

**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN  
MECATRÓNICA**



**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
MECATRÓNICA**

**AUTORES:**

**DIANA CURICHO  
FREDDY MOLINA**

**DIRECTOR:**

**ING. ERNESTO SANTILLAN**

**COORDIRECTOR:**

**ING. MARCO SINGAÑA**

# AGENDA

- TEMA
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA
- OBJETIVOS
- CAPÍTULO I.- Estado del Arte
- CAPÍTULO II.- Diseño y Selección de Componentes
- CAPÍTULO III.- Implementación y Pruebas
- CAPÍTULO IV.- Conclusiones y Recomendaciones

TEMA

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE DOS MANOS  
ROBÓTICAS, CONTROLADAS POR TECLADO Y VOZ  
MEDIANTE ANDROID, PARA REALIZAR  
OPERACIONES MATEMÁTICAS BÁSICAS EN LA  
UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA COTOPAXI”**

AGENDA

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel nacional en la actualidad existen pocos trabajos relacionados con la inclusión de niños con discapacidad intelectual y problemas de concentración que relacione a la educación primaria con la robótica educativa como herramienta pedagógica, pues resulta muy difícil el proceso de aprendizaje con las técnicas tradicionales de enseñanza.

## JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de entornos interactivos de enseñanza para los niños de educación primaria de la UEEC, es limitada ya que no existen proyectos que vinculen a la robótica con la enseñanza de matemáticas básicas, mediante tecnologías que permitan relacionarse con los robots a través del lenguaje y la informática.

Este proyecto permitirá a los docentes y estudiantes de la Unidad Educativa Especializada Cotopaxi ampliar las técnicas de enseñanza, potenciando los métodos educativos multidisciplinarios para la resolución de los problemas en materias como las matemáticas básicas.

Los beneficiarios de este proyecto serán:

- Niños con discapacidad intelectual leve a moderada
- Niños con TDAH (Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad)

# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar dos manos robóticas, controladas por teclado y voz mediante Android, para realizar operaciones matemáticas básicas en la Unidad Educativa Cotopaxi.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Diseñar el modelo 3D de cada una de las manos robóticas a través de los sistemas CAD/CAM/CAE.
- ✓ Desarrollar la programación para el cálculo y movimiento de los dedos según la operación matemática.
- ✓ Desarrollar un sistema de control que permita a las manos robóticas interpretar los movimientos controlados desde un dispositivo con plataforma Android.
- ✓ Establecer el sistema de comunicación inalámbrica vía Bluetooth.
- ✓ Implementar las manos robóticas mediante la utilización de una impresora 3D.

AGENDA

# CAPÍTULO I

## ESTADO DEL ARTE

### ROBÓTICA EDUCATIVA

La Robótica Pedagógica es la actividad de concepción, creación y puesta en funcionamiento, con fines pedagógicos, de objetos tecnológicos que son reproducciones reducidas muy fieles y significativas de los procesos, y herramientas robóticas que son usados cotidianamente, sobre todo, en el medio industrial.

### DISCAPACIDAD INTELECTUAL

Se caracteriza por limitaciones significativas en el funcionamiento intelectual y en la conducta adaptativa.

### TDAH (Transtorno por déficit de atención e hiperactividad)

- Patología crónica.
- 75% de los casos son genéticos.
- Genera alteraciones del aprendizaje escolar y de problemas sociales.
- Baja autoestima.
- Falta de concentración.

AGENDA

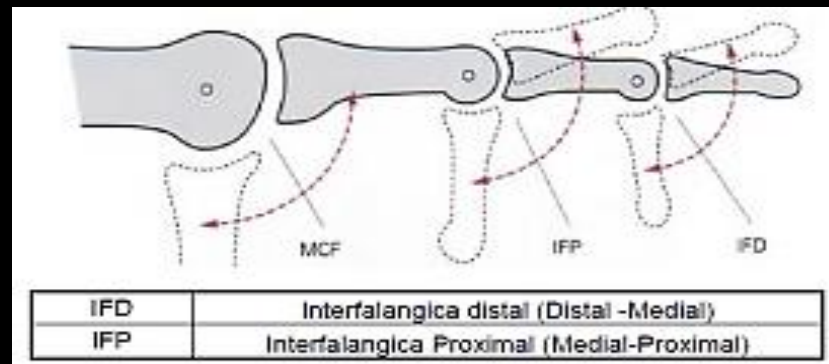
# MANO HUMANA





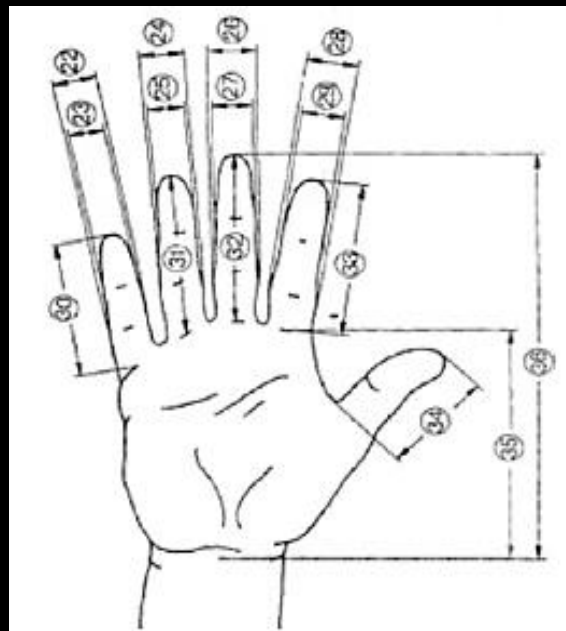
## MOVIMIENTOS

Flexión Distal-Medial 3 <sup>a</sup> Falange-2 <sup>a</sup> Falange	90°	Los ángulos de flexión para los dedos, se tomaron iguales para los dedos índice, corazón, anular y meñique. Se tomaron también respecto a una horizontal coincidente con el eje axial del dedo. (Loaiza, 2012)
Flexión Medial-Proximal 2 <sup>a</sup> Falange-1 <sup>a</sup> Falange	110°-135°	
Flexión Proximal-Palma 1 <sup>a</sup> Falange-Palma	90°-110°	



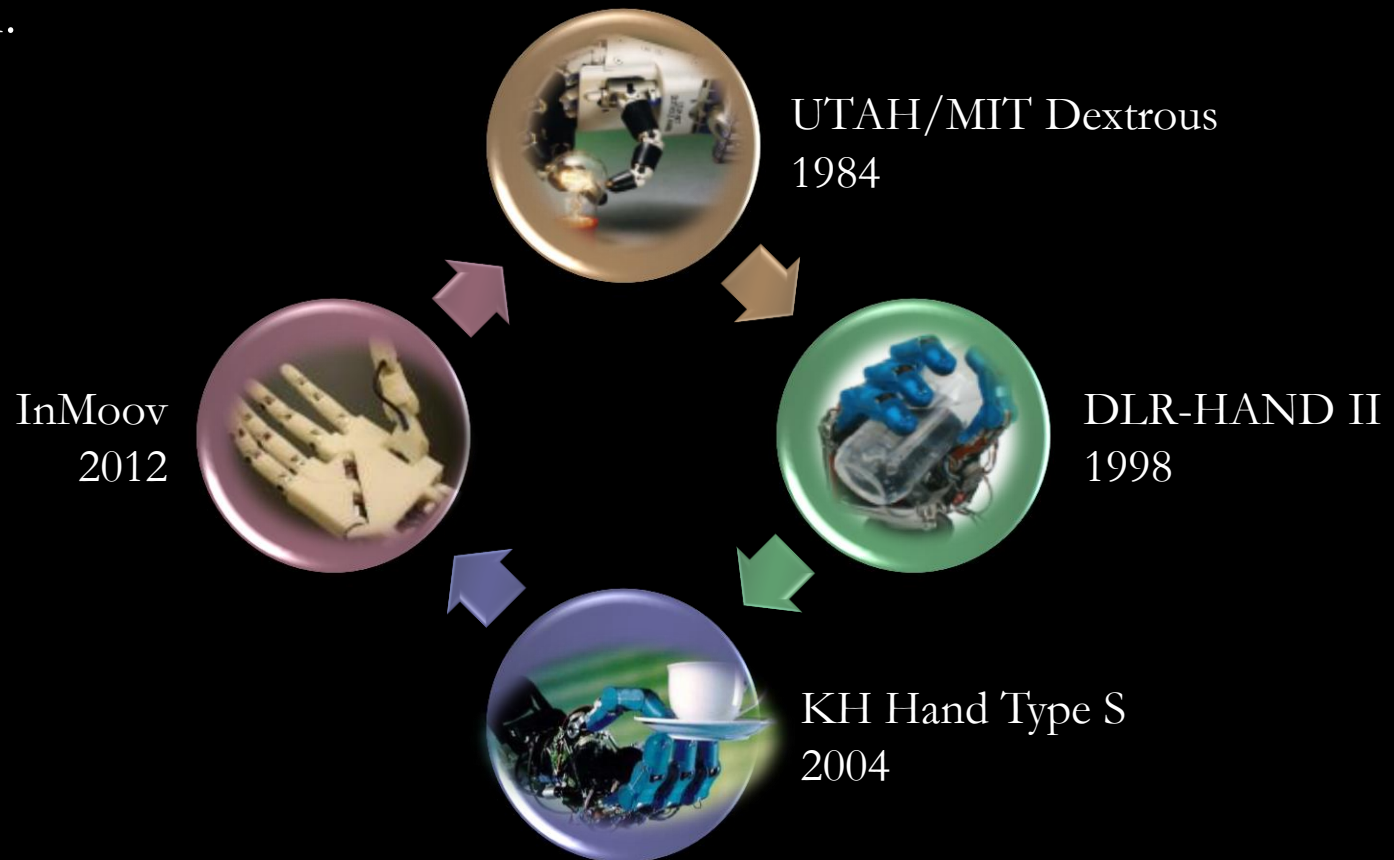
## MEDIDAS PROMEDIO

Falange Dedos	Largo				Ancho			Espesor		
	1°Falange Proximal	2°Falange Medial	3°Falange Distal	Total	En la Unión con la palma	En la última falange	Promedio	En la Unión con la palma	En la última falange	Promedio
Pulgar	37		31	68 (34)	19	15	17	20	11	15.5
Índice	32	26	18	76 (33)	16 (28)	13 (29)	14.5	13	11	12
Corazón	35	29	20	84 (32)	16 (26)	13 (27)	14.5	13	11	12
Anular	30	28	28	78 (31)	16 (24)	13 (25)	14.5	12	10	11
Meñique	25	20	17	62 (30)	14 (22)	11 (23)	12.5	11	9	10



# MANO ROBÓTICA

Efector final, diseñada para realizar cualquier tarea dependiendo de la aplicación.



# PROYECTOS DE ROBÓTICA EDUCATIVA



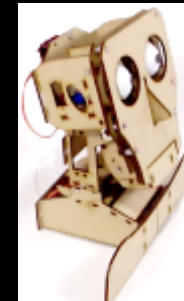
i-LIMB mano biónica



Lenguaje Dactilológico

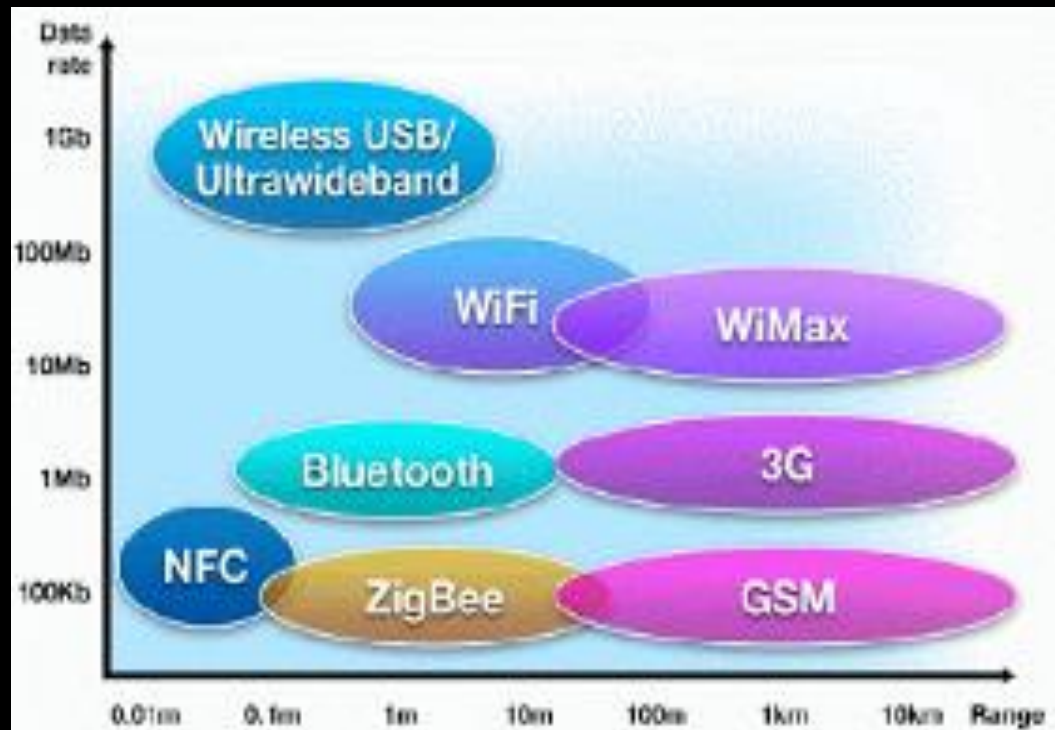


Discapacidad Visual – haptic  
tablet



Fritz

# COMUNICACIÓN INALÁMBRICA



# SISTEMA OPERATIVO ANDROID

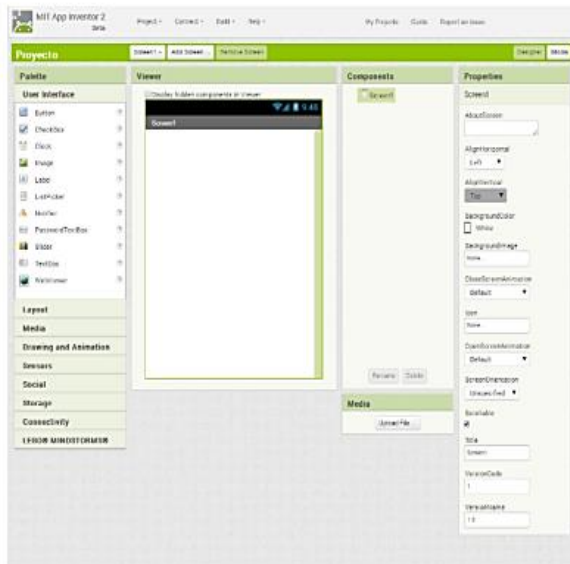
## CARACTERÍSTICAS DE ANDROID

Las principales características de este sistema operativo son:

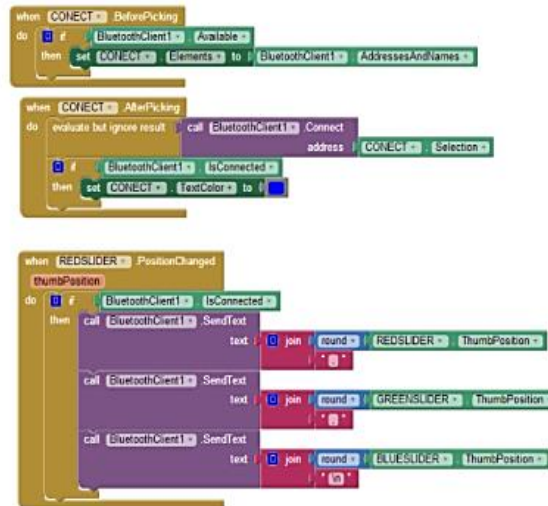
- ✓ Es de código abierto.
- ✓ Núcleo basado en el Kernel de Linux.
- ✓ Adaptable a pantallas de mayor resolución.
- ✓ Soporte de Java.
- ✓ Incluye un emulador de dispositivos.
- ✓ Las aplicaciones pueden ser gratuitas o pagas y descargadas e instaladas desde Google Play.
- ✓ Bluetooth.
- ✓ Entrada de búsqueda por voz utilizando el reconocimiento de Google.



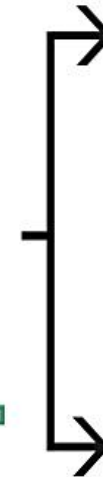
# APP INVENTOR



App Inventor Designer



App Inventor Blocks Editor



App Inventor Emulator



Android Phone/Tablet

## CAPÍTULO II METODOLOGÍA DE DISEÑO

Fila N	Valor Máximo de la Relación en la Fila	Peso Relativo	Peso / Importancia	Calidad Esijida (a.k.a. "Requerimientos del Cliente " o "Qués")	Características de la Calidad (a.k.a. "Requerimientos Funcionales" o "Comos")	RESISTENCIA LA FLEXIÓN	ERGONOMIA VISUAL	DIMENSIONES	PESO	FIABILIDAD DE LA ESTRUCTURA	CONTROL ELECTRÓNICO	APLICACIÓN MÓVIL	ACCIONAMIENTO MECÁNICO
1	9	8,7	2,0	RESISTENTE		⊙	▲	○	○	○	▲	▲	○
2	9	13,0	3,0	FORMA		⊙	○	○	○	○	▲	▲	○
3	9	8,7	2,0	PORTABLE		▲	▲	○	⊙	○	○	○	▲
4	9	13,0	3,0	INNOVADOR		▲	○	▲	▲	▲	⊙	⊙	▲
5	9	17,4	4,0	FACIL OPERACIÓN		▲	○	▲	▲	▲	⊙	⊙	▲
6	9	17,4	4,0	SEGURO		○	▲	▲	○	⊙	▲	▲	○
7	9	21,7	5,0	VISUALIZACIÓN ORDENADA		▲	⊙	▲	▲	○	⊙	○	○

Voz del usuario y Voz del ingeniero

AGENDA



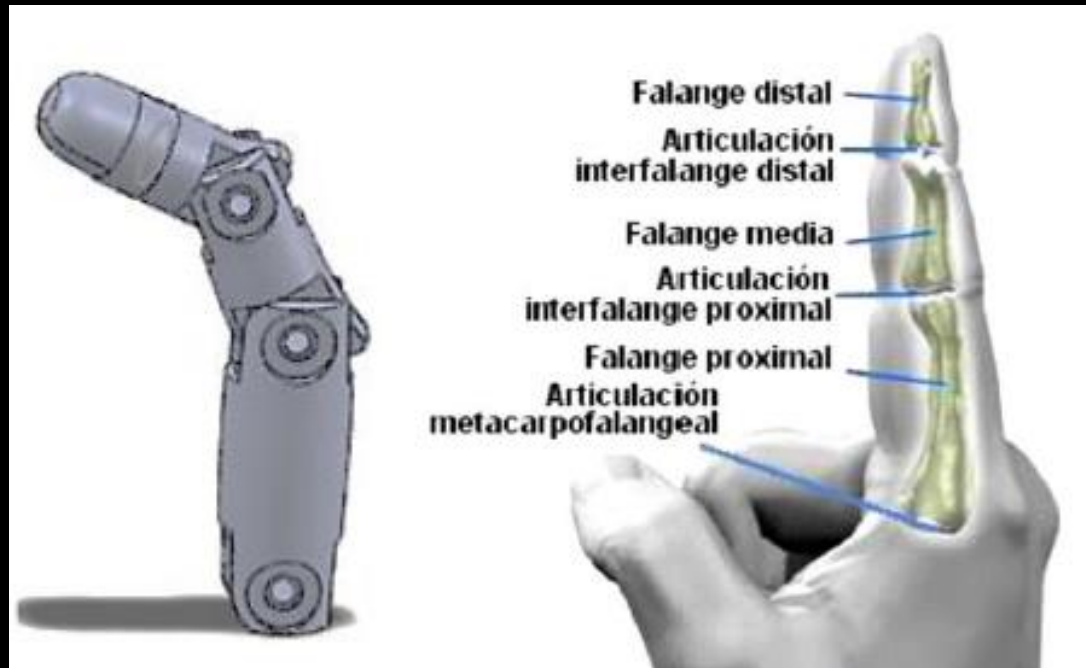
## METODOLOGÍA DE DISEÑO

<b>Meta (Target) o Valor Limite</b>	60 MPa	PLA	35x20x40 (cm)	2,5 Kg	5 AÑOS	INALÁMBRICO	ANDROID	SERVOMOTORES
<b>Dificultad</b> (0=Facil de lograr, 10=Extremadamente Difícil)	4	4	2	3	7	4	7	5
<b>Valor Máximo de la relación en la Columna.</b>	9	9	9	9	9	9	9	3
<b>Peso / Importancia</b>	308,7	360,9	239,1	247,8	343,5	534,8	404,3	221,7
<b>Peso Relativo</b>	11,6	13,6	9,0	9,3	12,9	20,1	15,2	8,3

## ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

FUNCIÓN	COMPONENTE
Verificar la conexión Bluetooth	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Aplicación ANDROID</div>
Realizar las operaciones matemáticas	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">TECLADO y VOZ</div>
Recibir la respuesta	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Bluetooth</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">X-Bee</div> </div>
Activar servomotores	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Tarjeta de Control</div>
Transmisión del movimiento	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Cable acoplado</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Engranajes</div> </div>
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span>Alternativa 1</span> <span>Alternativa 2</span> </div>

## DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO



Análisis de un dedo Robótico

## FALANGE DISTAL



$$W = \gamma * V$$

$\gamma$ : Peso específico de la sustancia =  $12152 \text{ kg/m}^3$

$V$ : Volumen de la sustancia =  $2.569 * 10^{-6} \text{ m}^3$

$$W = 0.03 \text{ N}$$

Esfuerzo de diseño  $\sigma_D = S_y / N$

$S_y$ : Limite de Fluencia =  $60 \text{ MPa}$

$N$ : Factor de seguridad =  $2$

$$\sigma_D = 30 \text{ MPa}$$



## FALANGE DISTAL



$\sigma$  Esfuerzo por Flexión  $\sigma = M_{max} / S_x$

$M_{max}$  : Momento Flector máximo = 0.8650 N

$S_x$  : Modulo de sección  $S_x = bh^2 / 6$

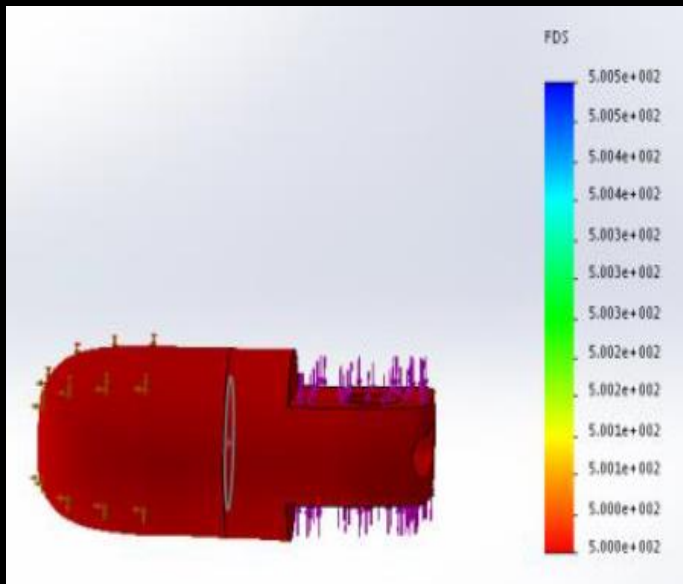
b: Base sección rectangular = 34mm

Despejando  $h = \sqrt{6 * M_{max} / b * \sigma D}$

$h = 0.07$  mm

Se selecciona el espesor mas adecuado para el diseño y posterior mente caculamos el factor de seguridad

## VERIFICACIÓN FACTOR DE SEGURIDAD



$S_x$  : Modulo de sección  $S_x = bh^2/6$

$$S_x = 5,83 \text{ mm}^3$$

$\sigma$  Esfuerzo por Flexión  $\sigma = M_{max}/S_x$

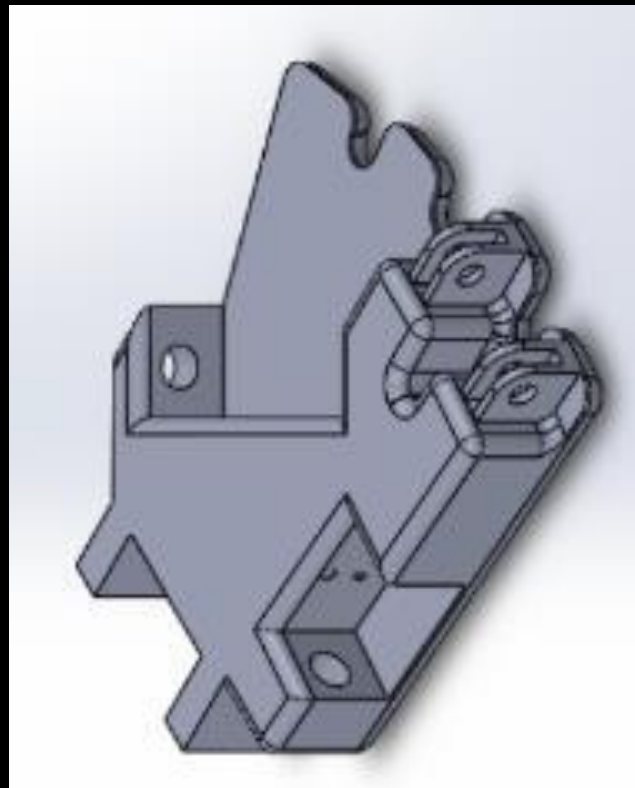
$$\sigma = 0,148 \text{ MPa}$$

$$N = 60 \text{ MPa} / 0,148 \text{ MPa}$$

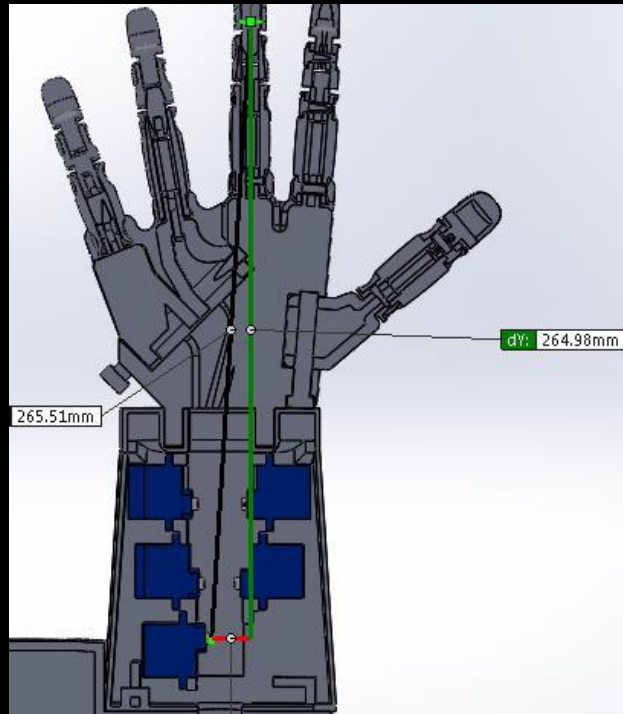
$$N = 405$$

Factor de seguridad obtenido Mediante software  $N = 500$

## MODELADO DE LA PALMA



## SELECCIÓN DE MOTOR



$$T = F * d$$

$Wt$ : Peso total 0,1146 N

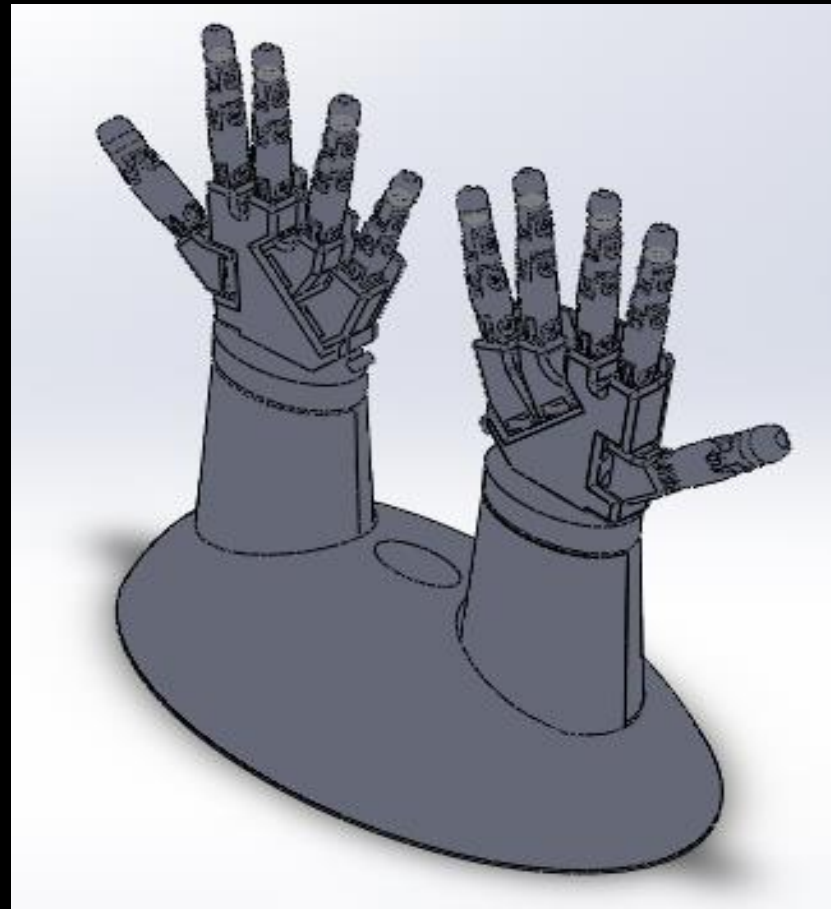
$d$ : distancia = 0,26 m

1 Kg.cm = 0.0981 N.m

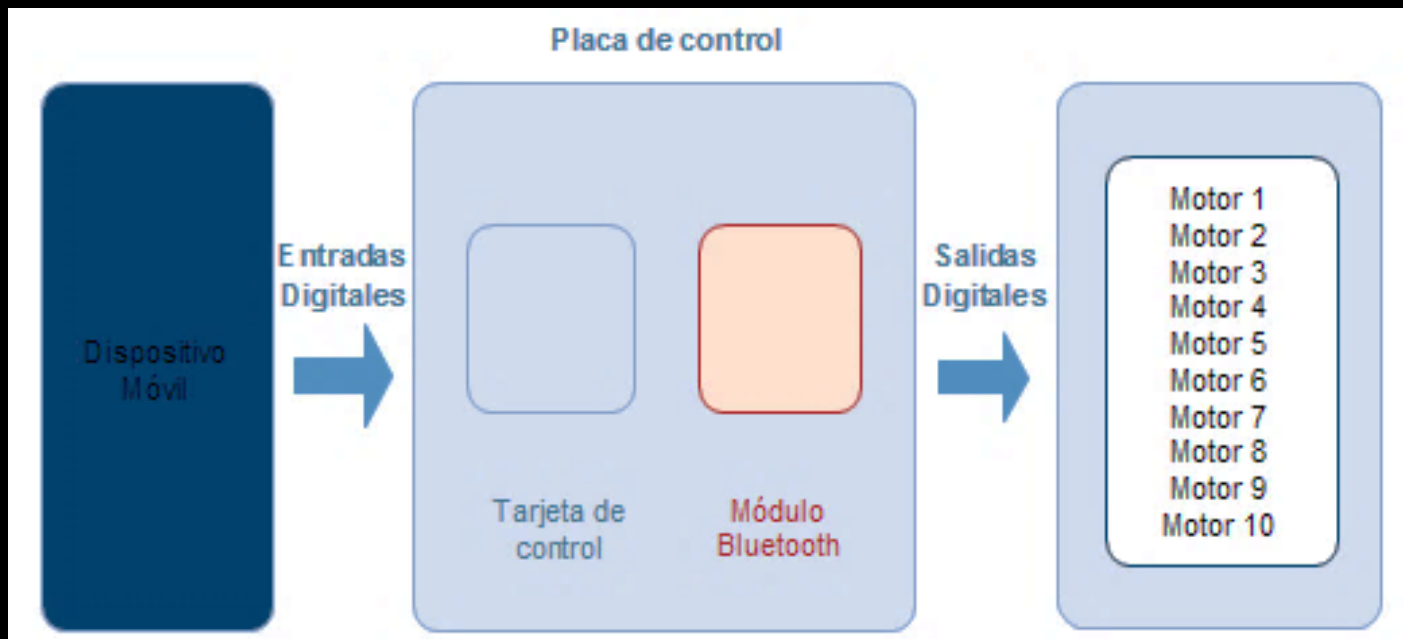
$T = 0,30 \text{ Kg.cm}$



## MODELADO DE MANOS ROBÓTICAS



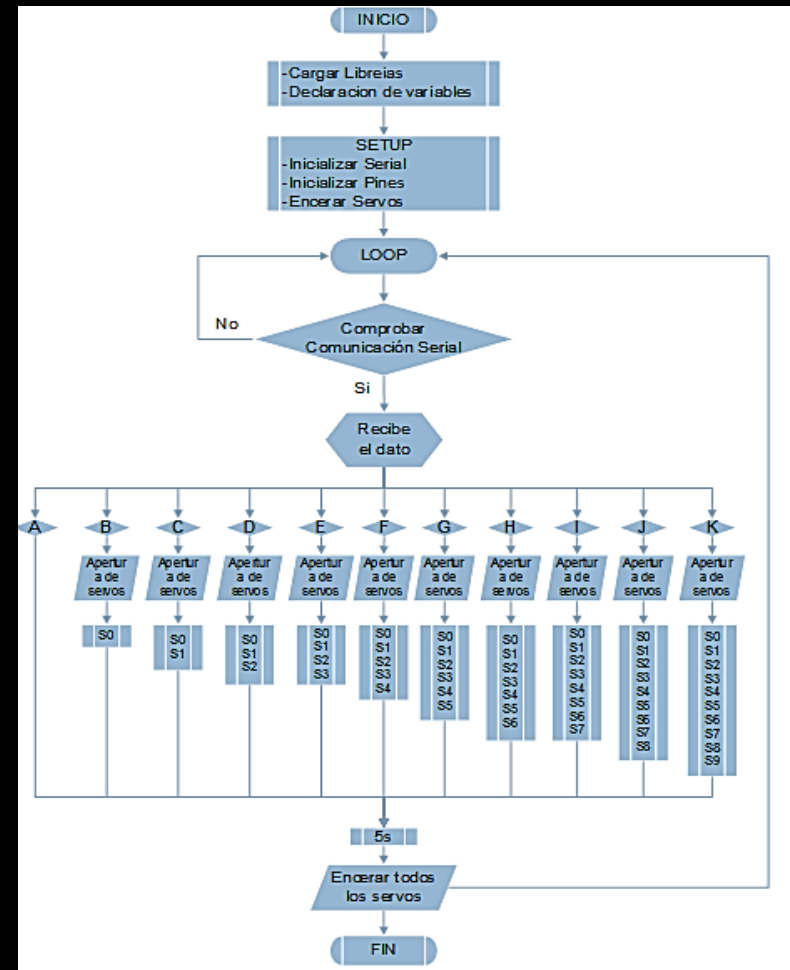
# DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL



# DISEÑO DEL ALGORITMO DE LA TARJETA DE CONTROL

## DIAGRAMA DE FLUJO

La tarjeta Arduino UNO debe recibir los datos enviados vía Bluetooth desde el dispositivo móvil a través de una aplicación Android y verificar el estado de las E/S digitales para controlar la posición de los servomotores de acuerdo a la respuesta de la operación enviada.



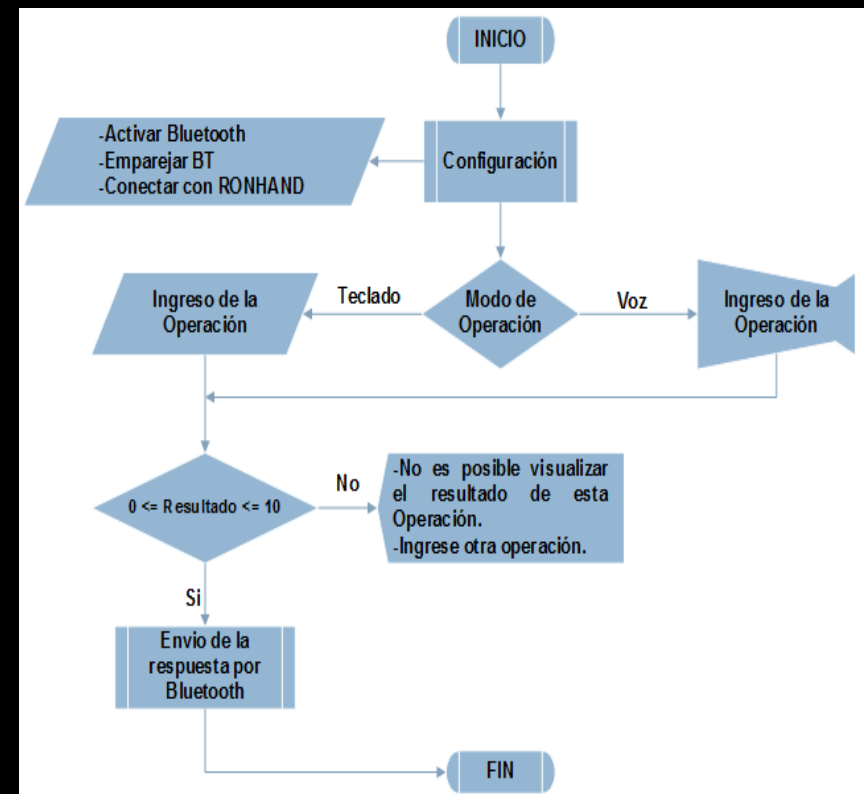
# DISEÑO DE LA APLICACIÓN MÓVIL

## DIAGRAMA DE FLUJO DE LA APLICACIÓN ANDROID

La aplicación móvil deberá ser amigable, divertida, intuitiva y de fácil navegación para el niño y el educador, además tendrá dos opciones de operación:

**Por Teclado**

**Por Voz**



## CAPÍTULO III IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

Designación	Máquina y/o equipo	Características
M1	Prototipadora rápida, UP 2 Impresora 3D	Tensión:100-240 VAC, 50-60Hz Voltaje de ingreso: 19 VDC Amperaje: 9.4 A. Área de Impresión: 140x140x135mm. Material de impresión: ABS, PLA. Formato de Ingreso: STL
M2	Herramienta Rotatoria: Black & Decker RTX	Tensión: 120 VAC Amperaje: 2 A Frecuencia: 60 Hz Velocidad: 12000/24000/30000 RPM

# TECNOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN

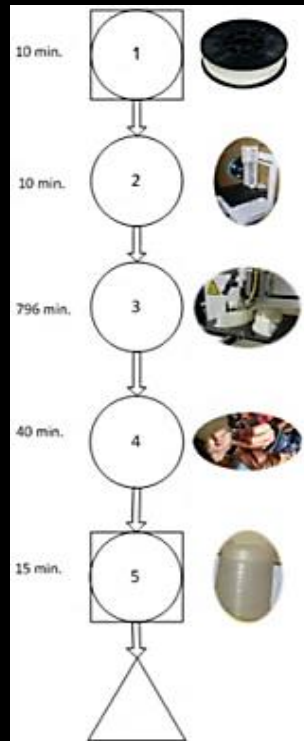
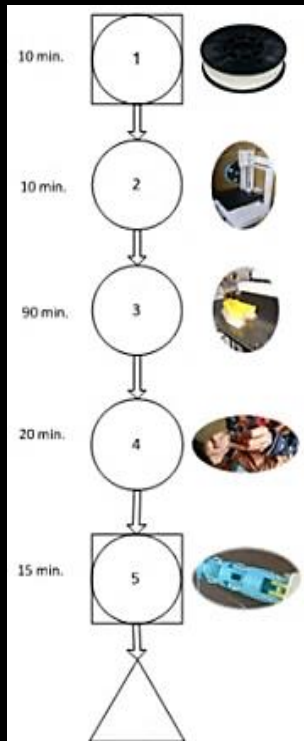
Designación	Herramienta y/o accesorio
H1	Espátula
H2	Pinza de corte
H3	Brocas
H4	Piedras de limado
H5	Cuchilla
H6	Pinza Plana
H7	Alicate
H8	Destornilladores
H9	Calibrador
H10	Guantes de Protección
H11	Plataforma de impresión

N.- de Operación	Operaciones
1	Recepción e inspección de materia prima.
2	Preparación de la Impresora: Colocación de material y base de impresión.
3	Impresión 3D: Impresora UP 2
4	Limpieza Material de soporte: Pinza Plana, Alicates, Pinza de Corte, Espátula, Brocas, Piedras de limado, Cuchilla, Guantes de Protección
5	Montaje: Destornilladores, Calibrador

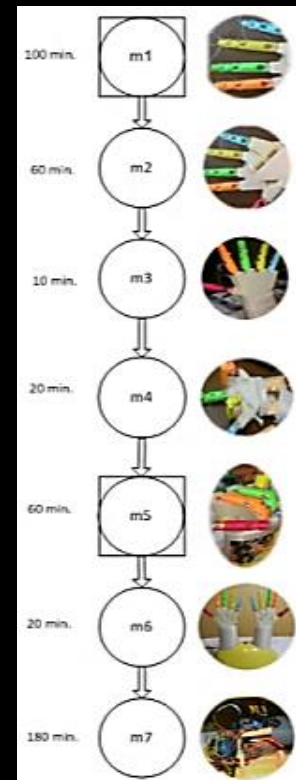
AGENDA

# DIAGRAMAS DEL PROCESO

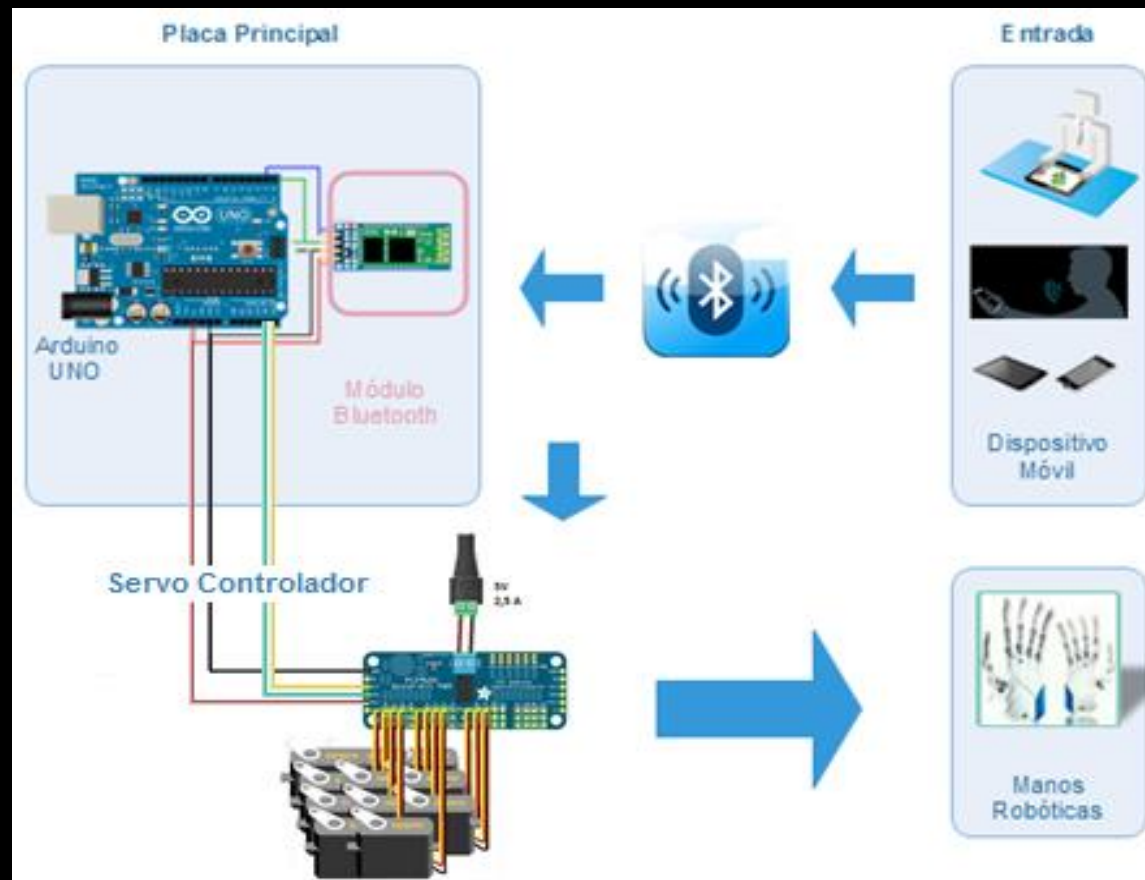
## Diagrama del proceso de fabricación del dedo menique y antebrazo



## Proceso de montaje



# SISTEMA DE ELECTRÓNICO

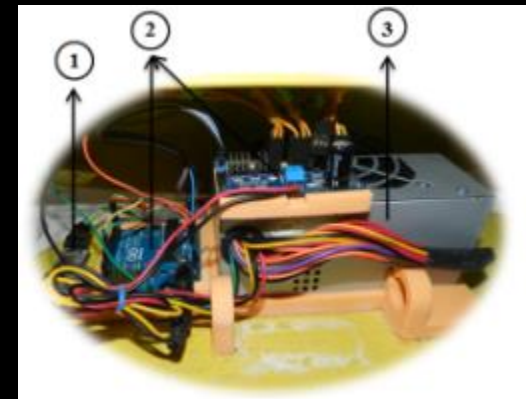




## KIT IMPLEMENTADO



1. **Switch ON/OFF:** Encendido y apagado del Kit.
2. **Luz piloto encendida:** Indica que el usuario puede ingresar una nueva operación matemática.
3. **Luz piloto apagada:** Indica que la respuesta ha sido receptada e inicia la visualización.



1. **Módulo Bluetooth:** Comunicación inalámbrica entre el dispositivo móvil y la tarjeta de control instalada en las manos robóticas.
2. **Tarjetas de control:** Controlan los movimientos de contraer y extender los dedos.
3. **Fuente energía eléctrica:** Alimentación para los motores 5Vcc y tarjeta de control 12Vcc.

# PROGRAMACIÓN



# APLICACIÓN ANDROID



1. **Botón de inicio:** Permite navegar en la aplicación.
2. **Botones de estado de conexión:** Permiten emparejar o conectar el dispositivo móvil con las manos robóticas.

# APLICACIÓN ANDROID



1. **Botón de teclado:** Muestra una calculadora para la realización de operaciones matemáticas.
2. **Botón de voz:** Inicia con el reconocimiento de voz a través del motor de Google.
3. **Botón Atrás:** Accede regresar a la pantalla de conexión.
4. **Botón de Menú:** Retorna a la pantalla de selección.
5. **Botón Salir:** Cierra la aplicación.
6. **Botón de reconocimiento:** Permite iniciar el reconocimiento de voz.

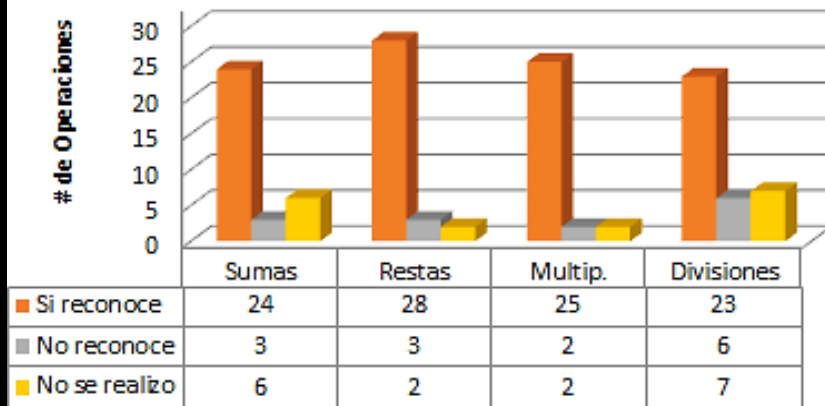
## PROTOCOLO DE PRUEBAS

- La materialización del diseño de un sistema.
- Determinar un ensayo para el sistema robótico compuesto por dos manos robóticas, que permita visualizar los resultados de operaciones matemáticas básicas, ingresadas mediante comando de teclado o voz desde un dispositivo móvil.

# PRUEBAS DE RECONOCIMIENTO DE VOZ

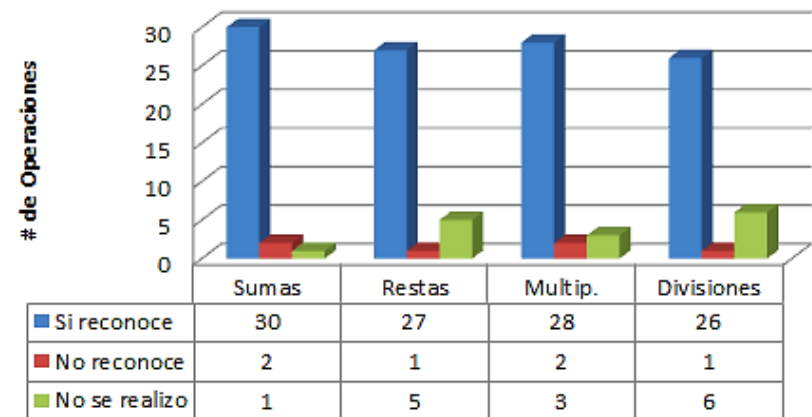
## Discapacidad Intelectual

Reconocimiento de voz  
Número de Operaciones Matemáticas



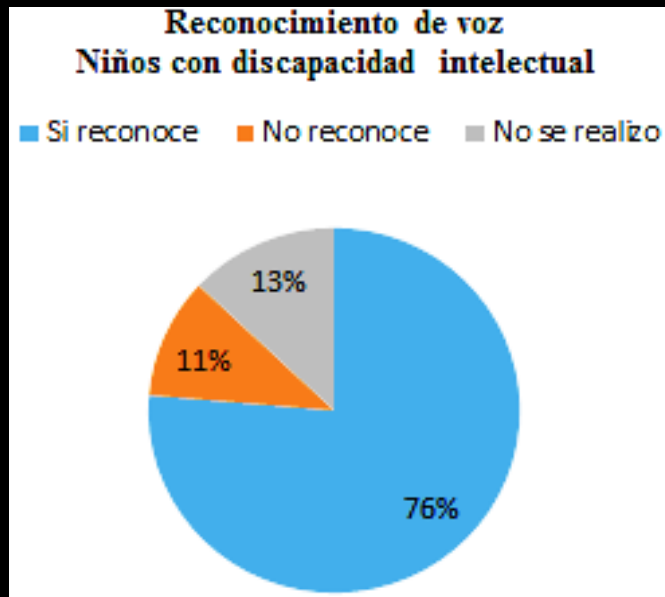
## Hiperactividad

Reconocimiento de voz  
Número de Operaciones Matemáticas

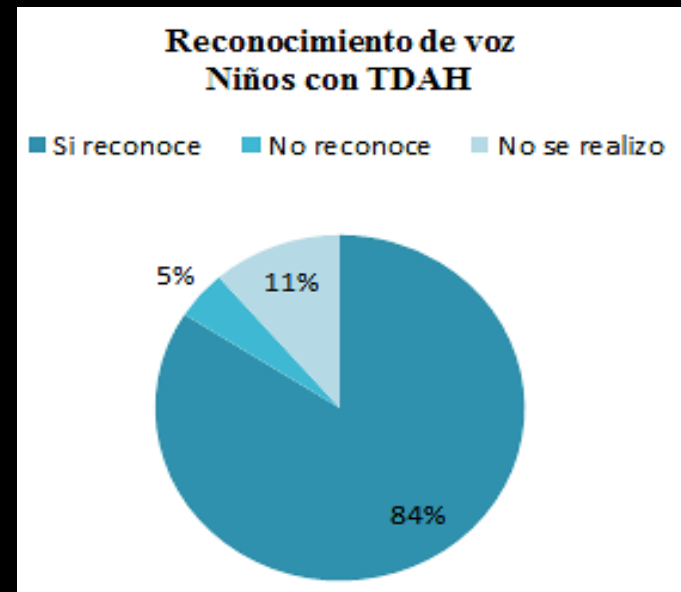


# EFICIENCIA DEL SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE VOZ

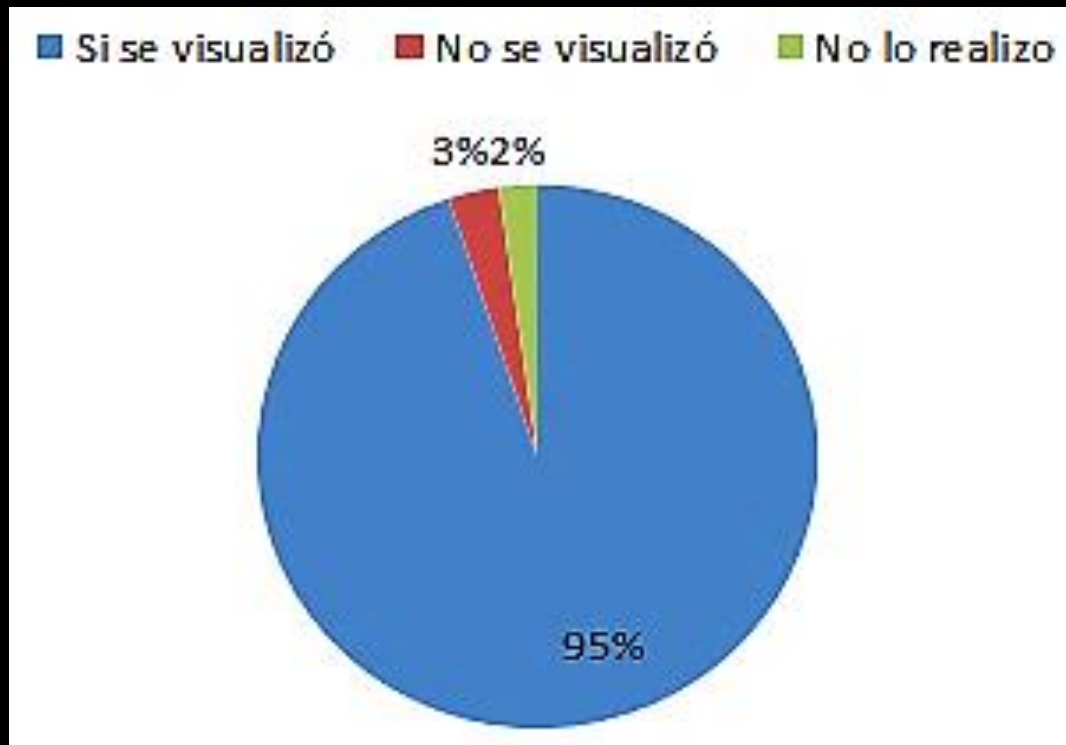
## Discapacidad Intelectual



## Hiperactividad



## EFICIENCIA DE LAS MANOS ROBÓTICAS





## ANÁLISIS ECONÓMICO

CANTIDA D	MATERIAL	P. UNIT. \$	P. TOTAL \$
4	Rollos de PLA	60,00	240,00
8	Bases para impresión 3D	10,00	80,00
1	Paquete de Aluminum Post Screw	17,00	17,00
2	Tubo termo compresible	5,00	10,00
1	Paquete de tornillos	2,00	2,00
1	Interruptor	0,50	0,50
1	Placa electrónica Arduino Uno R3control	40,00	40,00
1	PWM Driver PCA9685-16 Chanel	20,00	20,00
1	Modulo Bluetooth H5 JY-MCU	25,00	25,00
10	Servomotores de 1.5 kg.cm	14,00	140,00
1	Fuente de 12 & 5 V DC	21,00	21,00
1	Tablet de niños	200,00	200,00
1	Capacitor electrolítico 1000 uF a 25 V	0,50	0,50
1	Led Indicador	0,50	0,50
1	Rollo de filamento de Poliamida (nylon)	2,50	2,50
1	Fibra de vidrio	3,50	3,50
1	Estireno	3,37	3,37
1	Cobalto	2,00	2,00
	<b>TOTAL</b>		<b>807,87</b>

## COSTO TOTAL

### Costo de Alquiler de Equipo

Operario	N°.- Horas	Costo/Hora	Costo Total
Técnico CNC	130H00	2,40	312,00
Ayudante	130H00	2,30	299,00
		<b>TOTAL</b>	<b>611,00</b>

### Costo de diseño

Material	Costo USD	
Implementos de Oficina	20,00	
Impresiones	50,00	
Diseñador	800,00	
<b>TOTAL</b>		<b>870,00</b>

### Costo Mano de Obra

Operario	N°.- Horas	Costo/Hora	Costo Total
Técnico CNC	130H00	2,40	312,00
Ayudante	130H00	2,30	299,00
		<b>TOTAL</b>	<b>611,00</b>

Rubros	Costo	
Costo de material CM	807,87	
Costo de Utilización de la Maquinas CUM	555,12	
Costo de Mano de Obra CMO	611,00	
Costo de Diseño	870,00	
<b>TOTAL</b>		<b>2843,99</b>

## CAPÍTULO IV CONCLUSIONES

- Para el presente proyecto se diseñó e implemento dos manos robóticas, controladas por teclado y voz mediante Android, para realizar operaciones matemáticas básicas en la Unidad Educativa Especializada Cotopaxi.
- El desarrollo de las manos robóticas demandó una investigación profunda de la morfología de la mano humana, con la finalidad de conocer el tamaño promedio y los respectivos grados de libertad de las partes que tiene la mano humana.
- Se seleccionó PLA como material de fabricación de las manos robóticas ya que se considera un material resistente, liviano y amigable con el medio ambiente concluida la vida útil del mismo.
- Mediante el análisis estático de un dedo se obtuvo un factor de seguridad es de 87, debido a que el PLA tiene una resistencia a la fluencia alta y se considera como única fuerza el peso total del dedo.
- La fabricación de las partes que constituyen las manos robóticas, tienen un espesor de mínimo de 2mm y fue realizada en una impresora 3D, por lo que el diseño fue sobredimensionado de acuerdo a la capacidad de impresión.
- La realización de las operaciones matemáticas que se pueden realizar, está limitada por el número de dedos que tienen en conjunto las dos manos.

## CONCLUSIONES

- El consumo de corriente de los diez servomotores es de 2.5 A, por lo que fue necesario una fuente externa que proporcione esa corriente para su correcto desempeño.
- Se realizó una aplicación Android, con el fin de contribuir a un ambiente amigable de aprendizaje en el área de matemáticas básicas, para niños con discapacidad leve e hiperactividad.
- Se utilizó Google Now como herramienta de reconocimiento de voz debido a que cuenta con mayor inteligencia a la hora de comprender y procesar los comandos de voz del usuario, consiguiendo unos resultados de respuesta mucho más rápidos y correctos.
- El ingreso de las operaciones matemáticas básicas a través de la voz, ayudan no solo a despertar el interés por aprender las matemáticas, sino también a la terapia del lenguaje en algunos niños.
- La integración de un sistema robótico en el aula, se considera una herramienta innovadora para el desarrollo cognitivo de los niños en la educación especial.
- Al realizar las pruebas extras a personas con discapacidad auditiva y visual se observó que el kit no solo está diseñado para un determinado grupo de discapacidades, debido a que la aplicación cuenta con funciones como teclado y altavoz lo que lo hace más útil.

## RECOMENDACIONES

- Como mejora del proyecto desarrollado, se plantea la implementación de un sistema que permita a las manos robóticas interactuar a través del lenguaje de señas, con esto se ampliarían los métodos de aprendizaje para las personas con discapacidad auditiva.
- Al término de finalización del proyecto se observa que el dedo menique de mano derecha presenta un retardo en la respuesta del servomotor, por lo que se recomienda utilizar una sola marca de servomotores para los diez dedos.
- Es recomendable que el docente reciba capacitación para el uso del Kit, antes de poner en funcionamiento las manos robóticas, ya que el dispositivo móvil requiere configuraciones previas de idioma y conexión Bluetooth.
- Se recomienda evitar forzar el movimiento de los dedos mientras se encuentra encendido el kit, pues esto puede trabar o averiar los componentes internos.
- Para transportar el Kit robótico de un lugar a otro se deberá llevar en forma vertical, sujetándolo de la base, y evitar golpes o movimientos bruscos.
- Se recomienda seguir desarrollando aplicaciones Android, para mejorar el desempeño y capacidad del Kit.

## VIDEO DE FUNCIONAMIENTO



GRACIAS!