

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

**“Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en
Electrónica y Telecomunicaciones”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO DEL PROYECTO

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTÓNOMO PARA
EL DESARROLLO COGNITIVO PARA NIÑOS DE 2 A 3 AÑOS.**

AUTORES:

Ronny Stalin Guevara Cruz
Katty Fernanda Tagua Velasco

TUTOR:

Ing. Deysi Vilma Inca Balseca

Riobamba - Ecuador
AÑO 2018

Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación de título: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTÓNOMO PARA EL DESARROLLO COGNITIVO PARA NIÑOS DE 2 A 3 AÑOS**, presentado por: **Ronny Stalin Guevara Cruz** y **Katty Fernanda Tagua Velasco**, dirigida por **Ing. Deysi Vilma Inca Balseca**.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman

Mgs. Deysi Inca
Directora de Proyecto



Firma

Mgs. Alfonso Gunsha
Miembro de Tribunal



Firma

Mgs. José Jinez
Miembro de Tribunal



Firma

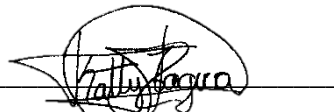
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: **Ronny Stalin Guevara Cruz, Katty Fernanda Tagua Velasco** e **Ing. Deysi Inca**; y al patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Ronny Stalin Guevara Cruz

C.I: 050386619-6



Katty Fernanda Tagua Velasco

C.I: 160046299-6

AGRADECIMIENTOS

Agradezco ante todo a Dios por darme la vida, y la sabiduría necesaria y así guiarme en esta etapa de mi vida.

A mis padres por ser un pilar fundamental y apoyo económico para culminar esta importante investigación, brindarme sus consejos y experiencias haciendo posible cumplir una meta más de mi vida.

A mis hermanos por impartirme el coraje necesario para seguir adelante.

A los docentes de la Universidad Nacional de Chimborazo que impartieron sus conocimientos en las aulas, en especial a nuestra tutora de tesis, que permitió que ni el estrés, ni las malas situaciones, ni el desánimo nos vencieran, brindándonos su amistad, apoyándonos en todo momento y enseñándonos a trabajar en beneficio de la sociedad.

A Katty por haberme brindado esta gran amistad, apoyo, conocimientos y en especial ánimos, y juntos haber podido culminar este trabajo de investigación.

A mis primos y amigos por estar en los buenos y malos momentos.

Ronny Guevara

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, y hacer realidad este sueño anhelado.

A mis padres, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mí, y anhelar lo mejor para mi vida, gracias por cada uno de sus consejos que me han guiado en este camino.

A mis hermanas que siempre confiaron en mí, y fueron un apoyo a lo largo de esta carrera.

A mi tutora de tesis, Ing. Deysi Inca, por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación he logrado culminar con este trabajo de investigación.

A Ronny, por ser un excelente compañero de tesis y amigo, por el apoyo y motivación para culminar con este trabajo de investigación.

A mis amigos, que siempre me han prestado un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles de esta carrera.

Katty Tagua

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres José y Patricia por su apoyo en todo momento, consejos, comprensión, amor y sin duda por creer que lo lograría, ha sido una lucha constante, pero lo hemos logrado. Por hacer de mi todo lo que soy como persona, mis valores, mi esfuerzo, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis sueños y mi personalidad.

A mis hermanos por el apoyo incondicional, y más que todo por haber sido la compañía en esta lucha, porque no es fácil salir a otra ciudad a estudiar, pero gracias a ustedes lo eh logrado.

A Dominic, la pequeña luz que trajo consigo alegría a nuestro hogar.

A todas aquellas personas que aportaron en esta etapa de mi vida, mis abuelitos, mis tíos y tías, amigos y amigas, docentes y Jorguito.

“Todos nuestros sueños pueden convertirse en realidad si tenemos la valentía de perseguirlos”. **Walt Disney.**

Ronny Guevara

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a enfrentar las adversidades sin decaer en el intento.

A mis padres, quienes me apoyaron en todo momento, con sus consejos, valores, motivándome a ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor, ya que gracias a ellos soy lo que soy.

A mis hermanas Becky y Tania, quienes han sido mi inspiración para poder cumplir esta meta, dándome su compañía y palabras de motivación.

A mis amigos que siempre estuvieron presentes en este camino de formación, brindándome su apoyo, asesoramiento para concluir esta carrera.

Katty Tagua

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	4
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
INTRODUCCIÓN	7
CAPITULO I.....	9
1. OBJETIVOS	9
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	9
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
CAPITULO II	10
2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. ANTECEDENTES.....	10
2.2. TEORÍA COGNITIVA.....	10
2.2.1. HABILIDADES COGNITIVAS	11
2.3. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES	12
2.4. MÉTODOS DE RECONOCIMIENTO DE VOZ.....	13
2.4.1. APROXIMACIÓN EN BASE A PLANTILLAS	13
2.4.2. ANÁLISIS PREDICCIÓN LINEAL (LPC)	13
2.4.3. PREDICCIÓN DEL LPC.....	13
2.5. ARDUINO UNO.....	14
2.6. MATLAB.....	15
2.7. IMPRESORA 3D.....	15
2.7.1. PLA.....	16
CAPITULO III.....	17
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
3.1. TIPO DE ESTUDIO	17
3.1.1. INVESTIGACIÓN CUALITATIVA.....	17
3.2. MÉTODOS TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	17
3.2.1. MÉTODOS	17
3.2.1.1. MÉTODO DESCRIPTIVO.....	17
3.2.1.2. MÉTODO INVESTIGATIVO EXPERIMENTAL.	17
3.2.2. TÉCNICAS	17
3.2.2.1. OBSERVACIÓN	17
3.2.3. INSTRUMENTOS.....	18

3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	18
3.3.1.	POBLACIÓN.....	18
3.4.	PROCEDIMIENTOS.....	18
3.5.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	18
3.5.1.	DISEÑO DEL SISTEMA AUTÓNOMO.....	18
3.5.1.1.	INDICADORES DE LECTURA.....	19
3.5.1.2.	ALGORITMO PROPUESTO.....	19
3.5.1.2.1.	PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES.....	19
3.5.1.2.2.	RECONOCIMIENTO DE VOZ.....	21
3.5.2.	DISEÑO DE RECURSOS.....	22
3.5.2.1.	TARJETAS DE ESTIMULACIÓN TEMPRANA.....	22
3.5.2.2.	TECLADO INTERACTIVO.....	23
3.5.2.3.	CAJA OPERARIA.....	24
3.5.3.	CONSTRUCCIÓN DE RECURSOS.....	25
CAPÍTULO IV.....		29
4.	RESULTADOS EXPERIMENTALES.....	29
4.1.	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	29
4.2.	ANÁLISIS DEL SISTEMA.....	29
4.2.1.	TIEMPO DE PROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES.....	29
4.2.2.	EFICIENCIA EN EL RECONOCIMIENTO DE IMAGEN.....	30
4.2.3.	EFICIENCIA EN EL RECONOCIMIENTO DE VOZ.....	31
4.2.4.	TIEMPO DE PROCESAMIENTO DE VOZ.....	32
4.2.5.	RESPUESTA A LOS RECURSOS EXTERNOS.....	33
4.2.6.	PRUEBAS EN NIÑOS DE 2 A 3 AÑOS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.....	34
CAPÍTULO V.....		36
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	36
5.1.	CONCLUSIONES.....	36
5.2.	RECOMENDACIONES.....	36
BIBLIOGRAFÍA.....		37
ANEXOS.....		39
ANEXO 1.....		39
ANEXO 2.....		42
ANEXO 3.....		44

ANEXO 4	47
ANEXO 5	48
ANEXO 6	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Impresora 3D.....	15
Figura 2. Filamento PLA	16
Figura 3. Proceso completo para conseguir el procesamiento digital de imágenes.	20
Figura 4. Proceso completo para conseguir el reconocimiento de voz.	21
Figura 5. Tarjeta de estimulación temprana diseñada en SketchUp Pro 2018.....	23
Figura 6. Teclado interactivo diseñado en SketchUp Pro 2018	23
Figura 7. Teclado interactivo armado en triplex.....	24
Figura 8. Caja operaria diseñada en SketchUp Pro 2018	24
Figura 9. Cubierta superior diseñada en SketchUp Pro 2018	25
Figura 10. Kossel Mini Delta Rockstor, Impresora 3D.....	25
Figura 11. Filamento PLA	26
Figura 12. Visualización de la pantalla de Repeter Host V2.0.5.....	26
Figura 13. División de la caja operaria diseñada en SketchUp Pro 2018	27
Figura 14. Cubierta superior dividida diseñada en SketchUp Pro 2018	27
Figura 15. Tarjetas de Estimulación temprana terminada.....	33
Figura 16. Caja Lectora terminada	33
Figura 17. Teclado interactivo terminado.....	34
Figura 18. Impresión de la caja operaria.....	39
Figura 19. Caja operaria impresa	40
Figura 20. Tarjetas de estimulación temprana impresas.....	40
Figura 21. Teclado interactivo en triplex	41
Figura 22. Configuración de pines del Arduino Uno	42
Figura 23. Características del ordenador utilizado.	42
Figura 24. Portada de inicio de la interface en GUIDE.....	44
Figura 25. Actividad uno en GUIDE.....	44
Figura 26. Actividad dos en GUIDE.....	45
Figura 27. Actividad tres en GUIDE.....	45
Figura 28. Imagen final de la interface en GUIDE.	46
Figura 29. Sistema autónomo para el desarrollo cognitivo en niños de 2 a 3 años.	47
Figura 30. Entrenamiento del niño para la correcta utilización del sistema.	48
Figura 31. Niño realizando la actividad de “Jugando a identificar”	48
Figura 32. Niño realizando la actividad de “Botón mágico”	49
Figura 33. Niño realizando la actividad de “Reto matemático”	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características principales del Arduino Uno.....	14
Tabla 2. Características de impresión.	28
Tabla 3. Tiempo de procesamiento de las TET.	29
Tabla 4. Eficiencia de procesamiento de las TET.	30
Tabla 5. Eficiencia de procesamiento de las TET.	30
Tabla 6. Pruebas con niños	31
Tabla 7. Pruebas con adultos	31
Tabla 8. Eficiencia del reconocimiento de voz infantil.....	32
Tabla 9. Eficiencia del reconocimiento de voz de adulto.....	32
Tabla 10. Tiempo de reconocimiento de voz.....	32
Tabla 11. Aciertos obtenidos en niños de 2 a 3 años.....	34
Tabla 12. Comprobación de Hipótesis	35
Tabla 13. Porcentaje de adquisición de habilidades.....	35

RESUMEN

El ámbito cognitivo es un aspecto esencial del desarrollo del niño de dos a tres años, el niño va consolidando el lenguaje, comienza a comprender conceptos abstractos y a relacionar unos conceptos con otros, mejora su capacidad de atención, memoria y progresa en el conocimiento y control de su propio cuerpo.

Las tecnologías inciden en el desarrollo de los niños, ya sea positiva o negativamente pero el uso de estas nuevas tecnologías debe ser una experiencia más de aprendizaje.

Por ello, en el presente proyecto de investigación se pretende diseñar e implementar un sistema autónomo para el desarrollo cognitivo en niños de 2 a 3 años, permitiendo una interacción directa con el ordenador, proporcionando al niño diversas actividades que influyan de manera positiva en su desarrollo cognitivo.

Una de las primeras tareas en el presente proyecto fue revisar los aportes de las diferentes teorías psicológicas, de carácter cognitivo por Pozo, Bruner, Vygotski y Jean Piaget; sin dejar a un lado la investigación de las diferentes habilidades cognitivas desarrolladas por los niños en edades entre 2 a 3 años.

Para cumplir con este objetivo se decidió diseñar una interface gráfica en GUIDE de Matlab en su versión ®17, dentro del mismo se implementó algoritmos para el procesamiento digital de imágenes y reconocimiento de voz, pilares fundamentales para el desarrollo de cada una de las actividades dentro de la interface, que mejoraran las habilidades cognitivas de los niños puestos a prueba.

A partir de ello se diseñó, simuló y construyó los diferentes recursos necesarios para el desarrollo de cada actividad como: las TET (Tarjetas de Estimulación Temprana), el teclado interactivo y la caja lectora.

Finalmente, las pruebas del sistema autónomo para el desarrollo cognitivo se realizaron en un grupo de niños con edades de entre 2 a 3 años de la ciudad de Riobamba. Se obtuvieron resultados bastantes significativos al usar el sistema propuesto.

ABSTRACT

ABSTRACT

The cognitive field is an essential aspect of the development of the child from two until three years, the child is consolidating the language, begins to understand abstract concepts and relate some concepts with others, improves their attention span, memory and progresses in knowledge and control of their own body. The Technologies affect the development of children, positively or negatively, either but the use of these new technologies must be a learning experience. Therefore, in this research project pretended to design and implement an autonomous system for cognitive development in children from 2 until 3 years, allowing a direct interaction with the computer, providing the child with various activities that influence their cognitive development in a positive way. One of the first tasks in the present project was to review the contributions of the different psychological theories of cognitive nature by Pozo, Bruner, Vygotski and Jean Piaget; with this investigation of the different cognitive skills developed by children between 2 and 3 years. To achieve this goal, it was decided to design a graphical guide interface for Matlab in its @17 version, within it algorithms for digital image processing and speech recognition were implemented, fundamental pillars for the development of each of the activities within the interface, which will improve the cognitive abilities of children put to the test. Based on this, the different resources necessary for the development of each activity were designed, simulated and constructed, such as the TET (Early Stimulation Cards), the interactive keyboard and the reading box.

Finally, the tests of the autonomous system for cognitive development were made in a group of children of 2 and 3 ages' years from the Riobamba city. Significant results were obtained when using the proposed system.


Reviewed by: Chavez, Maritza
Language Center Teacher



INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Sin lugar a duda el modo en que se vive, aprende y trabaja está cambiando con rapidez, la explosión de la tecnología es quizás el indicador más poderoso del rápido cambio social. Cada vez es mayor la presencia de diversos tipos de tecnologías en el hogar, escuela y lugar de trabajo y existe una gran variedad de productos destinados a niños. Todas estas nuevas tecnologías inciden en el desarrollo de los niños, ya sea positiva o negativamente pero el uso de estas nuevas tecnologías debe ser una experiencia más de aprendizaje.

Es por ello que, dentro de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, en la Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones se logró obtener los conocimientos que permitieron lograr el diseño e implementación de un sistema autónomo para el desarrollo cognitivo para niños de 2 a 3 años a un costo considerable, mediante el uso de recursos existentes dentro del hogar.

No cabe duda de la importancia que tienen los primeros años de vida en el desarrollo global del niño para lo cual se centró en el desarrollo cognitivo en niños de 2 a 3 años, en donde los padres puedan ayudar al hijo para que el desarrollo siga una evolución lo más óptima posible.

Debido a que a esta edad el niño experimenta un deseo de independencia y haciendo uso de los recursos tecnológicos se considera el desarrollo de un sistema autónomo para su educación.

Uno de los grandes avances en la actualidad es la implementación de técnicas del procesamiento digital de imágenes dentro del campo educativo. Esto se debe a que estos métodos desarrollan aplicaciones que permite al operario interactuar con el

ambiente al que se halle expuesto, brinda soluciones a un bajo costo, y con recursos ya existentes.

Mediante la utilización de tests de aprendizaje se podrá evaluar el mejoramiento de las habilidades cognitivas en un grupo de niños con edades comprendidas entre 2 y 3 años. Esto con el fin de poder analizar el desempeño y eficiencia del sistema en el uso frecuente.

CAPITULO I

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar e implementar un sistema autónomo para el desarrollo cognitivo en niños de 2 a 3 años.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar el aprendizaje que debe tener un niño de 2 a 3 años, a fin de planificar actividades dentro del sistema autónomo.
- Diseñar la interfaz apropiada para el desarrollo cognitivo basado en procesamiento digital de imágenes.
- Evaluar el desempeño del sistema a través de test de habilidades en un grupo de niños de 2 a 3 años.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

El presente proyecto de investigación inicia con varios estudios de aportes realizados por Pozo, Bruner, Vygotski y Jean Piaget, enmarcados dentro del área psicológica cognitiva.

Las teorías psicológicas de carácter cognitivo coinciden en entender una serie de funciones específicas que permite al sujeto comprender y transformar la realidad. (Fuentes Ramírez & Sánchez Torres, 2009)

El procesamiento digital de imágenes y el reconocimiento de voz sin lugar a duda es una alternativa que se está tomando para el desarrollo de aplicaciones en tiempo real que interactúen con el operario, esta tecnología ha otorgado excelentes resultados en su experimentación, pero al no encontrar antecedentes enmarcado en el desarrollo cognitivo a temprana edad, se podría concluir que es un tema de estudio relativamente nuevo.

2.2. TEORÍA COGNITIVA

Los antecedentes del modelo cognitivo surgen en la década de los 80, el profesor Robert Sternberg y la psicóloga Janet Davidson expertos en el desarrollo cognitivo mencionan en 1982 el modelo Sternberg and Davidson, donde asocian la creatividad con el resultado de múltiples procesos cognitivos. (Sternberg & Davidson, 1982)

Por tanto, el aprendizaje es un cambio constante de los conocimientos o de la comprensión, basado a la reorganización de experiencias pasadas como de la información nueva que el individuo va adquiriendo. (Haro Mediavilla & Mendez Maigua, 2010)

(Villarroel Idrovo, 1995) “El modelo Cognoscitivo o Cognitivo explica el aprendizaje en función de las experiencias, información, impresiones, actitudes e ideas de una persona y la forma como esta las integra, organiza y reorganiza. Es decir, el aprendizaje es un cambio permanente de los conocimientos, debido a la reorganización de las experiencias pasadas cuanto a la información nueva que se va

adquiriendo. Cuando una persona aprende sus esquemas mentales sus reacciones emotivas y motoras entre el juego para captar conocimiento, procesarlo y asimilarlo. El conocimiento no es una mera copia figurativa de lo real, es una elaboración subjetiva que desemboca en la adquisición de representaciones mentales” (Pag. 116)

Los autores investigados como Pozo, Bruner, Vygotski y Piaget coinciden en entender el concepto cognitivo como un tipo especial de representación mental; que cumple una serie de funciones específicas y que permite al individuo comprender y transformar la realidad.

(Bruner, 2001) se enfoca en las bases del aprendizaje por descubrimiento, expresando:

“Los conceptos ayudan a determinar la utilidad de los objetos, proporcionar una dirección a la actividad instrumental en cuanto a que se puede hacer o esperar que los demás hagan con ellos. Además, posibilitan la anticipación tanto de la existencia como de la creación de nuevas categorías”

Piaget por otro lado exploró el desarrollo de las percepciones y la noción de tiempo cuyas ideas se reducen en tres puntos: a) las operaciones temporales es la base de las conductas preoperatorias, b) las operaciones temporales se relacionan directamente con los indicios, c) las fluctuaciones o errores propios de las estimaciones preoperatorias se explican por la circunstancia de que el individuo sobreestima o descuida. (Fuentes Ramírez & Sánchez Torres, 2009)

Es importante también destacar el modelo de cognición creativa de Ward, Fink y Smith, donde afirman que la creatividad no es un proceso único sino el resultado de muchos tipos de procesos mentales. (Finke, Ward, & Smith, 1992)

2.2.1. HABILIDADES COGNITIVAS

Estudios realizados por (Haro Mediavilla & Mendez Maigua, 2010) y (Arévalo Malagón, Bustos Coral, Castañeda Angarita, & Montañez Quiroga, 2009) concluyen con la importancia de enfatizar técnicas y/o aplicaciones para el desarrollo cognitivo de niños a edades tempranas, manifiestan que las

manipulaciones correctas de las habilidades a temprana edad mejorarían el desarrollo mental de los niños.

Por lo tanto, se basó en el método Montessori (Montessori, 2014), el cual se caracteriza por proveer un ambiente preparado: ordenado, estético, simple, real, donde cada elemento tiene su razón de ser en el desarrollo de los niños. En donde los niños trabajan con materiales concretos, que brindan las llaves para explorar y para desarrollar habilidades cognitivas básicas. Los materiales están diseñados para que el niño pueda reconocer el error por sí mismo y hacerse responsable del propio aprendizaje, siendo el adulto un observador y un guía, que ayuda y estimula al niño en todos sus esfuerzos, permitiéndole actuar, querer y pensar por sí mismo, ayudándolo a desarrollar confianza y disciplina interior.

2.3. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

El procesamiento digital de imágenes es un área de la ingeniería que busca manipular y analizar toda la información contemplada en una imagen digital mediante el uso de un procesador. El procesamiento digital de imágenes es el conjunto de técnicas que se aplican a las imágenes digitales con el objetivo de mejorar su calidad, aspecto, facilitar la búsqueda e interpretación de información. (Mendoza Manzano, 2009)

El procesamiento digital de imágenes es una disciplina ampliamente utilizada, algunos ejemplos claros son mencionados a continuación:

- Biología y genética. (Hurtado Giraldo & Leonor Caldas, 2006)
- Automatización industrial. (Salgado Patrón, Vásquez Díaz, & Vidal Solano, 2013)
- Análisis de materiales. (Cleva, Sampallo, Gonzalez, & Acosta, 2013)
- Medicina. (Gonzalez & Ballarín, 2008)
- Inteligencia artificial. (Cuevas Yáñez, 2015)

Una imagen digital está compuesta por un número finito de elementos que tienen posición y valores particulares. Estos elementos son conocidos como píxeles. Las

posiciones de los píxeles en una imagen se representan con el uso de coordenadas dentro de una matriz de M renglones y N columnas.

$$f(x, y) = \begin{pmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1, N-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1, N-1) \end{pmatrix}$$

Durante el proceso de digitalización de la imagen se toman decisiones respecto a M, N y a la cantidad discreta de gris permitido para cada píxel.

2.4. MÉTODOS DE RECONOCIMIENTO DE VOZ

Para poder hacer un reconocimiento de voz, se parametriza la señal previamente convertida en digital. Existen varios métodos que permiten vectorizar y extraer las características necesarias para el reconocimiento.

2.4.1. APROXIMACIÓN EN BASE A PLANTILLAS

Es un principio sencillo para realizar el reconocimiento de voz, se almacenan patrones como modelos de referencia, en una base de datos conocida como diccionario. El reconocimiento se produce cuando se compara la señal de entrada con los patrones almacenados. (Pérez Badillo , Poceros Martínez, & Villalobos Ponce, 2013)

2.4.2. ANÁLISIS PREDICCIÓN LINEAL (LPC)

El análisis de predicción lineal es el método más eficiente y potente en el reconocimiento de voz, utiliza la información del modelo lineal para representar la envolvente espectral de una señal digital. (Pérez Badillo , Poceros Martínez, & Villalobos Ponce, 2013)

2.4.3. PREDICCIÓN DEL LPC

Los LPC son obtenidos minimizando un criterio cuadrático en los errores de predicción, por cada cuadrado en que es dividido el segmento de voz. (Pérez Badillo , Poceros Martínez, & Villalobos Ponce, 2013)

El número de coeficientes LPC que se obtiene dependerá siempre de la frecuencia de muestreo:

$$LPC = \left(\frac{\text{Frecuencia de Muestreo}}{1000} \right) + 3$$

2.5. ARDUINO UNO

Al ser Arduino una plataforma de hardware libre tanto su diseño como su distribución puede ser utilizado libremente para el desarrollo de cualquier tipo de proyecto sin adquirir ninguna licencia. (Lledó Sánchez, 2012)

La placa Arduino Uno mantiene un tamaño de 75×53 mm. Su microcontrolador ATmega328 provee alto rendimiento y tiempos de procesamiento mínimos. Puede ser alimentado mediante USB o alimentación externa y contiene pines tanto analógicos como digitales, la tabla 1 resume sus características:

Tabla 1. Características principales del Arduino Uno.

Característica	Descripción
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje operativo	5 V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12 V
Voltaje de entrada (limites)	6-20 V
Pines digitales E/S	14 (6 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua para pines E/S	40 mA
EEPROM	1 KB
Velocidad de reloj	16 MHz
SRAM	2 KB

Fuente: Autores

2.6. MATLAB

MATLAB (Matrix Laboratory) es un lenguaje de alto nivel, diseñado para proveer facilidades de cálculos numéricos, visualización y programación en un entorno muy sencillo de utilizar. Matlab ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) muy versátil con un lenguaje de programación propio (lenguaje M). (Ramos Flores, 2012)

MATLAB es un software matemático para cálculo científico (aritmético y simbólico) basado en matrices. Además, gracias a GUI, MATLAB permite crear interfaces de usuario.

2.7. IMPRESORA 3D

Una impresora 3D representa un diseño hecho en cualquier programa CAD (Diseño Asistido por Computadora) en un modelo físico volumétrico.

Una impresora 3D es una maquina electrónica capaz de realizar “impresiones” de diseños en 3D, utiliza un sistema de tecnología por deposición fundida (FDM), deposita el material capa por capa de abajo hacia arriba, por medio de un extrusor empuja el material sintético que se encuentra en forma de filamento enrollado a un inyector que funde el material a una temperatura adecuada. (Macas Montaña & Pilco Llerena, 2016)

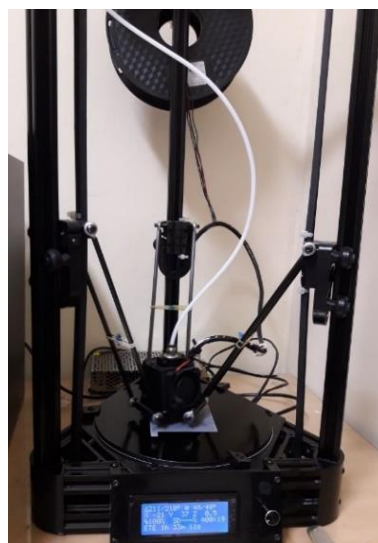


Figura 1. Impresora 3D.
Fuente: Autores

2.7.1. PLA

Es el material más común en impresoras 3D, esta echo de ácido poliláctico (PLA), es un plástico biodegradable derivado del almidón y amigable con el medio ambiente al no emitir vapores tóxicos.

Su temperatura de fundición está en el rango de 160 a 230 °C, y su tiempo de descomposición puede tardar más de 100 años (Macas Montaña & Pilco Llerena, 2016), ver figura 2.



*Figura 2. Filamento PLA.
Fuente: Autores*

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE ESTUDIO

3.1.1. INVESTIGACIÓN CUALITATIVA.

La aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, según los avances y resultados de la investigación, valorando los datos no cuantificables en base a la observación.

3.2. MÉTODOS TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.2.1. MÉTODOS

3.2.1.1. MÉTODO DESCRIPTIVO.

Consiste en realizar una exposición narrativa, numérica y/o gráfica, lo más detallada y exhaustiva posible de la investigación que se realiza.

- Análisis del diseño de la interface gráfica adecuada para niños de 2 a 3 años.
- Análisis de la influencia al diseñar e implementar un sistema autónomo para mejorar el desarrollo de las habilidades cognitivas en niños de 2 a 3 años.

3.2.1.2. MÉTODO INVESTIGATIVO EXPERIMENTAL.

- Realizar simulaciones de la interface gráfica, a fin de adecuarla por completo a niños de edades comprendidas entre 2 a 3 años.
- Realizar las pruebas finales de la interface con un ambiente establecido.

3.2.2. TÉCNICAS

3.2.2.1. OBSERVACIÓN

En este proyecto se empleó la técnica de observación, que consiste en visualizar y capturar de forma sistemática, cualquier hecho fenómeno o situación que se produzca, en función de los objetivos de investigación pre-establecidos. En este proyecto se evidencian los siguientes parámetros: tiempo de procesamiento de imágenes, eficacia en el reconocimiento de voz, respuesta de los recursos externos.

3.2.3. INSTRUMENTOS

Los instrumentos utilizados para desarrollar este proyecto son: libros, revistas, paper, tesis, páginas web, software de diseño y materiales adicionales para el desarrollo de las TET, teclado interactivo y la caja lectora.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. POBLACIÓN

Para este proyecto se utilizará como población un grupo de niños con edades entre 2 a 3 años pertenecientes a la ciudad de Riobamba.

3.4. PROCEDIMIENTOS

El Sistema Autónomo que se planteó para mejorar el desarrollo cognitivo para niños de 2 a 3 años está conformado por: una interfaz gráfica con un algoritmo desarrollado por los autores, Tarjetas de Estimulación Temprana (TET), teclado interactivo y caja lectora que para la realización de estos se requiere seguir una serie de procesos, los que se los detalla a continuación:

1. Evaluar las características del ordenador, necesarias para soportar la interface gráfica en tiempo real.
2. Diseño de la interface gráfica en GUIDE de Matlab.
3. Diseño y construcción de los recursos necesarios para el desarrollo de cada actividad como: las TET (Tarjetas de Estimulación Temprana), el teclado interactivo y la caja lectora.
4. Desarrollo del algoritmo correspondiente al procesamiento digital de imágenes de acuerdo con cada una de las habilidades cognitivas a evaluar.
5. Desarrollo del algoritmo correspondiente al reconocimiento de voz.
6. Comprobación del funcionamiento completo del sistema.
7. Evaluación del desarrollo cognitivo de los niños expuestos al sistema.

3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.5.1. DISEÑO DEL SISTEMA AUTÓNOMO

El sistema autónomo se desarrolló en Guide de Matlab® R17 herramienta matemática de alto potencial (Gonzalez & Woods, 2012) en donde se implementó algoritmos para el procesamiento digital de imágenes y reconocimiento de voz.

3.5.1.1. INDICADORES DE LECTURA

La umbralización al igual que la binarización forman parte de las técnicas del procesamiento digital de imágenes, permiten reducir la escala de grises a dos únicos valores, facilitando la lectura de la textura de la imagen. Estas técnicas son empleadas en imágenes digitales previamente convertidas a escala de grises. (Guevara Cruz, Tagua Velasco, & Inca Balseca, 2017)

3.5.1.2. ALGORITMO PROPUESTO

El algoritmo desarrollado tendrá dos etapas principales: el procesamiento digital de imágenes y el reconocimiento de voz. Ambas etapas serán utilizadas a convenir en cada una de las actividades dentro del sistema.

3.5.1.2.1. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Dentro del procesamiento digital de imágenes se emplearán las técnicas de umbralización, binarización y la conversión a escala de grises, como se observa en la figura 3. Además, se emplea una etapa adicional conocida como sectorización, la cual permite comparar el dato obtenido en el filtro de binarización con un rango ya establecido.

Las principales etapas del desarrollo del procesamiento digital de imágenes se muestran a continuación:

Paso 1: Toma de imágenes

Para poder adquirir la imagen, la cámara de la caja operaria debe ser inicializada, espera 8 segundos para que la imagen sea capturada y guardada en un formato de bits de extensión jpg. De esta manera da tiempo al usuario de colocar correctamente la TET asignada a la pregunta.

Paso 2: Aplicación de técnicas del procesamiento digital de imágenes

La imagen capturada pasa a través del proceso de conversión a escala de grises, facilitando la lectura de los píxeles de la imagen. A continuación, la matriz de la imagen pasa por el proceso de binarización y umbralización (umbral en 170) ambos permiten traducir la imagen en lecturas de dos valores únicos negro (=0) y blanco (=255), obtenido los valores se almacena el valor de color blanco de la imagen.

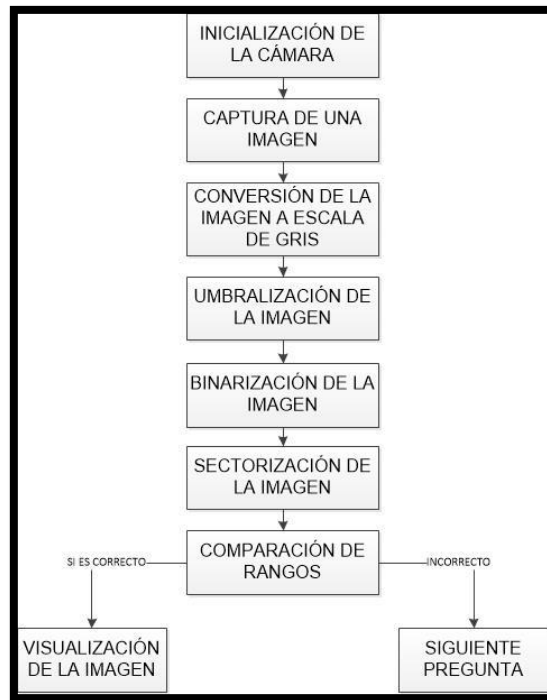


Figura 3. Proceso completo para conseguir el procesamiento digital de imágenes.

Fuente: Autores

Paso 3: Toma de decisión

Para terminar el proceso, la sectorización se encarga de comparar el dato almacenado en el filtro de binarización con un rango de valores que determinan la cantidad de bits por cada imagen. Si el resultado de la comparación es correcto, la imagen capturada será visualizada en la interface, caso contrario se procederá a la siguiente pregunta.

3.5.1.2.2. RECONOCIMIENTO DE VOZ

Por otra parte, en el reconocimiento de voz, la señal analógica debe ser transformada a una señal digital, para posterior emplear técnicas de muestreo, comparación y filtrado.

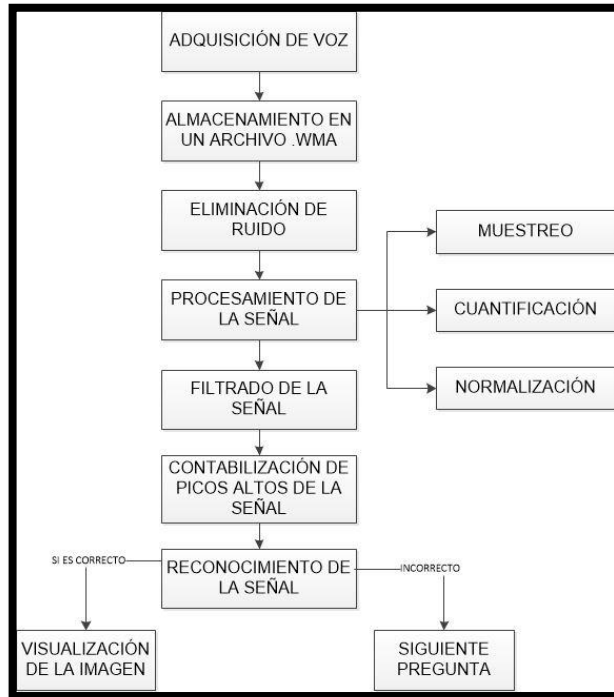


Figura 4. Proceso completo para conseguir el reconocimiento de voz.
Fuente: Autores

La figura 4 describe el proceso completo para conseguir el reconocimiento de voz, el muestreo de Nyquist-Shannon permite tomar muestras de una señal analógica a medida que esta va cambiando debido al tiempo. La señal muestreada deberá cumplir la siguiente condición: (Martínez Olguín, 2008)

$$f_s > 2f_b$$

donde, f_s es la frecuencia de muestreo de Nyquist y f_b la frecuencia de la señal análoga.

El filtro pasabanda a una frecuencia de 44100 Hz, limita el ancho de banda de la señal de entrada a $f_s/2$, removiendo ruidos creados por el muestreo.

La cuantificación permite representar cada muestra realizada con un valor digital (digitalizar la señal), y la normalización detecta el inicio y final de la voz.

La señal resultante pasara por un filtro digital pasa altas de primer orden, para enfatizar las frecuencias altas, esto garantiza que la señal no pierda información y pierda su componente DC. (Pérez Badillo , Poceros Martínez, & Villalobos Ponce, 2013)

La segmentación permitirá cortar la señal en segmentos de análisis, para extraer las características de las misma a través del método de análisis de predicción lineal (LPC), como último paso se calcula el total de componentes, se compara con la base de datos para tomar una decisión; si la decisión es correcta se procede a mostrar una imagen en la interface, caso contrario, se dará paso a la siguiente pregunta.

3.5.2. DISEÑO DE RECURSOS

Para que el sistema mantenga interactividad, se emplea el uso de recursos externos adecuados para el manejo de niños 2 a 3 años.

3.5.2.1. TARJETAS DE ESTIMULACIÓN TEMPRANA

Las tarjetas de estimulación temprana (TET), forma parte de los recursos externos necesarios para el procesamiento digital de imágenes dentro del algoritmo propuesto. Su tamaño ($80 \times 68 \times 1,7$ mm) se adapta a la caja lectora. Fue diseñado en SketchUp Pro 2018 versión prueba estudiantil, un software amable e indulgente de modelado en 3D, como se aprecia en la figura 5.

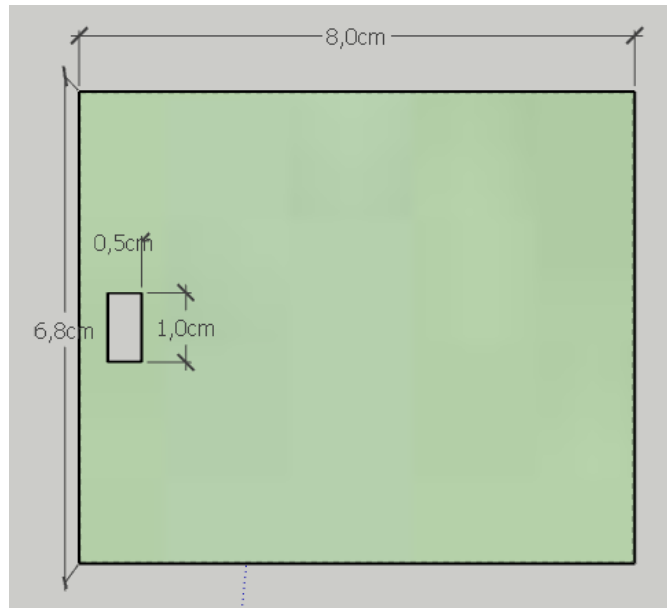


Figura 5. Tarjeta de estimulación temprana diseñada en SketchUp Pro 2018.
Fuente: Autores

3.5.2.2. TECLADO INTERACTIVO

El teclado interactivo fue diseñado en SketchUp Pro 2018, con un tamaño de $(148 \times 148 \times 46 \times 3 \text{ mm})$, en su parte posterior llevara 3 botones y en su interior reposara el Arduino. Su construcción fue realizada en madera triplex, ver figura 6 y 7.

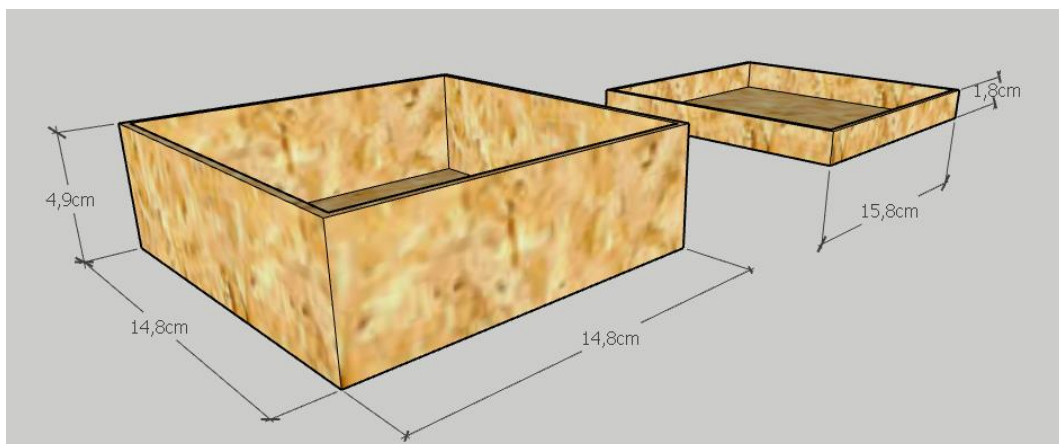


Figura 6. Teclado interactivo diseñado en SketchUp Pro 2018.
Fuente: Autores

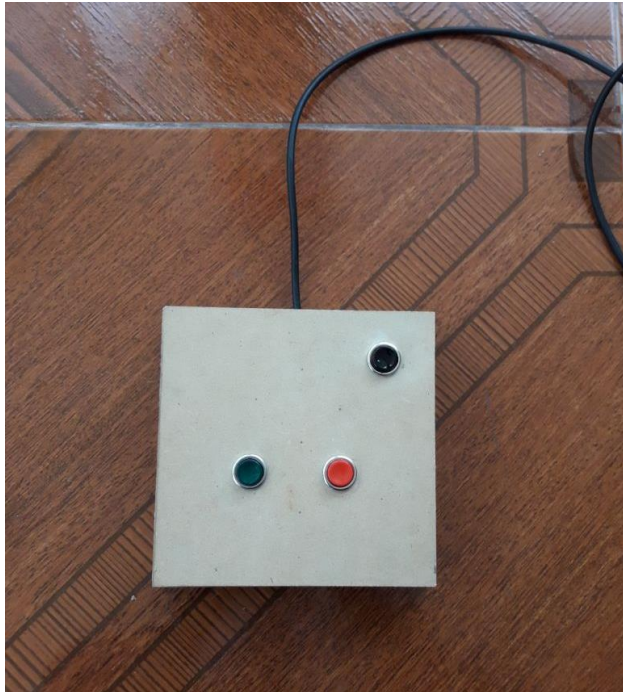


Figura 7. Teclado interactivo armado en triplex.
Fuente: Autores

3.5.2.3. CAJA OPERARIA

La caja operaria es también parte de los recursos externos necesarios para el procesamiento digital de imágenes dentro del algoritmo propuesto. Fue diseñado en SketchUp Pro 2018, con un tamaño (140 × 76 × 66 mm) y un espesor de bloque de 2mm como se aprecia en la figura 8.

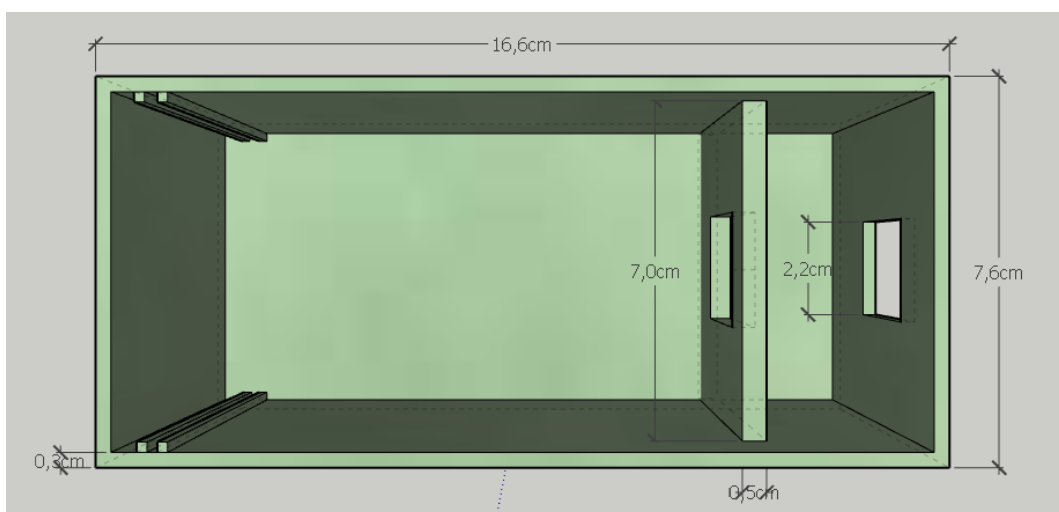


Figura 8. Caja operaria diseñada en SketchUp Pro 2018.
Fuente: Autores

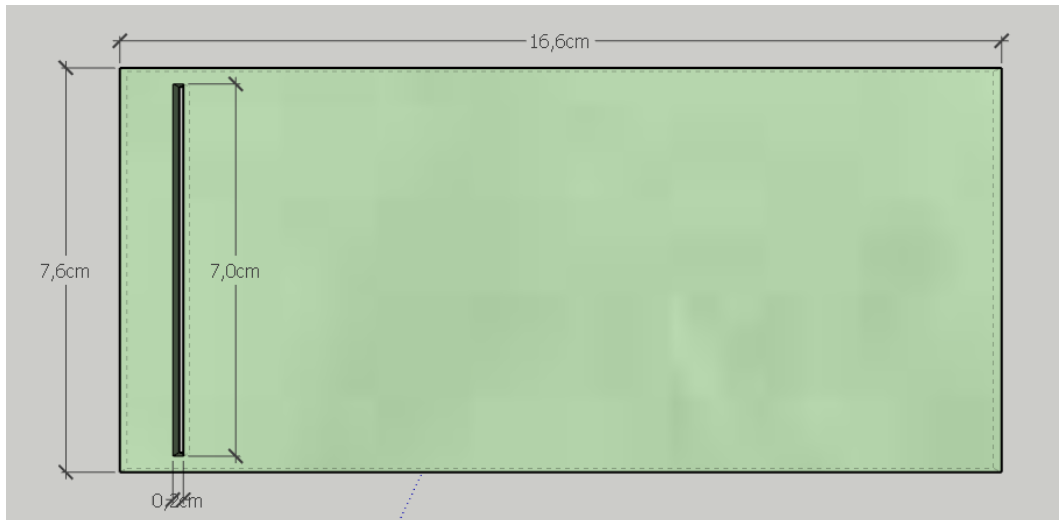


Figura 9. Cubierta superior diseñada en SketchUp Pro 2018.
Fuente: Autores

3.5.3. CONSTRUCCIÓN DE RECURSOS

Para la construcción de las TET's y la caja operaria se utilizó una Impresora 3D, de marca Kossel Mini Delta Rockstor, por su resistencia y durabilidad el PLA color blanco fue el filamento elegido, ver figura 10 y 11.



Figura 10. Kossel Mini Delta Rockstor, Impresora 3D.
Fuente: Autores



Figura 11. Filamento PLA.
Fuente: Autores

Las piezas diseñadas en SketchUp Pro 2018 deben ser exportadas a archivos de diseño asistido por computadora (.stl o .obj), para su posterior ser leído en Repeter Host V2.0.5 el software que permite a la computadora interactuar con la impresora 3D.

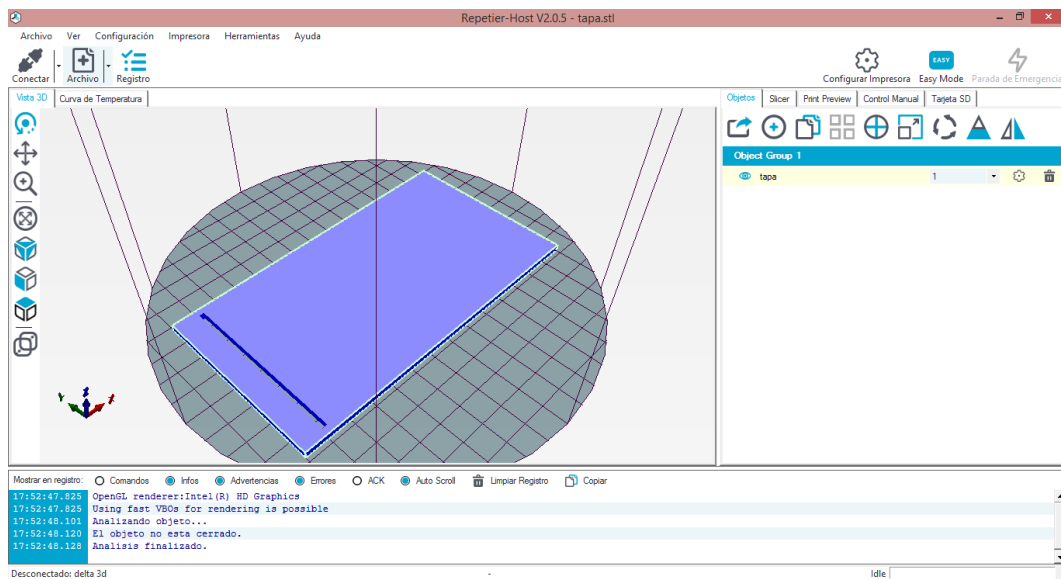


Figura 12. Visualización de la pantalla de Repeter Host V2.0.5.
Fuente: Autores

Debido a las características del área de impresión (Anexo 2) optimizando así resultados, se procede a dividir la caja operaria en dos partes, dichas partes cuentan con soportes para su correspondiente unión, como se aprecia en la figura 13 y 14.

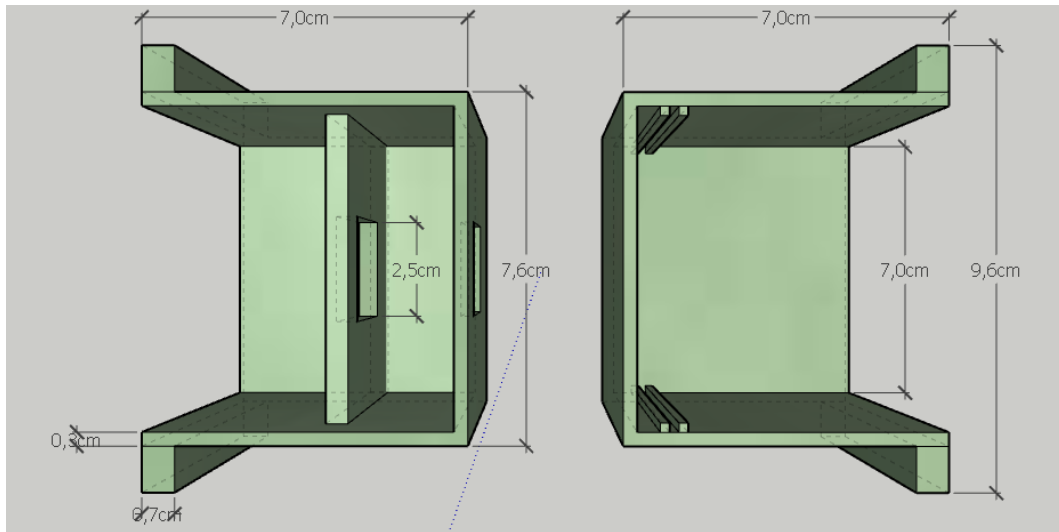


Figura 13. División de la caja operaria diseñada en SketchUp Pro 2018.
Fuente: Autores

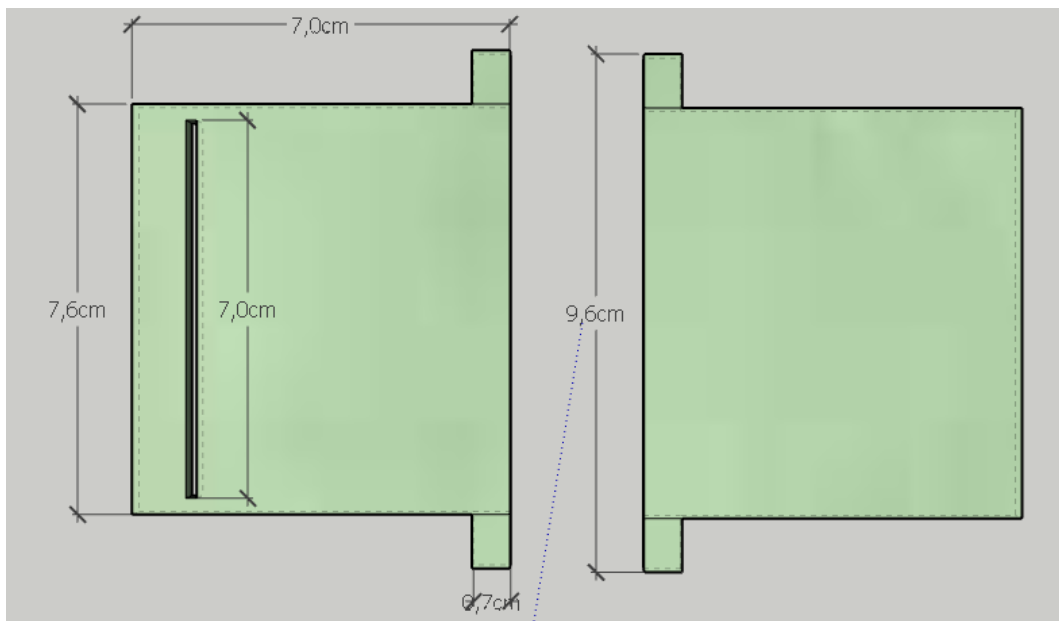


Figura 14. Cubierta superior dividida diseñada en SketchUp Pro 2018.
Fuente: Autores

En la tabla 2 se puede apreciar las características técnicas con las cuales fue configurada la impresora para la construcción de cada pieza.

Tabla 2. Características de impresión.

Característica	Dato
Slicer	CureEngine
Temperatura del extrusor	210 °C
Temperatura de la cama	55 °C
Calidad de capa	0.1mm
Densidad de relleno	80 %
Velocidad de impresión	50 mm/s
Velocidad de relleno	80 mm/s
Velocidad del perímetro exterior	45 mm/s
Support Type	Touching Bed

Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Este capítulo describirá las diversas pruebas a las que se expuso el sistema autónomo para el desarrollo cognitivo para niños de 2 a 3 años.

4.1. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se hicieron pruebas para constatar el tiempo de procesamiento de imagen de cada TET, se verificó la eficiencia en el reconocimiento de voz y por último se observó la acogida del niño a cada recurso externo.

Para poder analizar el sistema completo se utilizó un grupo de niños con edades entre 2 a 3 años de la ciudad de Riobamba, haciendo un análisis de comparación entre el aprendizaje tradicional y el sistema para el desarrollo cognitivo.

4.2. ANÁLISIS DEL SISTEMA

El sistema propuesto está orientado a aplicarse en niños de 2 a 3 años,

4.2.1. TIEMPO DE PROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES

Establecidos los factores de la distancia y la iluminación, parámetros que influyen en el procesamiento de la imagen; se procede a medir el tiempo de procesamiento de cada TET mediante el comando Tic Toc.

Se obtiene una media del tiempo de procesamiento con respecto al número de pruebas realizadas, como se aprecia en la tabla 3.

Tabla 3. Tiempo de procesamiento de las TET.

TET	Tiempo de Procesamiento de imagen (segundo)
TET 1	4.04
TET 2	3.87
TET 3	3.87
TET 4	3.90

Fuente: Autores

Al realizar las mediciones, se observa que el tiempo del procesamiento de la imagen, no contemplando el tiempo de espera para la captura de la imagen, no es mayor a 4 segundos, lo que permite obtener una respuesta inmediata.

4.2.2. EFICIENCIA EN EL RECONOCIMIENTO DE IMAGEN

Se ejecutó 5 veces cada prueba, con el objetivo de determinar si los algoritmos cambian su comportamiento según la colocación de la TET en la caja operaria, determinando la identificación correcta de cada imagen como se observa en la tabla 4, y los resultados de la eficiencia se visualizan en la tabla 5.

Tabla 4. Eficiencia de procesamiento de las TET.

TET	Identificación de la imagen	
	Identificado	No Identificado
TET 1		X
	X	
		X
	X	
	X	
TET 2	X	
		X
	X	
	X	
TET 3	X	
	X	
	X	
	X	
	X	
TET 4		X
	X	
	X	
	X	
	X	

Fuente: Autores

Tabla 5. Eficiencia de procesamiento de las TET.

TET	Eficiencia del reconocimiento de la imagen (%)
TET 1	60
TET 2	80

TET 3	100
TET 4	80

Fuente: Autores

4.2.3. EFICIENCIA EN EL RECONOCIMIENTO DE VOZ

El análisis de predicción lineal permite obtener los coeficientes LPC, los resultados obtenidos de las pruebas revelan que se debe tener más bases de datos (diccionarios), debido a que el análisis lineal no reconoce la tonalidad de la voz en diferentes estados de ánimos, provocando ciertos conflictos.

El sistema es sometido a pruebas con niños y adultos para constatar la eficiencia de reconocimiento de voz infantil que se observa en las tablas 6 y 7 respectivamente, y los resultados de la eficiencia se visualizan en la tabla 8 y 9.

Tabla 6. Pruebas con niños.

Respuesta a la actividad	Niño 2 a 3		Niña 2 a 3	
	Identificado	No Identificado	Identificado	No Identificado
Respuesta 1	X		X	
Respuesta 1	X		X	
Respuesta 1		X	X	
Respuesta 1	X		X	
Respuesta 2	X			X
Respuesta 2	X		X	
Respuesta 2	X		X	
Respuesta 2	X		X	
Respuesta 3	X			X
Respuesta 3	X		X	
Respuesta 3	X		X	
Respuesta 3	X		X	

Fuente: Autores

Tabla 7. Pruebas con adultos.

Respuesta a la actividad	Hombre Adulto		Mujer Adulta	
	Identificado	No Identificado	Identificado	No Identificado
Respuesta 1		X		X
Respuesta 2		X		X
Respuesta 3		X	X	

Fuente: Autores

Tabla 8. Eficiencia del reconocimiento de voz infantil.

Respuesta	Eficiencia del reconocimiento de voz (%)
Respuesta 1	87.5
Respuesta 2	87.5
Respuesta 3	87.5
Eficiencia total	87.5

Fuente: Autores

Tabla 9. Eficiencia del reconocimiento de voz de adulto.

Respuesta	Eficiencia del reconocimiento de voz (%)
Respuesta 1	0
Respuesta 2	0
Respuesta 3	50
Eficiencia total	16.6

Fuente: Autores

Cabe indicar que mientras el porcentaje del reconocimiento de voz de adultos sea menor, el programa es óptimo para la utilización de niños.

4.2.4. TIEMPO DE PROCESAMIENTO DE VOZ.

Al obtener la media del tiempo para el reconocimiento de voz con respecto al número de pruebas observado en la tabla 6, se obtiene un resultado de 0.617 segundos, omitiendo el tiempo de grabación y almacenamiento del audio, donde se evidencia que no existe demora, tabla 10.

Tabla 10. Tiempo de reconocimiento de voz.

Respuesta	Tiempo de Procesamiento de voz (segundo)
Respuesta 1	0.605
Respuesta 2	0.634
Respuesta 3	0.612

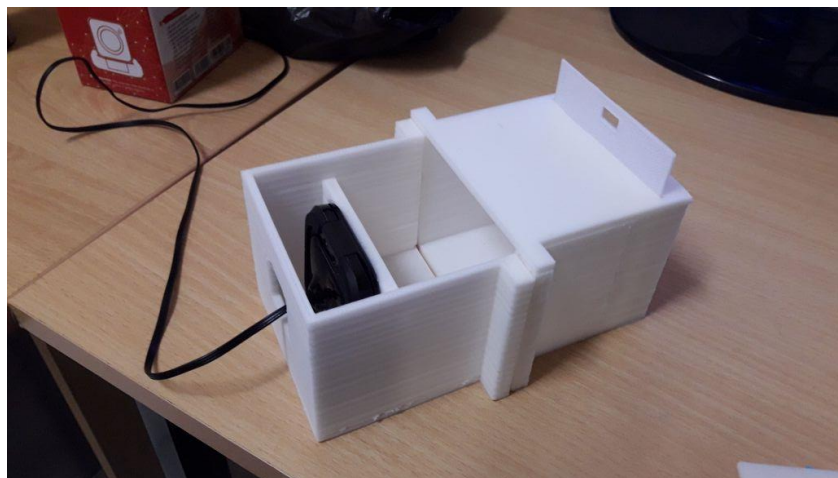
Fuente: Autores

4.2.5. RESPUESTA A LOS RECURSOS EXTERNOS

En la figura 15, 16 y 17, se pueden apreciar los recursos externos finales, sus características de: diseño llamativo, peso liviano y ergonomía, se adapta por completo al niño para su correspondiente utilización.



*Figura 15. Tarjetas de Estimulación temprana terminada.
Fuente: Autores*



*Figura 16. Caja Lectora terminada.
Fuente: Autores*



Figura 17. Teclado interactivo terminado.
Fuente: Autores

4.2.6. PRUEBAS EN NIÑOS DE 2 A 3 AÑOS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA

El sistema consta de doce preguntas englobadas en tres actividades, para su validez se considera el número de aciertos que se obtiene en cada pregunta, tanto del sistema como de la manera tradicional.

Se utiliza el método de la prueba del Chi- Cuadrado, para establecer la validez del sistema. En la tabla 11, se resume los aciertos obtenidos en las pruebas realizadas a los niños durante cinco días, usando las técnicas de aprendizaje tradicionales y usando la aplicación propuesta.

Tabla 11. Aciertos obtenidos en niños de 2 a 3 años.

	Días	Pruebas Manuales	Pruebas del sistema
Niño 1	Día 1	5	7
	Día 2	9	10
	Día 3	9	9
	Día 4	8	10

	Día 5	9	10
Niño 2	Día 1	8	9
	Día 2	8	10
	Día 3	8	10
	Día 4	9	11
	Día 5	8	12
	Subtotal	81	98

Fuente: Autores

Ho: El sistema autónomo para el desarrollo cognitivo para niños de 2 a 3 años, permitirá mejorar las habilidades de lenguaje, memoria y atención.

Tabla 12. Comprobación de Hipótesis.

	R	5
	K	2
Grados de Libertad	$(r-1)(k-1)$	4
Nivel de significación	A	0.0001
χ^2_{Tabla}	X2	23.51
Probabilidad	P	0.02
χ^2_{Prueba}		11.19

Fuente: Autores

Para dar por aceptada la hipótesis el valor de la Prueba del Chi cuadrado χ^2_{Prueba} debe ser menor a la χ^2_{Tabla} . Por tanto, el sistema presentado permite mejorar las habilidades cognitivas de niños de 2 a 3 años, como se observa en la tabla 3 se tiene un incremento de un 14.17% en las habilidades cognitivas de los niños evaluados.

Tabla 13. Porcentaje de adquisición de habilidades.

	Pruebas Manuales Porcentaje de acierto	Pruebas del sistema, porcentaje de acierto	Porcentaje de incremento
Niño 1	66.67%	76.67%	10%
Niño 2	68.33%	86.67%	18.3%
Promedio	67.5%	81.67%	14.17%

Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

En esta última sección se menciona todas las conclusiones recogidas a lo largo del desarrollo del proyecto, así mismo se indica algunas recomendaciones.

- Se diseñó e implementó un sistema autónomo para el desarrollo cognitivo en Matlab R17, que se opera con recursos externos, siendo de bajo costo y de fácil manipulación, que podría ser utilizado además en actividades para niños de otras edades.
- El sistema permite utilizar técnicas del procesamiento digital de imágenes como la conversión a escala grises, umbralización y binarización, en el reconocimiento de voz se aplica análisis de predicción lineal, y la comunicación de placas, en este caso Arduino.
- Al realizar las pruebas del sistema autónomo cognitivo en niños de 2 a 3 años, durante cinco días, se observa un incremento del 14.17 % en las habilidades cognitivas como: lenguaje, memoria y atención; implementadas en cada actividad de acuerdo con el método Montessori.
- En un trabajo futuro se puede realizar el diseño e implementación de una aplicación móvil para niños de 4 a 5 años, con trastornos de articulación utilizando técnicas del procesamiento digital de imágenes y reconocimiento de voz, permitiendo mejorar la calidad de vida del niño evitando problemas de retroalimentación tardía.

5.2. RECOMENDACIONES

Después de realizar esta investigación se proponen las siguientes recomendaciones:

- Investigar en las nuevas tecnologías que van surgiendo, e implementar aplicaciones que permitan mejorar las habilidades de niños de temprana edad.
- Buscar técnicas que permitan mejorar los tiempos de procesamientos, a fin de utilizar el sistema en ordenadores con características inferiores (Procesador y Memoria RAM).
- Para evitar conflictos en el reconocimiento de voz con respeto al estado de ánimo del usuario, se recomienda añadir base de datos (diccionarios), aumentando la probabilidad de toma de decisiones del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo Malagón, L. B., Bustos Coral, M. d., Castañeda Angarita, D. E., & Montañez Quiroga, N. (2009). *El desarrollo de los procesos cognitivos creativos a través de la enseñanza problemática en el área de ciencias naturales en niñas del colegio Santa María*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad JAVERIANA.
- Bruner, J. S. (2001). *El proceso mental en el aprendizaje*. Madrid, España: Narcea, S. A. ediciones.
- Cleva, M., Sampallo, G., Gonzalez, T., & Acosta, C. (2013). Método para la determinación de volumen de una muestra de granos de arroz mediante el procesamiento digital de imágenes. *RIA*, 39(2), 185-190.
- Cuevas Yáñez, E. (2015). El algoritmo "Artificial BEE Colony"(ABC) y su uso en el Procesamiento digital de Imágenes. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 18(55), 50-68.
- Finke, R. A., Ward, T. B., & Smith, S. M. (1992). *Creative cognition. Theory, Research and Application*. Massachusetts: MIT Press.
- Fuentes Ramírez, B., & Sánchez Torres, A. Y. (2009). *Caracterizar la noción de tiempo en estudiantes de grado sexto de dos instituciones educativas distritales: Alfonso López Michellsen y Antonio Garcia*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Gonzalez, M. A., & Ballarín, V. L. (2008). Segmentación de imágenes utilizando la transformada Watershed: obtención de marcadores mediante lógica difusa. *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS*, 6(2), 223-228.

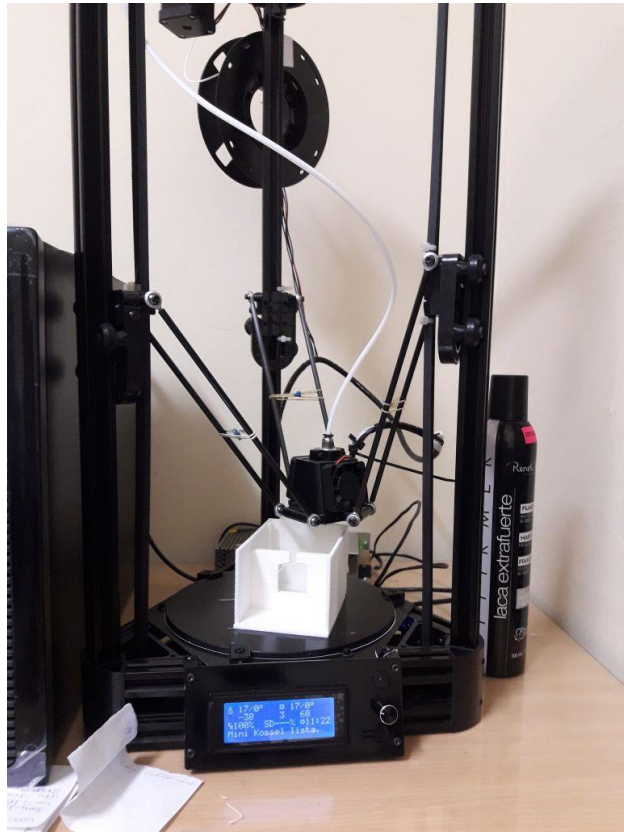
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2012). *Digital Image Processing* (2 ed.). New Jersey: Pearson.
- Guevara Cruz, R. S., Tagua Velasco, K. F., & Inca Balseca, D. (2017). Análisis y diseño de un sistema de telefonía IP por comunicación por gestos. In SABI, *Libro de Resúmenes* (pp. 107-108). Córdoba.
- Haro Mediavilla, M. E., & Mendez Maigua, A. V. (2010). *El desarrollo de los procesos cognitivos básicos en las estudiantes del "Colegio Nacional Ibarra" sección diurna de los segundos y terceros años de bachillerato*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Hurtado Giraldo, H., & Leonor Caldas, M. (2006). FUNDAMENTOS GENERALES DEL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE IMÁGENES APLICADOS EN BIOLOGÍA. *Revista Facultad Ciencias Básicas*, 219-229.
- Lledó Sánchez, E. (2012). *Diseño de un sistema de control domótico basado en la plataforma Arduino*. Valencia, España: Universitat Politècnica de Valencia.
- Macas Montaña, C. C., & Pilco Llerena, K. J. (2016). *Construcción de un modelo de fundición mediante la utilización de tecnología de impresión 3D*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Martínez Olgúin, J. M. (2008). *Procesamiento de voz en tiempo real empleando un procesador digital de señales*. Pachuca, México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Mendoza Manzano, A. M. (2009). *Procesamiento y Análisis digital de imágenes mediante dispositivos lógicos programables*. Oaxaca, México: Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- Montessori, M. (2014). *El método de la pedagogía científica aplicado a la educación de la infancia*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Pérez Badillo, E. O., Poceros Martínez, F., & Villalobos Ponce, J. A. (2013). *Sistema de Seguridad Por Reconocimiento de Voz*. México D.F., México: Instituto Politécnico Nacional.
- Pozo, J. (1989). *Teorías Cognitivas del Aprendizaje*. Madrid, España: Morata.
- Ramos Flores, S. I. (2012). *Aplicación del programa MATLAB en la resolución de ecuaciones diferenciales aplicado a la materia de Cálculo tres*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Salgado Patrón, J., Vásquez Díaz, L., & Vidal Solano, M. (2013). Diseño e implementación de algoritmo para el procesamiento de imágenes en sistemas embebidos. *Revista Ingeniería y Región*, 41-53.
- Sternberg, R. J., & Davidson, J. E. (1982). *The mind of the puzzler*. Psychology Today.
- Villarroel Idrovo, J. (1995). *Didáctica General*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ciencias de la Educación.

ANEXOS

ANEXO 1

Construcción de los recursos externos.

Para la construcción de la caja operaria y las TET's se utilizó la impresora 3D. Los productos finales se muestran en las siguientes imágenes.



*Figura 18. Impresión de la caja operaria.
Fuente: Autores*

Caja operaria

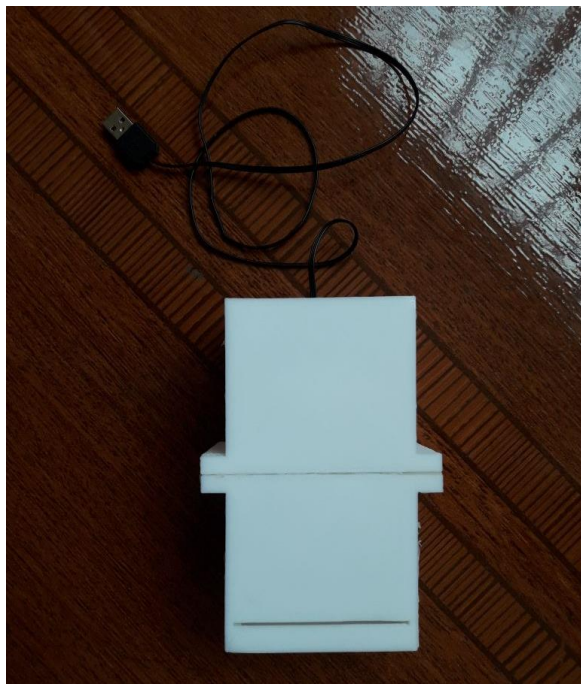


Figura 19. Caja operaria impresa.
Fuente: Autores

Tarjetas de estimulación temprana



Figura 20. Tarjetas de estimulación temprana impresas.
Fuente: Autores

Teclado interactivo



*Figura 21. Teclado interactivo en triplex.
Fuente: Autores*

ANEXO 2

Características de los equipos utilizados.

Arduino Uno, configuración de pines.

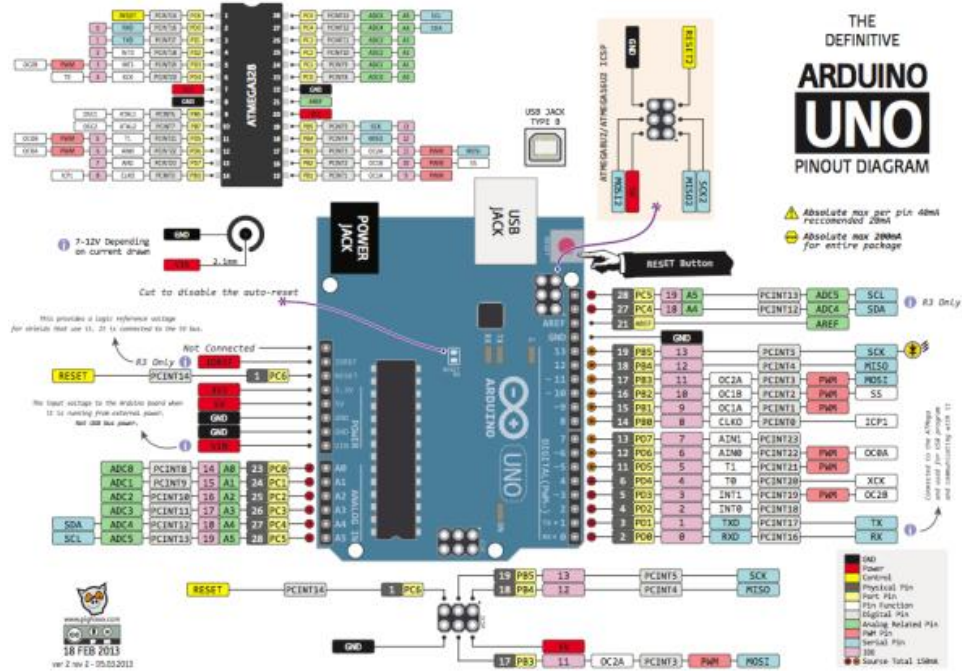


Figura 22. Configuración de pines del Arduino Uno.

Fuente: <https://bocanibble.wordpress.com/2013/05/28/diagrama-arduino-uno/>

Características del ordenador.

Ver información básica acerca del equipo

Edición de Windows
Windows 8.1 Pro
© 2013 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

Sistema

Procesador: Intel(R) Core(TM) i7-4500U CPU @ 1.80GHz 2.40 GHz
 Memoria instalada (RAM): 8.00 GB (7.78 GB utilizable)
 Tipo de sistema: Sistema operativo de 64 bits, procesador x64
 Lápiz y entrada táctil: La entrada táctil o manuscrita no está disponible para esta pantalla

Configuración de nombre, dominio y grupo de trabajo del equipo

Nombre de equipo: KATTY-pc
 Nombre completo de equipo: KATTY-pc
 Descripción del equipo:
 Grupo de trabajo: WORKGROUP

Figura 23. Características del ordenador utilizado.

Fuente: Autores

Características de la Impresora 3D:

Marca: Kossel Mini Delta Rockstor
Tecnología de impresión: FMD
Diámetro del filamento: 1.75 mm
Material: PLA, ABS, PETG, Wood and Flexible Filaments
Volumen de impresión: 180 × 180 × 300 mm
Velocidad de impresión: 150 mm/s
Grosor de capa: 0.05 mm
Precisión de posición del eje xy: 0.012 mm
Precisión de posición del eje z: 0.004 mm
Temperatura máxima del extrusor: 250 °C
Temperatura máxima de cama: 120 °C
Tipo de formatos: stl, g-code, obj.
Conectividad: USB, SDCard
Diámetro de la boquilla: 0.4 mm
Potencia bruta: 120W

Características de la cámara:

Marca: SPEEDMIND
Alta resolución CMOS color
Resolución: pixel 350K (interpolados 5M)
Formato de video: 24 bits de color verdadero
Velocidad de transmisión:
 320*240 30 fotogramas/segundo
 640*480 10 fotogramas/segundo
 2560*2048 6 cuadros/segundo
Distancia de imagen: 5cm hasta el infinito
Construida en compresión de imagen
Balance de blancos y compresión de color

ANEXO 3

Interface GUIDE.

Las presentes imágenes mostrarán las diferentes portadas utilizadas en la interface de GUIDE de Matlab ®17.



Figura 24. Portada de inicio de la interface en GUIDE.

Fuente: Autores



Figura 25. Actividad uno en GUIDE.

Fuente: Autores



Figura 26. Actividad dos en GUIDE.
Fuente: Autores



Figura 27. Actividad tres en GUIDE.
Fuente: Autores

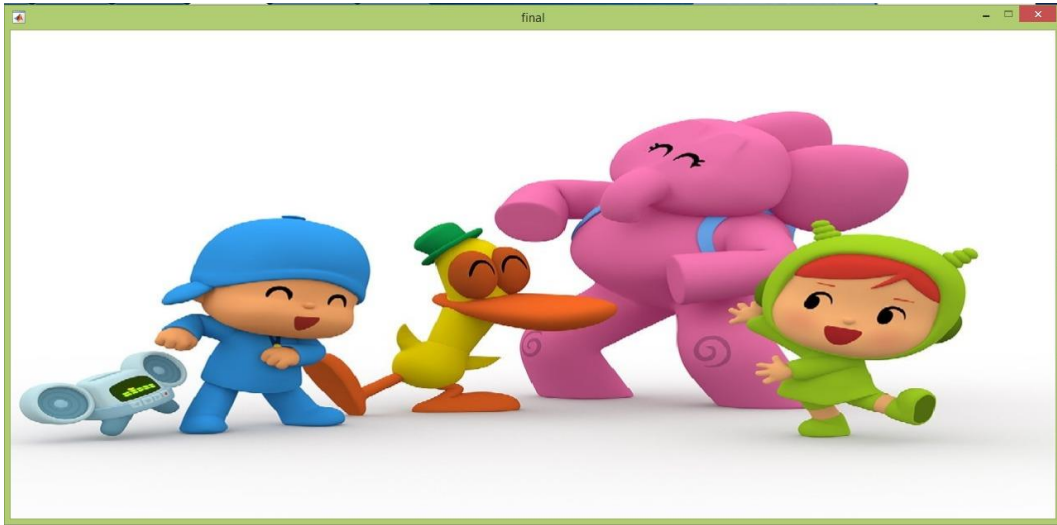


Figura 28. Imagen final de la interface en GUIDE.
Fuente: Autores

ANEXO 4

Montaje completo del sistema autónomo cognitivo para niños de 2 a 3 años.



*Figura 29. Sistema autónomo para el desarrollo cognitivo en niños de 2 a 3 años.
Fuente: Autores*

ANEXO 5

Pruebas del sistema



*Figura 30. Entrenamiento del niño para la correcta utilización del sistema.
Fuente: Autores*



*Figura 31. Niño realizando la actividad de "Jugando a identificar".
Fuente: Autores*



Figura 32. Niño realizando la actividad de “Botón mágico”.
Fuente: Autores



Figura 33. Niño realizando la actividad de “Reto matemático”.
Fuente: Autores

ANEXO 6

SKATCH **“MANUAL DEL USUARIO”**

Para que la utilización del sistema tenga mayor eficiencia se debe tomar en cuenta las siguientes reglas establecidas para el usuario.

JUGANDO A IDENTIFICAR

Caja operaria y TET

TET, Tarjetas de Estimulación Temprana, deben ser ingresadas en la caja operaria, con la imagen visible hacia la cámara, cada tarjeta debe ser retirada por un adulto al finalizar la pregunta. A su vez, su respuesta debe emitirse no en un tiempo superior de cuatro segundos, para que esta cuente como respuesta aceptable.

BOTÓN MÁGICO

Teclado interactivo

Para el manejo del teclado se debe considerar dos casos, de acuerdo al tipo de botón utilizado.

Caso 1 Botón pulsador

Debe ser seleccionado por el niño al finalizar el diálogo de cada actividad que lo requiera.

Caso 2 Botón tipo switch

En este caso al finalizar la pregunta el niño debe volver a su posición original el botón, para que su respuesta en la siguiente pregunta sea validada, caso contrario se considera una sola respuesta fija.

A su vez, su respuesta debe emitirse no en un tiempo superior de tres segundos, para que esta cuente como respuesta aceptable.

RETO MATEMÁTICO

Se utiliza el micrófono del ordenador por lo cual el usuario debe permanecer cerca del mismo, evitando hacer ruido innecesario que disminuye la eficiencia del sistema. A su vez, su respuesta debe emitirse no en un tiempo superior de tres segundos, para que esta cuente como respuesta aceptable.