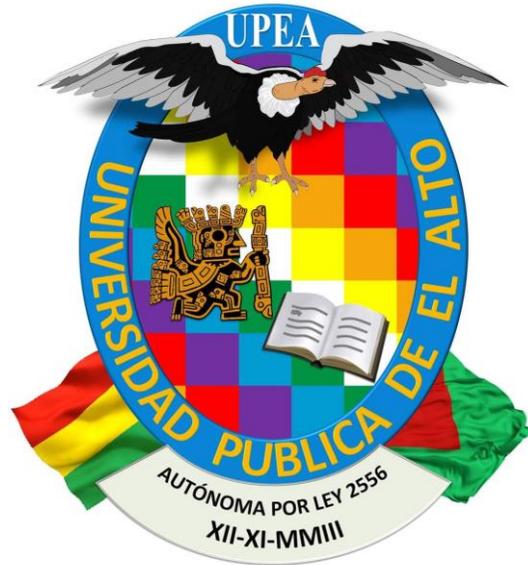


# UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

## CARRERA INGENIERÍA DE SISTEMAS



### PROYECTO DE GRADO

**“PROTOTIPO TRADUCTOR DEL ALFABETO DACTILOLÓGICO  
PARA NIÑOS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA”  
CASO: CENTRO EDUCATIVO ESPECIAL SAN MARTIN DE PORRES**

**Para Optar al Título de Licenciatura en Ingeniería de Sistemas  
MENCIÓN: GESTIÓN Y PRODUCCIÓN**

**Postulante: Kassandra Callizaya Paucara**  
**Tutor Metodológico: Ing. Maricel Yarari Mamani**  
**Tutor Revisor: M. Sc. Ing. Dulfredo Villca Lázaro**  
**Tutor Especialista: M. Sc. Ing. Elías Ali Alvarez**

**EL ALTO – BOLIVIA**

**2021**

## **DEDICATORIA**

*El presente proyecto está dedicado principalmente a Dios por darme las fuerzas de seguir adelante, ya que gracias a él pude lograr mis metas trazadas en mi formación profesional.*

*A mis queridos padres Freddy y Elizabeth por siempre estar a mi lado brindándome su apoyo, sus consejos, su amor y preocupación en todas las etapas de mi vida, para hacer de mí una mejor persona. A hermanos Wilmer y Magdalena por brindarme su apoyo y estar a mi lado dándome ánimos para seguir adelante.*

*A mis queridos ingenieros quienes fueron mi guía en el proceso de elaboración de este proyecto de grado como tutores, brindándome su apoyo y con su paciencia haciendo posible que fuera realizado este proyecto.*

*A mi querida Universidad Pública de El Alto, amigos y todas aquellas personas que de una manera u otra me brindaron su apoyo en el transcurso de mí carrera universitaria.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco a Dios, por haberme dado una familia maravillosa quienes han creído en mí siempre dándome ejemplos de superación, humildad y sacrificio enseñándome a valorar todo lo tengo.*

*A la Universidad Pública de El Alto por la formación profesional que nos brinda una oportunidad de salir adelante.*

*A mi tutor Metodológico ing. Maricel Yarari Mamani por brindarme su apoyo, tiempo, guía, conocimiento y sobre todo su paciencia y colaboración en el transcurso del desarrollo de este proyecto de grado.*

*A mi tutor Revisor M. Sc. Ing. Dulfredo Villca Lázaro por brindarme su apoyo, colaboración y su tiempo dedicado en la revisión de este proyecto.*

*A mi tutor Especialista M. Sc. Ing. Elías Ali Alvarez por brindarme su apoyo, conocimiento y orientación en el proceso de este proyecto.*

**¡¡MUCHAS GRACIAS!!**

## **RESUMEN**

El presente proyecto “PROTOTIPO TRADUCTOR DEL ALFABETO DACTILOLÓGICO PARA NIÑOS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA”. Tiene una finalidad de realizar un prototipo traductor que logre captar la atención de los niños en su proceso de aprendizaje básico inicial del Centro Educativo Especial San Martín de Porres. Por medio de la propuesta dada se realizó un prototipo traductor del alfabeto dactilológico manipulado a través de una interfaz en Visual Studio.

En el presente trabajo el prototipo se desarrolló utilizando la metodología de Karl Ulrich en cada una de sus fases utilizando las siguientes herramientas como: software de programación arduino, visual studio, en los componentes electrónicos, material de plástico látex, servomotores, cables jumper, regleta, hilo nilón, liga delgada fuente, cable conector y la tarjeta de arduino Uno.

## **ABSTRACT**

The present project “DACTILOLOGICAL ALPHABET TRANSLATOR PROTOTYPE FOR CHILDREN WITH HEARING DISABILITIES”. Its purpose is to make a prototype translator that captures the attention of children in their initial basic learning process at the the San Martín de Porres Special Educational Center. By means of the given proposal, a translator prototype of the fingerprint alphabet manipulated through an interface in Visual Studio was made.

In the present work, the prototype was developed using Karl Ulrich’s methodology in each of its phases using the following tools such as: arduino programming software, visual studio, electronic components, latex plastic material, servo motors, jumper cables, power strip, nylon wire, source thin tie, connector cable and the Arduino Uno board.

## ÍNDICE

<b>CAPITULO I</b> .....	1
1. MARCO PRELIMINAR .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.2.1 Antecedentes Institucionales.....	2
1.2.2 Antecedentes Trabajos Afines .....	3
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.3.1 Problema Principal .....	5
1.3.2 Formulación de problema.....	5
1.3.3 Problemas Secundarios .....	6
1.4 OBJETIVOS .....	6
1.4.1 Objetivo General .....	6
1.4.2 Objetivos Específicos .....	7
1.5 JUSTIFICACIÓN .....	7
1.5.1 Justificación Técnica .....	7
1.5.2 Justificación Económica .....	8
1.5.3 Justificación Social.....	8
1.6 METODOLOGÍA .....	8
1.6.1 Metodología Karl T. Ulrich.....	8
1.6.2 Estimación de costos Cócomo II .....	9
1.7 MÉTODOS DE INGENIERÍA .....	9
1.7.1 Técnicas de Investigación .....	10

1.8 HERRAMIENTAS .....	10
1.9 LÍMITES Y ALCANCES .....	12
1.9.1 Límites .....	12
1.9.2 Alcances .....	12
1.10 APORTES.....	13
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>14</b>
2. MARCO TEÓRICO .....	14
2.1 Prototipo Traductor .....	14
2.1.1 Herramientas De Desarrollo De Prototipo .....	14
2.1.2 Placa Arduino.....	14
2.1.3 Cable USB .....	16
2.1.4 Servomotores.....	17
2.1.5 Jumper Electrónico .....	18
2.1.6 Fuente – Batería .....	19
2.1.7 Pin Macho – Macho .....	20
2.1.8 Autodesk 123D design .....	21
2.1.9 Impresora 3D .....	21
2.1.10 Filamento Flex .....	22
2.1.11 Programa en IDE Arduino .....	23
2.1.12 Visual Studio .....	25
2.1.13 Plantillas de Visual Studio .....	26
2.2 Robótica Educativa .....	27
2.2.1 Mano Schunk SVH.....	27
2.2.2 Mano DLR.....	28
2.2.3 EH1 Milano Hand .....	29

2.2.4	MLR Hand.....	30
2.2.5	Grados De Libertad.....	33
2.3	Discapacidad Auditiva.....	34
2.4	Lenguaje de Señas.....	34
2.5	Alfabeto Dactilológico.....	35
2.6	Metodología Karl T. Ulrich.....	36
2.6.1	Desarrollo del Concepto.....	36
2.6.2	Diseño a Nivel de sistema.....	37
2.6.3	Diseño de Detalles.....	37
2.6.4	Prueba y Refinamiento.....	37
2.6.5	Producción Piloto.....	38
2.7	Estimación de Costos COCOMO II.....	39
	<b>CAPITULO III</b> .....	<b>41</b>
3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	41
3.1	Situación Actual.....	41
3.2	Desarrollo de la metodología.....	42
3.3	Fase 1: Desarrollo del Concepto.....	42
3.3.1	Definición de requerimientos.....	43
3.3.2	Desarrollo de conceptos de diseño.....	45
3.4	Fase 2 Diseño a Nivel de Sistema.....	48
3.5	Fase 3 Diseño de detalles.....	49
3.6.1	Construcción Del Prototipo.....	49
3.6.2	Impresión del Molde 3D.....	59
3.6.3	Ensamblaje Completo del Prototipo.....	62
3.6.4	Diseño de la Interfaz (Software).....	65

3.6 Fase 5 Prueba y Refinamiento.....	73
3.7 Fase 6 Producción piloto.....	76
3.8 Proceso de movimientos del abecedario.....	77
3.9 Pruebas De La Caja Negra .....	78
3.10 Pruebas De La Caja Blanca .....	82
3.11 Resultados .....	85
3.12 Costos Del Prototipo .....	86
<b>CAPITULO IV</b> .....	<b>93</b>
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>90</b>
4.1 Conclusiones .....	90
4.2 Recomendaciones .....	90
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>91</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>93</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Introducción a Arduino .....	15
Figura 2 Arduino cable USB.....	17
Figura 3 Servomotores .....	18
Figura 4 Jumper electrónico.....	19
Figura 5 Pin-Macho.....	20
Figura 6 Impresora 3D .....	22
Figura 7 Filamento flex .....	23
Figura 8 Introducción a Arduino .....	24
Figura 9 Mano Schunk SVH.....	28
Figura 10 Mano DLR.....	29
Figura 11 EH1 Hand .....	30
Figura 12 MLR Hand.....	31
Figura 13 Anatomía de la mano .....	32
Figura 14 Diagrama de bloque.....	49
Figura 15 Dedo Índice.....	50
Figura 16 Dedo Medio .....	51
Figura 17 Dedo Anular .....	52
Figura 18 Dedo Meñique.....	53
Figura 19 Dedo Pulgar .....	54
Figura 20 Panorama de los dedos .....	55
Figura 21 Base de los dedos .....	55
Figura 22 Pieza bandeja .....	56
Figura 23 Pieza soporte .....	57
Figura 24 Pieza de unión .....	58
Figura 25 Pieza base de la estructura.....	58
Figura 26 Ensamble de la estructura .....	63

Figura 27 Ensamble completo de la estructura .....	63
Figura 28 Palma .....	64
Figura 29 Actuador .....	65
Figura 30 Código Arduino .....	66
Figura 31 Void Setup .....	67
Figura 32 Void Loop.....	68
Figura 33 Ingreso al login.....	69
Figura 34 Primera de Visual Studio.....	70
Figura 35 Ventana Visual Studio.....	70
Figura 36 Ventana Visual Studio.....	71
Figura 37 Código Visual Studio.....	72
Figura 38 Segunda Ventana Interfaz Visual Studio.....	73
Figura 39 Código Segunda Ventana Botón.....	73
Figura 40 Demostración de Prototipo.....	74
Figura 41 Demostración de funcionamiento.....	75
Figura 42 Primera Ventana .....	75
Figura 43 Código Primera Ventana.....	76
Figura 44 Conexión de la interfaz con el prototipo .....	77
Figura 45 Movimiento de la letra D .....	78
Figura 46 Prueba de ingreso login .....	79
Figura 47 Prueba 1 .....	79
Figura 48 Prueba 2 .....	80
Figura 49 Prueba 2 práctico.....	80
Figura 50 Prueba 3.....	81
Figura 51 Resultado, prueba 3.....	82
Figura 52 Diagrama de flujo.....	83
Figura 53 Diagrama .....	84
Figura 54 Resultados .....	85
Figura 55 Cocomo II .....	86
Figura 56 Arduino .....	93
Figura 57 Fuente (Batería).....	93

Figura 58 Prototipo .....	94
Figura 59 Prototipo, Interfaz.....	94
Figura 60 Materiales .....	95
Figura 61 Materiales .....	95
Figura 62 Login.....	96
Figura 63 Código login.....	96
Figura 64 Código login.....	97
Figura 65 Interfaz.....	97
Figura 66 Código de la interfaz .....	98
Figura 67 Código de la interfaz .....	99
Figura 68 Segunda Ventana .....	99
Figura 69 Código de la interfaz .....	100

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Funciones Generales de Pin Arduino .....	15
Tabla 2. Estudio antropométrico de la mano por Garrett .....	33
Tabla 3. Distribución del Mercado de Software Actual y Futuro.....	39
Tabla 4. Descripción del proyecto.....	42
Tabla 5. Descripción de requerimientos.....	44
Tabla 6. Descripción del Prototipo.....	45
Tabla 7. Detalles de la impresora 3D con medidas.....	59
Tabla 8. Costo de materiales.....	87
Tabla 9. Costos de Ingeniería.....	88
Tabla 10. Costo total .....	88

# **CAPITULO I**

## **1. MARCO PRELIMINAR**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

La discapacidad auditiva es la dificultad que presentan algunas personas para percibir a través de la audición de los sonidos del ambiente y dependiendo del grado de pérdida auditiva, siendo está considerada como una de las de mayor marginación, porque esta discapacidad no presenta características físicas en su rostro o cuerpo como en otras discapacidades, sino que experimentan pérdidas y daños del sentido del oído que impiden la comunicación con los demás.

La mano humana construye un medio de comunicación en personas con deficiencia auditiva, pudiendo expresar letras, palabras y con la ayuda de gestos pueden exteriorizar emociones o ideas. Existen muchos métodos de aprendizaje de personas con esta discapacidad, siendo el primer lenguaje que adoptan el de las señas, llamado también alfabeto dactilológico. Por cuanto, la presente investigación tiene como propósito comprobar la efectividad de dicho método de enseñanza a niños del Centro Educativo Especial San Martín de Porres, siendo que para poder realizar esta comprobación se usará la metodología de Karl T. Ulrich.

Dentro del contexto en las áreas urbanas existen centros educativos especializados, para atender a esta población minoritaria de personas con discapacidad o con dificultades de aprendizaje.

En la Av. Imperial Zona/Huayna Potosí de la ciudad de El Alto se encuentra el Centro Educativo Especial (C.E.E.) San Martín de Porres que atiende a niños con discapacidad y con dificultad de aprendizaje en etapa escolar. Al interior de esta población existe un porcentaje considerable de estudiantes con discapacidad auditiva, en diferentes grados.

## 1.2 ANTECEDENTES

### 1.2.1 Antecedentes Institucionales

El Centro Educativo Especial San Martín de Porres queda ubicada en la Av. Imperial Zona/Huayna Potosí de la ciudad de El Alto. Se dedica actualmente a la enseñanza de niños con discapacidades diferentes, también enseña a los estudiantes a realizar manualidades y variedad de masitas por sí mismos. El centro apoya desde bebés hasta jóvenes de más de 25 años y cuenta con el 71% de niños con discapacidades diferentes, de los cuales el 10% de niños de distintas edades sufren de discapacidad auditiva.

El objetivo, la misión y visión del Centro Educativo Especial San Martín de Porres, consiste en:

- **Objetivo:** Lograr que las personas con discapacidad se inserten laboralmente cuando lleguen a su juventud para que tenga una independencia social.
- **Misión:** Brindar una atención integral de rehabilitación a niñas y niños, jóvenes y adultos con capacidades diferentes estimulando cualidades y capacidades para asegurar un nivel óptimo de independencia y calidad para integrarlos a la sociedad.
- **Visión:** Maximizar su funcionamiento, que los niños capten con facilidad y que brinde servicios educativos con pertinencia de manera oportuna con equipación de condiciones para los estudiantes con discapacidad intelectual, auditiva, múltiple.

El centro Educativo está conformado por todo un plantel administrativo jerárquico que compone el director, secretario, plantel docente y un regente. La atención en el Centro Educativo para la educación de los niños es en el turno de la mañana.

### 1.2.2 Antecedentes Trabajos Afines

Como resultado de la revisión bibliográfica de interés, se encontraron los siguientes trabajos afines al presente estudio.

- (Alvarado, 2011) “Mano Robótica Inalámbrica”. Tiene como objetivo diseñar y construir una mano mecánica capaz de emular los movimientos. La metodología utilizada es el RUP y la herramienta empleada es la simulación en proteus y el compilador c++ para el pic. En este proyecto titulado Mano Robótica Inalámbrica desarrolla diferentes movimientos de la mano, como una de las herramientas de la parte de hardware que utiliza es el pic, a diferencia del presente proyecto que emplea Arduino UNO.
  
- (Carmo, 2016) “Mano Robótica Controlada por Sistema Arduino”. Tiene por objetivo diseñar una mano robótica con la impresora 3D que permita simular movimientos concretos de dicho alfabeto dactilológico. La metodología utilizada es el Kal-ultrich y la herramienta usada es el Ros que consiste en librerías y patrones de código abierto para el control de Robots. Según dicho proyecto, se utiliza una de las herramientas, en la parte de hardware, el Arduino con impresiones 3D similares al proyecto propuesto con la diferencia del desarrollo de una interfaz del presente proyecto.
  
- (Andrade, 2011) “Diseño y Construcción de una Mano Robótica para la Enseñanza del Alfabeto Dactilológico Universal para Personas Sordomudas”. Tiene por objetivo desarrollar un prototipo que sea capaz de realizar el alfabeto dactilológico. La metodología utilizada es el RUP y la herramienta LabVIEW y CAD, incorporando la visión artificial. En este proyecto de diseño y construcción de la mano robótica, se desarrolla una traducción universal para personas con discapacidad auditiva, mientras que en el presente proyecto se limita a traducción del alfabeto.

- (Mora, 2017) “Sistema Traductor de Lengua de Señas para asegurar la Inclusión Educativa de las Personas con Discapacidad Auditiva de la Unidad Educativa Isabel La Católica”. Tiene por objetivo desarrollar una aplicación móvil para aportar un cambio educacional. La metodología utilizada fue el RAD y las herramientas aplicadas son el diseño de la base de datos (sql). El proyecto del Sistema Traductor del lenguaje de señas se realizará a través de una aplicación móvil utilizando la base de datos (sql), en tanto que, en el presente proyecto, para la traducción se realiza una conexión de arduino con la interfaz de Visual Studio.
- (Aquino, 2018) “Reconocimiento e Interpretación del Alfabeto Dactilológico de la Lengua de Señas mediante la Tecnología Móvil”. Tiene por objetivo desarrollar una aplicación para el reconocimiento e interpretación del alfabeto dactilológico de la lengua de señas. La metodología utilizada fue el RAD y las herramientas empleadas fue el Python. El proyecto del reconocimiento e interpretación del alfabeto dactilológico, realiza su traducción a través de una aplicación de dispositivo móvil, con la diferencia del presente proyecto que realiza la traducción a través de un interfaz de Visual Studio.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Alrededor del mundo existen poblaciones pequeñas que padecen de limitaciones en su comunicación, esto se debe en algunos casos a la pérdida auditiva, en otros casos a trastornos auditivos de diferente índole.

En Bolivia, de acuerdo al registro realizado el 15 de octubre de 2019, existen 95.884 personas con discapacidad, de las cuales el 45% son mujeres y 55% varones; del total de ellas, el 51% tiene una discapacidad grave, el 28% moderada, el 15% muy grave y el 6% padece una discapacidad leve; mientras

que el 38% adolece de discapacidad física-motora, el 29% intelectual, y el 15% múltiple.

El lenguaje a emplearse en la traducción realizada por el prototipo es el lenguaje de señas boliviano, debido a que existe diferentes lenguajes de señas en distintos países. Los métodos utilizados para el lenguaje de señas en los diferentes centros educativos, son antiguos y muchas veces no muestran resultados positivos considerables.

En el Centro Educativo Especial (C.E.E.) San Martín de Porres, existe una población de un 71 % de estudiantes con discapacidades diferentes, de los cuales un 10% sufre de discapacidad auditiva, los que son atendidos con diversas herramientas como fichas y cuadros que apoyan su formación, sin embargo, al profesor le toma un tiempo significativo de entre 25 a 30 minutos en atender a cada estudiante. La presente propuesta coadyuvará a los niños a fortalecer el aprendizaje del alfabeto pudiendo llamar su atención con el prototipo.

### **1.3.1 Problema Principal**

El 10% de los estudiantes con discapacidades diferentes del Centro Educativo Especial San Martín de Porres sufre de discapacidad auditiva, lo que afecta la capacidad del niño para desarrollar el habla, el lenguaje y las destrezas sociales, limitando su comunicación con la sociedad, donde se dificulta el aprendizaje del lenguaje de señas. En ese sentido, surge la idea del diseño de un prototipo traductor en las que se puedan disponer de una herramienta tecnológica para facilitar la educación a los niños del nivel básico.

### **1.3.2 Formulación de problema**

¿De qué manera se puede apoyar a la enseñanza del lenguaje de señas boliviano en estudiantes del nivel básico del Centro Educativo Especial San Martín de Porres?

### **1.3.3 Problemas Secundarios**

- Las deficiencias de aprendizaje del lenguaje de señas en los niños con discapacidad auditiva del Centro Educativo Especial San Martín de Porres, dificulta el desarrollo de habilidades requeridas para la comunicación con sus semejantes y, por ende, con la sociedad.
- La ejecución del lenguaje de señas por parte de los niños con discapacidad auditiva del Centro Educativo Especial San Martín de Porres, no es asimilada apropiadamente, debido a la falta de atención que se brinda a los mismos.
- Existen limitados métodos convencionales que puedan utilizarse eficientemente en la educación de los niños especiales con discapacidad auditiva del Centro Educativo Especial San Martín de Porres.
- El aprendizaje del lenguaje de señas por medios convencionales, requiere una especial pericia tanto del capacitador como de los estudiantes para lograr un aprendizaje significativo.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

Desarrollar un prototipo traductor del alfabeto dactilológico para niños con discapacidad auditiva, que apoye la enseñanza del lenguaje de señas

boliviano en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel básico del Centro Educativo Especial San Martín de Porres.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar los requerimientos para verificar el correcto funcionamiento del prototipo como una metodología didáctica, a fin de llamar la atención de los niños para propiciar un aprendizaje significativo del alfabeto dactilológico.
- Analizar las limitaciones de aprendizaje del alfabeto dactilológico a las que están sujetos los niños con discapacidad auditiva del Centro Educativo Especial San Martín de Porres, a fin de identificar alternativas de mejoría mediante el uso de recursos tecnológicos.
- Diseñar una mano robótica capaz de traducir las letras del lenguaje de señas boliviano en etapa escolarizada inicial, que facilite el aprendizaje del alfabeto dactilológico.
- Desarrollar el armado del prototipo utilizando servomotores, una fuente de energía, operada mediante una interfaz de Visual Studio.

### **1.5 JUSTIFICACIÓN**

El Centro Educativo San Martín de Porres alberga a un 70 % de niños que tienen discapacidades diferentes, de los cuales el 10% sufre de discapacidad auditiva. Según los datos de la directora del centro y del docente responsable de la enseñanza a los niños con discapacidad auditiva, en el centro no se dispone de recursos tecnológicos que coadyuven al aprendizaje de los niños del lenguaje de señas.

#### **1.5.1 Justificación Técnica**

El prototipo traductor del alfabeto dactilológico para niños con discapacidad auditiva del Centro Educativo Especial San Martín de Porres, constituirá una herramienta tecnológica factible de implementar en el proceso de enseñanza – aprendizaje, propiciando un aprendizaje significativo e innovador, basado en el uso de recursos tecnológicos.

### **1.5.2 Justificación Económica**

El presente proyecto se justifica económicamente ya que los materiales se pueden conseguir fácilmente en el mercado, en la parte de electrónica ya que su costo no requiere de sumas elevadas, los cuales se adaptan para que el prototipo pueda realizar sus movimientos y tener un funcionamiento apropiado al servicio de los niños con discapacidad auditiva.

### **1.5.3 Justificación Social**

El presente proyecto se justifica socialmente porque pondrá a disposición del niño de una tecnología capaz de enseñar a interpretar el alfabeto dactilológico, mediante la implementación de una mano robótica para la comprensión del alfabeto, coadyuvando a una transición natural del niño con discapacidad auditiva en su etapa de formación inicial.

## **1.6 METODOLOGÍA**

### **1.6.1 Metodología Karl T. Ulrich**

La metodología Karl T. Ulrich es la que se usará para el desarrollo del proyecto y constituye en una colección de procedimientos, técnicas y herramientas para el diseño del prototipo mediante el proceso de desarrollo, construcción de los modelos consiguiendo que los mismos se realicen de forma paralela.

La metodología a implementarse en la construcción de la mano consiste en seis fases que son:

- *Fase de Planeación.* – Desarrollo del concepto
- *Fase de Diseño del Concepto.* – Se identifica las necesidades del mercado objetivo, se generan y evalúan conceptos de productos alternativos, y se seleccionan uno o más conceptos para el desarrollo y para la prueba.
- *Fase de Diseño a Nivel de Sistema.* – Se define la arquitectura del producto y el desglose de este en subsistemas y componentes. Se define también el esquema de ensamble final para el sistema de producción.
- *Fase de Diseño de Detalles.* – Se establece la especificación completa de la geometría, materiales y tolerancia de todas las partes que sean únicas en el producto.
- *Fase de Prueba y Refinamiento.* – Involucra la construcción y evaluación de múltiples versiones de producción previas del producto. Se desarrollan los prototipos alfa y beta.
- *Fase de Producción Piloto.* – En esta fase el producto se fabrica utilizando el sistema de producción pretendiendo como finalidad capacitar a la fuerza laboral y resolver problemas que persistan en los procesos de producción.

### **1.6.2 Estimación de costos Cócomo II**

Es un modelo (algoritmo) que permite estimar el coste, esfuerzo y tiempo cuando se planifica una nueva actividad de desarrollo software. Ferrando y Fito (2009, p.4).

## **1.7 MÉTODOS DE INGENIERÍA**

### **1.7.1 Técnicas de Investigación**

Entrevista. - La entrevista es una técnica de recogida de información que además de ser una de las estrategias utilizadas en procesos de investigación, tiene ya un valor en sí misma. El principal objetivo de una entrevista es obtener información de forma oral y personalizada sobre acontecimientos, experiencias, opiniones de personas. Siempre, participan como mínimo dos personas. Una de ellas adopta el rol de entrevistadora y la otra el de entrevistada, generándose entre ambas una interacción en torno a una temática de estudio. (Folgueiras,2016, p.2).

Para la recopilación de información se realizó la entrevista al docente encargado del grupo de los niños con discapacidad auditiva para tener más información acerca de su desenvolvimiento en el aprendizaje de cada niño.

## **1.8 HERRAMIENTAS**

Las herramientas que se implementarán en el proceso de desarrollo del proyecto de investigación consisten en:

- Placa Arduino UNO. – Arduino es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basada en software y hardware libre. Con arduino se puede obtener información del entorno conectando sensores a través de sus pines de entrada y actuar controlando luces, motores y otros actuadores. Loureiro y Pujol (2017).
- Cable USB. – Permite conectar la placa Arduino Uno a un ordenador para que se pueda programar. También proporciona la alimentación necesaria tanto a la placa Arduino como a todos los componentes electrónicos que forman parte de los proyectos. (Fernández,2020, p.9).

- Servomotor. – Básicamente un servomotor es un motor de corriente continua con un potenciómetro que le permite saber la posición en la que se encuentra y así poder controlarla. (Proserquisa, 2018, p.10).
- Jumper Electrónicos. – En electrónica es común tener que hacer puentes para todo tipo de conexión en protoboard, por lo común se usan pequeños cables con revestimiento con punta dura para que el circuito quede de manera estético y funcional. (Yana, 2016, p.20).
- Fuente Batería. – Llamada también fuente de alimentación eléctrica al elemento responsable de generar la diferencia de potencial necesaria para que fluya la corriente eléctrica por un circuito y así puedan funcionar los dispositivos conectados a éste. Las fuentes que se utilizan más a menudo en el siguiente proyecto serán de dos tipos: Las pilas y/o baterías. (Torrente,2013, p.18).
- Pin Macho – Macho. – Se asocian con conectores de cable plano, los encabezados de clavija a menudo también funcionan como receptores para puentes. El espaciado para puentes más común es de 2.54 milímetros (0.1 pulg.). Los conectores, por lo tanto, son conectores machos, existiendo contrapartes hembras, pero normalmente solo se denomina encabezado hembra o conector de encabezado “pin”. (Domenech,2017, pag.13).
- Autodesk 123D Design. – 123D Design es una aplicación 3D potente y fácil de usar que puede crear objetos asombrosos y complejos a partir de formas básicas o bocetos. Estos objetos pueden imprimirse en 3D o fabricarse con CNC “Control Numérico Computarizado”, cortadores láser, cortadores de chorro de agua, etc. La capacidad de comenzar desde el contenido reduce la curva de aprendizaje y evita la necesidad del nivel de abstracción requerido cuando se parte de un lienzo negro y bocetos. (Melantoni, p.4).

- Impresora 3D. – En su modelo más popular, es una máquina de fabricación digital de la categoría aditiva, ya que en su modo de funcionamiento se basa en el depósito de varias capas de un insumo en general plástico, hasta lograr la pieza completa. Opera a través de un inyector de material, que se desplaza en tres dimensiones (x, y, z), controlado por un software, el cual usa como patrón de fabricación un modelo 3D. Bordignon, Iglesias y Hahn (2018, p.14).
  
- Programa en Arduino ID. – El entorno de desarrollo de Arduino es intuitivo para distintos sistemas operativos. Ha sido implementado con processing, un lenguaje similar a java. Está formado por una serie de menús, una barra de herramientas con botones para las funciones comunes, editor de texto donde se escribirá el código, un área de mensajes y una consola de texto. (Lledó 2012, p.14).
  
- Visual Studio. – Proporciona un entorno de desarrollo que permite crear aplicaciones Windows, web, servicios, bibliotecas o aplicaciones empresariales para la nube. Para iniciar, Visual Studio proporciona una serie de plantillas de aplicación que proporciona una estructura para los diferentes tipos de aplicación. (Muñoz, 2017, p.21).

## **1.9 LÍMITES Y ALCANCES**

### **1.9.1 Límites**

El presente proyecto se limitará a la enseñanza de la traducción del alfabeto para niños con discapacidad auditiva, utilizando el Lenguaje de Señas Boliviano, solo con la utilización del prototipo de una sola mano, mediante una interfaz, tanto de la estructura y los materiales de construcción.

### **1.9.2 Alcances**

El proyecto será significativo para los niños con discapacidad auditiva, facilitando su aprendizaje del alfabeto dactilológico inicial, llamando así también su atención para su buen desenvolvimiento, con la traducción del alfabeto.

- El presente proyecto realizará la enseñanza de cada letra.
- Se incorporará un servo motor en la base para que realice giros en algunas letras especiales para la traducción del alfabeto.
- Se desarrollará la interfaz necesaria para que el prototipo traduzca el alfabeto.

### **1.10 APORTES**

El proyecto beneficiará a los niños en el avance de su conocimiento del alfabeto dactilológico, para que de esta manera puedan progresar en su aprendizaje, a través de un medio alternativo y eficiente basado en el uso de recursos tecnológicos y específicamente orientado a mitigar las limitaciones de aprendizaje que surgen como consecuencia de la discapacidad auditiva.

# **CAPITULO II**

## **2. MARCO TEÓRICO**

A continuación, se presenta los elementos teóricos necesarios donde se fundamenta el proyecto.

### **2.1 Prototipo Traductor**

El prototipo traductor es un diseño o modelo para la demostración de su funcionamiento. El prototipo es un molde que se puede fabricar referentemente a una figura u otra cosa de desarrollo que están construidos en un artefacto para prueba y experimentación. El traductor hace referencia al proceso de conversión de una lengua a otra, en este caso el lenguaje de señas. Haciendo la unión de ambos significados el Prototipo traductor sirve como representación, simulación o prefiguración del producto final, incorporando sus características y funcionalidades esenciales. El desarrollo del prototipo conlleva el uso de las siguientes herramientas que se muestran a continuación.

#### **2.1.1 Herramientas De Desarrollo De Prototipo**

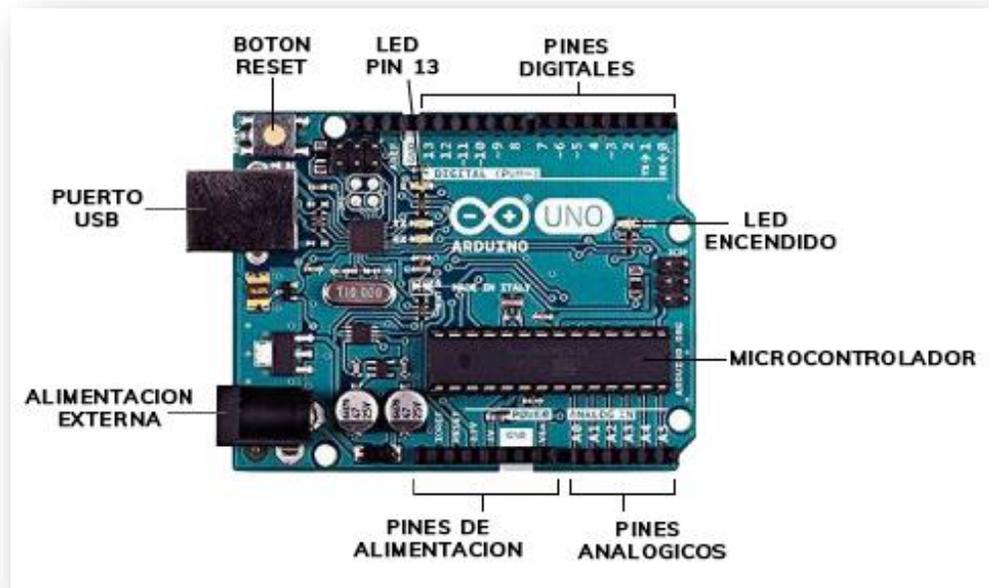
Las diferentes herramientas a utilizarse en el desarrollo del proyecto, se explican a continuación.

#### **2.1.2 Placa Arduino**

Arduino es una plataforma electrónica abierta para la creación de prototipos y que gira entorno a un microcontrolador. Esta plataforma posee una arquitectura hardware guiada por un programa o software que le va a permitir ejecutar programas previamente diseñados.

En la Figura 1. se puede observar la placa Arduino Uno, con sus partes más importantes señaladas que serán descritas en el siguiente apartado. (Castillo, 2017, p.5).

Figura 1 Introducción a Arduino



Fuente: Haley,2020, p.4

La placa arduino Uno es el que se utilizará para el desarrollo del presente proyecto. Arduino UNO es una placa de código para iniciar con la programación y la electrónica. A continuación, se puede observar el funcionamiento de algunos de los pines de Arduino.

Tabla 1. Funciones Generales de Pin Arduino

Componente	Descripción
Led	Hay un led incorporado controlado por el pin digital 13. Cuando el pin tiene un valor alto, el Led está encendido, cuando el pin está bajo, está apagado.
VIN	Voltaje de entrada a la placa Arduino cuando se utiliza una fuente de alimentación externa. Puede suministrar

---

	voltaje a través de este pin o a través del conector de alimentación
5V	Este pin emite 5v regulado desde el regulador en el tablero. La placa se puede alimentar con el conector de alimentación CC (7-20v), el conector USB (5v) o el pin VIN de la placa (7-20v).
GND	Pines de tierra
IOREF	Este pin en la placa Arduino proporciona el voltaje de referencia con la que funciona el microcontrolador
Reset	Normalmente se usa para agregar un botón de restablecimiento a los aislantes que bloquean el que está en el tablero.

---

Fuente: S.F.

### 2.1.3 Cable USB

A través de esta entrada se admiten únicamente 5 volts. Se puede obtener los 5 volts del puerto USB del PC y/o de cualquier otro dispositivo compatible con el USB, de un adaptador de teléfono móvil con salida al USB o a través de uno de los “cargadores de emergencia” disponibles también para teléfonos móviles. Usualmente no se comete errores de polaridad ni de voltaje cuando se usa el USB para alimentar. (Zagal,2017, p.3).

Con el cable USB se realiza la conexión desde un PC hacia la tarjeta Arduino es importante el cable USB porque a través del cable se puede cargar el código a la tarjeta de Arduino, ver figura 2.

*Figura 2* Arduino cable USB



Fuente: Zagal,2017, p.4

A través del cable USB se puede transmitir la conexión entre la placa de arduino y el PC, de esta forma se puede transmitir el código-interfaz con el prototipo, para su funcionamiento.

#### **2.1.4 Servomotores**

Los servomotores son dispositivos que se pueden ubicar en cualquier posición dentro de su rango y mantenerse estable, lo que caracteriza a estos dispositivos son la fuerza, velocidad y baja inercia, como se muestra en la Figura 3 (Andrango,2019, p.47,48).

Figura 3 Servomotores



Fuente: Rubio,2017, p.15

El servomotor es el que permite realizar los movimientos del prototipo. Para el presente proyecto se utiliza el servomotor con torque metálico para su buen funcionamiento y resistencia.

### 2.1.5 Jumper Electrónico

Son flexibles de longitud con un conector tipo macho y hembra. Son perfectos para realizar proyectos con arduino ya que se adaptan a la mayoría de sensores y actuadores existentes en el mercado. También son útiles para alambrar circuitos al protoboard. (Salvador,2017).

Los jumpers son importantes porque son los que permiten la conexión o unión de un servo motor hacia la tarjeta de Arduino y la conexión con la fuente (Batería).

A través del jumper ver figura 4, se puede transmitir la energía que manda la fuente hacia los servos, de esa manera se puede alimentar a los servos, o realizar la unión de cables positivos y negativos de cada servo motor

*Figura 4 Jumper electrónico*



Fuente: Salvador,2017, p.2

El jumper es un conector de tipo hembra-hembra, macho-macho, hembra-macho, son conectores que permiten la conexión entre componentes para realizar grandes y pequeños proyectos. Los jumpers tienen diferentes tamaños como pequeños, medianos y grandes. En el presente proyecto el jumper es el que permite la unión del servo con la placa arduino y se utiliza el jumper macho-hembra para su conexión.

#### **2.1.6 Fuente – Batería**

Es nombrada como fuente-batería eléctrica o acumulador eléctrico o comúnmente llamada pila o batería. Este dispositivo transforma la energía química en energía eléctrica. Se puede acceder a esta energía por medio de dos terminales que contiene la pila, los cuales son llamados polos. Uno de ellos es el polo cátodo (positivo) y el otro es el polo ánodo (negativo).

La batería o fuente está conformado por dos electrodos, en varios casos son metálicos, insertados en una disolución conductora de la electricidad. Además, cabe recalcar que hay baterías o pilas recargables y no recargables, y tienen muchas formas y tamaño (Kessler,2005, p.42). A través de la fuente se alimentan los servomotores para el funcionamiento del prototipo.

### 2.1.7 Pin Macho – Macho

Un conector de regleta de pines o conector de hilera de pines, es un tipo de conector eléctrico. Consta de uno o más filas machos con un espacio de 2,54 mm (0,10 pulgadas) entre cada pin, pero los tamaños comunes también incluyen 5,08 mm (0,2 pulgadas), 5 mm (0,197 pulgadas), 3,96 mm (0,156 pulgadas). La distancia entre los pines se conoce comúnmente como pitch (paso) en la comunidad electrónica.

La regleta está formada por pines machos ver figura 5, que permite la unión de cables positivos y negativos de esa forma la parte de positivos que llevará en la parte de arriba lo forma como si fuera uno solo y eso permite la conexión de un positivo, evita que pueda a ver muchos cables.

*Figura 5 Pin-Macho*



Fuente: Doménech,2017, p.14

Con los pines macho llamado también regleta se realiza la unión de los cables para tener una sola dirección. Por ejemplo, la conexión de cables positivos por la parte de arriba o la conexión de cables negativos por la parte de abajo. En el caso del prototipo lleva la función de positivos en la parte de arriba de los servos y en la parte de abajo los negativos de cada servo.

### **2.1.8 Autodesk 123D design**

Se trata de un conjunto de aplicaciones que permiten hacer en diferentes categorías y de muchas formas diferentes. Design permite crear un modelo desde cero a partir de un diseño básico. (Monzón,2007, p.5).

Con el AutoDesk se realiza el diseño de las piezas para el prototipo, cada pieza es diseñada para luego poder imprimirlas con la impresora 3D.

### **2.1.9 Impresora 3D**

Es un grupo de tecnologías de fabricación por donde un objeto tridimensional es creado mediante la superposición de capas sucesivas de material. Las impresoras 3D se basan en modelos 3D para definir qué se va a imprimir. Un modelo no es sino la representación digital de lo que se va a imprimir mediante algún software de modelado. Con una impresora 3D se puede generar diferentes proyectos como prótesis, o cualquier otro objeto que se pueda imaginar, usando tan solo la cantidad estrictamente necesaria de material, y para hacerlo se debe tener la representación del objeto en un formato de modelo 3D reconocible para la impresora. Una impresora 3D es una máquina capaz de realizar “impresiones” de diseños en 3D, creando piezas o maquetas volumétricas a partir de un diseño hecho por un ordenador. Surgen con la idea de convertir archivos de 2D en prototipos reales o 3D. (Noguero,2014, p.3).

La impresora 3D es primordial para la impresión del prototipo del presente proyecto, al realizar la impresión se prende como una luz azul donde se prepara el filamento para que pueda ser utilizado, como si fuera la tinta de una impresora común, y tiene la siguiente forma observar la figura 6.

*Figura 6* Impresora 3D



Fuente: Doménech,2017, p.14

Cada pieza es impresa con una impresora 3D, usando el filamento termoplástico (flex), un material de alta dureza y baja deformación muy resistente. La ventaja de usar esta tecnología es que se pueden construir piezas funcionales en plásticos estándar y es muy útil para prototipados. Para el diseño de las piezas se utiliza el software CAD con extensión de STL, y el fichero es orientado para poder ser impreso y dividido en capas. (Doménech,2017, p.13).

La impresora 3D es el que permite la impresión de diseños de todo tipo que se puede imaginar, pues con esta tecnología se puede construir todo tipo de diseños de prototipos donde cada pieza es imprimida con un tipo de filamento.

#### **2.1.10 Filamento Flex**

Es un elastómero termoplástico con el que se pueden imprimir piezas de flexibilidad, consistencia y dureza asombrosa. El cabezal puede trabajar a una temperatura de 215°C. (Mejia,2014, p32).

Es un material que no es encontrado con facilidad y llega más en color blanco como se puede observar en la figura 7, este material es un filamento más usado por la impresión de otros prototipos.

*Figura 7 Filamento flex*



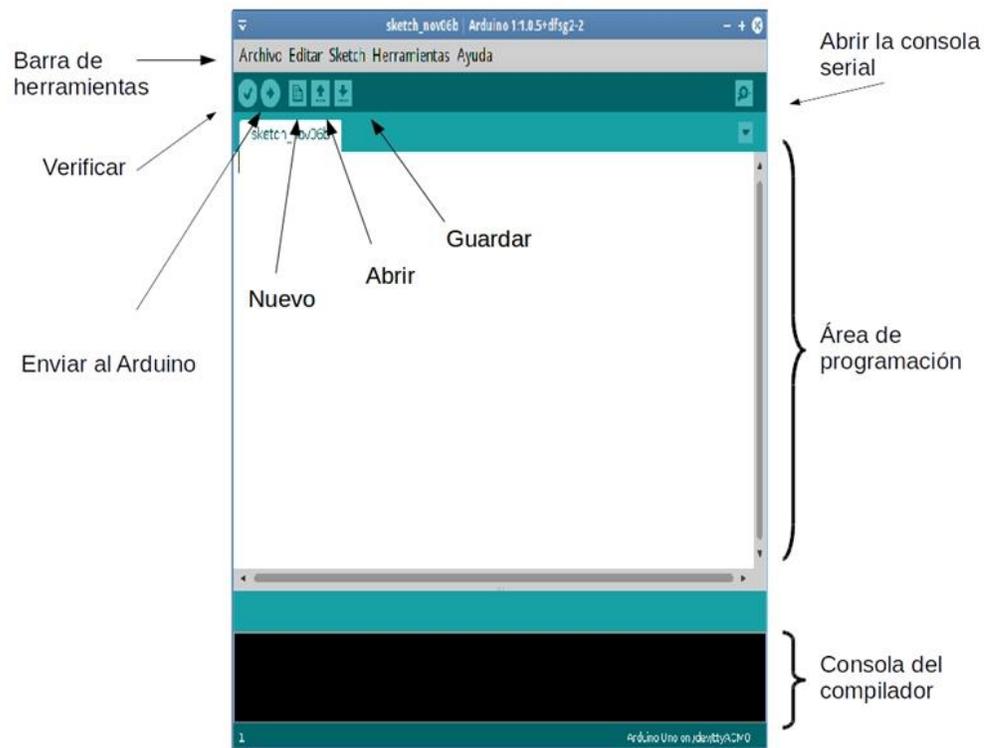
Fuente: Mejia,2014, p.33

El filamento flex es un material de alta duración resistible al calor, con este filamento se realiza la impresión de cada pieza ya que es de un material de plástico duro.

### **2.1.11 Programa en IDE Arduino**

El IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) cuenta con otras herramientas que facilitan la programación, el uso de librerías, la detección de errores, selección de puerto y modelo de placa a programar. Una de las herramientas más utilizadas a la hora de depurar el funcionamiento del programa es el monitor serial, que permite la comunicación mediante el USB de la PC y ver mensajes de la ejecución que se programó. (Sogorb,2014, p.17). Este entorno de desarrollo integrado permite el proceso de cada código que se realiza para un proyecto.

Figura 8 Introducción a Arduino



Fuente: Angulo,2013, p.7

Dentro de este entorno de desarrollo se puede ver el funcionamiento de cada una de las partes de que se compone un proyecto Arduino. Al interior de la barra de herramientas se puede observar las librerías y la conexión del puerto de Arduino. La parte de la consola muestra el monitor serie donde se identifican los errores y se verifica el funcionamiento del código realizado. En la consola del compilador al hacer correr el código, se verifica si el código es correcto antes de subirlo a la placa de lo contrario mostrará error.

### ➤ **Estructura del programa de Arduino**

La estructura del lenguaje de programación de arduino es bastante simple y se compone de al menos dos partes. Estas dos partes necesarias, o funciones, encierran bloques que contienen declaraciones, estamentos o instrucciones. (Ruiz,2017, p.6)

La estructura de un programa Arduino típico, se muestra a continuación:

```
void setup ()  
{  
  estamentos;  
}
```

```
void loop ()  
{  
  estamentos;  
}
```

En esta parte de la estructura es donde se realiza la parte del código. Dentro del void setup se inicia los pines, y dentro del void loop se ejecuta el desarrollo del código que viene siendo los eventos.

#### ➤ ***Función setup () y loop ()***

La función **setup ()** se invoca una sola vez cuando el programa empieza, se utiliza para inicializar los modos de trabajo de los pines, o el puerto serie, después de llamar a **setup ()**, la función **loop ()** hace precisamente lo que sugiere su nombre, se ejecuta de forma cíclica, lo que posibilita que el programa este respondiendo continuamente ante los eventos que se produzcan en la tarjeta. (Ruiz, 2007, p.7).

#### **2.1.12 Visual Studio**

Visual Studio proporciona un ambiente de desarrollo que permite diseñar, implementar, compilar, probar y desplegar rápidamente varios tipos de aplicaciones y componentes utilizando una amplia gama de lenguajes de programación. (Muñoz, 2017, p.21).

Dentro del entorno de visual estudio se ejecutará la interfaz gráfica de usuario, desarrollada para el funcionamiento del prototipo y enlazada con el IDE Arduino.

### 2.1.13 Plantillas de Visual Studio

Visual Studio proporciona un entorno de desarrollo que permite crear aplicaciones Windows, web, servicios, bibliotecas o aplicaciones empresariales para la nube. Para comenzar a iniciar un proyecto, Visual Studio proporciona una serie de plantillas de aplicación que provee una estructura para los diferentes tipos de aplicaciones.

Algunas facilidades que las plantillas de Visual Studio, consisten en:

- Proporcionan el código inicial para construir y crear rápidamente aplicaciones funcionales.
- Incluyen soporte a componentes y controles dependiendo del tipo de proyecto seleccionado.
- Configuran el IDE de Visual Studio dependiendo del tipo de proyecto seleccionado.
- Configuran el IDE de Visual Studio dependiendo del tipo de aplicación que se desea desarrollar.
- Agregan referencias a los ensamblados que el tipo de aplicación requiera.

(Muñoz, 2017, p.22).

Para el desarrollo de la interfaz del presente proyecto se toma algunos puntos de la plantilla de Visual Studio, como en la parte de aplicaciones funcionales al iniciar su creación de la interfaz se realiza su diseño utilizando las herramientas de sus componentes de botones y diseño de fondo. Para el desarrollo la interfaz ya se tendría que tener listo el armado del prototipo para realizar las pruebas correspondientes.

El desarrollo del prototipo conlleva la elaboración de un dispositivo robótico con fines educativos, que concierne a la robótica educativa.

## **2.2 Robótica Educativa**

La robótica educativa implica el desarrollo de prototipos reales, permitiendo la aplicación creativa del conocimiento de los estudiantes. Estos prototipos son una herramienta importante para comprender conceptos abstractos y complejos, a la vez que permiten el desarrollo de competencias básicas como el trabajo en equipo. Aunque existen diversas alternativas, como los seguidores de luz y los robots inspirados en insectos, una opción a explorar es la mano robótica, la cual puede constituirse en un prototipo didáctico que motive a los estudiantes en el aprendizaje de la temática de programación. Martínez y Niño (2017, p.17).

Para el desarrollo del presente proyecto es necesario tener conocimientos básicos acerca de la robótica, para el diseño del prototipo con una motivación inspirada en proyectos similares que ayuden a personas que lo necesiten. La educación con la robótica es muy amplia ya que con estos conocimientos se pueden desarrollar muchos proyectos que ayuden a la población, a través de diseños de prototipos con la programación. Es por esa razón que nace la idea de ayudar a personas con discapacidad auditiva a través del presente proyecto.

Algunos prototipos reales de manos robóticas, susceptibles de utilizarse con fines educativos y que son de relevancia para el presente estudio, se describen a continuación.

### **2.2.1 Mano Schunk SVH**

La mano SVH, de la empresa alemana Schunk, de la figura 9 es una mano robótica avanzada con cinco dedos que produce de manera semejante los 20 grados de libertad que tiene la mano humana.

La mano incorpora toda la electrónica dentro de su estructura y su grado de movilidad es similar al de la mano humana. Dispone de nueve motores

eléctricos que movilizan 20 GDL, permitiéndole realizar diferentes tipos de agarres. Tiene sensores táctiles en los dedos y una superficie elástica que asegure el agarre de objetos. La muñeca de la mano no dispone de ningún movimiento, pero está completamente preparada para acoplarse a brazos robóticos. (Ove Do Carmo, 2016, p.13).

*Figura 9 Mano Schunk SVH*



Fuente: Ove Do Carmo, 2016, p.13

A continuación, se muestra el prototipo de la mano SVH en la figura 10 donde se puede observar que la mano robótica está realizada hasta la muñeca que lleva como base un círculo de impresión 3D para que se pueda mantener de pie.

### **2.2.2 Mano DLR**

Es una mano articulada multisensorial con doce GDL (grado de libertad) con cuatro dedos, montada sobre un sensor de fuerza y posición de seis ejes. Todos los actuadores están contenidos en la palma de la mano, así como en los dedos mismos. La transmisión del movimiento es por poleas y tendones, ver la figura 10 Andrade y Zúñiga (2011, p.6).

*Figura 10* Mano DLR



Fuente: Carmo,1997, p.13

La mano DLR tiene como similitud a la mano SVH con la diferencia de su funcionalidad de cuatro dedos que se encuentran unidos sus cuatro falanges en la palma de la mano robótica.

### **2.2.3 EH1 Milano Hand**

Perteneciente a la compañía Prensilia, la mano antropomórfica EH1 Milano, que se puede observar en la figura 11, posee un total de cinco dedos que suman 16 GDL y seis motores que controlan el movimiento de la mano. La versión anterior de esta mano, fue la primera controlada por la mente de un voluntario como una prótesis, mediante unos electrodos colocados en su extremidad. (Gutiérrez, 2014, p.16).

*Figura 11 EHI Hand*



Fuente: Gutiérrez,2014, p.16

La presente prótesis que se puede observar en la figura 11 fue desarrollada primera mente con pruebas realizadas a través de la mente de un voluntario, la versión actual cuenta con el movimiento de los cinco dedos a través de 6 servomotores.

#### **2.2.4 MLR Hand**

Se trata de una prótesis robótica desarrollada como parte de un programa del laboratorio de física aplicada Stephen Hopkins. La parte superior del brazo contiene un hombro con dos motores que permiten los movimientos de abducción / aducción y flexión / extensión, un rotador del húmero, un codo y la unidad de potencia. Los movimientos de los dedos se diseñaron como unidades independientes con controladores de motores internos que permiten controlar la posición. Así mismo cada dedo contaba con la electrónica necesaria para establecer la comunicación con la palma, observar la figura 12 (Samper, 2014, p.36).

*Figura 12 MLR Hand*



Fuente: Samper,2014, p.36

La prótesis MLR tiene como funcionalidad independiente de cada uno de sus dedos con motores, para que pueda ser controlada cada posición que realice la prótesis, esta prótesis cuenta con dos motores en la parte del codo para que realice diferentes movimientos.

La prótesis puede llegar a realizar diferentes movimientos o movimientos especiales teniendo contacto con la palma, y de esta forma llega a ser útil para personas que padecen alguna discapacidad, gracias a los movimientos que realiza teniendo contacto con su palma es útil para la comunicación con personas o para alguna otra funcionalidad.

Las prótesis están realizadas en base a la anatomía de la mano humana

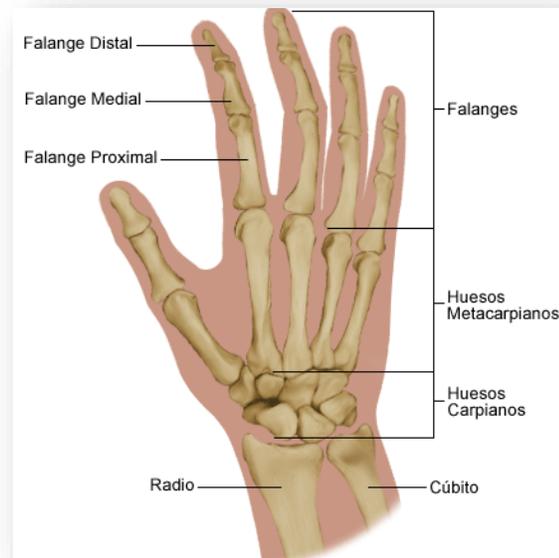
➤ **Mano humana**

La mano humana es una de las partes más relevantes del cuerpo humano ya que ayuda a realizar diferentes tareas como recoger diferentes objetos o realizar trabajos detallados con los movimientos de la mano.

### ➤ Anatomía de la mano

La mano está compuesta por cinco dedos que son el pulgar, índice, medio, anular y meñique, cada dedo está compuesta por tres falanges que son el distal, medial y proximal, excepto por el anular que solo tiene dos falanges el distal y el proximal.

*Figura 13 Anatomía de la mano*



Fuente: Andrade,2011, p.20

Como se pudo observar en la figura 13 y en el diseño de las diferentes prótesis vistas anteriormente son similares pero cada prótesis lleva diferentes movimientos y cada movimiento está sujeto a un grado de libertad que tiene cada prototipo. Por ejemplo, en el prototipo de la figura 11 se puede observar que tiene 16 grados de libertad.

### 2.2.5 Grados De Libertad

Los grados de libertad son la cantidad de parámetros independientes que determinan la posición del elemento terminal del brazo robótico, el número de grados de libertad por lo general coincide con el número de eslabones de la cadena cinemática. (Ollero,2001).

La mano humanoide tiene un alto número de grados de libertad, alta relación de fuerza/peso, bajo factor de forma y un sistema sensorial complejo. Cada dedo cuenta con tres falanges, falange distal, media y proximal, mientras que el dedo pulgar solo cuenta con la falange distal y proximal.

La cantidad GDL (Grados de libertad) permiten múltiples configuraciones de aprehensión y manipulación que van incrementando en potencialidad al cambiar los planos de trabajo, ya que poseen articulaciones tipo bisagra que permiten dicha característica.

Para el análisis estático de los dedos se debe tener en cuenta las longitudes de las falanges, el peso, la gravedad, el punto de inserción del músculo, el centro de articulación y puntos de contacto entre las falanges.

Se han realizado trabajos relacionados con el estudio antropométrico de la mano y las falanges, en la siguiente tabla 2, se muestra el estudio efectuado por Garrett donde se detalla la relación en longitud que existe entre los dedos con respecto al porcentaje de la longitud. Andrade y Zúñiga (2011, p.26).

*Tabla 2. Estudio antropométrico de la mano por Garrett*

<b>Falange</b>	<b>Proximal</b>	<b>Media</b>	<b>Distal</b>
<b>Pulgar</b>	17.1	-	12.1
<b>Índice</b>	21.8	14.1	8.6
<b>Medio</b>	24.5	15.8	9.8

<b>Anular</b>	22.2	15.3	9.7
<b>Meñique</b>	17.2	10.8	8.6

Fuente: Andrade Suñiga (2012, pág. 27)

Las diferentes prótesis que se observaron en la figura 9,10,11 y 12 son diseños de manos robóticas con diferentes capacidades de movimiento y grados de libertad, útiles para el diseño del prototipo que pueda ayudar a personas que tengan alguna dificultad como el aprendizaje de las personas con discapacidad auditiva, pues estos prototipos son útiles con sus movimientos.

### **2.3 Discapacidad Auditiva**

La discapacidad auditiva es la pérdida del oído que presentan algunas personas para percibir los sonidos del ambiente en el que se encuentran, dependiendo del grado de pérdida auditiva. Como consecuencia de esta discapacidad, a estas personas no les es posible comunicarse con los demás, ya que presentan daños en el sentido del oído y no en la parte física.

Al tratarse de su educación o aprendizaje tienen una dificultad en su comunicación con las demás personas, si la pérdida del oído es aun de grado alto, no pueden comunicarse. Es por esa razón que las personas con discapacidad auditiva recurren a centros educativos especiales que puedan enseñarles a hablar a través de sus manos con un lenguaje de señas.

### **2.4 Lenguaje de Señas**

El lenguaje de señas es el medio de comunicación natural entre las personas sordas, pues les permite transmitir y comunicar sus ideas, creencias, deseos e intenciones, siendo que, en esta forma de expresión del lenguaje, basan su material mental y proceso cognitivo, ya que es un lenguaje rico, flexible y creativo (García, 2002, p.8).

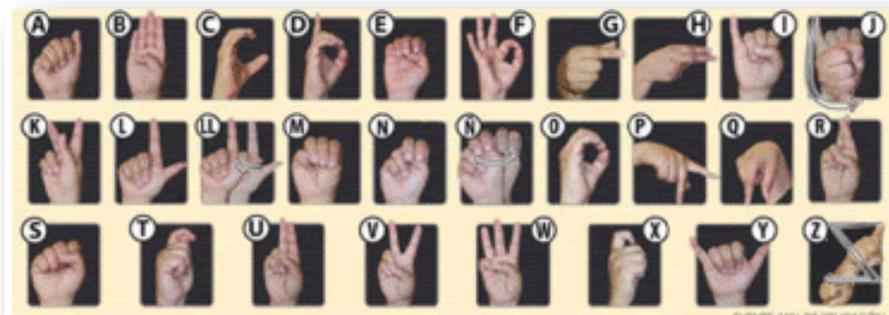
El lenguaje de señas es inspirado con el objetivo de ayudar a las personas con discapacidad auditiva en su comunicación con los mismos. Con este lenguaje pueden expresar lo que sienten, lo que necesitan o lo que quieren decir a los demás, con este medio de comunicación ya se pueden expresar utilizando una o ambas manos.

A través de este lenguaje se pueden comunicar con las demás personas, siendo un lenguaje de señas hablado con las manos inician su aprendizaje de comunicación desde lo más básico que es el del alfabeto dactilológico.

## 2.5 Alfabeto Dactilológico

El alfabeto dactilológico es lo que usan las personas con discapacidad auditiva para poder comunicarse con las manos. Al decir alfabeto, se refiere a las vocales o abecedario que inicialmente aprenden en la forma básica. La parte dactilológica significa que utilizarán las manos para aprender el alfabeto desde lo elemental. Así con la unión de ambos significados se llama alfabeto dactilológico, como se puede observar la figura 14 a un sistema que se utilizará para la enseñanza con las manos y poder tener una comunicación apropiada con las demás personas, aprendiendo cada vocal con las manos desde lo esencial.

Figura 14 Alfabeto dactilológico



Fuente: Nava,2014, p.67

Con el aprendizaje del alfabeto se pueden llegar a comunicar las personas con discapacidad auditiva ya que el alfabeto es la base de su comunicación con las manos, al iniciar con el alfabeto dactilológico pueden ver los movimientos que se realizan con las manos y saber que significa cada movimiento.

El alfabeto dactilológico de la figura 14 es un medio de comunicación, porque no solo pueden aprender las personas con discapacidad auditiva sino también las personas que giran en su entorno, de esta forma ambos se pueden comunicar. A continuación, se desarrolla la metodología de Karl T. Ulrich.

## **2.6 Metodología Karl T. Ulrich**

El método de Karl T. Ulrich abarca todos los campos que intervienen en el desarrollo de un proyecto de diseño, desde el grupo de diseñadores hasta el mercadeo.

Para el proceso de desarrollo de producto, Ulrich emplea una metodología estructurada fundamentada en seis fases. Cada fase describe las actividades a desarrollar en los cuatro departamentos que comúnmente existen en una empresa y es considerado como uno de los métodos más completo y descriptivo.

### **2.6.1 Desarrollo del Concepto**

Se identifica las necesidades del mercado objetivo, se generan y evalúan conceptos de productos alternativos, y se seleccionan uno o más conceptos para el desarrollo y para prueba. Abarca las siguientes tareas:

- Identificar necesidades del cliente
- Desarrollo de conceptos de diseño
- Calcular costos y factibilidad de producción

### **2.6.2 Diseño a Nivel de sistema**

Se define la arquitectura del producto y el desglose de este en subsistemas y componentes. Se define también el esquema de ensamble final para el sistema de producción. Da como resultado una distribución geométrica del producto, una especificación funcional de cada subsistema y un diagrama de flujo de proceso preliminar para la secuencia del ensamble final. Contempla las siguientes operaciones:

- Desarrollar plan para opciones de producto
- Generar arquitecturas alternativas del producto

### **2.6.3 Diseño de Detalles**

Se establece la especificación completa de la geometría, materiales y tolerancias de todas las partes que sean únicas en el producto, y la identificación de todas las partes estándar que se van a adquirir de los proveedores.

Se establece un plan del proceso y se designa el herramental para cada parte que se va a fabricar dentro del sistema de producción. Además, se abordan los costos de producción y la confiabilidad. Está formado por la ejecución de las siguientes acciones:

- Definir geometría, materiales y documento de diseño industrial
- Definir procesos de producción y comenzar abastecimiento de herramientas

### **2.6.4 Prueba y Refinamiento**

Involucra la construcción y evaluación de múltiples versiones de producción previas del producto. Se desarrollan los prototipos alfa y beta. La prueba y refinamiento consiste en llevar a cabo las siguientes labores:

- Desarrollar materiales de producción
- Prueba de duración, desempeño y aprobación

### **2.6.5 Producción Piloto**

En esta fase el producto se fabrica utilizando el sistema de producción pretendido. Tiene como finalidad capacitar a la fuerza laboral y resolver problemas que persistan en los procesos de producción. Los productos que resultan de esta producción piloto, son enviados a los clientes preferidos y evaluados de manera cuidadosa para eliminar cualquier defecto que aun exista. La transición de la producción piloto a la continua es por lo general gradual. Conlleva desarrollar las siguientes tareas:

- Evaluar resultados
- Comenzar la operación de todo el sistema de producción (Gutiérrez,2009, p.8,9,10).

#### **Caja Negra**

Las técnicas de diseño de caja negra, también llamadas pruebas de comportamiento, son las que utilizan el análisis de la especificación, tanto funcional como no funcional, sin tener en cuenta la estructura interna del programa para diseñar los casos de prueba y, a diferencia de las pruebas de caja blanca, estas pruebas se suelen realizar durante las últimas etapas de la prueba.

#### **Caja Blanca**

La técnica de caja blanca, a veces definida como prueba de “caja de cristal” o “caja transparente”, es una técnica de diseño de casos de prueba que usa la estructura de control para obtener los casos de prueba. Dentro de esta estructura de control podemos encontrar la estructura de un componente de software como puede ser sentencias de decisiones, caminos distintos del código, la estructura de una página web, etc. (Sánchez, 2015, p.31).

El presente proyecto se desarrollará en cada fase de la metodología, así también se sacará el desarrollo de la estimación de costos por parte del hardware y el software a través de la estimación de costos de COCOMO II.

## 2.7 Estimación de Costos COCOMO II

Los objetivos principales que toman en cuenta para seleccionar el modelo COCOMO II en la estimación de costos del proyecto, consisten en:

- Desarrollar un modelo de estimación de costos y cronograma de proyectos de software que se adaptaran en las prácticas de desarrollo
- Construir una base de datos de proyectos de software que permitirá la calibración continua del modelo
- Implementar una herramienta de software que soporte el modelo
- Proveen un marco analítico cuantitativo y un conjunto de herramientas y técnicas que evaluarán el impacto de las mejores tecnologías de software sobre los costos y tiempos en las diferentes etapas del ciclo de vida de desarrollo

COCOMO II está compuesto por tres modelos denominados: Composición de Aplicación, Diseño Temprano y Post-Arquitectura.

Estos surgen en respuesta a la diversidad del mercado actual y futuro de desarrollo de software. Esta diversidad podría representarse con el siguiente esquema.

*Tabla 3. Distribución del Mercado de Software Actual y Futuro*

<b>Aplicaciones desarrolladas por usuarios finales</b>		
Generadores de Aplicaciones	Aplicaciones con	Sistemas integrados

---

componentes

**Infraestructura**

---

Fuente: Boehm,1995, p.26

**Aplicaciones con componentes:** Sector en el que se encuentran aquellas aplicaciones que son específicas para ser resueltas por soluciones pre-empaquetadas, pero son lo suficientemente simples para ser construidas a partir de componentes interoperables.

**Modelo Composición de Aplicación**

La fórmula propuesta en este modelo es la siguiente:

$$PM = NOP / PROD$$

Donde:

NOP (Nuevos Puntos Objeto): Tamaño del nuevo software a desarrollar expresado en Puntos Objeto y se calcula de la siguiente manera:

$$NOP = OP \times (100 - \%reuso) / 100$$

OP (Puntos Objeto): Tamaño del software a desarrollar expresado en Puntos Objeto

%reuso: Porcentaje de reuso que se espera lograr en el proyecto

PROD: Es la productividad promedio determinada a partir del análisis de datos de proyectos (Gómez, p.28).

# **CAPITULO III**

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1 Situación Actual

En esta sección se describe la situación actual del Centro Educativo Especial San Martín de Porres en la figura 15.

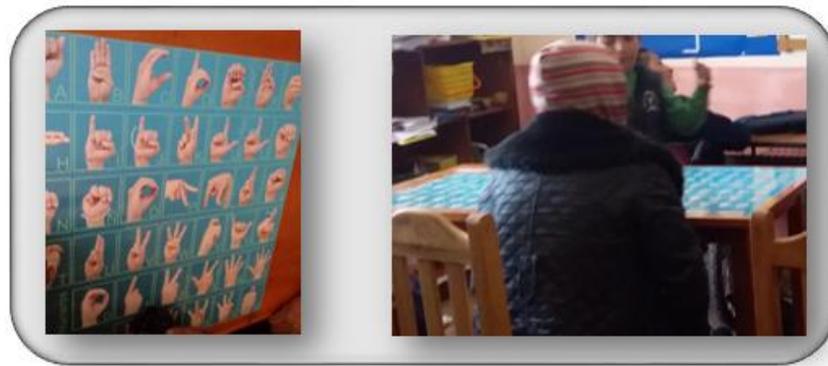
*Figura 15* Centro Educativo Especial San Martín de Porres



Fuente: Elaboración Propia

Actualmente en el Centro Educativo Especial San Martín de Porres se emplea la enseñanza del lenguaje de señas mediante fichas (ver figura 16), hojas y la utilización de una pizarra, dificultándose el proceso de enseñanza-aprendizaje por las limitaciones que implica el padecimiento de discapacidad auditiva.

Figura 16 Tablero de enseñanza



Fuente: Elaboración Propia

Es por eso, que se desarrollará un prototipo traductor para mejorar la enseñanza de los niños, como se puede observar en la figura 16, la enseñanza es a través de la ficha que se encuentra en la mesa. A continuación, se desarrollará cada fase de la metodología Karl T. Ulrich.

### 3.2 Desarrollo de la metodología

En esta sección se desarrollará la metodología de Karl T. Ulrich tomando en cuenta cada una de sus fases.

### 3.3 Fase 1: Desarrollo del Concepto

En esta parte de la fase del proyecto se da a conocer la descripción del proyecto y la propuesta que se da para mejorar la enseñanza de los niños con discapacidad auditiva que se detalla a continuación en la siguiente tabla 4.

Tabla 4. Descripción del proyecto

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	
Proyecto	El presente proyecto se desarrollará con un Prototipo Traductor del

---

Alfabeto Dactilológico para niños con discapacidad auditiva	
Propuesta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño del prototipo</li> <li>• Elaboración del prototipo con filamento resistente (Flex)</li> </ul>
Funcionalidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimiento de cada letra del alfabeto dactilológico</li> <li>• Movimientos con giros de algunas letras que lo requieren</li> <li>• Diseño de la interfaz entendible</li> <li>• Facilidad de uso</li> <li>• Resistente al uso continuo</li> </ul>

---

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 4 mencionada, se dio a conocer una descripción del proyecto que se realizará para mejorar el aprendizaje de los niños con discapacidad auditiva mediante el prototipo traductor.

### **3.3.1 Definición de requerimientos**

En la parte de requerimientos se fundamenta en la propuesta del prototipo. Con la realización del prototipo se busca que sea fácil, claro y simple de manejar, de una manera entendible para el usuario (docente).

Por otro parte, se desea que el prototipo sea de manera armable y desarmable en el caso de que se llegará a necesitar un mantenimiento en la parte de su estructura, o en el caso de que pudiera llegar a necesitar algún cambio de un

componente. A continuación, se muestra una descripción de los requerimientos en la siguiente tabla 5.

*Tabla 5. Descripción de requerimientos*

<b>ELEMENTO</b>	<b>NECESIDAD</b>	<b>DETALLE</b>
DESEMPEÑO	Prototipo	El producto debe tener una estructura adecuada, como la forma de una mano
	Prototipo con facilidad de manejo	El producto debe ser manejado con facilidad a través de una interfaz El producto debe poder realizar giros en las letras que lo requieren.
	Prototipo durable	El producto debe funcionar con normalidad, durante su funcionamiento
MATERIALES		El material del producto se adecua de acuerdo a su funcionamiento
	El prototipo debe ser sencillo	Los materiales que usa el prototipo son resistentes al calor expuesto
USUARIO	El prototipo debe ser del agrado con el usuario	El diseño y armado del producto se realiza con materiales accesibles, tratando de minimizar los costos La interacción del usuario con el prototipo es simple además de ser utilizada cada vez que lo requieran

TIPOS DE USUARIO	El prototipo será manejable con otros usuarios	La interacción con otros usuarios es de manera sencilla cada vez que lo requieran.
------------------	--	--

Fuente: Elaboración Propia

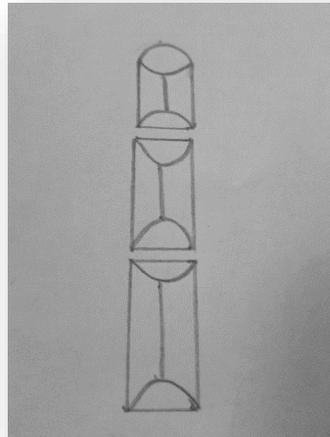
**3.3.2 Desarrollo de conceptos de diseño**

Se realizará el diseño del prototipo a través de un pequeño boceto que se pasará a mostrar al usuario para su conformidad, y de esta forma sirve también para empezar a realizar el diseño del prototipo.

Para el proceso de su desarrollo del prototipo se pasa a ver la descripción de las partes que se compone para su armado como se puede observar en la tabla 6.

*Tabla 6. Descripción del Prototipo*

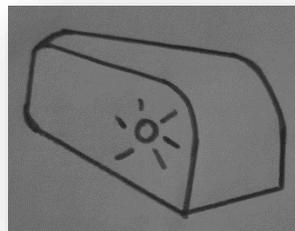
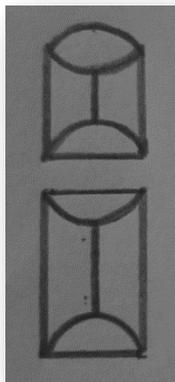
<b>DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO</b>	
<b>PIEZAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>



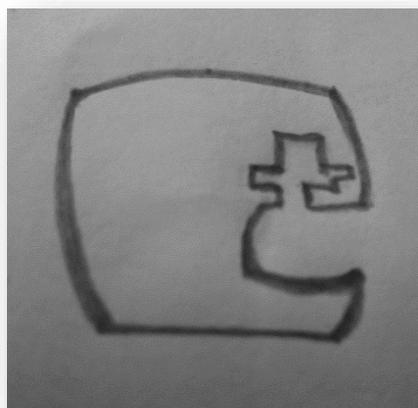
---

Se muestra el diseño lo que es la parte de los dedos.

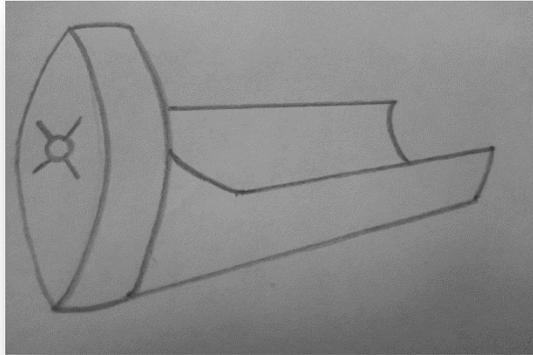
Como se puede observar esta partida en tres partes los que son sus falanges, es lo que permite el movimiento de los dedos.



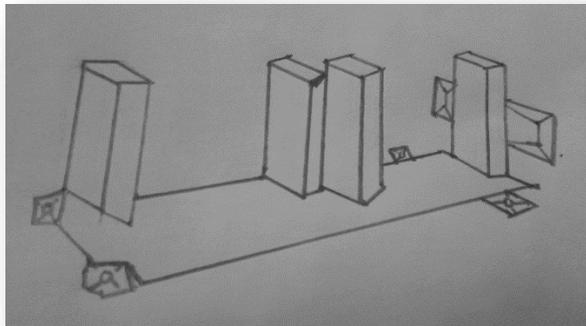
En esta parte del diseño para el dedo del pulgar lleva dos partes de diseño uno lo que es la parte de la prótesis del dedo y la otra parte es la pieza donde entrará el servo motor lo que permite que haga los giros.



Esta parte del boceto es la base de los dedos, la palma de la mano robótica, donde se unirán en el armado los dedos, la parte del vacío entra el dedo pulgar y en la parte de arriba un servomotor para el movimiento del dedo pulgar.

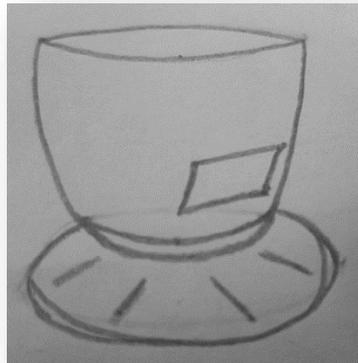


La base de la mano robótica donde se sostendrá la palma.



Se muestra el diseño de la base que sostendrá el servo motor en la parte de los espacios vacíos entrará el armado de los servomotores.

Esta pieza entra en la base de la mano robótica



La última pieza es la base de todo el prototipo, el que sostiene toda la mano además de llevar dentro otro servo motor para que realice los giros de algunas letras que lo requieren.



Se muestra el boceto final del prototipo una vez unida todas las piezas en el armado.

---

Fuente: Elaboración Propia

Se detalló la propuesta de cómo está conformado el prototipo, para iniciar con su armado en el diseño, pero para saber un poco más acerca de cómo está armado la estructura de la parte de los dedos respecto a sus falanges es necesario conocer la anatomía de mano humana.

➤ **Estructura en base a la anatomía de la mano**

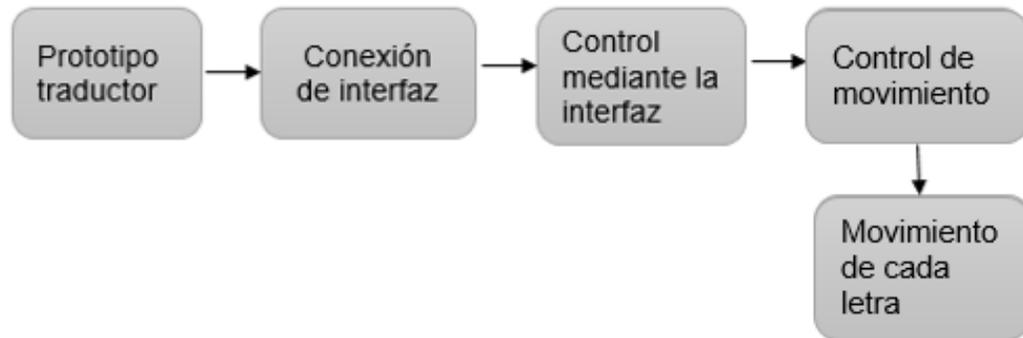
El diseño del prototipo se construyó en base a la anatomía de la mano humana, ver figura 13 puesto que es necesario conocer esta parte porque la estructura se relaciona con la forma de la mano, que comprende desde las puntas de los dedos hasta la muñeca ya que la mayor parte del funcionamiento será de los dedos.

### **3.4 Fase 2 Diseño a Nivel de Sistema**

En esta fase se realiza la creación del prototipo traductor como un sistema, por qué se va desglosando cada pieza que compone el prototipo, con el fin de poder entender mejor el funcionamiento de cada uno de sus mecanismos

a medida que cada pieza se va uniendo se va obteniendo el producto deseado.

Figura 14 Diagrama de bloque



Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Fase 3 Diseño de detalles

En esta fase es donde se construye el prototipo y se realiza los procesos de construcción en los cuales se va evaluando si el diseño se está construyendo de una manera adecuada de acuerdo a la propuesta de diseño del prototipo ver la Tabla 6.

#### 3.6.1 Construcción Del Prototipo

Se procede a realizar el desarrollo de cada pieza que va a componer el prototipo en su proceso de diseño.

##### ➤ Construcción de los moldes del diseño

Se realizará la construcción de los moldes del diseño utilizando el programa Autodesk 123D Design.

La construcción de cada molde con sus medidas se muestra a continuación en la figura 15, cada molde del diseño está elaborado de acuerdo a la propuesta dada ver Tabla 6.

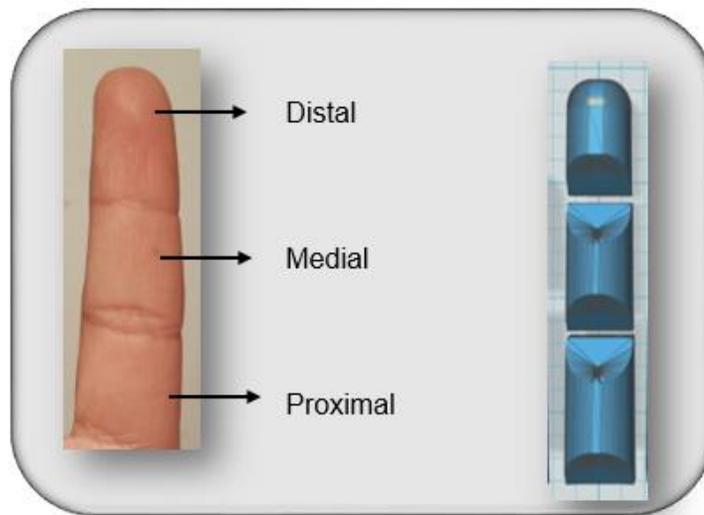
A continuación, se muestra la descripción de cada falange del prototipo, que viene a ser cada parte del que está compuesto el prototipo iniciando con el dedo índice.

➤ **Dedo índice**

Para el análisis del diseño del dedo índice se observa la figura 15 donde se ve que la anatomía de la mano humana es similar al diseño del prototipo, ya que es necesario conocer la anatomía de la mano humana por que el diseño del prototipo es una mano robótica con la apariencia de una mano humana.

La mano humana está formada por tres tipos de falanges que son el distal, medial y el proximal, de esa forma también se diseñó el dedo índice del prototipo con las tres falanges.

*Figura 15* Dedo Índice



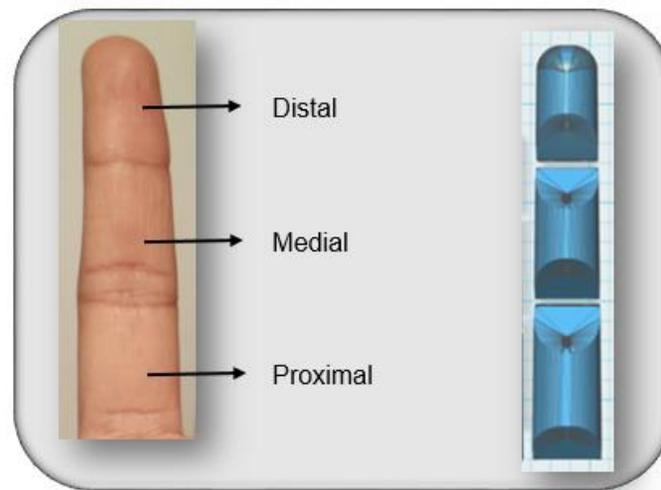
Fuente: Elaboración Propia

Se observa que la anatomía y el diseño del prototipo son iguales no solo en la forma si no que ambos tienen la parte distal, medial y la proximal. Seguidamente se pasa al diseño del dedo medio.

### ➤ **Dedo Medio**

El diseño del dedo medio es similar al dedo índice, con la diferencia de su tamaño es un poco más grande como se muestra en la anatomía de la mano humana, con su partición de tres falanges para que pueda realizar sus movimientos. Como se ve en la figura 16.

*Figura 16* Dedo Medio



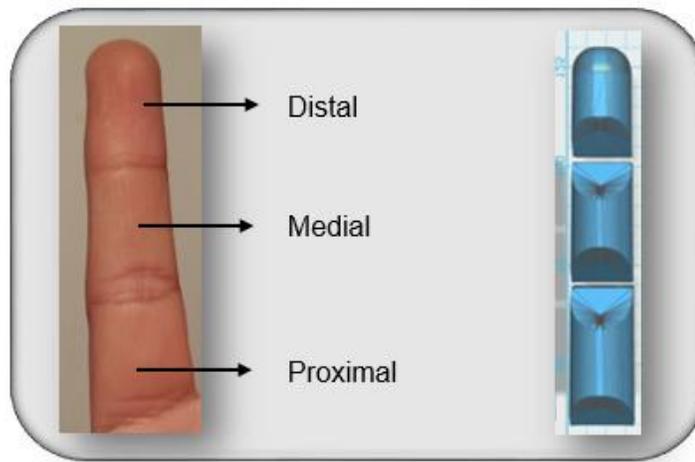
Fuente: Elaboración Propia

En la comparación de ambos son iguales que la anterior figura con la diferencia del tamaño. Son un poco distintos solo en el tamaño a diferencia del dedo anular su tamaño es casi igual que el dedo Índice.

### ➤ **Dedo Anular**

En el diseño del dedo anular se puede observar que es el mismo que el de los demás dedos, el dedo anular es similar o casi igual de tamaño con el dedo índice, está compuesta de tres falanges.

*Figura 17* Dedo Anular



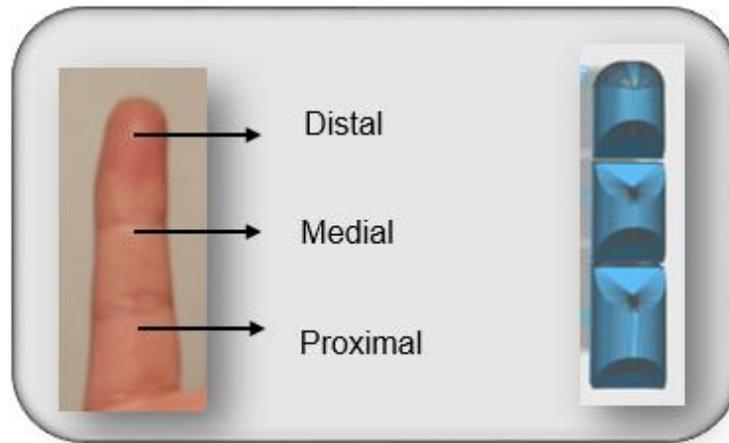
Fuente: Elaboración Propia

El dedo anular del prototipo como se ve en la figura 17 lleva las tres falanges que la mano humana para poder realizar sus movimientos.

### ➤ **Dedo Meñique**

El dedo meñique lleva el mismo diseño que los demás dedos tanto en su forma como en las tres falanges que se necesita para que realice su movimiento, como se puede observar en la figura 18 la comparación que tiene el diseño del prototipo con la mano humana.

Figura 18 Dedo Meñique



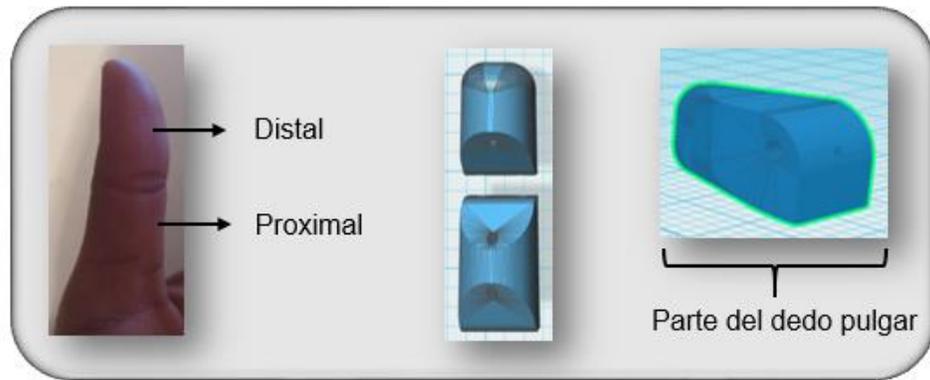
Fuente: Elaboración Propia

A diferencia de los demás dedos del prototipo, el dedo meñique se compara más con el dedo pulgar respecto a su tamaño.

#### ➤ **Dedo Pulgar**

El dedo pulgar es un diseño un poco diferente que los demás dedos, solo en la última pieza, el dedo pulgar lleva dos falanges, las dos primeras falanges son el mismo diseño con la misma forma que los demás diseños de los dedos, pero la última pieza que forma parte de su falange tiene una forma diferente un poco más espaciosa para que pueda entrar el cabezal del servo motor y pueda manipular el movimiento del dedo pulgar, como se muestra en la figura 19.

Figura 19 Dedo Pulgar



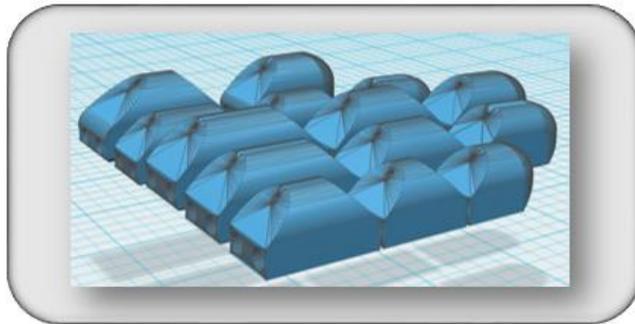
Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar el dedo pulgar tanto en la anatomía de la mano humana como en el diseño del prototipo solo lleva dos falanges que son el proximal y el distal, ya que no tiene la parte medial. Solo se toma las dos falanges, pero para que realice movimientos el dedo pulgar y no se quede paralizado se utiliza una pieza más que vendría a ser en la anatomía el metacarpiano.

➤ **Panorama del diseño de los 5 dedos**

En la siguiente figura 20 se ve el panorama del diseño de los cinco dedos que están ya listos para que sean imprimidos por la impresora 3D.

*Figura 20* Panorama de los dedos



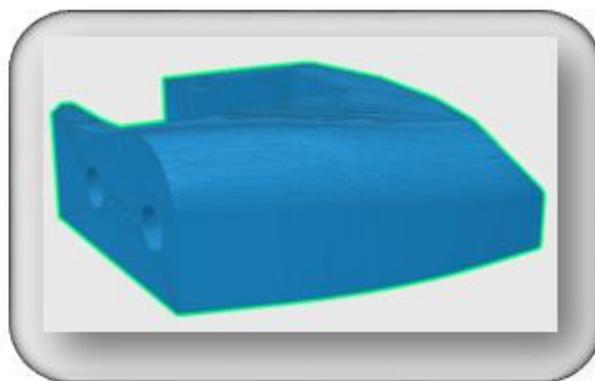
Fuente: Elaboración Propia

Cada pieza de los dedos que se ven en la figura 20 tiene tres falanges a excepción del dedo pulgar se puede ver que solo tiene dos falanges debido a que el dedo pulgar no lleva la parte medial (ver la figura 19).

➤ **Pieza mediana**

Esta pieza de la figura 21 es la que sostendrá la parte de los dedos como su base dándole la forma de una mano, si se habla con la anatomía de la mano esta pieza es la palma de la mano en este caso es la palma de la mano robótica.

*Figura 21* Base de los dedos



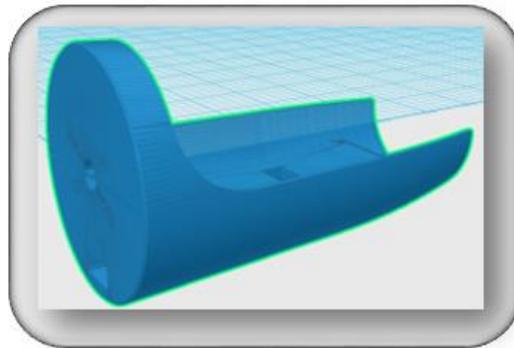
Fuente: Elaboración Propia

Como la palma de la mano robótica es una fundamental para que sostenga cada dedo, en medio de la palma se puede ver que hay un espacio, dentro de ese espacio entrará un servomotor que dará funcionamiento al dedo pulgar. En la parte de abajo se observa que hay dos orificios, de esos dos orificios saldrá lo que es el hilo elástico que sostiene y une cada falange de los dedos, como si fuera sus venas, pero hablando de la mano robótica en este caso es el hilo elástico.

➤ **Pieza grande**

La siguiente pieza es la que sostendrá la parte de arriba de la mano como la palma, y a la vez es el cuerpo que llevará adentro lo que es los servo motores, como se da a conocer en la figura 22.

*Figura 22 Pieza bandeja*



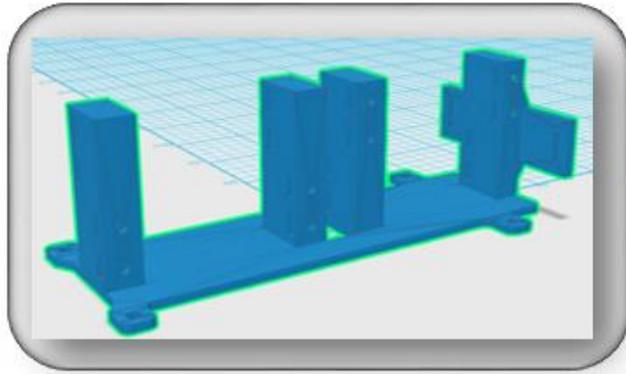
Fuente: Elaboración Propia

Esta pieza es la que llevará por dentro la base del servo motor de cada dedo, también se puede ver que tiene dos orificios en la parte de abajo, es por ese lugar que saldrán los cables de cada servomotor.

➤ **Pieza soporte**

Al decir pieza de soporte hace referencia a que sostendrá los servos, esta pieza irá dentro de la base (ver figura 23) como el sosten de los servos.

*Figura 23* Pieza soporte



Fuente: Elaboración Propia

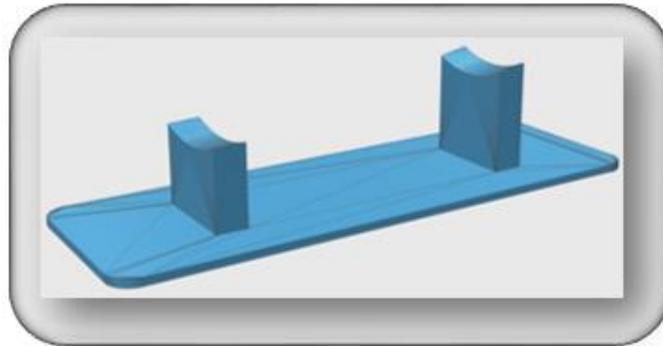
La pieza soporte sostiene el armado del servo motor como se puede (ver en la figura 23) tiene dos espacios, en cada espacio entra el armado de dos servos motores formando así el armado de cuatro servos motores que manipularan el movimiento de cuatro dedos del prototipo.

Antes del armado del soporte, se tiene una pieza como base en la parte de abajo que se verá a continuación en la siguiente figura 24.

➤ **Pieza de Unión**

La pieza unión es la base que irá en la parte de debajo de la pieza soporte, esta pieza permite que el colocado de la base sea de manera recta, para que el funcionamiento sea de manera correcta.

Figura 24 Pieza de unión



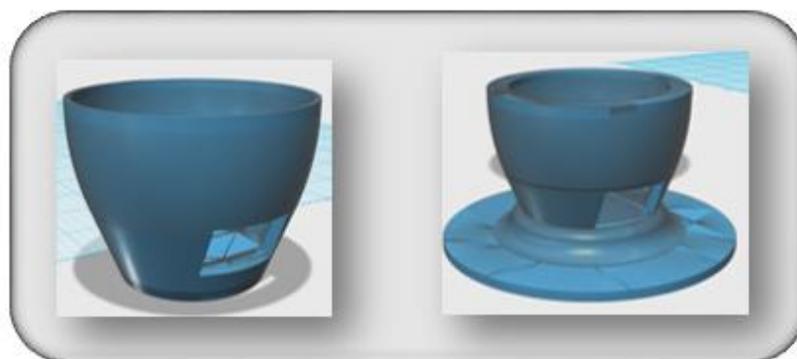
Fuente: Elaboración Propia

Se observa que la pieza unión tiene dos bases, estas bases permiten la unión con la pieza soporte ya que los actuadores irán dentro del soporte, la pieza unión evita los choques de los actuadores con la pieza bandeja.

➤ **Pieza caja de círculo**

Esta pieza cumplirá la función de base por que sostendrá todo el peso de la estructura del prototipo, esta formado por dos piezas que son de base como se da a conocer en la figura 25.

Figura 25 Pieza base de la estructura



Fuente: Elaboración Propia

La pieza base de la estructura esta formado por dos piezas, donde la primera pieza lleva por dentro un servo motor que realizará movimientos de

giros, y la segunda pieza evita que la base y la estructura de todo el prototipo pueda llegar a caer.

De acuerdo a los moldes del diseño de cada pieza se pasa a la realización de la impresión de cada pieza a través de la impresora 3D.

### 3.6.2 Impresión del Molde 3D

Una vez ya realizada los diseños de los moldes se pasa a la impresión de cada pieza, para ello se imprime con una impresora 3D, a través del programa 123D Design. Cada pieza es imprimida con un filamento llamado flex para que tenga una buena resistencia a futuro ya que el material flex es resistente al calor.

A continuación, se muestra los detalles de la impresión de cada pieza con el tamaño de sus medidas.

Tabla 7. Detalles de la impresora 3D con medidas

---

## DETALLES DE LA IMPRESIÓN CON SUS MEDIDAS

---

**Dedo Índice**



### Medidas Del Tamaño Del Diseño

Falange	Proximal	Medial	Distal	Tamaño completo
<b>Índice</b>	2,7 cm	2,4 cm	1,8 cm	6,9 cm

Se observa las medidas del tamaño que tiene cada falange del dedo índice para su movimiento y comparación con la mano humana. Seguidamente se pasa al diseño del dedo medio.

### Dedo Medio



### Medidas Del Tamaño Del Diseño

Falange	Proximal	Medial	Distal	Tamaño completo
<b>Medio</b>	3,2 cm	2,9 cm	2 cm	8,1 cm

Se puede observar, la diferencia que tiene con la anterior ya vista en sus medidas. Cada dedo es diferente en su tamaño como se observa también con el dedo anular.

### Medidas Del Tamaño Del Diseño

### Dedo Anular



Falange	Proximal	Medial	Distal	Tamaño completo
<b>Anular</b>	2,8 cm	2,5 cm	1,9 cm	7,2 cm

Se puede ver que el dedo anular es similar al dedo índice por su tamaño, pero en algunas ocasiones a diferencia de otras personas sus dedos pueden ser diferentes en su tamaño, pero en su mayoría ambos son iguales por esa razón, para el diseño del prototipo en la parte de los dedos se tomará medidas similares con una diferencia de uno o dos centímetros.

### Medidas Del Tamaño Del Diseño

#### Dedo Meñique



Falange	Proximal	Medial	Distal	Tamaño completo
<b>Meñique</b>	2,2 cm	1,9 cm	1 cm	5,1 cm

Se observa las medidas que tiene del tamaño de cada falange del dedo meñique a diferencias de las demás falanges vistas anteriormente sus medidas del dedo meñique son menores.

### Medidas Del Tamaño Del Diseño

#### Dedo Pulgar



Falange	Proximal	Distal	Tamaño completo
<b>Pulgar</b>	2,9 cm	2 cm	4,9 cm

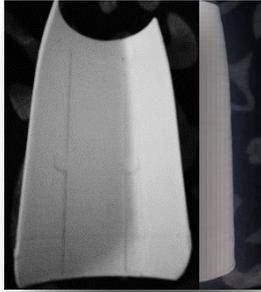
Se observa las medidas del tamaño del dedo pulgar que es similar al dedo meñique con una diferencia de uno o dos centímetros.

#### Palma de la mano con las falanges



Se puede ver la impresión de la palma con el armado de las falanges que son los dedos del prototipo. En el espacio vacío que se observa en esa parte entra lo que es un servo motor.

### **Base pieza bandeja**



Se ve la impresión de la pieza bandeja que se toma como base para los servos motores.

Dentro de esta pieza se arma lo que es la posición de cada servo motor.

### **Pieza base**



La pieza base sostendrá toda la estructura del prototipo.

---

Fuente: Elaboración Propia

Se detalló las piezas de la impresión 3D en la tabla 7 con el material flex, para que tenga una buena resistencia, el material flex mayormente llega en dos colores blanco y plomo. Como último proceso del armado del prototipo se llega al ensamblaje completo de todo el prototipo.

### **3.6.3 Ensamblaje Completo del Prototipo**

Con la impresión de las piezas ver tabla 8 se muestra el ensamblaje completo del prototipo lo que es la parte de su estructura. Como se muestra a continuación en la figura 26.

*Figura 26* Ensamble de la estructura



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede ver, la parte de atrás del prototipo está vacía, en ese espacio vacío entrará el servo motor, una vez ya incluida la parte del servo motor y la base de la parte de abajo se obtiene el prototipo completo (ver la figura 27).

*Figura 27* Ensamble completo de la estructura



Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar el armado completo del prototipo con el servo motor tanto en la parte del frente como en la parte de atrás.

Se puede observar también la palma de la mano ya que a través de la palma ingresan los hilos (nylon de 0.8mm de diámetro) que hacen que tenga movimiento cada dedo de la mano, para que el movimiento vuelva a su estado normal, los dedos están unidos con una liga delgada de forma redonda (0.8mm de diámetro) es lo que hace que el dedo vuelva a su estado normal, (ver la figura 28).

*Figura 28 Palma*



Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar también la base en la que está sujeta el prototipo. La base es la que mantiene en pie al prototipo sin correr el riesgo de caerse, por lo que la base del prototipo es una parte fundamental. Así como lo es también los actuadores, ya que son los que dan movimiento.

#### ➤ **Diseño de los actuadores**

En esta parte de los actuadores se analiza la velocidad y la cantidad de movimiento que requiere cada falange. Para su movimiento se utilizará los servomotores, cada servomotor tendrá un acople plástico que permitirá que

los hilos de cada falange puedan transmitir los movimientos. De acuerdo como se (ve en la figura 29).

*Figura 29 Actuador*



Fuente: Elaboración Propia

Estos actuadores son los que permitirán el movimiento de los dedos del prototipo, como se puede ver la parte del hilo elástico va envuelto en el actuador, para que no choquen los demás hilos al momento de realizar su movimiento.

#### ➤ **Movimiento de ángulos para el lenguaje de señas**

Se estudiará el movimiento de los ángulos que requieren los servomotores para realizar el lenguaje de señas. Los servomotores pueden realizar movimientos de  $0^\circ$  a  $180^\circ$

El prototipo está compuesto por seis servomotores de los cuales cinco servos están destinadas a las falanges que son los dedos, uno servo está unida a la falange del dedo pulgar para que realice su movimiento y el ultimo servo está en la base del prototipo. Este servo tiene la función de realizar algunos movimientos de giros con la letra que lo requiere en la traducción, formando así un total de seis servos.

### **3.6.4 Diseño de la Interfaz (Software)**

Una vez ya realizada la construcción del prototipo se pasa al diseño de la interfaz para lograr la conexión del prototipo y pueda realizar los movimientos respectivos a través del programa IDE de arduino.

A continuación, se muestra el programa del IDE arduino donde se desarrolló el siguiente código para el funcionamiento de cada falange del prototipo.

Figura 30 Código Arduino

```
#include <Servo.h>

Servo servoPulgar;
int pos1 = 0;
Servo servoIndice;
int pos2 = 0;
Servo servoMedio;
int pos3 = 0;
Servo servoAnular;
int pos4 = 0;
Servo servoMenique;
int pos5 = 0;
Servo servoMuneca; //muñeca codo
int pos6 = 0;

int valor;

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);

  //Serial.print("Brazo robotico encendido!!!\ninicializando...");

  servoPulgar.attach(8); //Pulgar dedo
  servoIndice.attach(9); //indice
  servoMedio.attach(10); // medio
  servoAnular.attach(11); //anular
```

Fuente: Elaboración Propia

En esta parte se inicializa la posición de cada servo, como se puede ver en el código se hace el uso de seis servos, donde el servo pulgar cumple la función de dos movimientos. En el siguiente código se ve la parte del void setup ().

Figura 31 Void Setup

```
void setup() {  
  // put your setup code here, to run once:  
  Serial.begin(9600);  
  
  //Serial.print("Brazo robotico encendido!!\n\ninicializand  
  
  servoPulgar.attach(8); //Pulgar dedo  
  servoIndice.attach(9); //indice  
  servoMedio.attach(10); // medio  
  servoAnular.attach(11); //anular  
  servoMenique.attach(12); //meñique  
  servoMuneca.attach(13); // codo  
  
  servoPulgar.write(0); //Pulgar  
  servoIndice.write(75); //Indice  
  servoMedio.write(100); //Medio  
  servoAnular.write(75); //Anular  
  servoMenique.write(75); //meñique **  
  servoMuneca.write(0); // codo  
}
```

Fuente: Elaboración Propia

En el setup se asigna la posición de los pines de la tarjeta de Arduino, en el `servoPulgar.attach` se puede observar que se realizará la conexión a través del pin 8 de la tarjeta de arduino, lo mismo sucede con los demás servos, se les asigna la posición del pin. Seguidamente se analiza el void loop () que forma parte de la estructura el IDE arduino.

Figura 32 Void Loop

```
void loop() {
  //servo1.write(0); //Pulgar

  if(Serial.available()>0){
    valor=Serial.read();
    switch(valor){

      case 'A':{

        servoPulgar.write(0);
        servoIndice.write(75);
        servoMedio.write(100);
        servoAnular.write(75);
        servoMenique.write(75);
        servoMuneca.write(0);
        //delay(2000);

        servoPulgar.write(0);
        servoIndice.write(0);
        servoMedio.write(0);
        servoAnular.write(0);
        servoMenique.write(0);
        servoMuneca.write(0);
        //delay(1000);
      }
      break;
    }
  }
}
```

Fuente: Elaboración Propia

En el loop se ejecuta el desarrollo del código para cada letra, con el case se puede llamar la ejecución de cada movimiento de una letra a través de la interfaz de Visual Studio. Dentro del case A, como se puede ver cada servo tiene asignado el movimiento que realizará.

Por ejemplo, en servo pulgar se puede ver que tiene asignado un cero que significa que el servo pulgar va estar abierto y el resto de los servos estará cerrada formando la letra A en lenguaje de señas.

Para el ingreso a la interfaz se iniciará a través de un login donde el usuario ingresará con su contraseña. A continuación, se muestra el diseño del ingreso a login en la figura 33.

*Figura 33* Ingreso al login

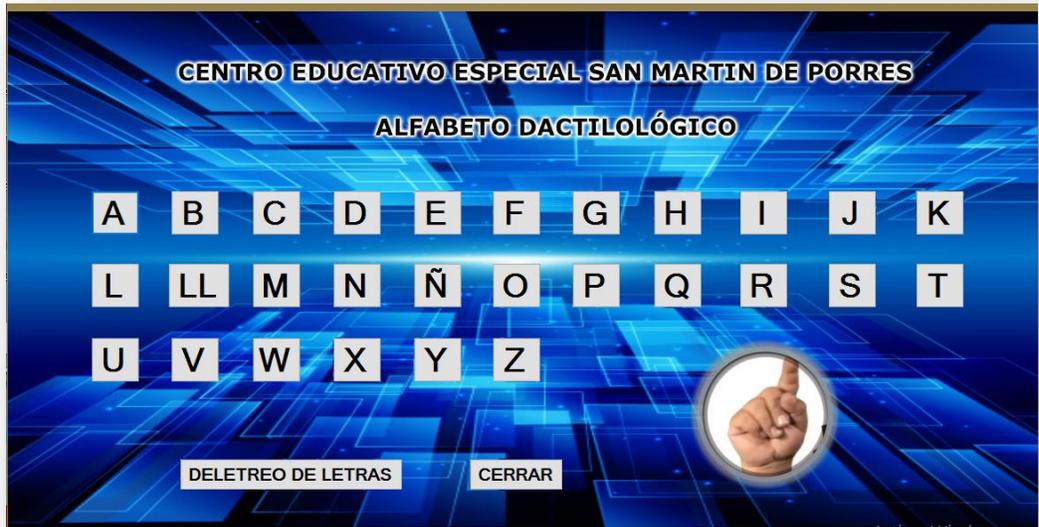


The image shows a login window with a teal and blue gradient background. At the top left is a circular logo featuring a map of Colombia. The title "INICIAR SESIÓN" is centered at the top in bold black text. Below the title, the label "USUARIO" is positioned above a white text input field. To the left of this field is a circular inset image showing a hand interacting with a prosthetic arm. Below the "USUARIO" field, the label "CONTRASEÑA" is positioned above another white text input field. To the right of the password field is a small square icon with an eye, used for toggling password visibility. At the bottom of the window, there are two buttons: "ACEPTAR" on the left and "CANCELAR" on the right, both in white text on a dark background.

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra el diseño de la interfaz de la primera ventana en Visual Studio (ver figura 34).

Figura 34 Primera de Visual Studio



Fuente: Elaboración Propia

El diseño de la interfaz está formado en orden alfabético para que el usuario (profesor), se pueda guiar de una forma fácil al momento de hacer uso del prototipo. Como se puede ver en el diseño de la siguiente ventana.

Figura 35 Ventana Visual Studio



Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, se puede realizar la conexión llamando directamente al serialport, configurando su puerto y el begin.

Como se puede ver en la (figura 35), la conexión directa del serialPort se encuentra en la parte de arriba, pero lo más aconsejable es que la conexión se tome en la parte de inicialización del programa (ver figura 66).

Una vez realizada la iniciación se pasa a la parte de los botones del alfabeto.

*Figura 36 Ventana Visual Studio*

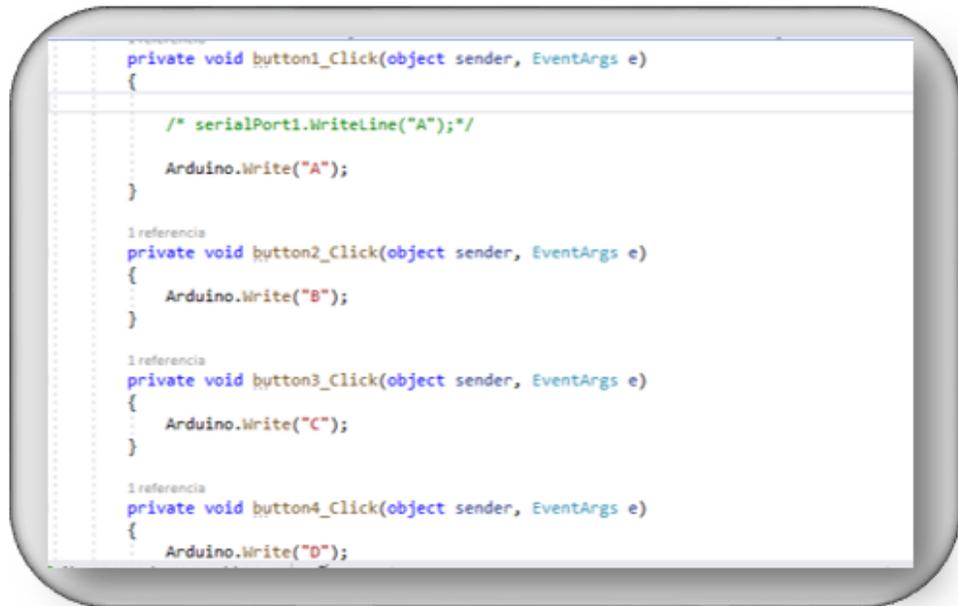


Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar el diseño de la interfaz, la parte de los botones corresponde al alfabeto que dará funcionalidad al prototipo al momento de seleccionar un botón.

Para que funcione los botones se programa en cada botón llamando desde el IDE arduino (ver figura 37).

Figura 37 Código Visual Studio



```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    /* serialPort1.WriteLine("A");*/
    Arduino.Write("A");
}

Ireferencia
private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Arduino.Write("B");
}

Ireferencia
private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Arduino.Write("C");
}

Ireferencia
private void button4_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Arduino.Write("D");
}
```

Fuente: Elaboración Propia

Para dar funcionamiento a los botones y pueda tener una conexión con arduino, se llama a través del siguiente código arduino. Write con la variable "A". Luego se pasa a realizar la ejecución desde la interfaz.

Es necesario que se encuentre con el nombre que tiene asignado desde el arduino (ver figura 66), de lo contrario si no corresponde o no está escrita correctamente, al momento de ejecutar la interfaz la ventana dará error.

Una vez ya terminada la conexión con el código del IDE arduino y la interfaz de la primera ventana, se pasa a realizar la segunda ventana.

El diseño de la segunda ventana es más diferente que la primera ventana, ya que la segunda ventana de la interfaz lleva solamente un label tex, textbox y unos botones.

Figura 38 Segunda Ventana Interfaz Visual Studio



Fuente: Elaboración Propia

La funcionalidad de esta segunda ventana realiza la traducción del deletreo de cada una de las letras que se ingresen en el textbox hacia el prototipo. A continuación, se muestra el código que regresará al formulario inicial.

Figura 39 Código Segunda Ventana Botón

```
1 referencia
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //Me.Hide();
    Form1.Show();*/
    formOrigen.Visible = true;
    Close();
}
```

Fuente: Elaboración Propia

La parte del código que se menciona visible es para que el formulario se pierda al momento de ingresar a otro formulario. Seguidamente se continua con la prueba y refinamiento.

### 3.6 Fase 5 Prueba y Refinamiento

En esta parte de la fase se realiza todas las pruebas necesarias para ver el funcionamiento del prototipo y corregir los errores, defectos e imperfecciones que presente el prototipo, observando el desempeño del producto (ver figura 40). Las pruebas que se realizan son las siguientes:

- El movimiento de la mano, de los cinco dedos.

*Figura 40* Demostración de Prototipo



Fuente: Elaboración Propia

- Movimiento de la realización de las letras del alfabeto
- Movimiento de giros en la traducción (ver figura 41)

Figura 41 Demostración de funcionamiento



Fuente: Elaboración Propia

- Relación de conexión del ID arduino con la interfaz (ver figura 42)

Figura 42 Primera Ventana



Fuente: Elaboración Propia

- Comprobación de la señal del ID arduino con la interfaz (ver figura 43).

Figura 43 Código Primera Ventana

```
namespace Ventana
{
    5 referencias
    public partial class Form1 : Form
    {
        System.IO.Ports.SerialPort Arduino;
        1 referencia
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
            /*serialPort1.Open();*/
            Arduino = new System.IO.Ports.SerialPort();
            Arduino.PortName = "COM4";
            Arduino.BaudRate = 9600;
            Arduino.Open();
        }
    }
}
```

Fuente: Elaboración Propia

Las relaciones que se muestran en la figura 35 y 43 son las que permiten la conexión con el arduino hacia el prototipo. A continuación, se muestra la siguiente fase de producción.

### 3.7 Fase 6 Producción piloto

A través de la producción piloto se podrá observar la interacción del usuario con el prototipo (ver figura 54), viendo los resultados de manera cuidadosa si son favorables y si se llega a encontrar algún defecto poder eliminarla

#### ➤ Evaluación de resultados

En la evaluación de las pruebas realizadas se llega a subsanar los defectos encontrados como en la fuente de energía es necesario que la fuente sea de 5v 5A para su funcionamiento dejando así un producto aceptable de manera exitosa para el usuario (ver figura 44).

Figura 44 Conexión de la interfaz con el prototipo



Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar la conexión del prototipo a través del IDE arduino. A continuación, se muestra el proceso de movimiento.

### 3.8 Proceso de movimientos del abecedario

Se detalla cada movimiento de las traducciones que realice la mano robótica. En este caso algunas traducciones necesitaron realizar movimientos especiales en la parte de giros de algunas letras por parte del prototipo así también como en la programación para que realice el movimiento como se puede observar en la (figura 45).

*Figura 45* Movimiento de la letra D



Fuente: Elaboración Propia

Cada traducción tiene diferentes movimientos que implica que el prototipo tenga que hacer uso de una batería externa para completar la alimentación del servo motor para que realice la traducción de una manera exitosa.

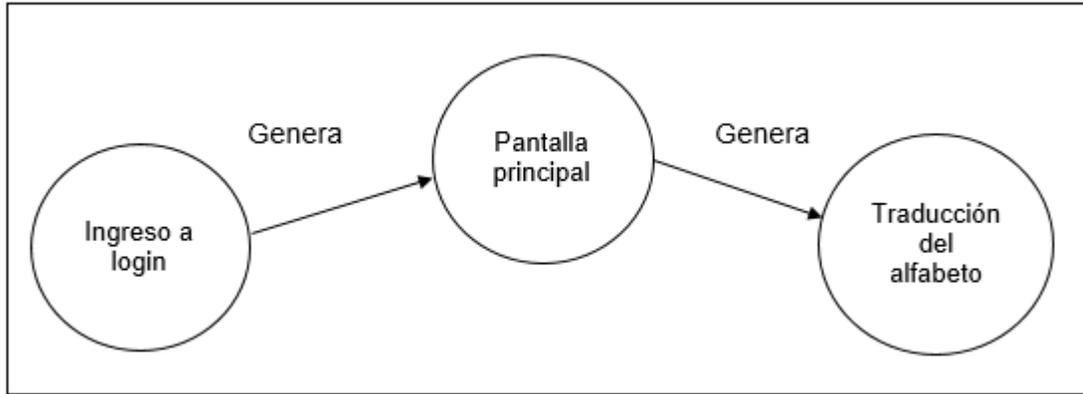
### **3.9 Pruebas De La Caja Negra**

En esta sección se puede realizar las pruebas mediante una estructura lógica, para lo cual se utilizó la notación de gafos de flujo. Exceptando los detalles referidos a los datos de entrada o salida, para probar la lógica del programa que se conectan a los objetos.

#### **Prueba 1**

Se realiza la primera prueba en el ingreso del Login, donde el usuario accede a la interfaz del alfabeto mediante el login.

Figura 46 Prueba de ingreso login



Fuente: Elaboracion propia

Los resultados en la parte práctica se demuestra de la siguiente forma al ingreso del login con el password, ingresa a la pantalla principal y genera la traducción del alfabeto a través del prototipo enlenguaje de señas (ver figura 47).

Figura 47 Prueba 1

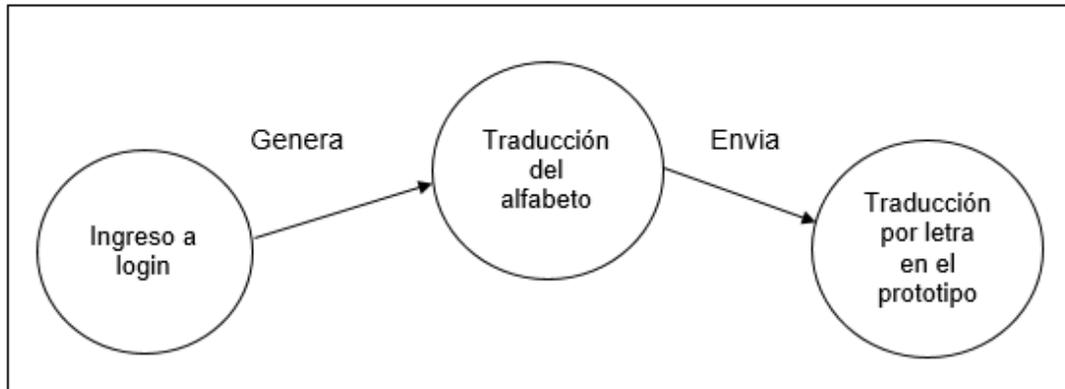


Fuente: Elaboracion propia

## Prueba 2

Se realiza las pruebas del funcionamiento de la traducción de cada letra al momento de seleccionar una letra el prototipo debe realizar su traducción en lenguaje de señas, para eso se realiza el flujo de grafos (ver figura 48).

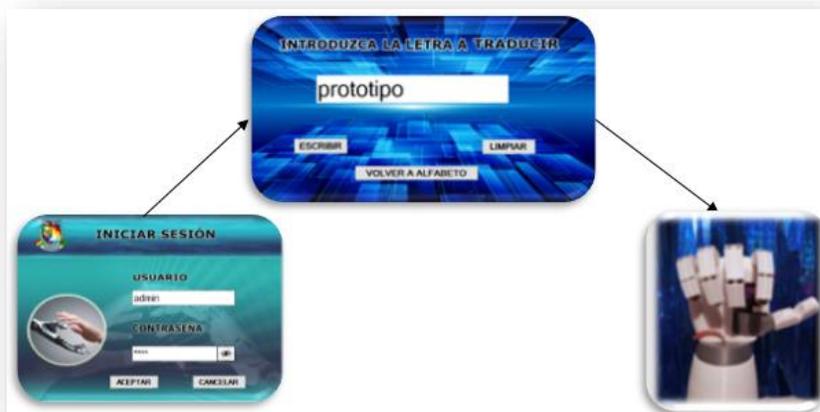
Figura 48 Prueba 2



Fuente: Elaboracion propia

Los resultados que se dan una vez ya ingresado al login se genera la primera pantalla donde se encuentra un botón que envía a la segunda pantalla de traducción por letra (ver figura 49).

Figura 49 Prueba 2 práctico

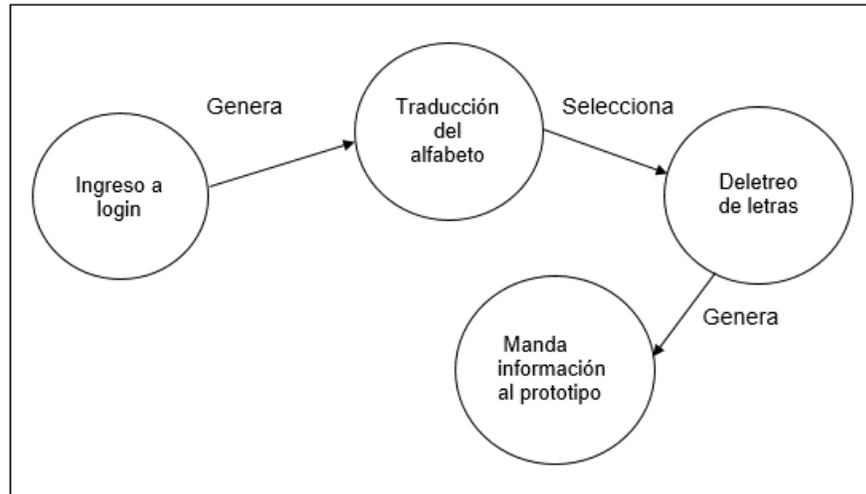


Fuente: Elaboracion propia

### Prueba 3

El usuario accede a la pantalla de deletreo de letras ingresa la letra a traducir, y manda la información al prototipo para realizar los movimientos correspondientes al lenguaje de señas mediante el prototipo, (ver figura 50).

Figura 50 Prueba 3



Fuente: Elaboracion propia

Como el resultado obtenido de la prueba 3 se muestra en la (figura 51).

Figura 51 Resultado, prueba 3



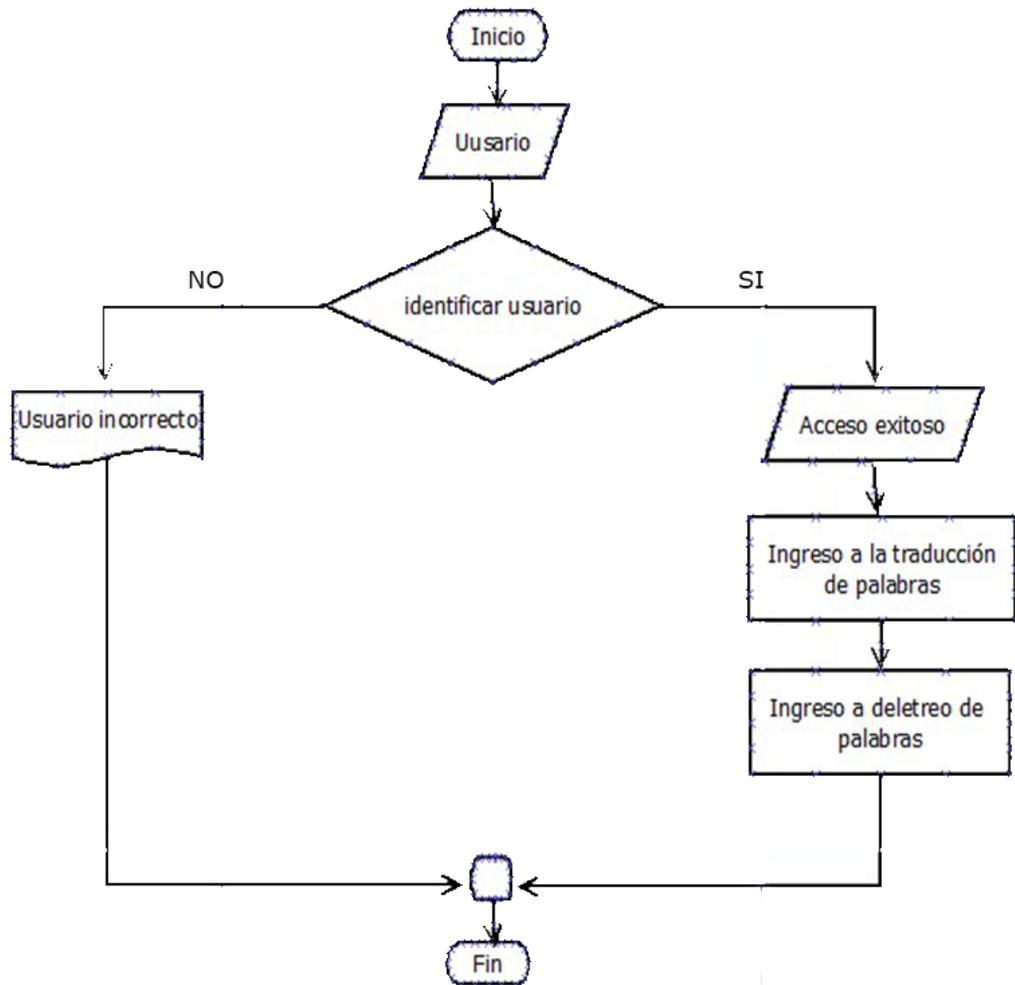
Fuente: Elaboracion propia

Los resultados obtenidos de la figura 51 es la prueba 4. A continuación, se realiza la prueba de caja blanca.

### 3.10 Pruebas De La Caja Blanca

Para realizar las pruebas de la caja blanca llamada también estructura lógica, se analiza la estructura interna del código , exceptuando los detalles de los datos de entradas y salidas. Para eso se realiza un seguimiento del código, para probar la lógica del programa desde el punto de vista algorítmico, (ver figura 52).

Figura 52 Diagrama de flujo

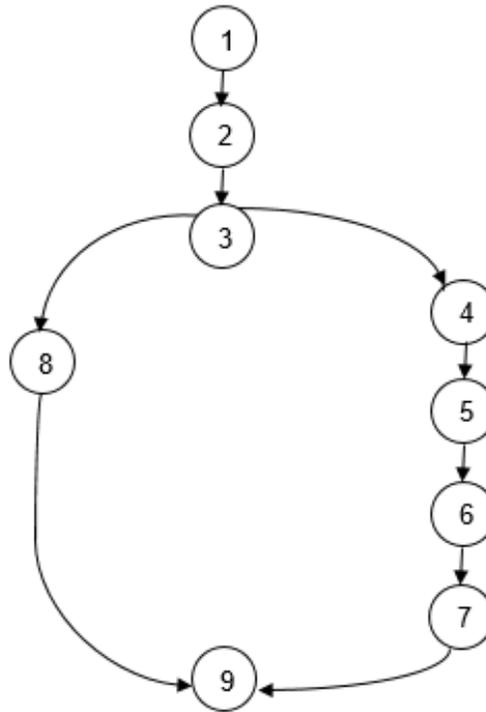


Fuente: Elaboracion propia

El resultado de la figura 52 se demuestra el ingreso del usuario mediante la interfaz hacia el acceso del alfabeto.

- Demuestra el ingreso del primer usuario de manera correcta sin problema alguno
- La segunda entrada del siguiente usuario le manda a salida

Figura 53 Diagrama



Fuente: Elaboracion propia

Se muestra los caminos y la validación según el grafo simplificado presentado en la figura 52. Donde se muestra el cálculo de la siguiente relación.

$$V(G) = \text{Numero de condiciones} + 1$$

$$V(G) = 2$$

A continuación, se determina el número de caminos independientes a seguir para realizar los casos de prueba.

**Camino 1:** 1-2-3-8-9

**Caso de prueba del camino 1:** El usuario que ingresa a la interfaz deberá tener conocimiento del funcionamiento de la interfaz con el prototipo, ya que el manejo de la interfaz es de manera sencilla para su uso.

**Camino 2:** 1-2-3-4-5-6-7-8-9

**Caso de prueba del camino 2:** El usuario que ingresa de manera correcta a la interfaz tiene los privilegios de manipular las ventanas de la traducción del alfabeto y el deletreo de las letras que realiza el prototipo con su traducción en lenguaje de señas. Con la verificación de cada camino que se realizó se comprueba el objetivo a la que se quería llegar y el fin con el que fue diseñado el prototipo.

### 3.11 Resultados

Se realiza las pruebas, ejecutando el funcionamiento del prototipo con la interacción de los niños aprendiendo el alfabeto dactilológico como se puede observar a continuación en la figura 54.

*Figura 54* Resultados



Fuente: Elaboración Propia

Se realizó una capacitación a los educadores del centro educativo para el uso del prototipo con la interfaz, donde a la vez se fue interactuando el

prototipo con los niños para su enseñanza, la capacitación fue de manera exitosa. Cada educador se adaptó con facilidad en el uso de la interfaz y el prototipo, donde la capacitación tuvo una duración del primer periodo por la mañana.

### 3.12 Costos Del Prototipo

Se realiza un estudio de software de Cócomo II, donde se tomará el costo óptimo (ver la figura 55).

Figura 55 Cócomo II

The screenshot shows the USC-COCOMO II.2000.4 software interface. The window title is "USC-COCOMO II.2000.4 - Untitled". The menu bar includes File, Edit, View, Parameters, Calibrate, Phase, Maintenance, and Help. The toolbar contains icons for file operations and help. The main area displays the following information:

- Project Name: **Prototipo**
- Scale Factor: 18.97
- Schedule button
- Project Notes button
- Development Model: **Post Architecture**

X	Module Name	Module Size	LABOR Rate (\$/month)	EAF	Language	NCM Effort DEV	EST Effort DEV	PROD	COST	INST COST	Staff	RISK
	Arduino	S:400	2000.00	1.00	C++	1.2	1.2	328.9	2432.24	6.1	0.2	0.0
	<sample>	S:1000	2000.00	1.00	C++	3.0	3.0	328.9	6080.60	6.1	0.5	0.0

	Estimated	Effort Sched	PROD	COST	INST	Staff	RISK
Total Lines of Code:	1400						
Hours/PM:	152.00						
	Optimistic	3.4	5.4	411.1	6810.27	4.9	0.6
	Most Likely	4.3	5.8	328.9	8512.84	6.1	0.7
	Pessimistic	5.3	6.2	263.1	10641.05	7.6	0.9

Fuente: Elaboración Propia basada en Cocomo II

En el cálculo de Cocomo II se tomó la parte óptima para el cálculo de ingeniería (ver tabla 9), a continuación, se muestra el cálculo del costo que tuvo el material de implementación (ver tabla 8).

#### ➤ Costo De Materiales

Se detallan a continuación todos los componentes utilizados en el desarrollo del prototipo.

*Tabla 8. Costo de materiales*

<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Total</b>
Plástico látex	Piezas del prototipo	26	850 Bs
Servomotor	MG90	1	33 Bs
Servomotor	MG995	5	300 Bs
Arduino Uno	Atmega 328P	1	65 Bs
Estuche arduino	Forro café	1	5 Bs
Espadín, regleta	M-M hilera simple de 2,54 mm	1	2 Bs
Cables Jumper	10 cm largo	10	5 Bs
Hilo Nilón		1	25 Bs
Liga delgada		1	12 Bs
Fuente (Batería)	5v 5 <sup>a</sup>	1	70 Bs
Cable conector	2 m	1	15 Bs
<b>Total</b>			<b>1,382 Bs</b>

Fuente: Elaboración Propia basada en Erobot

El cálculo total del costo de materiales es de 1,382 Bs, a continuación, se saca el cálculo del costo de ingeniería.

➤ **Costo de Ingeniería**

Se muestra los costos de ingeniería en la parte de su estructura. Donde se detalla la descripción del tiempo dedicado en el diseño y la elaboración (ver tabla 9).

*Tabla 9. Costos de Ingeniería*

<b>Componente</b>	<b>Total</b>
Diseño en la parte estructural	400 Bs
Software	6810 Bs
Implementación de la interfaz	400 Bs
	<hr/> 7,610Bs

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 9 se calculó el tiempo dedicado en el diseño y la elaboración del prototipo y la interfaz, en la parte del software se tomó la parte óptima sacada el cálculo de Cócomo II (ver figura 55), sumados en total 7,610 Bs. A continuación, se calcula el costo total.

➤ **Costo Total**

En total se suma todos los costos del proyecto de los cálculos realizados.

*Tabla 10. Costo total*

<b>Descripción</b>	<b>Total</b>
Costo de materiales	1,382
Costo de Ingeniería	7610

---

<b>Total Bs.</b>	8,992
------------------	-------

---

Fuente: Elaboración Propia

El prototipo traductor del alfabeto dactilológico tiene un costo que se evalúa en 10480.5 Bs. El presente proyecto será beneficioso para los niños ya que por medio del prototipo podrán aprender el alfabeto dactilológico inicial. Donde contara también con una interfaz para poder ayudar de esa forma a los niños en su educación.

# **CAPITULO IV**

## **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1 Conclusiones**

- Llegado ya a la culminación del proyecto el resultado ha sido satisfactorio en cumplimiento del objetivo del presente proyecto.
- Se logró realizar el armado de la estructura del prototipo
- Se logró la implementación de cada servomotor para realizar los movimientos de cada falange del prototipo.
- Se logró la conexión de la interfaz con el prototipo.
- Se logró desarrollar el prototipo traductor del alfabeto dactilológico para ayudar a los niños con discapacidad auditiva.

### **4.2 Recomendaciones**

- Se recomienda que el prototipo sea manipulado por una persona al momento de dar movimiento de un lugar a otro para su uso se le debe llevar con cuidado.
- Se recomienda mantener en un lugar fresco para que la duración del prototipo sea aún mucho más eficaz.
- Realizar mantenimiento preventivo para verificar su buen funcionamiento de cada servo motor.
- Se sugiere que el prototipo use una conexión inalámbrica a través del módulo bluetooth para evitar el uso del cable de conexión entre el arduino.
- Se sugiere que implementar una aplicación de reconocimiento de voz para manipular al prototipo desde android.

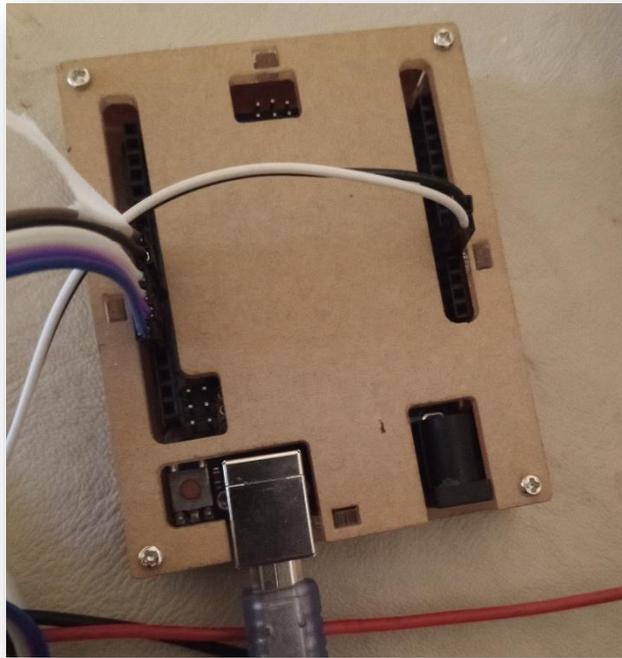
## BIBLIOGRAFÍA

- SIPRUNPCD (Sistema de información de Registro Único Nacional de personas con Discapacidad) y IBC (Instituto Boliviano de la Ceguera).
- Jadiáz. (2016). Placa Arduino Iescamp: <http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/>
- Gonzáles. (2012). Autodesk 123D Design, modelado 3D multiplataforma: <https://www.genbeta.com/herramientas/autodesk-123d-design-modelado-3d-multiplataforma-gratuito-y-en-la-nube>
- Gómez Gonzáles. (1945-2020). Impresión 3D. Marcombo: <https://www.marcombo.com/impresion-3d-9788426723536/>
- Enrique Crespo. (2017). Arduino. Arduino en Profundidad: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/04/02/que-es-arduino-7/>
- García González. (2016). Cómo funciona un servomotor. Panamahitek: <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/#:~:text=Servomotores%20de%20rotaci%C3%B3n%20continua%3A%20se,giro%20en%20un%20momento%20dado.>
- Nahim Anda. (2018). Cables Jumper Macho - Hembra. Factor evolución: [https://www.factor.mx/portal/base-de-conocimiento/cables-jumper-macho-hembra/#:~:text=Un%20jumper%20o%20saltador%20es,opuesto%20al%20sensor%20\(normalmente\).](https://www.factor.mx/portal/base-de-conocimiento/cables-jumper-macho-hembra/#:~:text=Un%20jumper%20o%20saltador%20es,opuesto%20al%20sensor%20(normalmente).)
- Enrique Crespo. (2017). Voltios y amperios. Nergiza: <https://nergiza.com/voltios-y-amperios-que-son-y-para-que-sirven/>

- Enrique Crespo. (2017). Arduino. Aprendiendo Arduino:  
[https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2017/06/18/ide-arduino-y-configuracion/#:~:text=Un%20IDE%20es%20un%20entorno,de%20interfaz%20gr%C3%A1fica%20\(GUI\),&text=La%20%C3%BAltima%20versi%C3%B3n%20del%20IDE%20de%20Arduino%20es%20la%201.8.5.](https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2017/06/18/ide-arduino-y-configuracion/#:~:text=Un%20IDE%20es%20un%20entorno,de%20interfaz%20gr%C3%A1fica%20(GUI),&text=La%20%C3%BAltima%20versi%C3%B3n%20del%20IDE%20de%20Arduino%20es%20la%201.8.5.)
  
- Gonzáles. (2012). Autodesk 123D Design, modelado 3D multiplataforma. Genbeta:  
<https://www.genbeta.com/herramientas/autodesk-123d-software-gratuito-de-modelado-3d>
  
- Maldonado Luismi. (2012 - 2015). Cocomo II. Academia.edu. Academia:  
[https://www.academia.edu/19200942/COCOMO\\_II](https://www.academia.edu/19200942/COCOMO_II)
  
- Ulrich. (2016). Karl T. Karl T. Ulrich. Casa del libro:  
<https://www.casadellibro.com/libros-ebooks/karl-t-ulrich/103438>

# **ANEXOS**

*Figura 56* Arduino



*Figura 57* Fuente (Batería)



Figura 58 Prototipo

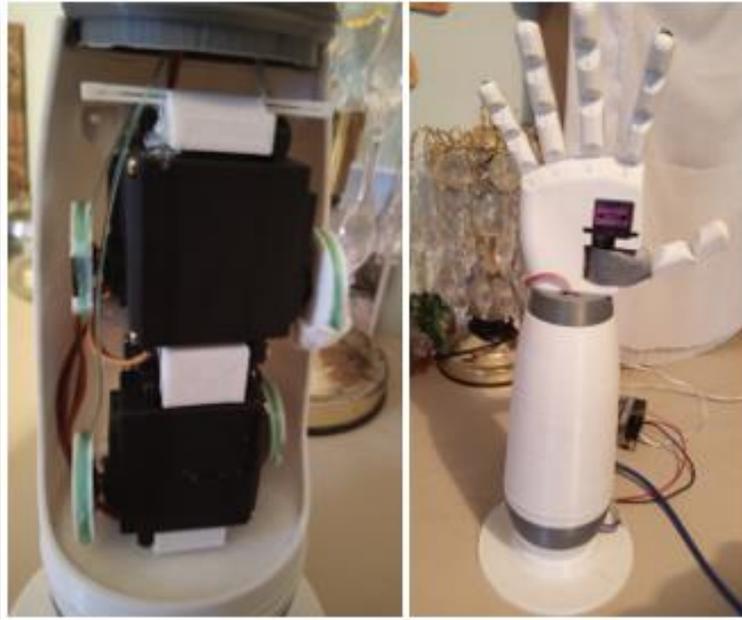


Figura 59 Prototipo, Interfaz



Figura 60 Materiales

ML702	Servomotor MG995, torque 11 kg-cm, engranes metálicos, alta velocidad	60,00	
ML703	Servomotor MG90, torque 2,50 kg-cm, engranes metálicos, soportes de rodamientos	33,00	
ML202	Arduino Uno genuino R3, driver original, incluye cable USB	65,00	

Figura 61 Materiales

ML110	Pines de 40 patillas	2,00	
ML111	Estaño de 0,5mm 60/40 por metro	2,00	
ML105	20 piezas de cables de 10 cm hembra-hembra, macho-macho, hembra - macho	5,00	

Figura 62 Login

**INICIAR SESIÓN**

**USUARIO**

**CONTRASEÑA**

**ACEPTAR** **CANCELAR**

Figura 63 Código login

```
1 referencia
public Form3()
{
    InitializeComponent();
}

string usuario = "admin";
string contraseña = "2021";

1 referencia
private void btn_aceptar_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //programa de las 2 cajas y el string

    string user = textusuario.Text;
    string password = textcontraseña.Text;

    if (user.Equals(usuario))
    {
        if (password.Equals(contraseña))
        {
            MessageBox.Show("Acceso exitoso");

            Form1 admin = new Form1();
            this.Visible = false;
            admin.ShowDialog();
        }
    }
}

No se encontraron problemas.
```

Figura 64 Código login

```
1 referencia
2 private void btn_cancelar_Click(object sender, EventArgs e)
3 {
4     Close ();
5 }
6
7 referencia
8 private void button1_Click_1(object sender, EventArgs e)
9 {
10     if(textcontraseña.PasswordChar == '*')
11     {
12         button2.BringToFront();
13         textcontraseña.PasswordChar = '\0';
14     }
15 }
16
17 referencia
18 private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
19 {
20     if (textcontraseña.PasswordChar == '\0')
21     {
22         button1.BringToFront();
23         textcontraseña.PasswordChar = '*';
24     }
25 }
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35 }
```

Figura 65 Interfaz

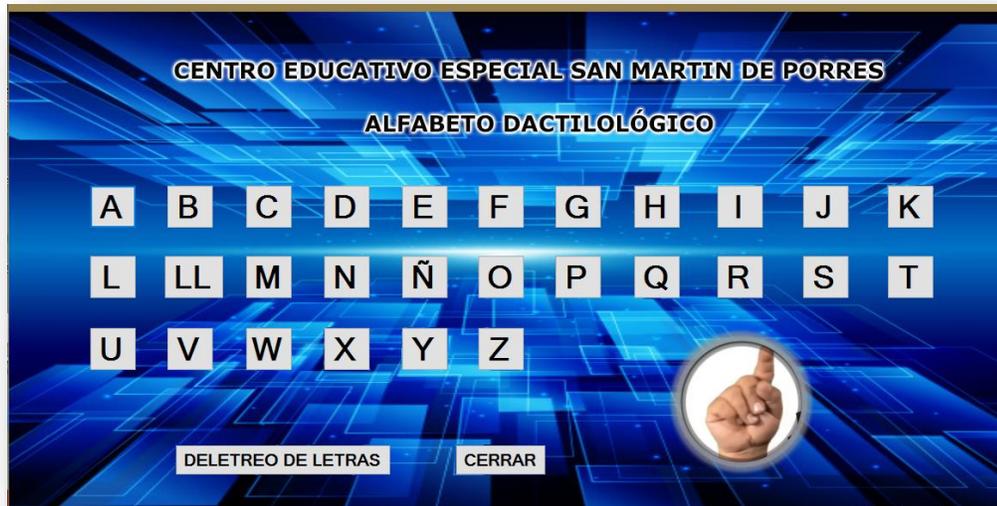
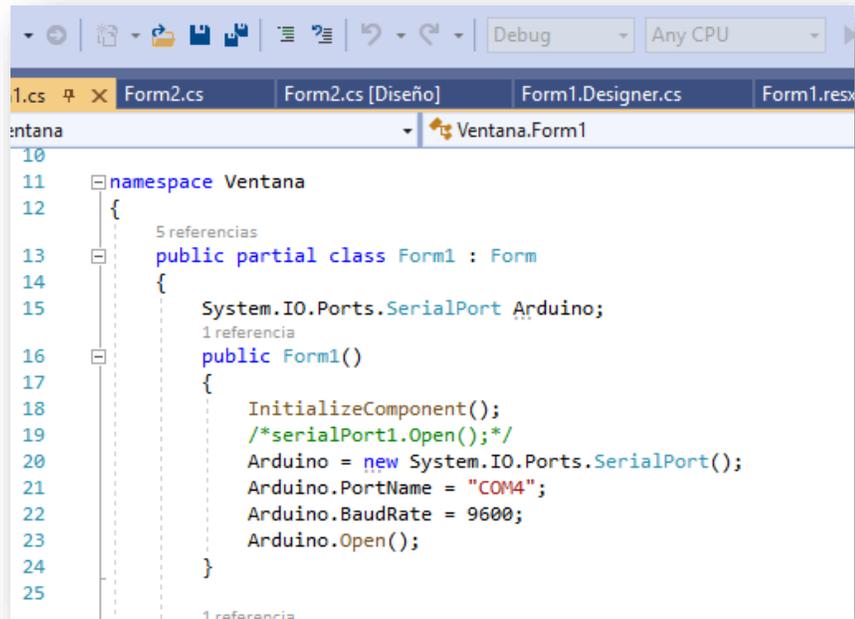


Figura 66 Código de la interfaz



```
10
11 namespace Ventana
12 {
13     public partial class Form1 : Form
14     {
15         System.IO.Ports.SerialPort Arduino;
16         public Form1()
17         {
18             InitializeComponent();
19             /*serialPort1.Open();*/
20             Arduino = new System.IO.Ports.SerialPort();
21             Arduino.PortName = "COM4";
22             Arduino.BaudRate = 9600;
23             Arduino.Open();
24         }
25     }
```

Para la conexión de la interfaz con el IDE arduino se inicializa los componentes, en este caso se dio el nombre de arduino, donde es importante poner el puerto que se está utilizando, en este caso la tarjeta arduino está con el puerto COM4 si no se pone el puerto con el que se está trabajando no reconocerá la tarjeta, también es importante poner el Serial.begin (9600), arduino. Open y el serialPort.

Figura 67 Código de la interfaz

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    /* serialPort1.WriteLine("A");*/
    Arduino.Write("A");
}

1 referencia
private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Arduino.Write("B");
}

1 referencia
private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Arduino.Write("C");
}

1 referencia
private void button4_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Arduino.Write("D");
}
```

Figura 68 Segunda Ventana



Figura 69 Código de la interfaz

```
char[] palabra;

Inferencia
private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    palabra = textBox1.Text.Trim().ToUpper().ToCharArray();
    //char pal[]
    //tamanoPalabra = palabra.Length;
    Thread delecteo = new Thread(new ThreadStart(hiloDelecteo));
    delecteo.Start();
}

Inferencia

public void hiloDelecteo()
{
    try
    {
        for (int i = 0; i < palabra.Length; i++)
        {
            //palabra[i]
            Arduino.Write(palabra[i].ToString());
            Thread.Sleep(2000);
        }
    }
    catch (Exception e)
    {
    }
}
```



El Alto, 24 de Junio de 2021

Señor:  
Ing. David Carlos Mamani Quispe  
**DIRECTOR CARRERA INGENIERIA DE SISTEMAS**  
**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO (UPEA)**

Presente.-

## CERTIFICA

Que la Univ. **KASSANDRA CALLIZAYA PAUCARA**, con C.I. **10934136 LP** y RU: **14007155**, estudiante de la carrera de Ingeniería de Sistemas, en la Universidad Pública de El Alto, por haber realizado satisfactoriamente su Proyecto titulado, "**Prototipo Traductor del Alfabeto Dactilológico para Niños con Discapacidad Auditiva**", en nuestra Institución CENTRO DE EDUCACION ESPECIAL "SAN MARTIN DE PORRES", que será de mucho apoyo para la enseñanza de nuestros estudiantes.

Se expide el presente Certificado en Aval de conformidad de la misma, para su defensa pública y su respectiva valoración.

Me despido con las consideraciones más distinguidas.

Atentamente:



*Rosa Cuba Manrique*  
Rosa Cuba Manrique  
CE: 00224594  
Directora General CEE SMP

El Alto, 24 de Junio de 2021

Señores:

HONORABLE CONSEJO DE CARRERA

INGENIERIA DE SISTEMAS U.P.E.A.

Via: Ing David Carlos Mamani Quispe

DIRECTOR DE CARRERA DE INGENIERIA DE SISTEMAS

Presente

**REF.: AVAL DE CONFORMIDAD**

Distinguido Ingeniero

Mediante la presente tengo a bien comunicarle mi conformidad con el Proyecto de Grado denominado "PROTOTIPO TRADUCTOR DEL ALFABETO DACTILOLÓGICO PARA NIÑOS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA" que propone el Univ.Kassandra Callizaya Paucara con cedula de identidadN° 10934136 expedido en la ciudad de La Paz, para su defensa Publica, evaluación correspondiente a la materia Taller de Licenciatura II, de acuerdo al reglamento vigente de la carrera de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Pública de El Alto.

Sin otro particular, reciba mis saludos cordiales.

Atentamente.

  
Ing. Maricel Yarari Mamani  
TUTOR METODOLÓGICO

El Alto, 24 de junio de 2021

Señores:

HONORABLE CONSEJO DE CARRERA

**INGENIERIA DE SISTEMAS U.P.E.A.**

Via: Ing David Carlos Mamani Quispe

**DIRECTOR DE CARRERA DE INGENIERIA DE SISTEMAS**

Presente

**REF.: AVAL DE CONFORMIDAD**

Distinguido Ingeniero

Mediante la presente tengo a bien comunicarle mi conformidad con el Proyecto de Grado denominado "**PROTOTIPO TRADUCTOR DEL ALFABETO DACTILOLÓGICO PARA NIÑOS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA**" que propone el Univ.Kassandra Callizaya Paucara con cedula de identidadN° **10934136** expedido en la ciudad de La Paz, para su defesa Publica, evaluación correspondiente a la materia Taller de Licenciatura II, de acuerdo al reglamento vigente de la carrera de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Pública de El Alto.

Sin otro particular, reciba mis saludos cordiales.

Atentamente.



M. Sc. Elías Ali Alvarez  
**TUTOR ESPECIALISTA**

La Paz, 24 de junio de 2021

Señora  
Ing. Maricel Yarari Mamani  
**TUTOR METODOLOGICO TALLER DE LICENCIATURA II  
CARRERA INGENIERIA DE SISTEMAS**

Presente.-

**Ref.: AVAL DE CONFORMIDAD**

Distinguida Ingeniera:

Mediante la presente tengo a bien comunicarle mi conformidad con el Proyecto de Grado "PROTOTIPO TRADUCTOR DEL ALFABETO DACTILOLÓGICO PARA NIÑOS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA" CASO: CENTRO EDUCATIVO ESPECIAL SAN MARTIN DE PORRES, que propone la postulante Kassandra Callizaya Paucara, para su defensa pública, evaluación correspondiente a la materia Taller de Licenciatura II, de acuerdo al reglamento vigente de la carrera Ingeniería de Sistemas de la Universidad Pública de El Alto.

Sin otro particular, reciba saludos cordiales.

Atentamente:



.....  
M. Sc. Ing. Dulfredo Vilca Lázaro  
Tutor Revisor