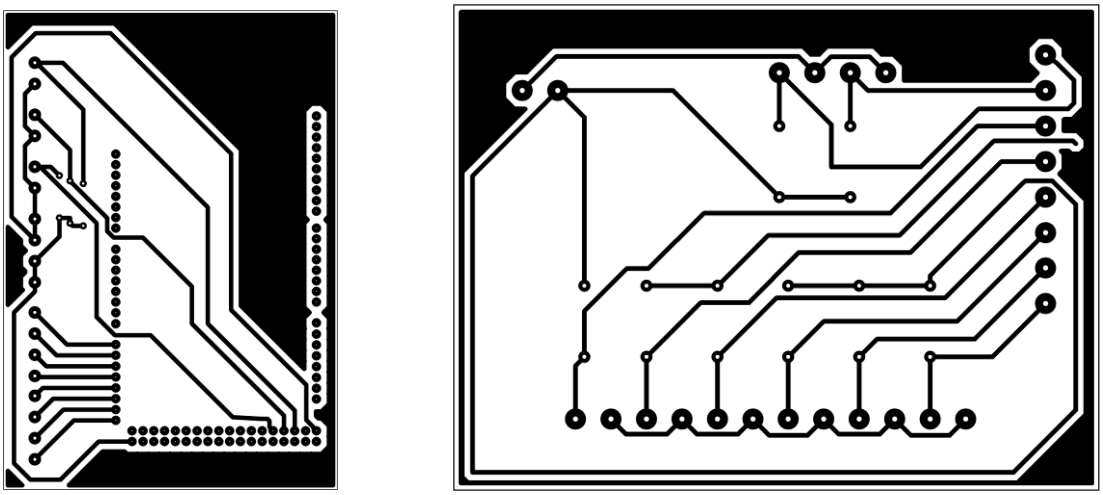


Figura 17-18. PCB de los circuitos.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.4.2 Diseño de la caja de interfaz

Teniendo como punto de partida el modelo blando previamente fabricado se prosiguió a realizar los cambios sugeridos y descubiertos en la sesión de grupo realizada. La caja de interfaz cuenta con un interruptor para la activación de los sistemas de control y operación, así como un conector para la alimentación.

En la cara superficial de la caja están localizadas los 3 espacios de encaje único donde se ubican las fichas con sus respectivos botones.

Los diseños fueron realizados mediante el Software de diseño Solid Edge 6, en la figura 19 se puede observar el diseño completo de la caja de interfaz sellada, mientras que en las figuras 20 y 21 se permite observar internamente los elementos que los componen.

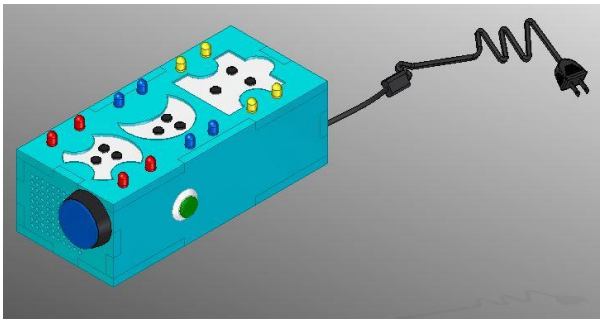
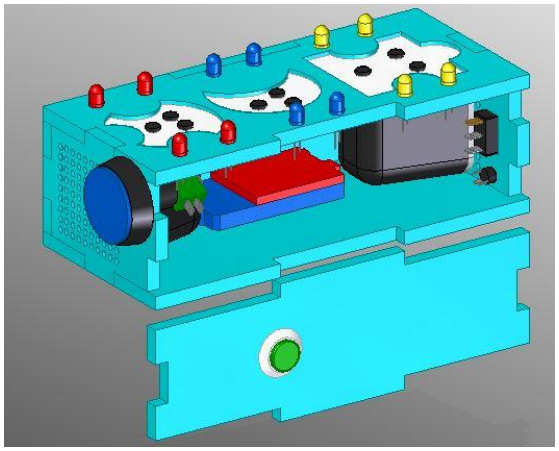


Figura 19. Diseño final de la herramienta.



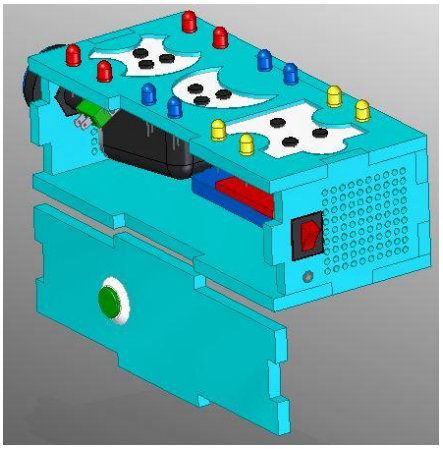
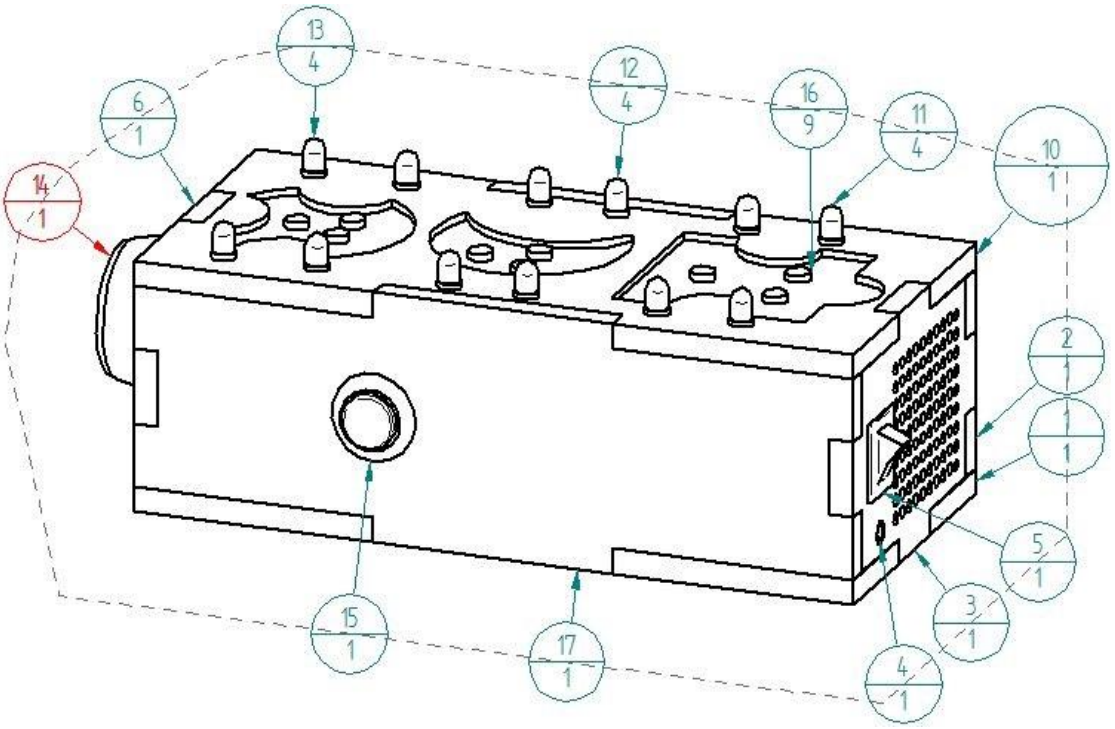


Figura 20-21. Diseño final de la herramienta en donde se visualiza los componentes internos.

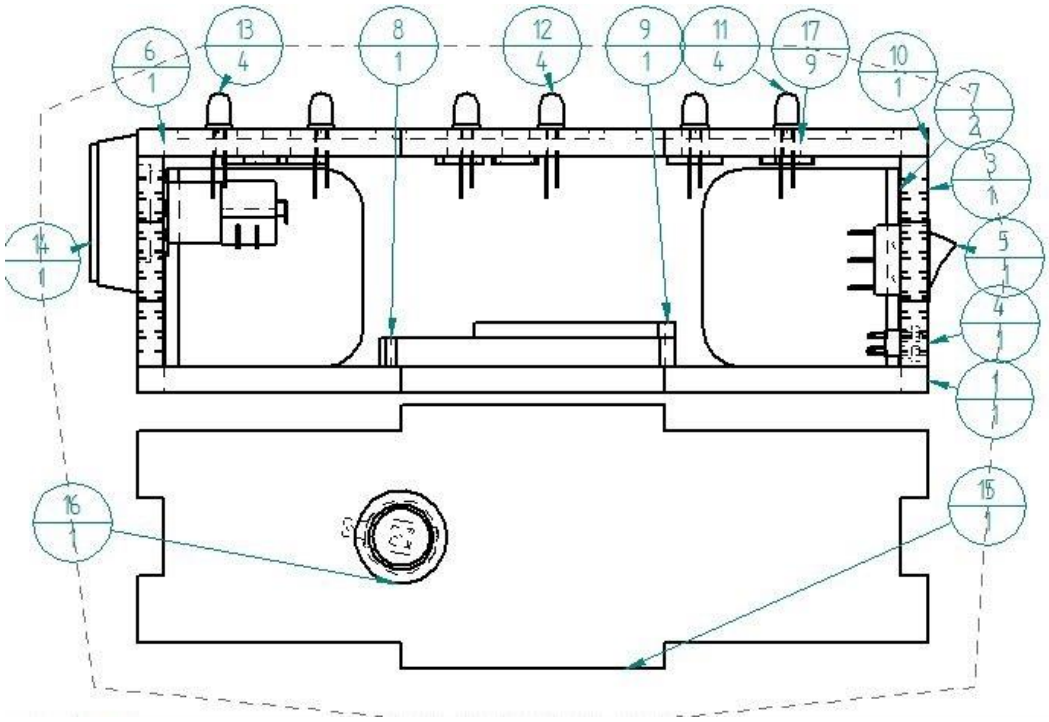
En las siguientes figuras se señalan y enumeran todos los elementos de la herramienta.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



Item Number	File Name (no extension)	Author	Quantity
1	Tablero2	Sebastian	1
2	Tablero3	Sebastian	1
3	Tablero 5	Sebastian	1
4	ConectE1	Sebastian	1
5	Interruptor	Sebastian	1
6	Tablero4	Sebastian	1
7	Portarrollo	Sebastian	2
8	Arduino	Sebastian	1
9	mp3shield	Sebastian	1
10	Tablero	Sebastian	1
11	BigLedY	Sebastian	4
12	BigLedB	Sebastian	4
13	BigLedR	Sebastian	4
14	PushButton	Sebastian	1
15	PushButton2	Sebastian	1
16	Bpushbutton	Sebastian	9
17	Tablero6	Sebastian	1

Figura 22. Lista de los elementos que componen la herramienta.



Item Number	File Name (no extension)	Author	Quantity
1	Tablero2	Sebastian	1
2	Tablero3	Sebastian	1
3	Tablero 5	Sebastian	1
4	ConectE1	Sebastian	1
5	Interruptor	Sebastian	1
6	Tablero4	Sebastian	1
7	Portarrollo	Sebastian	2
8	Arduino	Sebastian	1
9	mp3shield	Sebastian	1
10	Tablero	Sebastian	1
11	BigLedY	Sebastian	4
12	BigLedB	Sebastian	4
13	BigLedR	Sebastian	4
14	PushButton	Sebastian	1
15	Tablero6	Sebastian	1
16	PushButton2	Sebastian	1
17	Bpushbutton	Sebastian	9

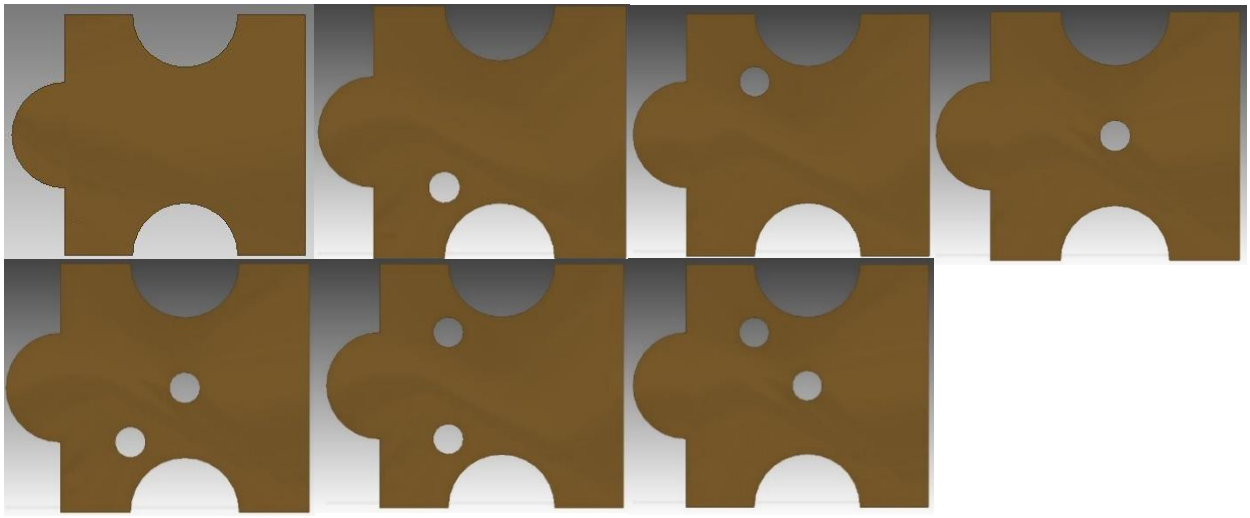
Figura 23. Lista de los elementos que componen la herramienta.

Para ver los planos de la caja de interfaz ver anexo 4.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.4.3 Diseño de las fichas

Como hay 3 modos de juego, existen diferentes tipos de fichas para cada juego. Como ya se mencionó antes, para diferenciar cada ficha se usa el método de encaje, por lo que cada ficha se limita a una posición. Además como se explicó en la parte de la programación, para identificar cada ficha se asignaron a cada una diferentes combinaciones de los botones. En la figura 24 se muestra todas las posibilidades para las ficha tipo rompecabezas



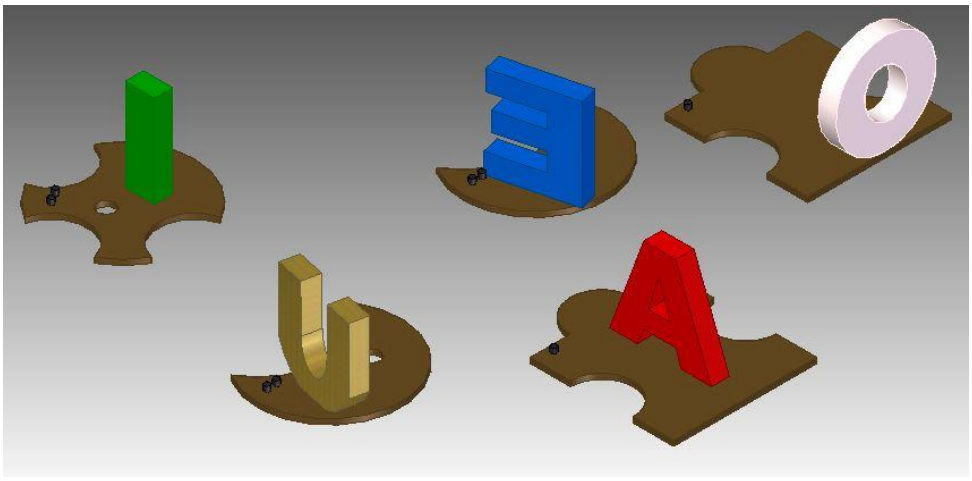
Figuras 24. Todas las posibilidades de las fichas tipo rompecabezas.

Para evitar que las fichas puedan funcionar en otros modos, se diseñaron las fichas de tal forma que por cada tipo de ficha solo puede haber un tipo de combinación, por lo que con el sistema de 3 pulsadores, y 3 tipos de fichas se podría tener un máximo de 21 fichas sin repetir.

Como ya se mencionó antes existen 3 modos diferentes, y por lo tanto 3 categorías de fichas.

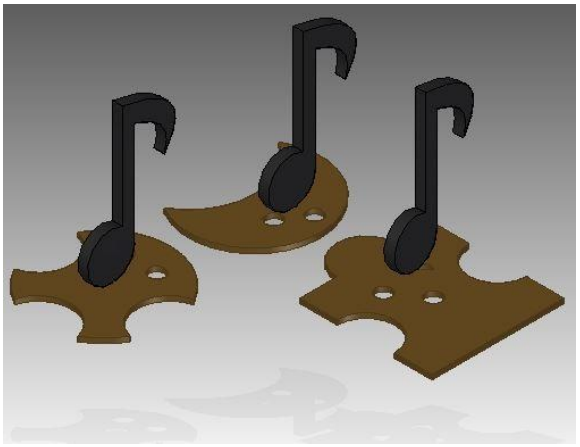
Para el modo letras se diseñaron las vocales como se pueden ver en las figuras 25.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



Figuras 25. Diseño de fichas del modo letras.

Para el modo musical se utilizó una semicorchea el cual es una figura musical como se puede ver en la figura 26.



Figuras 26. Diseño de fichas del modo musical.

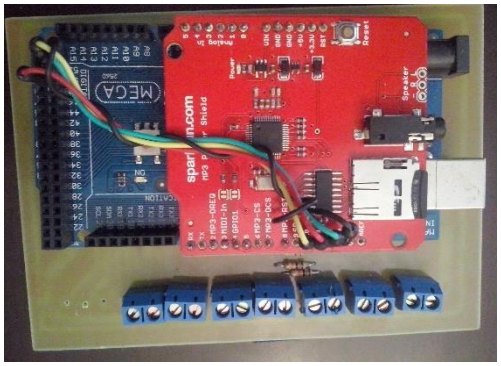
Mientras que para el modo cuento no se tiene un diseño detallado de las figuras que se usaron ya que se utilizaron figuras comerciales.

Para ver los planos de todas las fichas ir al anexo 4.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.4.4 Fabricación y ensamblaje

Para la fabricación de la caja se utilizó madera MDF de 10mm y se utilizaron los diseños previamente realizados. Todas las piezas fueron cortadas por una cortadora laser. Posterior a esto las piezas fueron ensambladas con colbón especial para madera para obtener una herramienta firme. Internamente se encuentran todos los componentes señalados anteriormente. Para la fabricación de los PCBs se utilizó la cortadora laser para generar los caminos sobre una placa fenólica de cobre, en las figuras 27 y 28 se puede observar los PCBs terminados y en la figuras 29 y 30 se puede observar la herramienta totalmente ensamblada.



Figuras 27-28. PCBs fabricados.

Figuras 29-30. Herramienta totalmente ensamblada.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Como ya se mencionó anteriormente, se fabricaron 15 fichas en total, estas se pueden ver en las figuras 31 a 33.

Figuras 31. Todas las fichas del modo cuento.

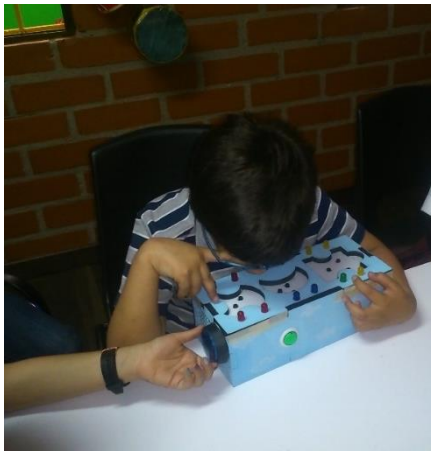
Figuras 32. Todas las fichas del modo letras.

Figuras 33. Todas las fichas del modo musical.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.5 Pruebas del prototipo

Para evaluar el desempeño de la herramienta se realizó una sesión de grupo con los mismos niños que participaron de las sesiones de grupos anteriores pero esta vez se integraron con niños sin discapacidad visual. En la sesión de grupo se les solicitó que evaluaran primero el aspecto físico de la herramienta, haciendo que la inspeccionaran.



Figuras 34-35. Los niños inspeccionando la herramienta.

Una vez que todos los niños tuvieran la oportunidad de conocer la herramienta, se les dividió en 3 grupos iguales para hacer las pruebas. El primer grupo se encargó de utilizar la herramienta en el modo cuentos.

Sobre este modo, se recibió una buena acogida por parte de los niños. Se logró observar como los niños con discapacidad visual usaban su sentido del tacto para identificar las fichas a los cuales algunas pistas les causaban dificultad, ya que no tenían conocimiento alguno de la representación física de las fichas a las cuales se les hacía alusión. Por otro lado, se notó el efecto de colaboración, ya que como era una actividad de adivinanzas y estaban divididos en grupos, tenían que estar de acuerdo para poner las fichas. Sobre este modo se mencionó que les agradó mucho el hecho de tener que jugar con adivinanzas, por otro lado les pareció muy divertido e importante la incorporación de sonidos que hicieran la herramienta más divertida. En las figuras 36 y 37 se encuentran las imágenes de la sesión en el modo cuento.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figuras 36-37. Prueba de la herramienta en modo cuento.

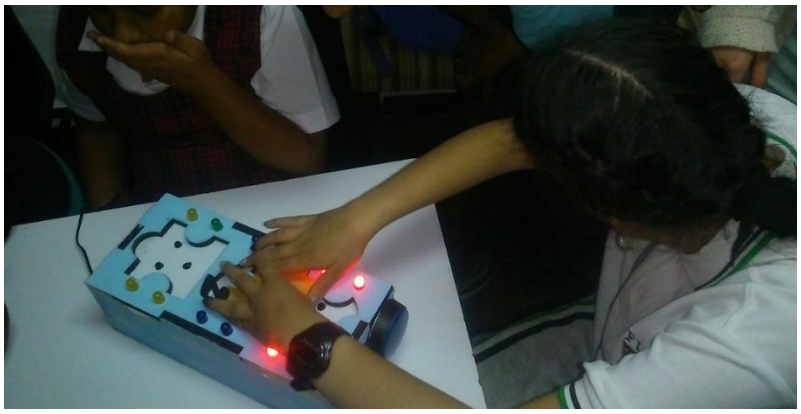
Para el modo de letras los niños con discapacidad visual mostraron su asombro al conocer las letras de una forma distinta a como ellos las conoces ya que ellos utilizan braille para la lectoescritura. El juego se terminó muy rápido ya que depende mucho de la agilidad para nombrar palabras que empiecen con una misma letra. Entre los comentarios de los niños expresaron que les hubieran gustado más fichas para utilizar. En las figuras 38 y 39 se presentan algunas imágenes de los niños jugando en este modo.

Figuras 38-39. Prueba de la herramienta en modo letras.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

En el modo musical ocurrió algo muy similar al modo letras en donde se terminó muy rápido ya que se contaba solo con 3 instrumentos, sin embargo la acogida de este modo fue la más favorable. Los niños encontraron los sonidos de los instrumentos muy llamativos.

En este modo se pudo observar cómo todos los participantes se encontraban en igualdad de condiciones ya que las fichas de este modo, no brindaban pista algún sobre que instrumento representaban. Permitió que todos los niños se guiaran únicamente por su sentido auditivo, desvaneciendo esa barrera de discapacidad.



Figuras 40. Prueba de la herramienta en modo musical.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la etapa de recolección de información se lograron establecer necesidades que deben tenerse en cuenta a la hora de diseñar y construir una herramienta para la recreación de niños, entre los 5 y 10 años de edad, con discapacidad visual y sin discapacidad visual. Gracias a que se logró cumplir 5 de 5 demandas identificadas y 4 deseos de 8 propuesto, se logró construir una herramienta que tiene un balance entre los gustos y los requisitos identificados durante el análisis del usuario.

En el proceso de recolección de requerimientos se identificó la importancia del desarrollo del pensamiento espacial y gráfico en niños con discapacidad visual como un aspecto por mejorar. Para poder adquirir estos conceptos gráficos los niños deben estar expuestos a un proceso de aprendizaje pero las herramientas necesarias para enseñarles a asociar objetos en 3D a conceptos teóricos son muy pocas. Esto se evidenció en la tercera sesión de grupo en donde se evaluó el prototipo final. Durante las adivinanzas en el modo cuentos de la herramienta, Camila y Nicole, dos niñas con ceguera completa, ambas sabían que una adivinanza hablaba de un cerdito mas no conocían como era un cerdito físicamente. Nicole, quien tiene 9 años, se sorprendió cuando se le explicó que el cerdito tiene cuatro patas y un hocico y orejas. Una vez se dio esta explicación fue para ella más fácil entender la ficha que portaba el cerdito. Igualmente sucedió con Camila. Fue necesario explicar las partes del cuerpo del cerdito mientras ella exploraba la figura con sus manos.

Durante la prueba del prototipo final también se pudo evaluar el impacto que la iluminación tuvo sobre los niños. La estimulación visual fue efectiva al llamar la atención de Rafael y Sofía, quienes tienen baja visión. Ellos se acercaban mucho a la herramienta para poner su rostro cerca a la luz, después de unos minutos comentaban como veían destellos. Ellos identificaban la presencia de la luz y aunque la idea principal no es que ellos se acerquen tanto a ella, fue una buena señal observar como la notaron.

Con respecto a los tres niños sin discapacidad visual que participaron en la evaluación del prototipo final, su respuesta a la herramienta fue positiva. Ellos se vieron atraídos por el juego y participaron activamente. Esperaron su turno pacientemente para poder colocar la ficha y descubrir la reacción de la herramienta ante ese estimulo. Aunque estos niños podían ver las fichas, no tenían siempre toda la información y podían estar expectantes a lo que podía suceder. En el modo 1, el modo de los cuentos, los niños debían también esforzarse por dar respuesta a las adivinanzas y escoger correctamente la ficha. En el modo 2 de las vocales, la descripción de cada vocal puede también fortalecer el aspecto educativo de su desarrollo. Pero en definitiva es el modo 3 del juego, el modo musical, en el que todos los niños están en igualdad de condiciones. En este modo las fichas no tienen un distintivo especial, es necesario poner la ficha en el juego, en la posición correcta, para poder descubrir qué instrumento representa cada ficha.

La interacción social que se pudo observar en la prueba del prototipo final fue espontánea. Al enfocar su atención en un juego en donde todos podían participar, los niños compartieron de un momento recreativo de una manera natural. En el registro fotográfico y en los videos tomados en la sesión se evidencian los comentarios y risas compartidas entre todos los niños que asistieron.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

5. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

Mediante una correcta metodología de investigación y trabajo, que permitiera realizar entrevistas y visitas a expertos como a centros que trabajan con niños en situación de discapacidad, fue posible la fabricación de un prototipo que permitiera favorecer el desarrollo integral de los niños y que a su vez fueran estimulados tanto a nivel sensorial como cognitivo gracias a que se lograron establecer tanto necesidades que debía cumplir la herramienta como gustos propios de sus posibles usuarios.

Partiendo de la metodología HCD y con la ayuda de los métodos de diseño y selección de concepto de Ulrich se logró fabricar una herramienta que implementara elementos lumínicos y sonoros y que pudiera ser implementada por niños con discapacidad visual y niños sin discapacidad.

Mediante los juegos es posible hacer que los procesos de rehabilitación y de aprendizaje puedan fortalecerse. Los juegos son una alternativa atractiva que tiene como beneficio extra el hecho de que dan lugar al desarrollo social y personal del niño.

El prototipo favorece el desarrollo integral de los niños al ser un medio con el cual ellos pueden utilizar sus otros sentidos en un ambiente recreativo.

La herramienta es versátil y da lugar a la ampliación de sus modos de juego. Para esto requeriría más fichas pero es posible trabajar sobre estas ideas para trabajos futuros. Los educadores requieren de herramientas flexibles para usar en el aula de clase y aunque esta herramienta es lúdica emplea muchos elementos didácticos que se pueden poner al servicio de un salón de clase.

A la hora de pensar en diseño universal, no se necesita mucho para hacer que un producto pueda ser útil para un grupo de personas en específico siendo a la vez útil para el promedio. Tan solo es necesario hacer un proceso de diseño basado en el usuario, en donde se tomen en cuenta los comportamientos, necesidades y deseos de la población a la que se busca incluir.

Usando metodologías participativas, se puede llegar a conocer tanto las necesidades reales del usuario como sus habilidades más fuertes las cuales pueden llegar a aprovecharse en el diseño. De esta manera un diseño puede adaptarse a las diversas necesidades y capacidades de una gran cantidad de usuarios.

Es así como esta herramienta fue diseñada buscando incluir a los niños con discapacidad visual no obstante, es posible volver a aplicar la misma metodología con niños con otro tipo de discapacidad para evaluar cómo puede evolucionar el diseño para permitir que estos también puedan hacer uso de él.

“Las personas con discapacidad visual poseen todas las capacidades mentales y sensoriales para integrarse siempre y cuando se les dé la oportunidad para demostrarlo.” (Restrepo Arbelaéz & Lugo Agudelo, 1995)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

BIBLIOGRAFÍA

AbleData. (Septiembre de 2013). *AbleData, your source for assistive technology*. Recuperado el Septiembre de 2013, de http://www.abledata.com/abledata.cfm

Angelo, J. (1997). The potential of Assistive technology to facilitate Play and Development. In J. Angelo, *Assistive Technology for Rehabilitation Therapists* (pp. 194-195). Philpadelphia: F.A Davis Company.

Alcaldía de Medellín, Secretaria General. (2009). Adopción de la política pública de discapacidad. *Acuerdo 86 del 2009*.

Adafruit. (2012). *Adafruit*. Obtenido de http://www.adafruit.com/product/789

ARDUINO. (2014). *ARDUINO*. Obtenido de http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno

Arenzon, S. (Mayo de 2014). *Abordaje Temprano de un niño ciego: Implicancias en la constitución subjetiva.* Obtenido de El Juego en los Límites: http://www.eljuegoenloslimites.com.ar/biblioteca

Bould, N., & Miller, M. (2007). Implementing Inclusive Playful Design. *Department of Geography, University of Otago*.

Burke, J. (s.f.). Children's perceptions of accessible playgrounds. *School of Education, University of Ballarat*.

Cavi, E. (2009). *Dispositivo de entrada y salida*. Obtenido de http://es.slideshare.net/inescita/dispositivo-de-entrada-y-salida

Chang, C.-M., Chang, Y.-C., & Chang, H.-Y. (2012). An interactive game-based shoulder wheel system. *Patient Preference and Adherence*.

Connell, B. R. (1997). *Los principios del diseño universal.* Carolina del Norte: El centro para el diseño universal, universidad de Carolina del Norte.

CP. (2011). *Club Planeta*. Obtenido de Los rompecabezas: http://www.peques.com.mx/los_rompecabezas.htm

Davidhizar, R., & Lonser, G. (2003). Storytelling as a Teaching. *Nurse Educator*, 217/221.

Departamento de Salud del Estado de Nueva York. (2006). *Trastornos de la motricidad.* Nueva York: Oficina de intervención temprana.

Dieter, G. E. (2013). Engineering Design. En L. C. George E. Dieter, *Engineering Design* (págs. 211-212). New york : McGraw-Hill.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Fundación Colombiana de Tiempo Libre y Recreación. (2006). *Fundación Colombiana de Tiempo Libre y Recreación*. Recuperado el 17 de Agosto de 2013, de http://www.funlibre.org/portafolio/recreacion_inclusion_discapacidad.php

Galdame, P. G. (1999). Juego, ocio y tiempo libre. Ayudas técnicas a su servicio. *Rehabilitación vol.33 Núm. 6*, 3-6.

García, M. M. (2007). *Desarrollo del niño con deficiencia visual desde una perspectiva sociocultural.* Medellin.

Ginnerup, S. (2010). *Hacia la plena participación mediante el diseño universal.* Madrid: Instituto de Mayores y Servicios Sociales (Imserso).

Grandal, K. (2007). Activity SOS: Success-Oriented Sensory Stimulation. *Re-creative Resources Inc*, 3.

Grellet, C. (Octubre de 2000). El juego entre el nacimiento y los 7 años. *Investigación-acción sobre la Familia y la Primera Infancia*. UNESCO.

Hotelfun4kids. (2011). *Wall panels and walls activities*. Recuperado el Octubre de 2013, de http://www.hotelfun4kids.com/hotelproducts/playareas/wallpanels.htm

Howcroft, J., Klejman, S., & Fehlings, D. (Agosto de 2012). Active Video Game Play in Children With Cerebral Palsy:. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 93*.

IDEO. (2014). *Human Centered Design Tool Kit 2nd Edition.* IDEO.

IEEE. (2010). *Interruptores eléctricos*. Recuperado el 2014, de http://www.tryengineering.org/lang/spanish/lessons/elecswitch.pdf

INCI. (26 de abril de 2012). *Niños y niñas con discapacidad visual en Colombia*. Obtenido de Centro virtual de noticias de la educación: http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-303293.html

Kirsch, K. (2010). *Magical Bridge*. Obtenido de http://www.magicalbridge.org/project.html

Kolucki, B. (Mayo de 2000). *A Historic Perspective: Inclusion for Infants and Young Children with Disabilities.* Obtenido de DisabilityWorld.Org: http://www.disabilityworld.org/April-May2000/Children/Historic.htm

Kulunka. (2007). Juego y discapacidad. *Asociación para la atención a niñ@s con alteraciones del*.

Luci. (12 de Septiembre de 2014). Tiflológa I.E Francisco Luis Hernandez. (S. U. Stephanie Valencia, Entrevistador)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Matic, L. J. (22 de Junio de 2004). *Playtime for Everyone, An Adapted Sensory Play Station.* Obtenido de RESNA: http://resna.org/conference/proceedings/2004/Papers/StudentDesign/TCS/PlayStation.html

Ministerio de salud. (2011). Disposición Nº 2230 : Normativa para la certificaciones de personas con discapacidad visual.

Miramos por ti. (2009). Estimulación sensorial. *Miramos por ti. Ayudas técnicas, equipamentos, adaptaciones y servicios.*

Molina Velásquez, T., & Banguero Millán, L. F. (2008). Diseño de un espacio sensorial para la estimulación temprana de niños con multidéficit. *Revista Ingeniería Biomédica*, 40-47.

Morey, L., & Taylor, L. (2008). Understanding and Creating Accessible Playgrounds. *Deparment of Geography, Trent University*.

Mullick, A. (2010). The Fun in Play: Independence, Assistance, Effort and Difficulty. *RESNA Annual Conference 2010*, 6.

Multis, F. (s.f.). *Fundación Multis*. Recuperado el 2014, de www.fundacionmultis.org

Nicholson, D. (3 de Diciembre de 2010). *All voices*. Recuperado el 28 de 07 de 2013, de http://www.allvoices.com/contributed-news/7514637-wii-rehabilitation-therapy

OMS. (Octubre de 2012). *Organización Mundial de la Salud*. (OMS, Editor) Recuperado el 22 de Abril de 2014, de 10 datos acerca de la ceguera: http://www.who.int/features/factfiles/blindness/blindness_facts/es/index8.html

OMS. (Octubre de 2013). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado el 22 de Abril de 2014, de Ceguera y discapacidad visual: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/

Organización Mundial de la Salud. (2001). Clasificación internacional del funcionamiento de la Discapacidad y la salud.

Organización Mundial de la Salud. (2013). *Dispositivos y tecnologías de apoyo a las personas con discapacidad*. Recuperado el Octubre de 2013, de http://www.who.int/disabilities/technology/es/

Ortiz, N. M. (2012). *Colombia Líder*. Recuperado el 19 de Agosto de 2013, de LAS LIMITACIONES NO ESTÁN EN LAS PERSONAS: http://www.colombialider.org/destacado/%E2%80%9Clas-limitaciones-no-estan-en-las-persona/

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

PAOLINI. (2010). *Manual del uso del acrilico.* Obtenido de http://www.paolini-sa.com/pdfs/manual_de_usopaolini.pdf

Pecci Garrido, M. C. (2010). El juego infantil y su metodología. Madrid: McGraw Hill.

Pesce, C., Mogara, M., & Mingo, V. (2008). Programa de estimulación del desarrollo infantil Juguemos con nuestros hijos. *Serie reflexiones: Infancia y adolencencia UNICEF*.

PROPILCO. (2012). *ESENTTIA.* Obtenido de http://www.esenttia.co/downloadableFiles/technologyServices/informacionPolipropileno/421_Generalidades_con_Logo.pdf

Raspberrypi. (2014). *Raspberrypi*. Obtenido de http://www.raspberrypi.org/

Reidel, J. (2014). Senior Project Turns Into Successful Tech Start-up to Help the Blind. *Research at The University of Vermont*, 1.

Restrepo Arbelaéz, R., & Lugo Agudelo, H. L. (1995). Rehabilitación en salud una mirada médica necesaria. Medellin, Colombia: Universidad de Antioquia. Recuperado el 2014

Rodriguez, S., & Henao, Á. (20 de Agosto de 2013). Instituto Nacional para ciegos. (S. V. Valencia, Entrevistador)

Rosen, M. (Mayo de 2014). Who draws?...and how well? *E.A.S.Y. LLC News*, pág. 1.

Rouge Robotics. (2011). *uMP3 Playback Module*. Obtenido de http://www.roguerobotics.com/products/electronics/ump3#toc2

Ruiz Barrero, O. L., Peña Castañeda, G. J., & Maya Peña, L. I. (2010). Lo que debemos saber de Discapacidad visual. *Módulo 8 Orientaciones pedagógicas para la atención y la promoción de la inclusión de niñas y niños menores de seis años con Discapacidad*.

Salguero, M. J. (2011). Aprender Jugando en educación infantil. *Peagoía Magna*.

Salleha, N. M. (2010). How and why the visually impaired students socially behave the way they do. *Procedia Social and behavioral sciences*, 859-863.

Saposnik, G., Teasell, R., & Mamdani, M. (2010). Effectiveness of Virtual Reality Using Wii Gaming Technology in Stroke Rehabilitation. *Stroke*.

SD Association. (2014). *SdCard*. Obtenido de https://www.sdcard.org/developers/about/

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

SIGMA. (2011). *Future electronics*. Obtenido de http://www.sigmaelectronica.net/docs/Color-Sensor-working-principle-and-Arduino-Code.pdf

Skulski, J. K. (october de 2007). Designing for Inclusive Play: Applying the Principles of Universal. *Bloomington, IN: National Center on Accessibility, Indiana University-*.

SPARKFUN. (2011). *MP3 Player Shield*. Obtenido de https://www.sparkfun.com/products/10628

SUCONEL. (2012). *Suconel suministro y control electrico*. Obtenido de

http://www.suconel.com/virtual/index

.php?page=shop.product_details&product_id=6896600&flypage=flypage.tpl&vmcchk=1&option=com_virtuemart&Itemid=64

Taheri, H., Rowe, J. B., Gardner, D., & Chan, V. (Agosto de 2012). Robot-Assisted Guitar Hero for Finger Rehabilitation after Stroke. *IEEE EMBS*.

Thompson, L. (2003). The visually impaired child. *The Pediatric Clinics of North America*, 225-239.

Torres Torriti, M. (2007). *TUTORIAL MICROCONTROLADORES PIC*. Obtenido de http://web.ing.puc.cl/~mtorrest/downloads/pic/tutorial_pic.pdf

UNICROM. (2012). *Electrónica Unicrom*. Obtenido de http://www.unicrom.com/

UPV. (18 de Enero de 2012). (Universidad Politecnica Valenica) Recuperado el 28 de Julio de 2013, de http://www.inforuvid.com/inforuvid/index.php?edi=2124&con=3080&sec=2

Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2000). *Diseño y Desarrollo de Producto: Enfoque Multidisciplinario.* McGraw-Hill.

Urosevic, J. (2010). Creating Educational Toys And Activities For Children Who Are Blind Or Visually Impaired. *Texas School for the Blind and Visually Impaired*.

UTISA. (2011). *MDF.* Obtenido de Tableros del Mediterraneo: http://www.infomadera.net/uploads/pliegos/archivo_10_Tableros%20MDF_01.01.2011.pdf

Yaemsiri, C. W. (22 de Junio de 2004). *Orientation Game for Visually Impaired Toddlers.* Obtenido de RESNA : http://resna.org/conference/proceedings/2004/Papers/StudentDesign/TCS/OrientationGame.html

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Yantzi, N., & Mckeever, N. L. (2010). The suitability of school playgrounds for physically disabled children. *Children's Geographies*.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.