



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SIMULADOR ROBÓTICO PEDIÁTRICO DE FIDELIDAD MEDIA Y ESTRUCTURA MODULAR, PARA EL DESARROLLO DE DESTREZAS DE PERSONAL MÉDICO Y SIMULACIÓN DE ESCENARIOS CLÍNICOS”**

---

**AUTORES: GALLARDO URBINA, ANDREA ESTEFANÍA  
MAYORGA MUÑOZ, EDISSON XAVIER**

**DIRECTOR: ING. SYLVIA NATHALY REA MINANGO**

# Planteamiento del problema

---

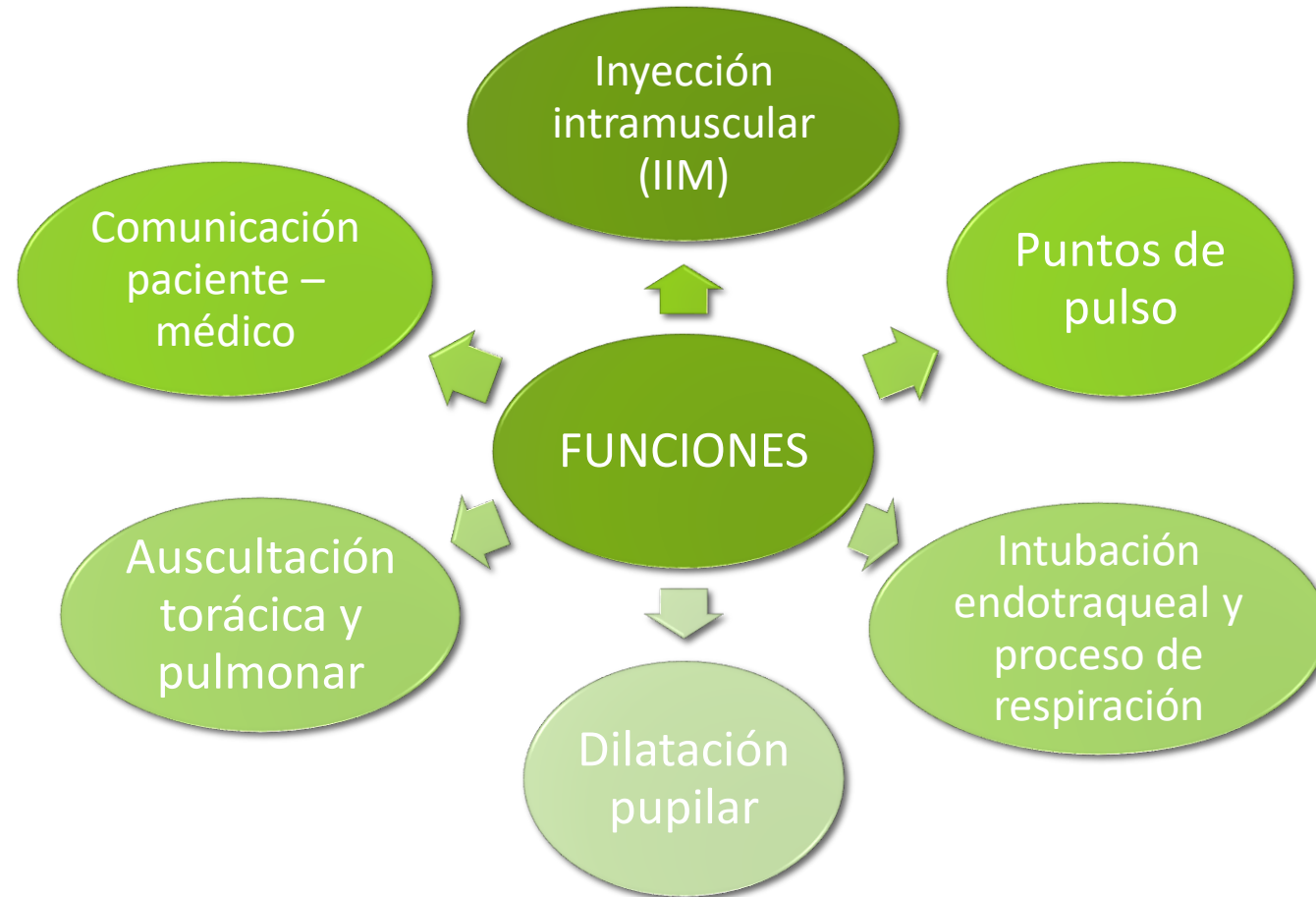
Escenarios de práctica: ***Anfiteatros***

***Simuladores Médicos***

***Simulador Médico Pediátrico***

# Descripción del proyecto

---



# Justificación

---

- ❖ A nivel nacional la presencia de establecimientos que produzcan este tipo de tecnología es escasa.
- ❖ El simulador pediátrico que se construye propone dar la pauta para iniciar con una producción que tenga como finalidad permitir la obtención de estos productos a menores costos.
- ❖ Se decide incursionar en la rama de pediatría al observar que no se cuenta con un simulador enfocado al estudio anatómico y fisiológico del infante en las principales clínicas de simulación del país.
- ❖ El simulador está dirigido también al área de enfermería ya que es posible realizar maniobras de entrenamiento propias de esta rama y que son posibles de emular con elementos mecánicos, electrónicos y de control del medio.

# Objetivo General

---

Diseñar e implementar un prototipo de simulador robótico pediátrico de fidelidad media con estructura modular y simulación de escenarios clínicos, para su uso en desarrollo de destrezas de los practicantes de medicina y de enfermería.

# Objetivos Específicos

---

- ❖ Investigar la funcionalidad de los simuladores pediátricos y su aplicación en el área de enfermería.
- ❖ Diseñar la estructura base del simulador y sus partes acorde al modelo anatómico de un infante entre tres años de edad.
- ❖ Implementar las funciones establecidas que cumplan con una estructura modular.
- ❖ Crear la interfaz gráfica de programación y monitoreo.
- ❖ Ejecutar pruebas de validación con estudiantes de medicina y enfermería.

---

# FUNDAMENTO TEÓRICO

# SIMULACIÓN MÉDICA

- Herramienta educativa que favorece la adquisición de habilidades clínicas, previo al contacto real con el paciente.

# SIMULADOR MÉDICO

- Un modelo de un sistema real, que permite realizar entrenamientos y evaluaciones.



# Tipos de simuladores médicos

Se pueden considerar múltiples criterios al hablar de tipos de simuladores médicos como el expuesto por el Dr. Amitai Ziv, quien propone cinco alternativas de clasificación los cuales son:



**Simuladores de uso específico y de baja tecnología**



**Simuladores virtuales en pantalla**



**Simuladores de paciente completo**



**Pacientes simulados o estandarizados**

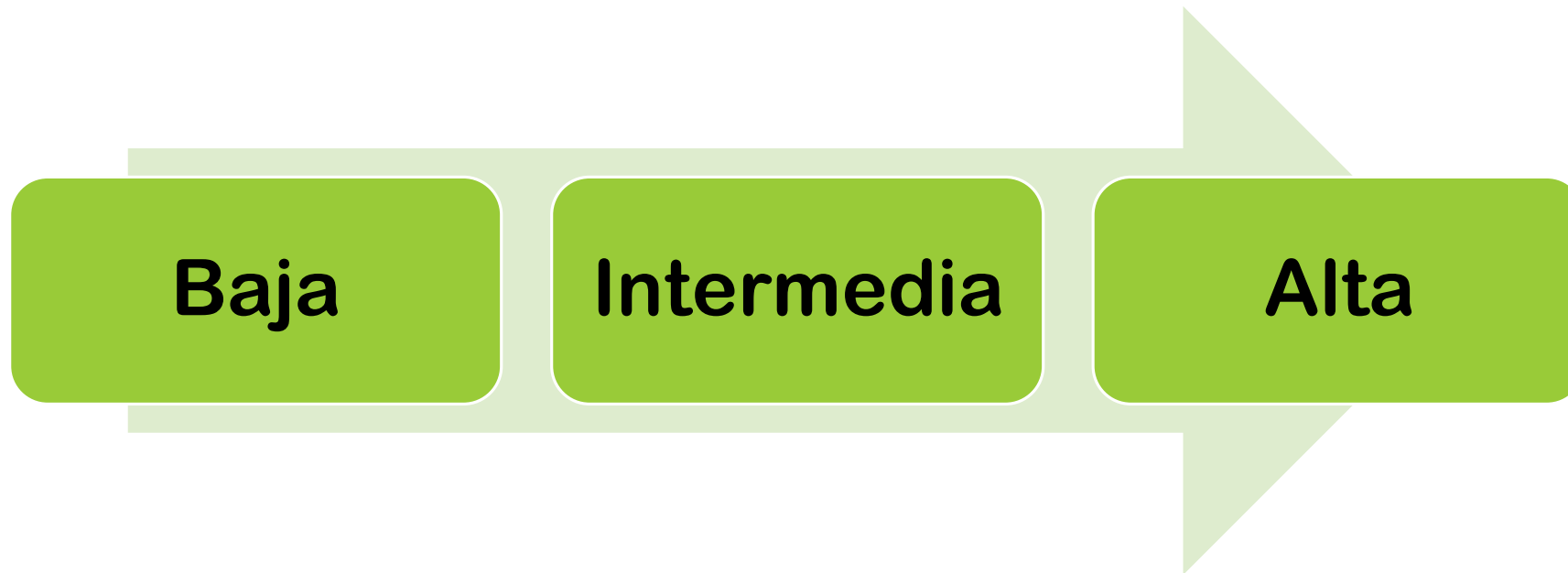


**Simuladores de tareas complejas**

# Niveles de fidelidad de los simuladores

---

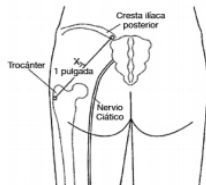
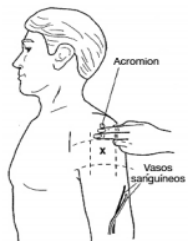
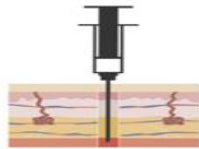
- ❖ Un concepto fundamental en la enseñanza de la simulación clínica es el de fidelidad, hace referencia al grado de realidad proyectada, es decir cuánto se ajusta o se es coherente entre la apariencia y la conducta de la simulación/simulador con la apariencia y conducta del mundo real.



# Funciones del simulador Médico Pediátrico

## Inyección Intramuscular (IIM)

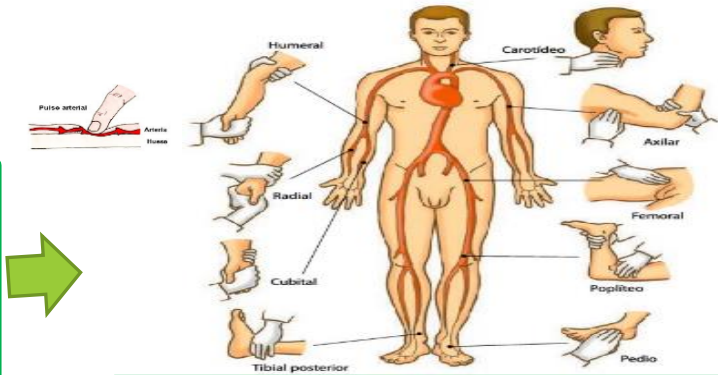
Dentro de la aplicación de medicamentos, una de las formas más utilizadas es la administración a través de inyección intramuscular.



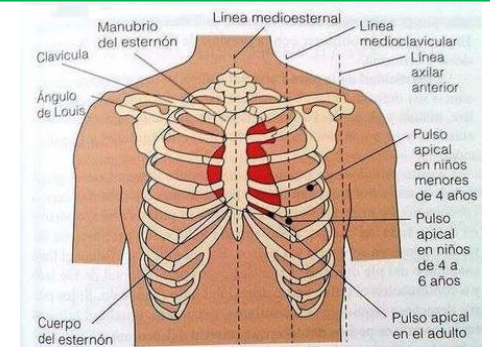
## Puntos de pulso

Pulso es la onda pulsátil de sangre que resulta en la expansión y contracción regular del calibre de las arterias; representa el rendimiento del latido cardiaco.

EDAD	PULSO/min
Recién nacido	120-160 pul. /min.
Primer año	120-130 pul. / min.
Segundo año	100-120 pul. /min.
Tercer año	90-100 pul. /min.
4 a 8 años	86-90 pul. /min.
8 a 15 años	80-86 pul. /min.
Edad adulta	60-80 pul. /min.
Vejez	60 o menos
Bradicardia	Inferior a 60 pul. /min.
Taquicardia	Superior a 100 pul. /min.



## Pulso Periférico

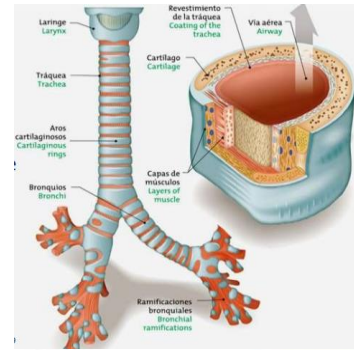


## Pulso Central

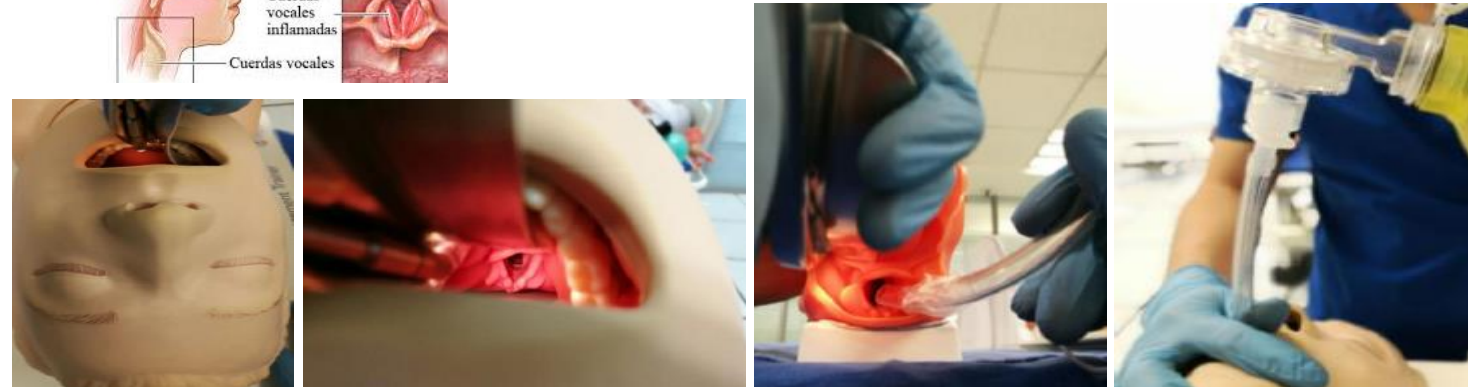
# Funciones del simulador Médico Pediátrico

## Intubación Endotraqueal

El manejo de la vía aérea, entendido como la realización de maniobras y la utilización de dispositivos que permiten una ventilación adecuada y segura para pacientes que lo necesitan



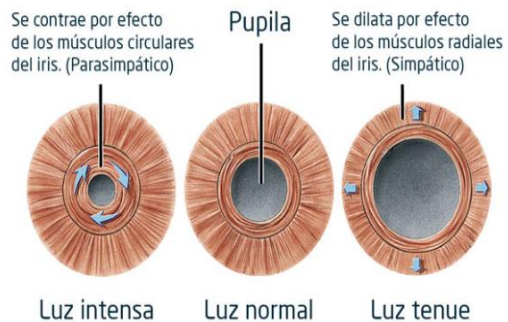
ZONAS	NIVEL	DIAMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	DIVISIONES
ZONA DE CONDUCCIÓN	Tráquea	2,5	12	1
	Bronquios	1,22	4,8	2
	Bronquiolos	0,83	1,9	4
	Terminal Bronquiolos	0,56	0,8	8
		0,45	1,3	16
ZONA DE TRANSMISIÓN Y RESPIRACIÓN	Bronquios Respiratorios	0,35 - 0,06	1,07 - 0,17	32 - 6x10 <sup>4</sup>
	Conductos	0,05	0,1	5 x 10 <sup>5</sup>
	Conectores Pulmonares	0,04	0,05	8 x 10 <sup>6</sup>



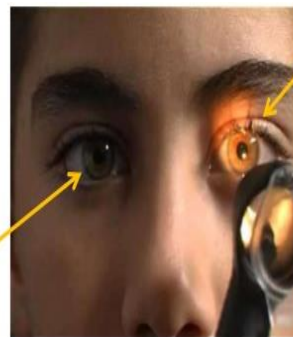
# Funciones del simulador Médico Pediátrico

## Dilatación Pupilar

La pupila es un pequeño orificio ocular que permite y regula el paso de luz hasta la retina.



Reflejo Consensual



## Puntos de auscultación torácica y pulmonar

Dentro de la auscultación los sonidos con baja frecuencia predominan en bases pulmonares y axilares, prevaleciendo quizás los sonidos con una mayor frecuencia en las zonas del tórax.



# Funciones del simulador Médico Pediátrico

## Comunicación Paciente-Médico

El médico identifica los problemas de sus pacientes con mayor precisión y por otra el paciente aumenta su satisfacción y confianza.



## Escenarios Clínicos

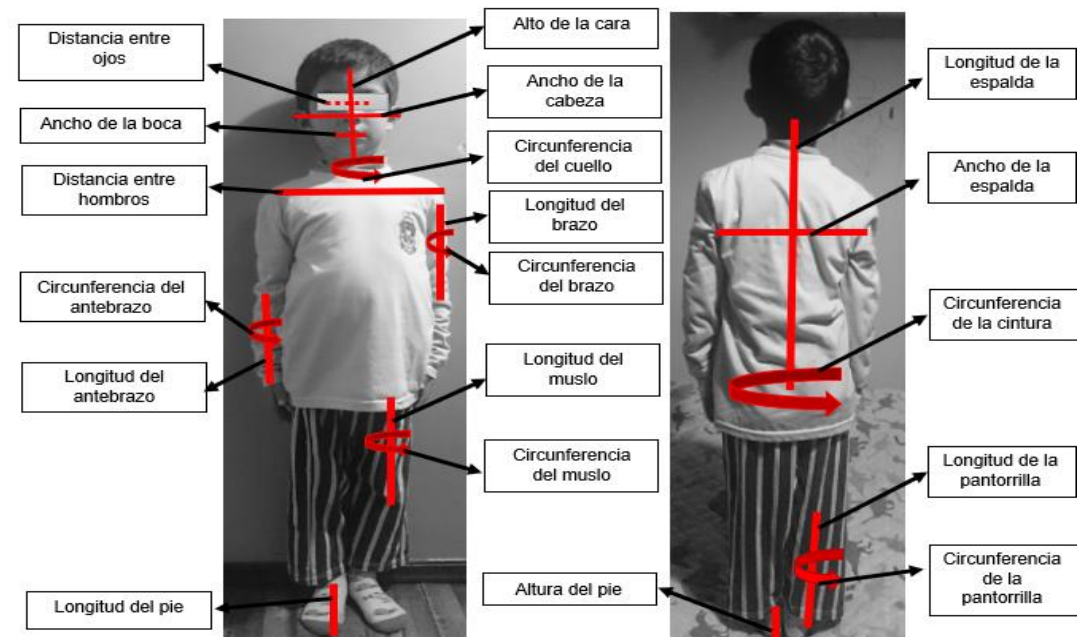
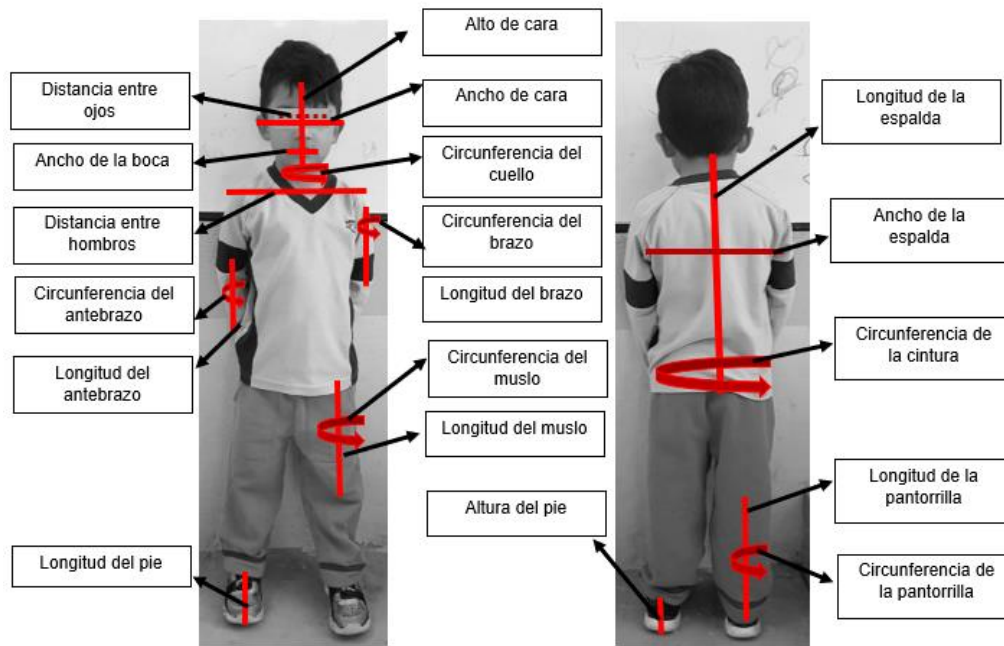
Recreación de ambientes o situaciones lo más reales posibles a las que el estudiante se enfrentará al culminar su carrera.



---

# **DISEÑO Y SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS**

# Apariencia y medidas corporales del simulador

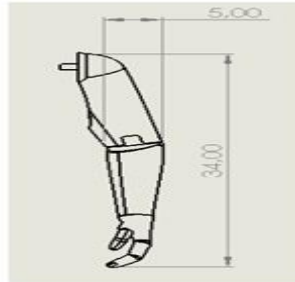
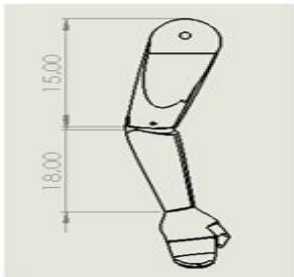
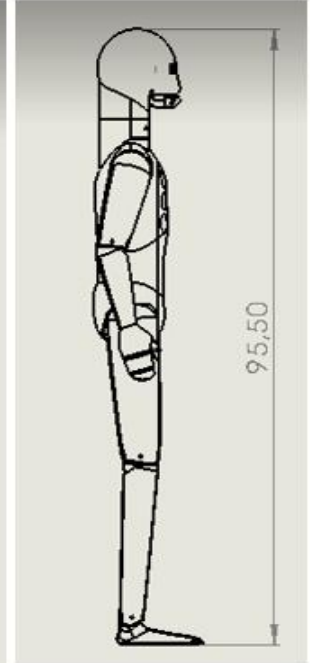
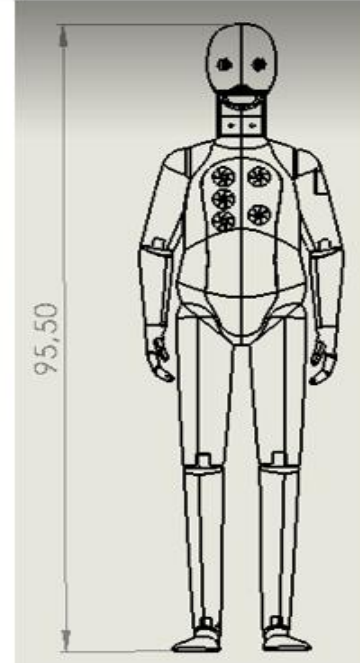
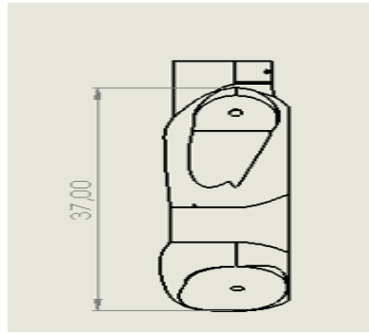
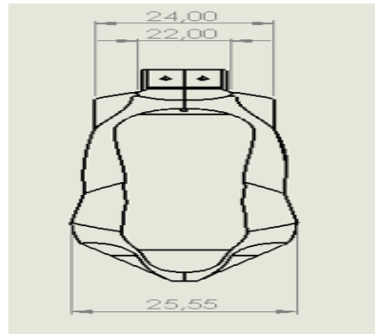
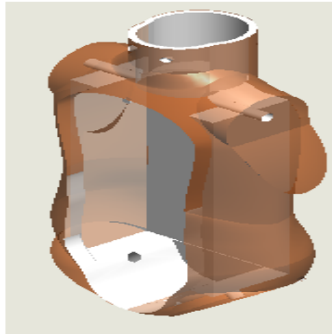
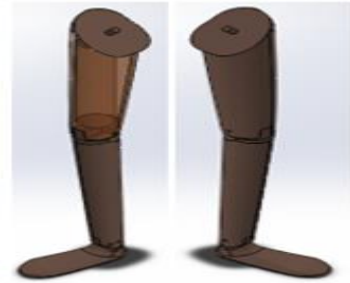
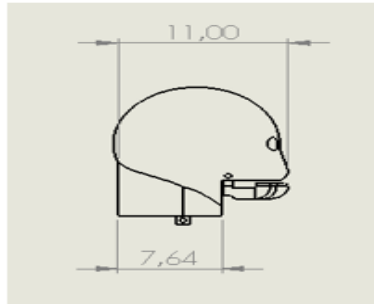
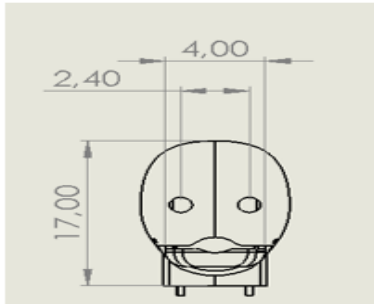




<b>CABEZA</b>	<b>3 años (cm)</b>	<b>4 años (cm)</b>	<b>5 años (cm)</b>	<b>6 años (cm)</b>
Alto de la cara	17.5	17.67	17.84	18
Ancho de la cabeza	12	17.33	22.66	28
Distancia entre ojos	2.7	2.8	2.9	3
Circunferencia del cuello	23.2	23.8	24.4	25
Ancho de la boca	4.4	4.6	4.8	5
<b>TRONCO</b>	<b>3 años (cm)</b>	<b>4 años (cm)</b>	<b>5 años (cm)</b>	<b>6 años (cm)</b>
Distancia entre hombros	25	26.33	27.66	29
Longitud de la espalda	38,5	40	41.5	43
Ancho de la espalda	21	21.67	23.32	23
Circunferencia de la cintura	51.1	54.4	57.7	61
<b>BRAZO</b>	<b>3 años (cm)</b>	<b>4 años (cm)</b>	<b>5 años (cm)</b>	<b>6 años (cm)</b>
Longitud del antebrazo	19	19.67	20.33	21
Circunferencia del antebrazo	16.8	17.2	17.6	18
Longitud del brazo	14	14.67	15.33	16
Circunferencia del brazo	16.5	17	17.5	18
<b>PIERNA Y PIE</b>	<b>3 años (cm)</b>	<b>4 años (cm)</b>	<b>5 años (cm)</b>	<b>6 años (cm)</b>
Longitud del muslo	22	25	28	31

	<b>3 años</b>	<b>4 años</b>	<b>5 años</b>	<b>6 años</b>
<b>Talla Promedio</b>	96,5 cm	100,13 cm	106,4 cm	112,77 cm
<b>Talla niños prueba</b>	95,0 cm	100,00 cm	105,0 cm	110,0 cm
<b>Peso promedio</b>	15,1 kg	16,07 kg	18,03 kg	19,91 kg
<b>Peso niños prueba</b>	16,3 kg	17,23 kg	18,16 kg	20 kg

# Diseño anatómico del simulador



# Material de fabricación del cuerpo

❖ Para seleccionar un tipo de material que sea apropiado para la implementación de la estructura corporal del simulador, se toma como referencia a los maniqués debido a que son las estructuras artificiales más cercanas a la anatomía que se desea obtener.

❖ Por lo tanto, el material para elaborar la estructura del simulador es la fibra de vidrio, también se acerca al valor de peso del infante de tres años y cuenta con las características necesarias requeridas para la fabricación, además de ser asequible.

Descripción	Es el tipo de fibra más empleado, se caracteriza por sus propiedades dieléctricas, además de sus excelentes propiedades frente al fuego.
Componentes Químicos	Fibra inorgánica compuesta de 53-54% SiO <sub>2</sub> , 14-15.5% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 20-24% CaO, MgO y 6.5-9% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , y escaso contenido en álcalis.
Peso específico	2.6 g/cm <sup>3</sup>
Tenacidad (N/tex)	1.30
Fuerza a la tracción (MPa):	3400
Elongación hasta rotura (%):	4.5
Conductividad Térmica (W/m °K)	1
Resistencia termomecánica	100% después de 100 h a 200 °C
Resistividad (ohm x cm)	10 <sup>14</sup> – 10 <sup>15</sup>
Factor de disipación dieléctrica	0.0010 - 0.0018 a 10 <sup>6</sup> Hz
Absorción de humedad a 20 °C y 60% de humedad relativa (%):	0.1
Resistencia a los disolventes	Alta
Resistencia a la intemperie y los rayos UV	Alta
Resistencia a microorganismos	Alta
Costo \$ (dólar/kg)	2

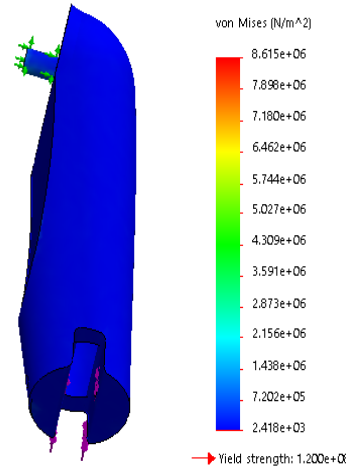
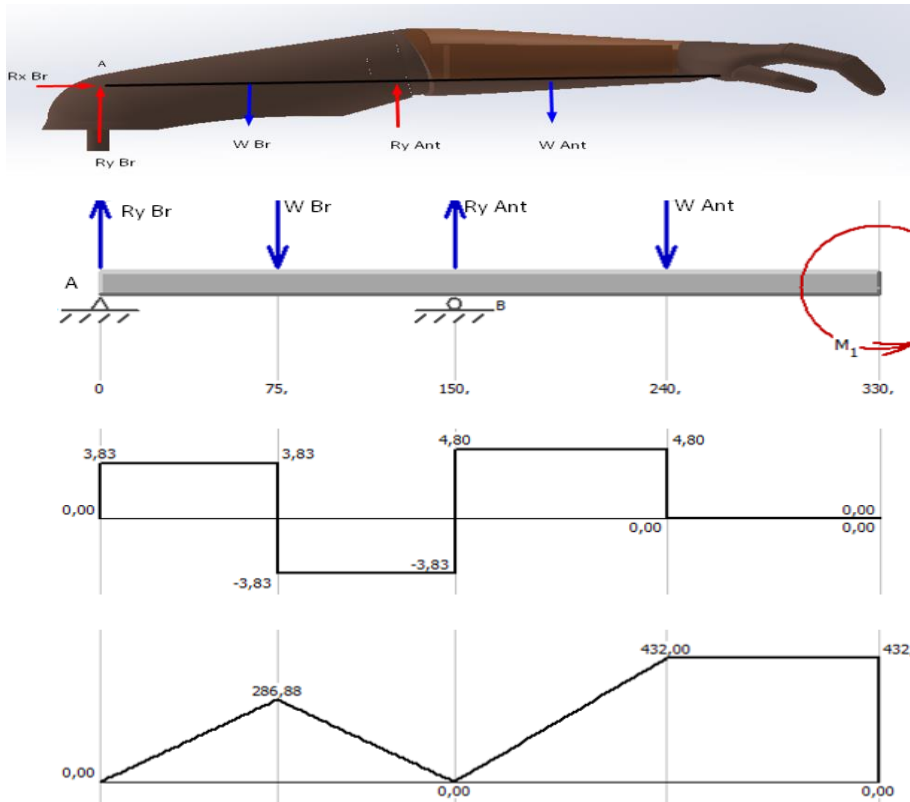
# ANÁLISIS MECÁNICO

- ❖ Con la densidad del material fibra de vidrio correspondiente a un valor de  $\rho=2.58 \frac{gr}{cm^3}$  y aplicando cálculos se obtiene los resultados siguientes:

PARTE DEL CUERPO	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	VOLUMEN DEL SOFTWARE (cm <sup>3</sup> )	MASA CALCULADA (Kg)	FUERZA CALCULADA (N)	CENTRO DE MASA (m)	MOMENTO INERCIA (m <sup>4</sup> )
BRAZO	796.88	302.64	0.78	7.65	0.1091	4.18x10 <sup>-8</sup>
ANTEBRAZO		189.31	0.49	4.80		
MUSLO		600.81	1.55	15.20		
PANTORRILLA	1672.20	380.54	0.981	9.62	0.2327	3.053x10 <sup>-8</sup>
PIE		114.37	0.295	2.89		
TRONCO	2368.28	1621.93	4.18	41	0.1778	1.879 x10 <sup>-8</sup>
MAXILAR	81.16	39.27	0.101	0.99	0.081	3.943 x10 <sup>-10</sup>

# ANÁLISIS MECÁNICO

## ❖ BRAZO



Reacciones

$$R_y B_r = 0.95N$$

$$R_y Ant = 11.505N$$

Momento flector máximo

$$432.00 \text{ N*mm}$$

Esfuerzo de flexión

$$\sigma_f = 11.27 \text{ MPa}$$

Esfuerzo calculado

$$\sigma = 0.062 \text{ Pa}$$

Esfuerzo total

$$\sigma_T = 11.27 \text{ MPa}$$

Resistencia a la fluencia

$$S_y = 41 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de diseño

$$\sigma_d = 20.5 \text{ MPa}$$

Comparación entre esfuerzo total y esfuerzo de diseño

$$11.27 \text{ MPa} \leq 20.5 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

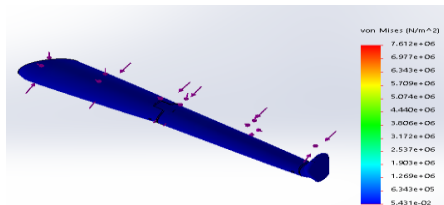
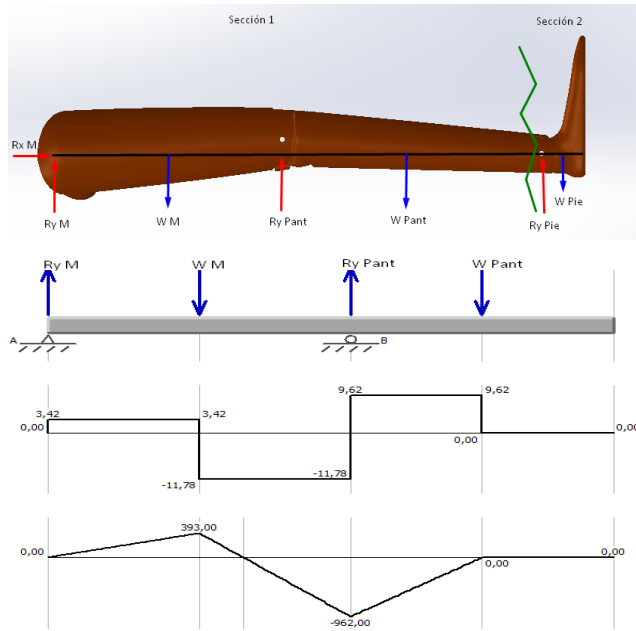
$$N = 3.63$$

Análisis estático de Von Mises

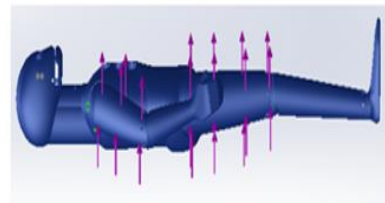
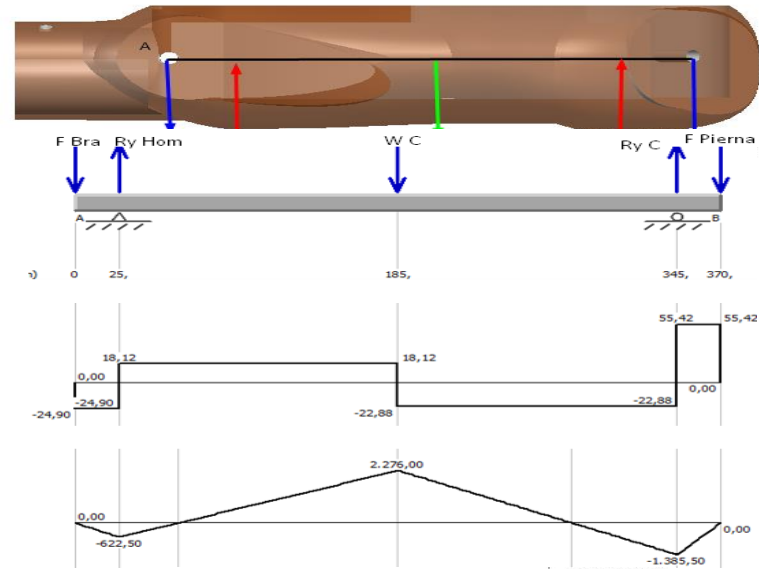
$$8.61 \text{ MPa} \leq 32 \text{ MPa}$$

# ANÁLISIS MECÁNICO

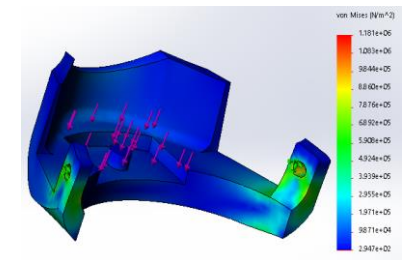
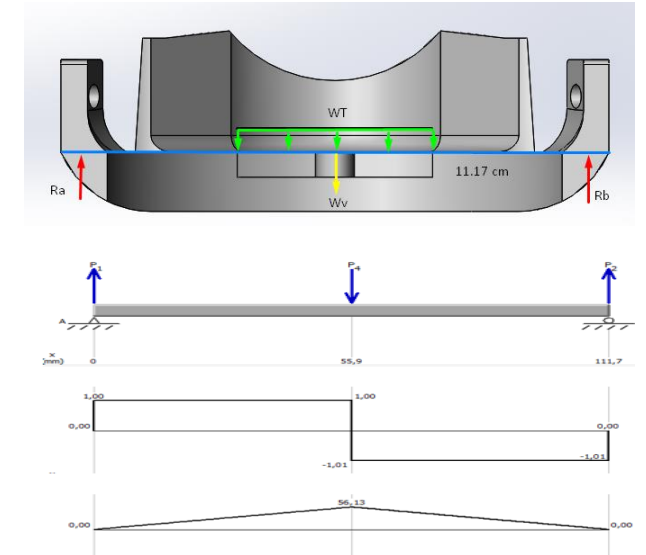
## PIERNA



## TRONCO

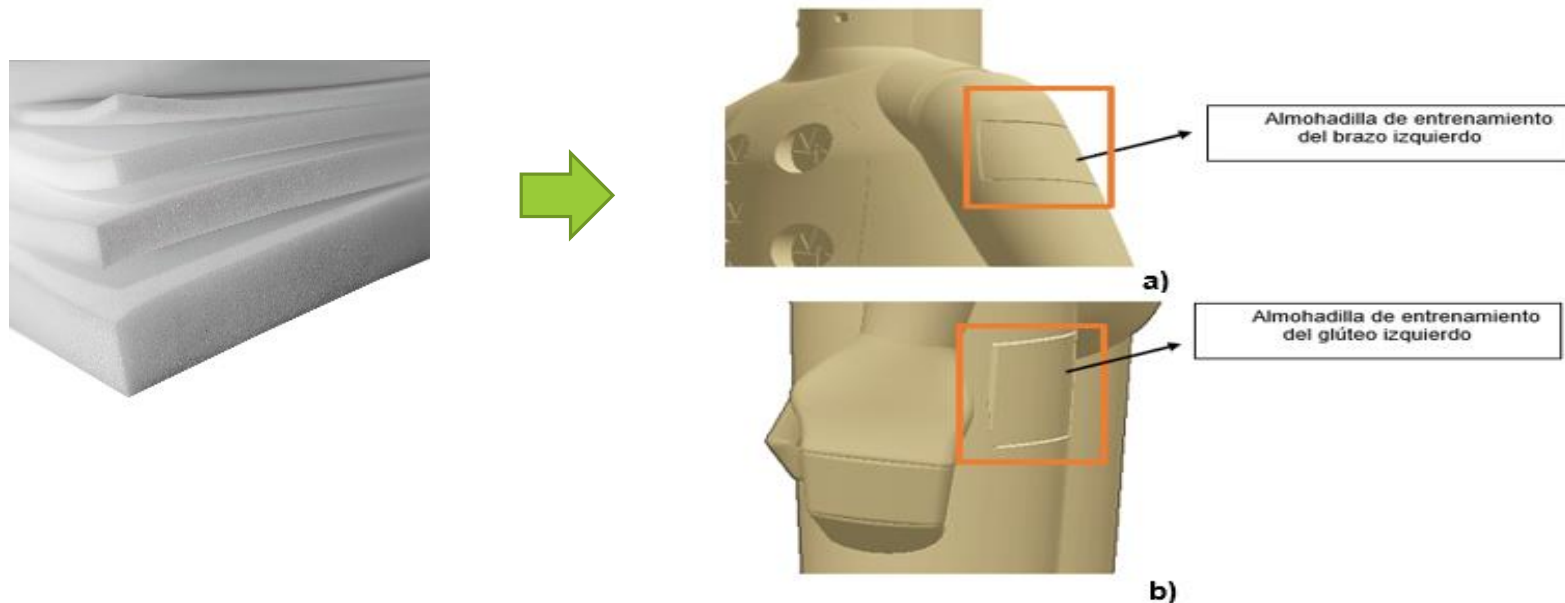


## MAXILAR



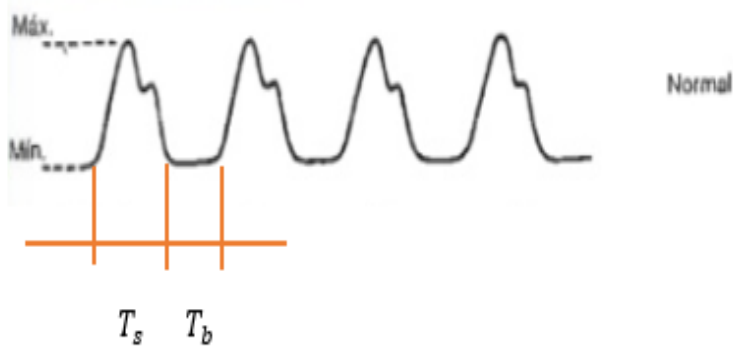
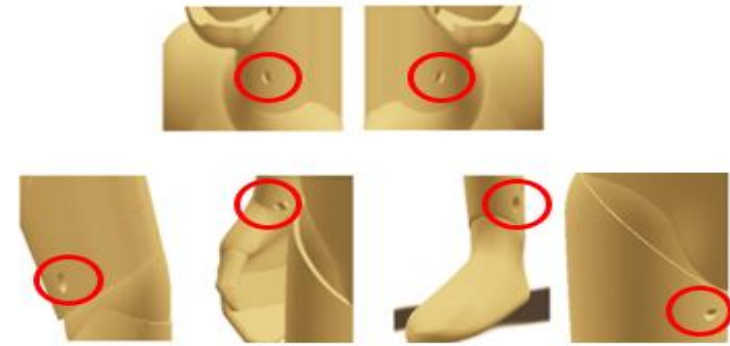
# Inyección intramuscular (IIM)

- ❖ La inyección intramuscular cuenta con dos espacios rellenos con almohadillas de enteramiento en el cuerpo del simulador ubicado en el brazo izquierdo y glúteo izquierdo.



# Puntos de pulso

- ❖ Cuello
- ❖ Brazo
- ❖ Muñeca
- ❖ Región anterior del tobillo
- ❖ Ingle



Tiempo total

$$T_{total} = T_s + T_b$$

Tiempos en condiciones normales

$$T_s = T_b$$

Relación

$$90 \text{ pulsaciones} \longrightarrow 60 \text{ seg}$$

$$1 \text{ pulsación} \longrightarrow x$$

Valor de la incógnita

$$x = \frac{60 \text{ seg}}{90 \text{ puls}} = 0,67 \frac{\text{seg}}{\text{puls}}$$

Tiempo para una pulsación

$$T_{total} = 0,67 \frac{\text{seg}}{\text{puls}} * 1 \text{ puls} = 0,67 \text{seg}$$

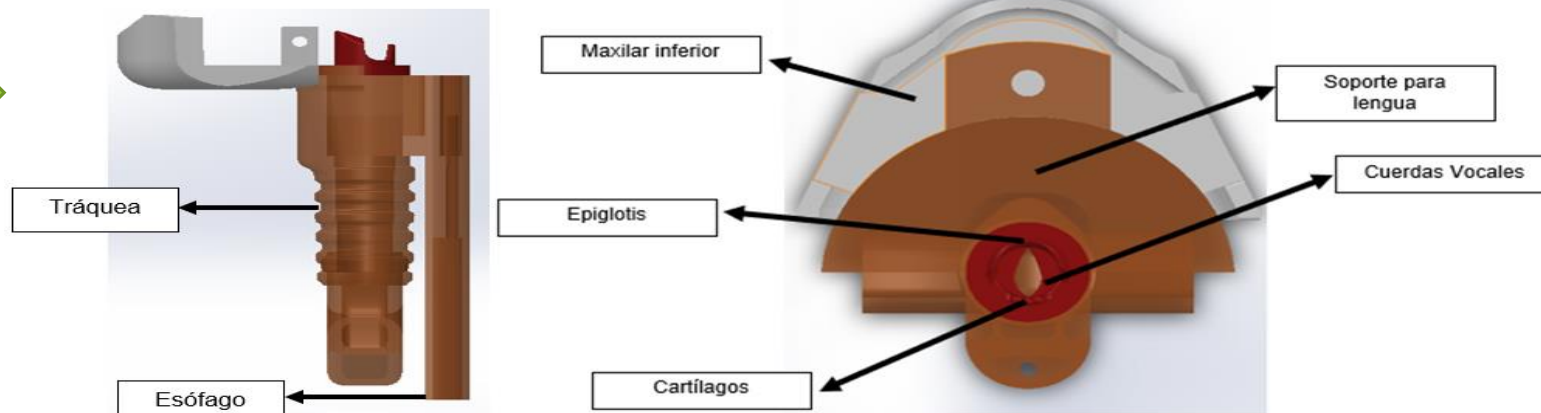
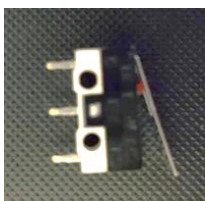
Tiempo de activación

$$T_s = \frac{0,67 \text{ seg}}{2} = 0,33 \text{ seg} = T_b$$



# Intubación endotraqueal

❖ Diseño de la vía aérea



Área del cilindro externo e interno

$$A. c. externo = 12\pi \text{ cm}^2$$

$$A. c. interno = \frac{69}{8}\pi \text{ cm}^2$$

Área total del cilindro hueco

$$A. c. h = \frac{27}{8}\pi = 10.60 \text{ cm}^2$$

Fuerza de circulación de aire

$$F = P * A. c. h$$

$$F = 8.39 \text{ N}$$

Área de las bolsas contenedoras

$$Ab = l * a$$

$$A = 104.5 \text{ cm}^2$$

Presión de las bolsas contenedoras

$$P = \frac{F}{Ab}$$

$$P = 802.87 \text{ Pa}$$

Conclusión

$$317.2 \text{ Pa} < 802.87 \text{ Pa}$$

# RESPIRACIÓN

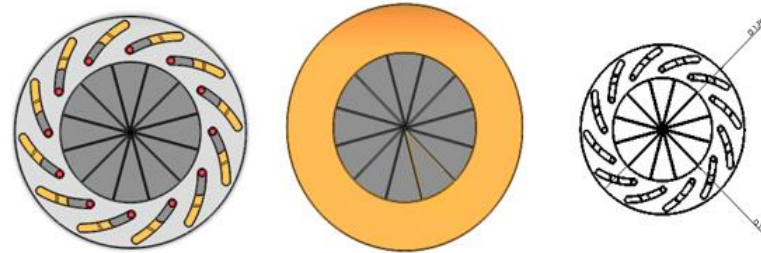
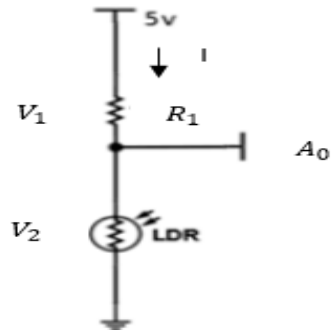
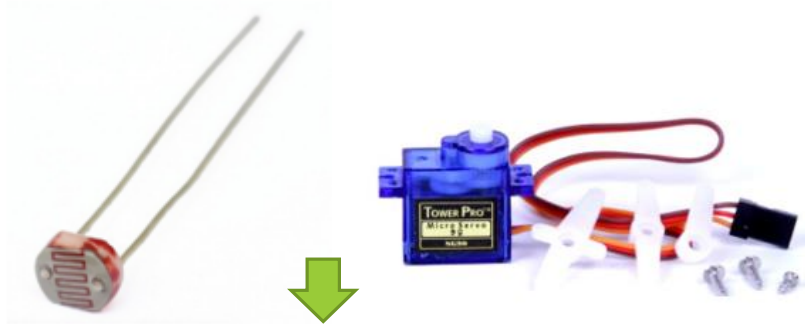
- ❖ El proceso de respiración requiere de un suministro externo continuo de oxígeno, por tal motivo se decide utilizar un compresor
- ❖ El flujo de oxígeno de entrada a los pulmones se restringe a través de una electroválvula cuya activación y desactivación se realiza mediante el encendido de un relé que se encuentra acondicionado y conectado a una salida digital de la placa controladora.
- ❖ Este flujo se contabiliza mediante un sensor que se encuentra enlazado a una entrada digital de la misma placa.



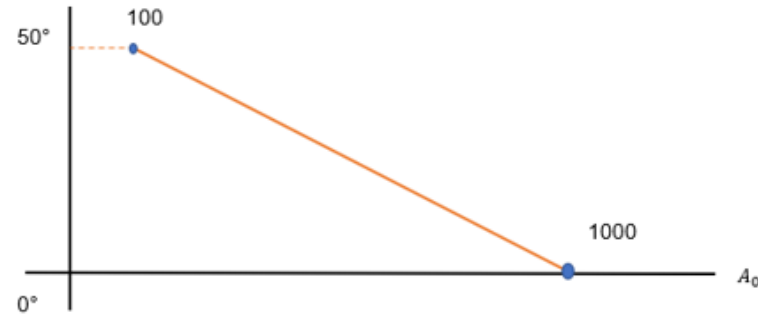
**7930 Pa < 802.87 Pa**

# DILATACIÓN PUPILAR

❖ Diseño del mecanismo



Grados (°) de movimiento del servo



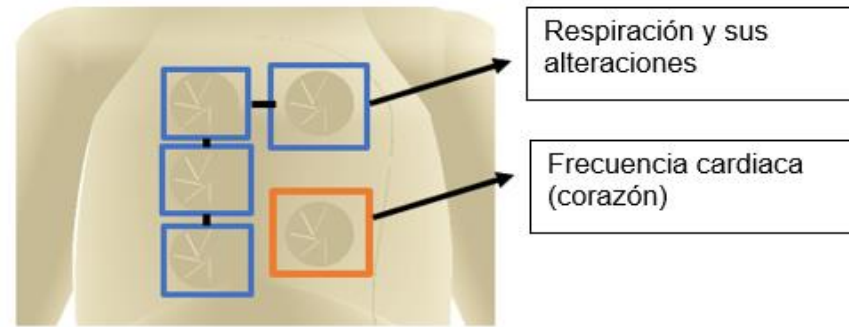
$$y = \frac{1000 - x}{1,8}$$

$A_0$ =entrada analógica

$x$  = entrada análoga  $A_0$  ;  $y$  = grados de movimiento del servo

# Puntos de auscultación torácica - pulmonar y comunicación entre el paciente-médico.

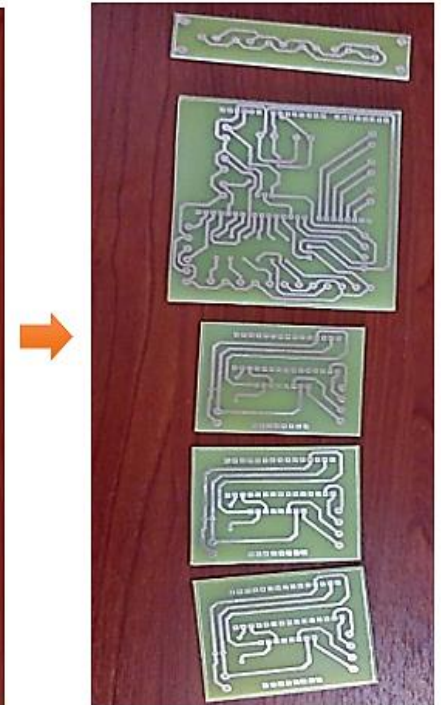
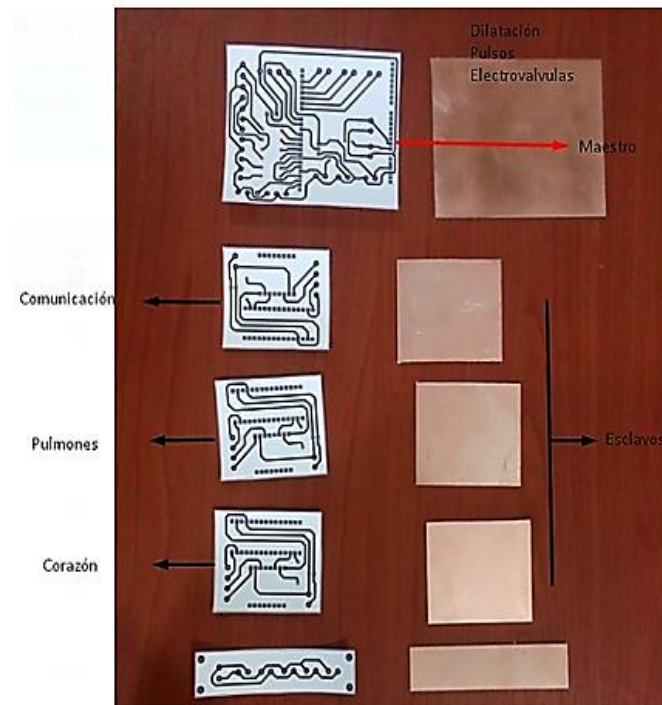
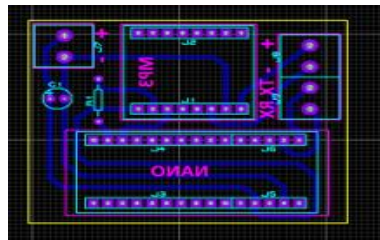
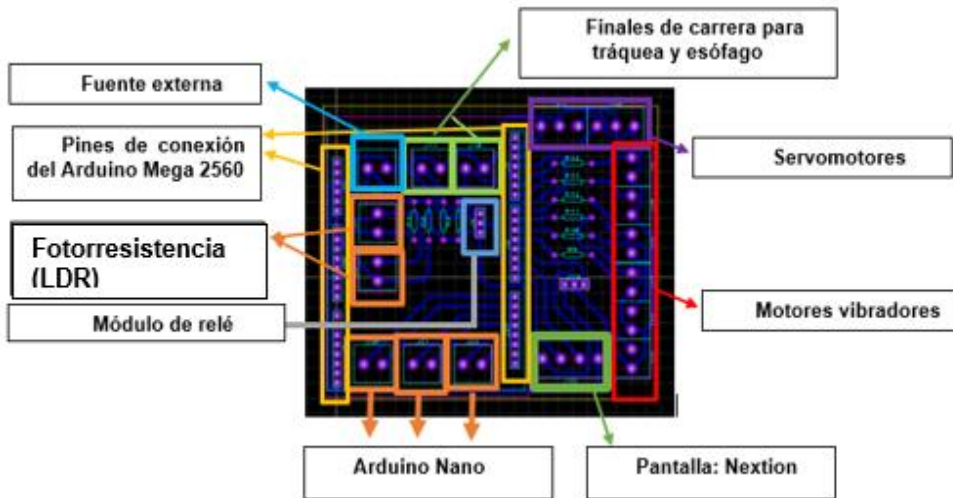
## ❖ Auscultación



## ❖ Comunicación



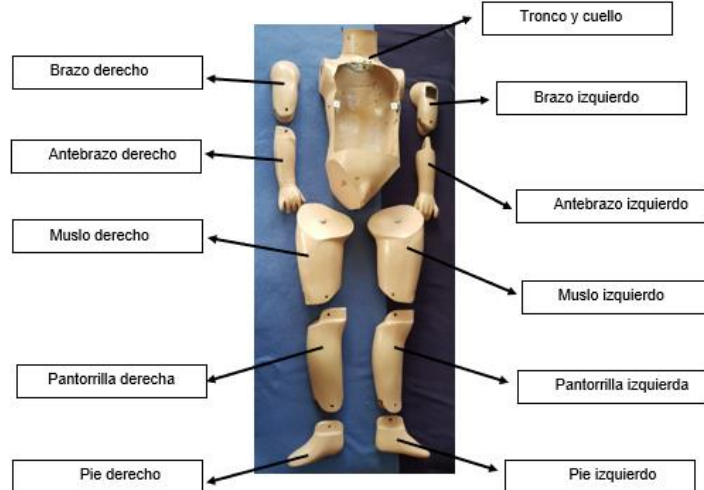
# Placas electrónicas



---

# **IMPLEMENTACIÓN Y PROGRAMACIÓN**

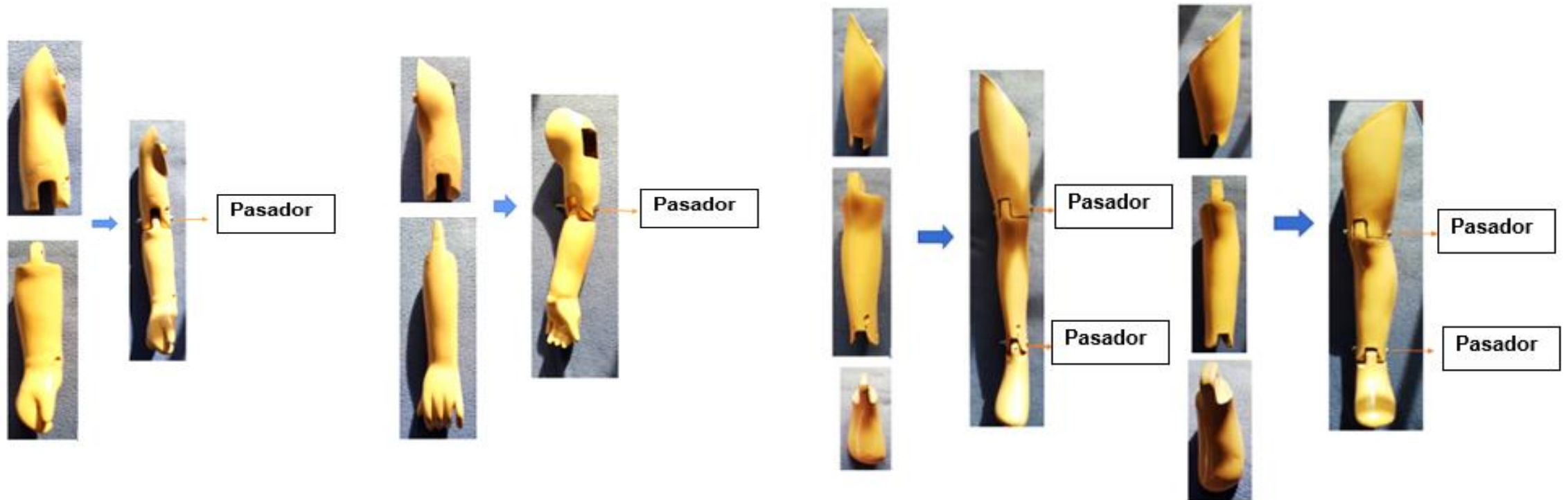
# Estructura anatómica del simulador



CABEZA		Medidas (cm)
Alto de la cara		17
Ancho de la cabeza		11
Distancia entre ojos		2.4
Circunferencia del cuello		24
Ancho de la boca		4
TRONCO		Medidas (cm)
Distancia entre hombros		24
Largo de la espalda		37
Ancho de la espalda		22
Circunferencia de la cintura		52
BRAZO		Medidas (cm)
Longitud del antebrazo		18
Circunferencia del antebrazo		15.5
Longitud del brazo		15
Circunferencia del brazo		15.8
PIERNA Y PIE		Medidas (cm)
Longitud del muslo		23
Circunferencia del muslo		24
Longitud de la pantorrilla		20
Circunferencia de la pantorrilla		14
Longitud del pie		13.5
Altura del pie		3

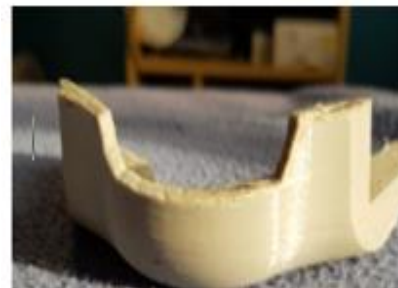
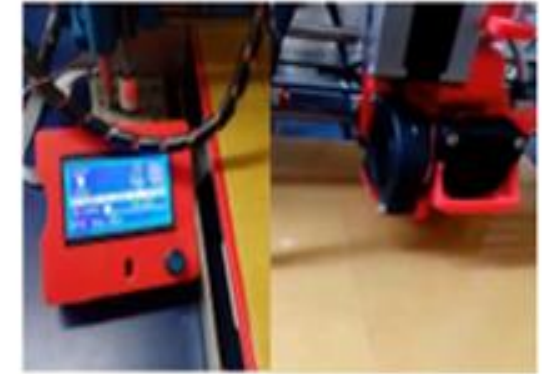
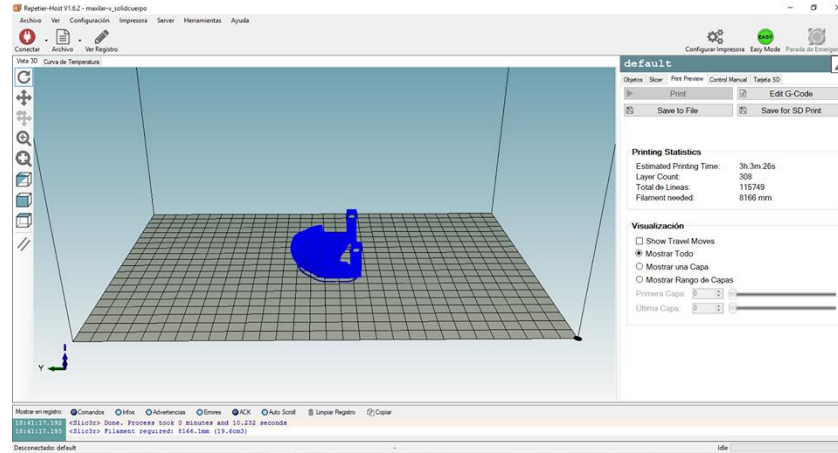


# Ensamble de las articulaciones superiores e inferiores

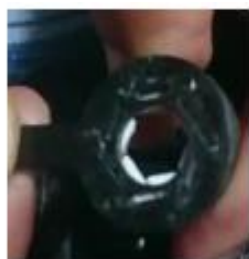




# Cabeza y Maxilar Inferior



# Mecanismo para la dilatación pupilar



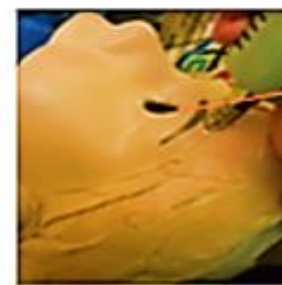
Fotoresistencia  
(LDR)



Diafragma y base  
giratoria



Servomotor

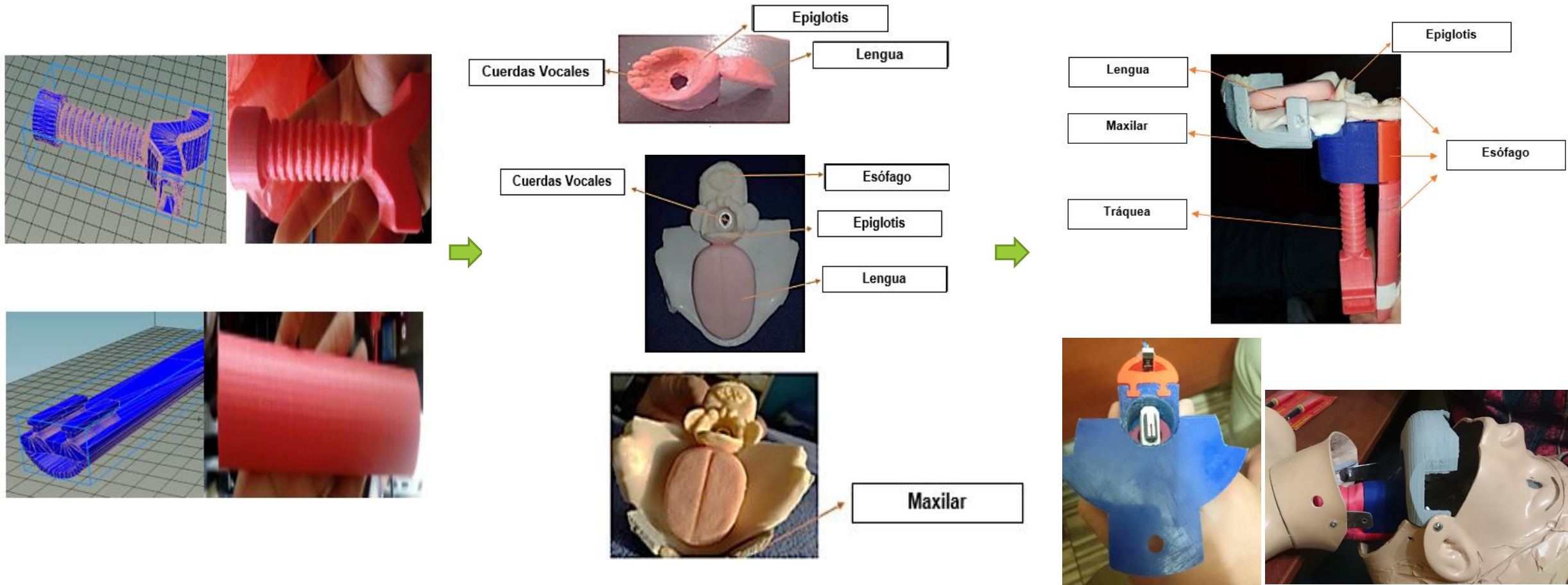


Perforación de  
los ojos

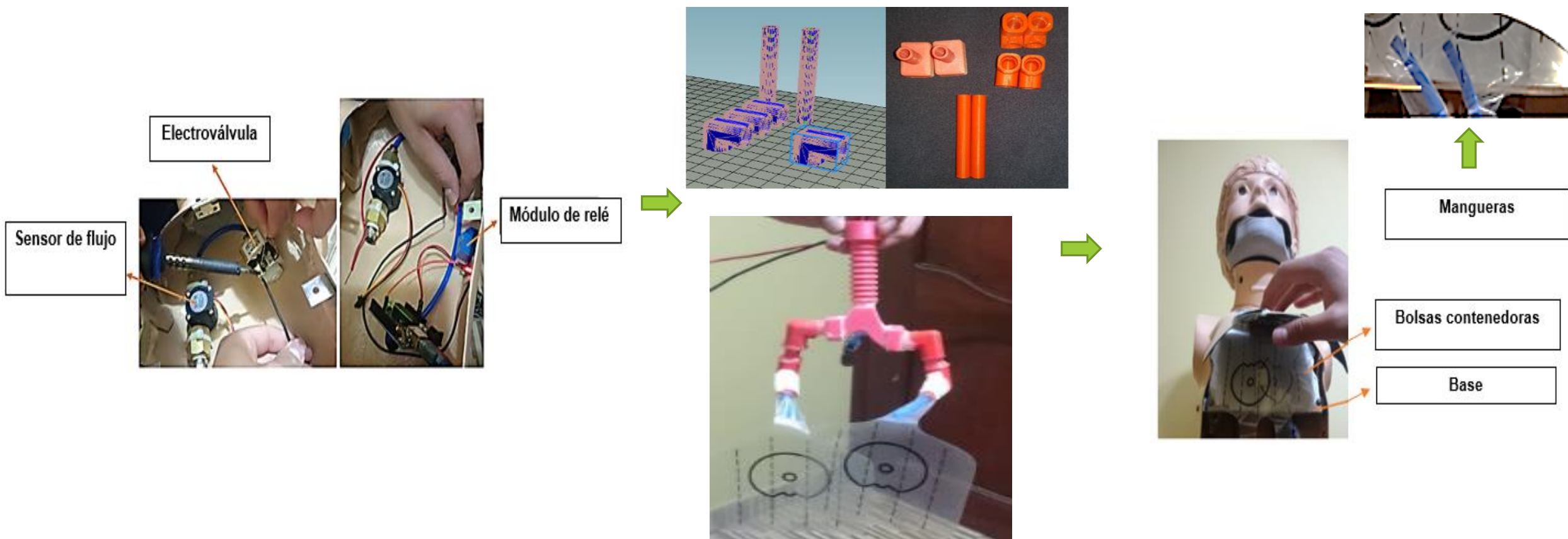


Ensamble del  
mecanismo para  
la dilatación  
pupilar y  
colación en la  
cabeza

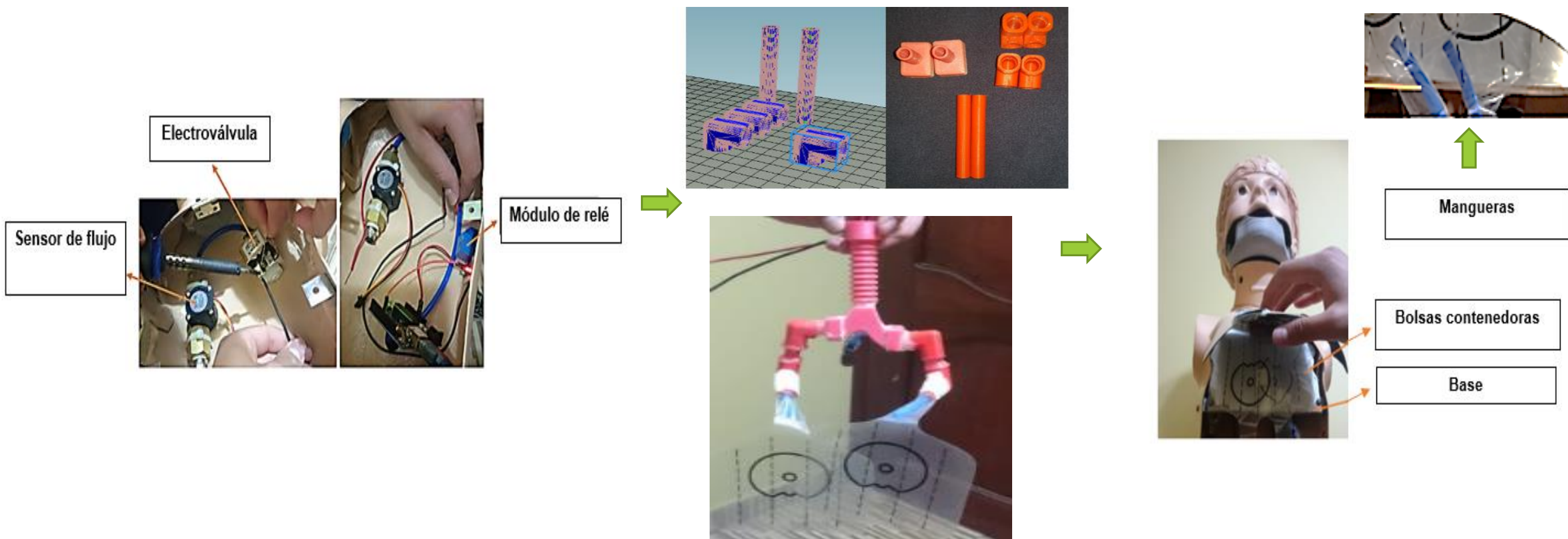
# Vía aérea para intubación endotraqueal



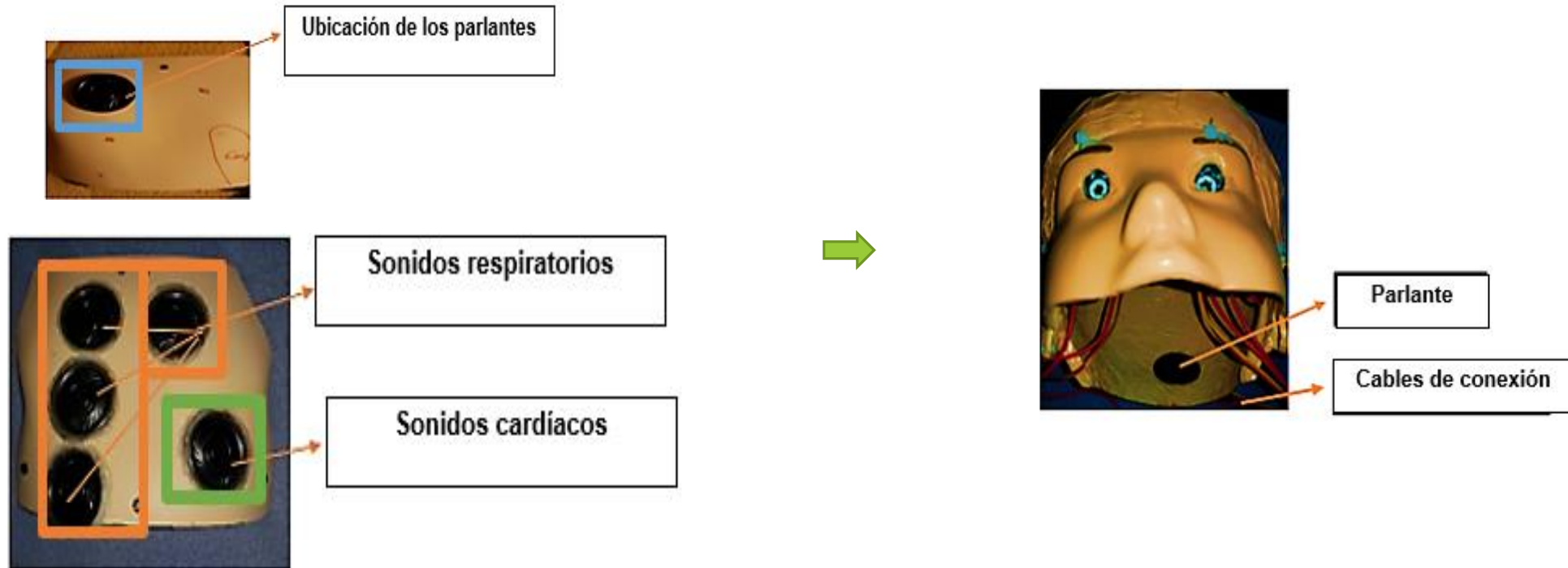
# Proceso de respiración



# Proceso de respiración

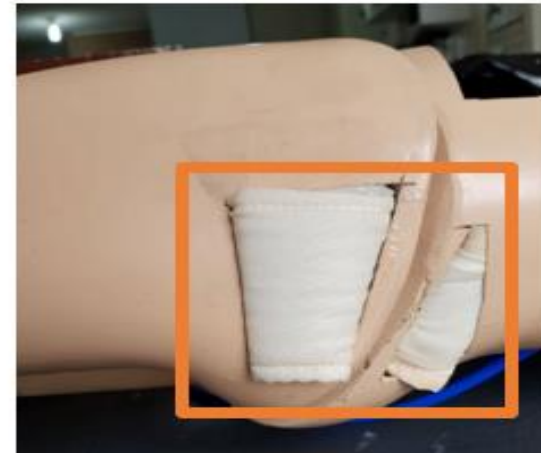
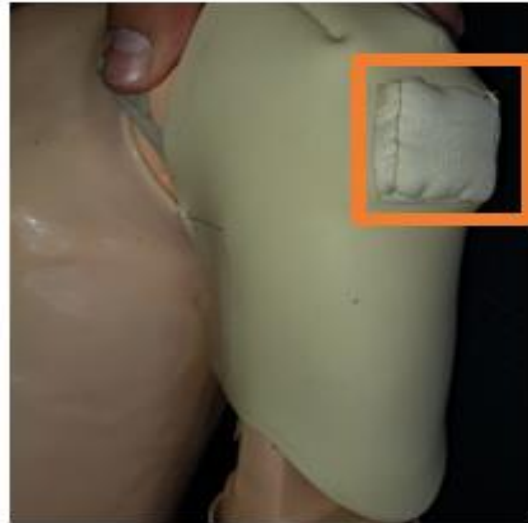


# Auscultación torácica-pulmonar y comunicación paciente-médico

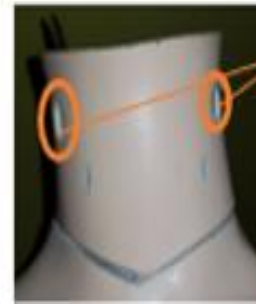
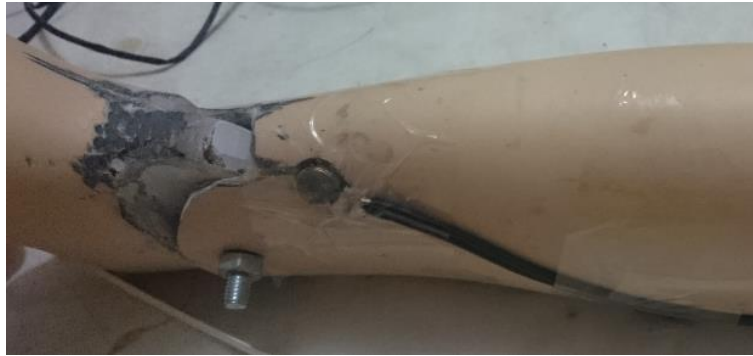


# Inyección intramuscular (IIM)

---



# Puntos de pulso



Cuello



Brazo y muñeca



Región anterior del tobillo



Ingle

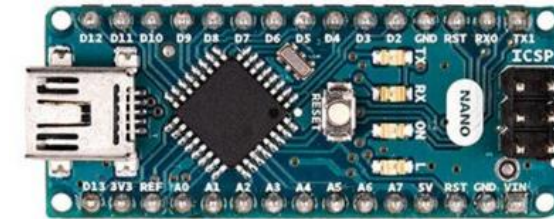
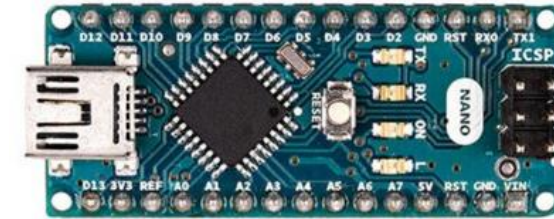
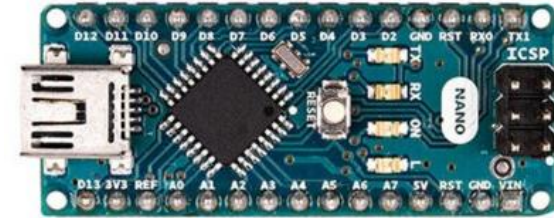


# Estética del simulador y ensamble final

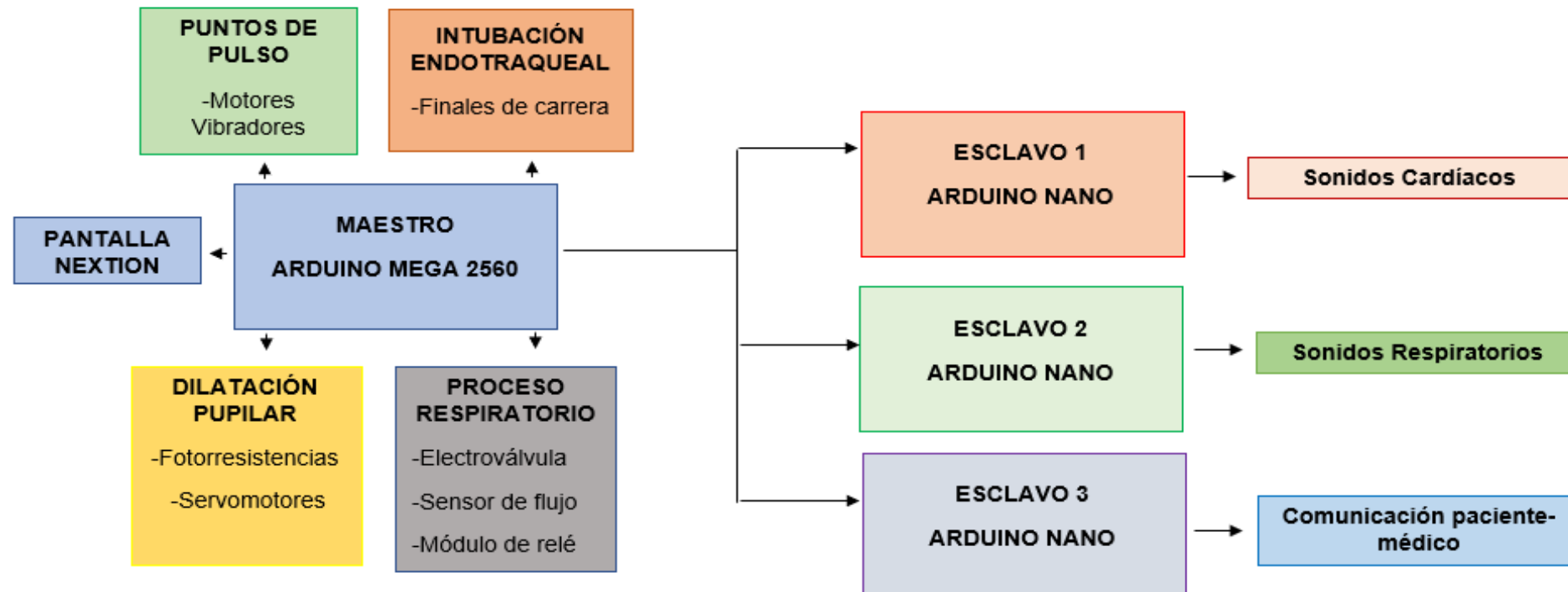


# Tarjeta controladora

---

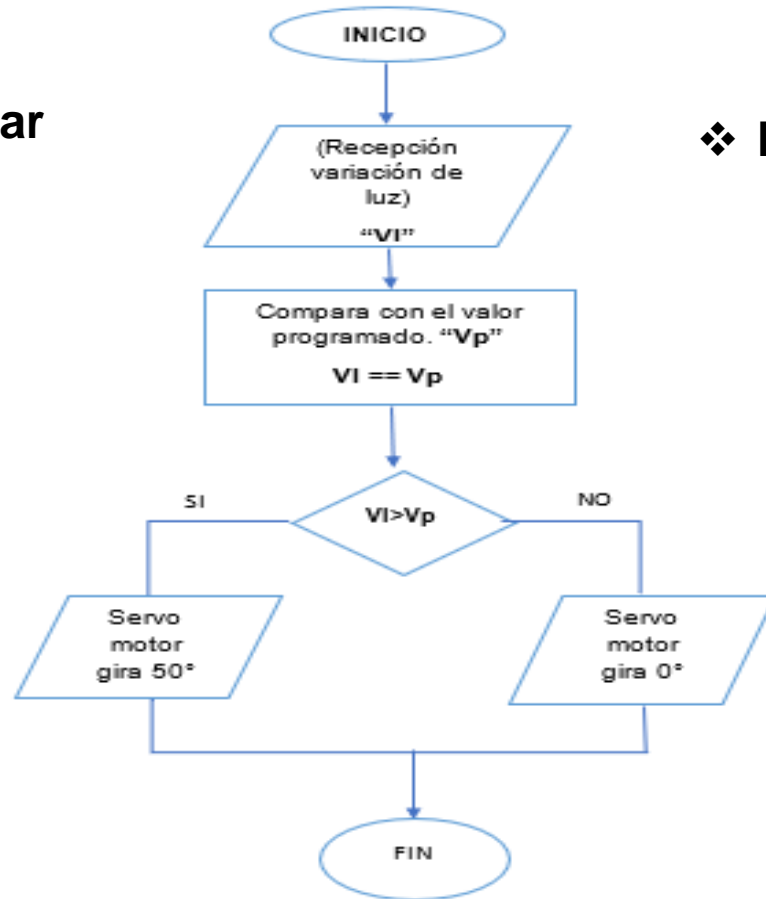


# Software de control



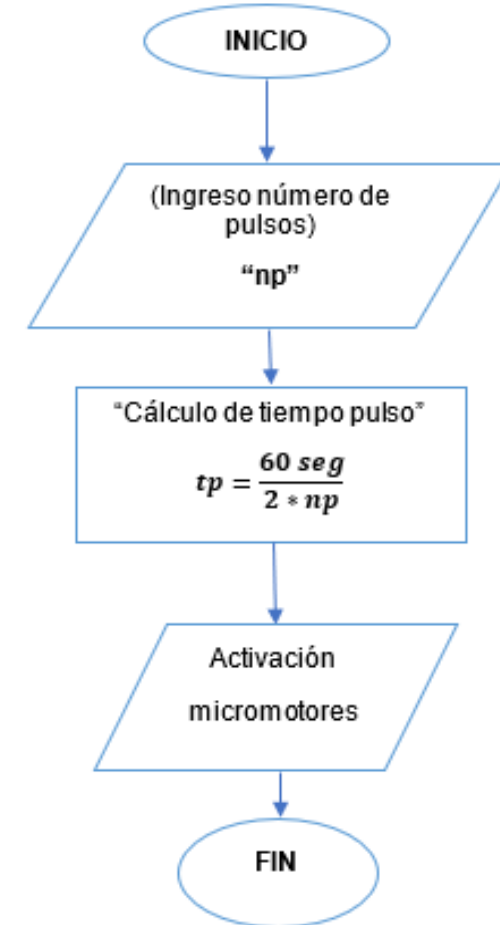
# Programación

## ❖ Dilatación Pupilar



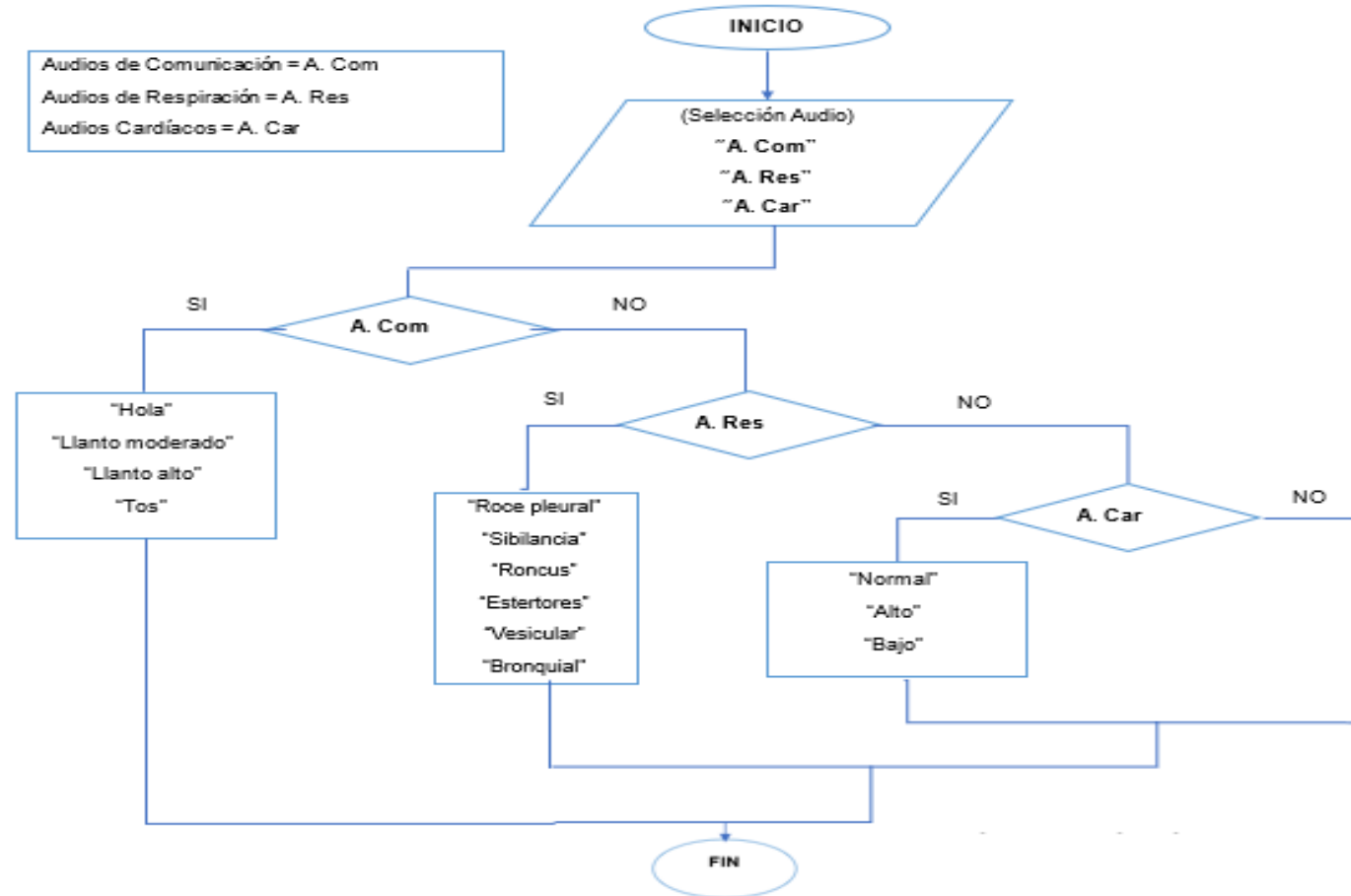
Numero de pulsos = np  
Tiempo de pulso = tp

## ❖ Puntos de pulso



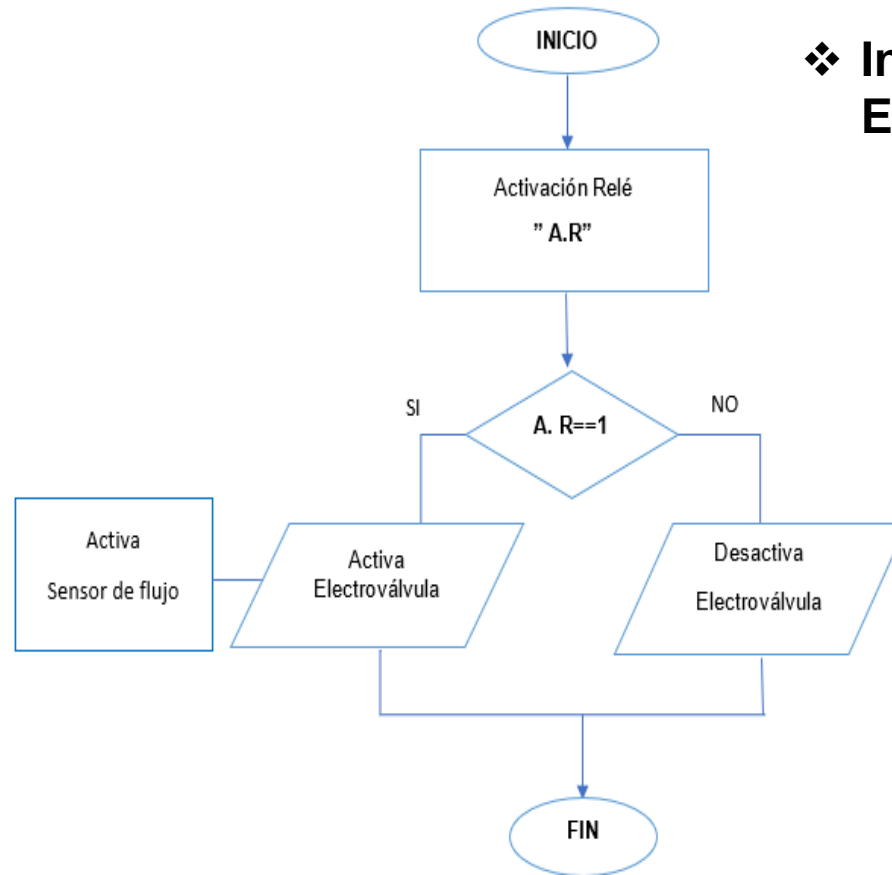
# Programación

## ❖ Auscultación torácica – pulmonar y comunicación paciente-médico

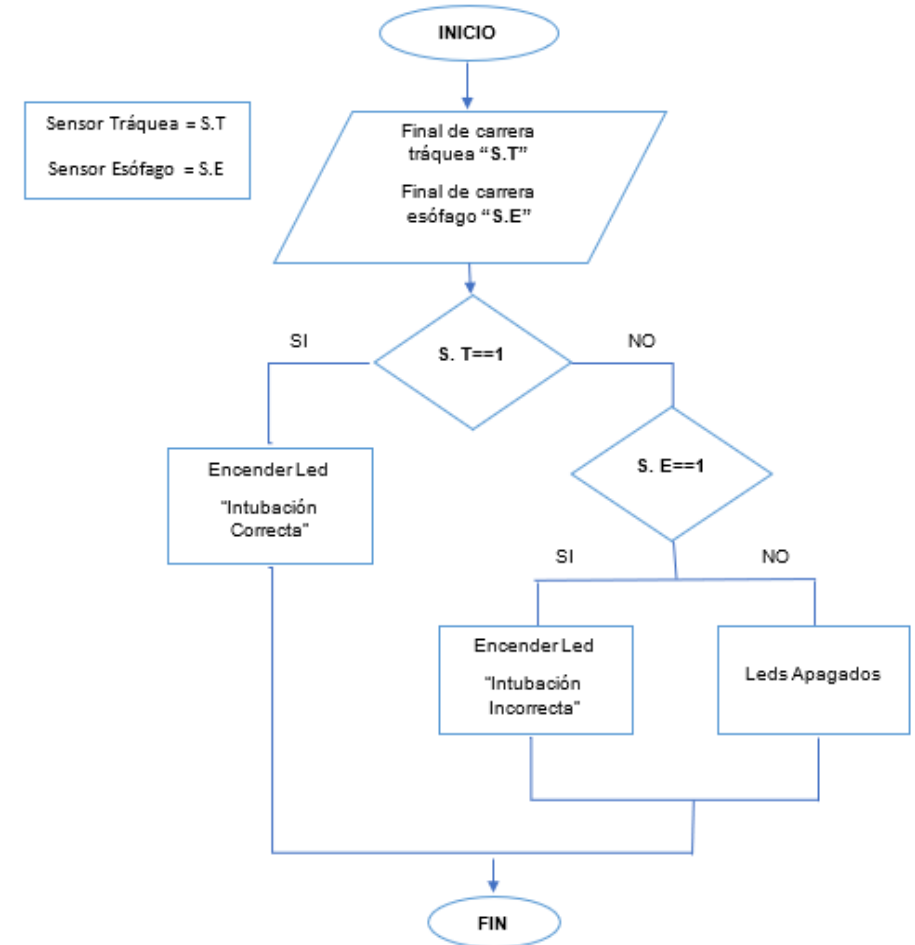


# Programación

## ❖ Respiración



## ❖ Intubación Endotraqueal



# Interfaz gráfica (HMI)

**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“SIMULADOR ROBÓTICO PEDIÁTRICO DE FIDELIDAD MEDIA Y ESTRUCTURA MODULAR”

AUTORES: GALLARDO URBINA, ANDREA ESTEFANÍA  
MAYORGA MUÑOZ, EDISSON XAVIER

DIRECTOR: ING. SYLVIA NATHALY REA MINANGO

Test

Escenario Normal

Configuración de Escenarios

**DILATACIÓN PUPILAR**

Derecho Izquierdo

**INTUBACIÓN ENDOTRAQUEAL**

Correcta Incorrecta

**Respiración**

Encendido Apagado

**Puntos de pulso**

Encendido Apagado

**AUSCULTACIÓN**

Respiración normal

Ritmo cardíaco normal

**COMUNICACIÓN**

Saludo

**CONFIGURACIÓN DE ESCENARIO**

**DILATACIÓN PUPILAR**

Encendido Apagado

**INTUBACIÓN**

Encendido Apagado

**PULSOS**

Número de pulsos

**RESPIRACIÓN**

Encendido Apagado

**COMUNICACIÓN**

Presentación Llanto Moderado

Tos Llanto Alto

**AUSCULTACIÓN**

Normal Roncus Roce Pleural

Sibilancia Asma Estertores

Vesicular Tubular

**CORAZÓN**

Bajo Normal Alto

**ESCENARIO NORMAL**

**DILATACIÓN PUPILAR**

Derecha Izquierda

**INTUBACIÓN**

Correcta Incorrecta

**PULSOS**

Normal 90 a 100 pulsos/min

**AUSCULTACIÓN**

Pulmones RITMO NORMAL

Corazón

**RESPIRACIÓN**

Normal 20 a 30 resp/min

**COMUNICACIÓN**

Presentación

# Interfaz gráfica (HMI)

**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“SIMULADOR ROBÓTICO PEDIÁTRICO DE FIDELIDAD MEDIA Y ESTRUCTURA MODULAR”

AUTORES: GALLARDO URBINA, ANDREA ESTEFANÍA  
MAYORGA MUÑOZ, EDISSON XAVIER

DIRECTOR: ING. SYLVIA NATHALY REA MINANGO

INGENIERÍA MEGATRÓNICA  
ESPE - LATACUNGA

Test

Escenario Normal

Configuración de Escenarios

DILATACIÓN PUPILAR: Encendido (Green), Apagado (Red)

INTUBACIÓN ENDOTRAQUEAL: Correcta (Green), Incorrecta (Red)

Respiración: Encendido (Green), Apagado (Red)

Puntos de pulso: Encendido (Green), Apagado (Red)

AUSCULTACIÓN: Respiración normal, Ritmo cardíaco normal

COMUNICACIÓN: Saludo

**CONFIGURACIÓN DE ESCENARIO**

**DILATACIÓN PUPILAR**: Encendido (Green), Apagado (Red)

**INTUBACIÓN**: Encendido (Green), Apagado (Red)

**PULSOS**: Número de pulsos (Slider)

**RESPIRACIÓN**: Encendido (Green), Apagado (Red)

**COMUNICACIÓN**: Presentación, Llanto Moderado, Tos, Llanto Alto

**AUSCULTACIÓN**: Normal, Roncus, Roce Pleural, Sibilancia, Asma, Estertores, Vesicular, Tubular

**CORAZÓN**: Bajo, Normal, Alto

**ESCENARIO NORMAL**

**DILATACIÓN PUPILAR**: Derecha (Green), Izquierda (Red)

**INTUBACIÓN**: Correcta (Green), Incorrecta (Red)

**PULSOS**: Normal (90 a 100 pulsos/min)

**AUSCULTACIÓN**: Pulmones (RITMO NORMAL), Corazón

**RESPIRACIÓN**: Normal (20 a 30 resp/min)

**COMUNICACIÓN**: Presentación



# Pruebas de funcionamiento

## ❖ Dilatación Pupilar



## ❖ Auscultación torácica – pulmona



## ❖ Intubación Endotraqueal



## ❖ Inyección Intramuscular (IIM)



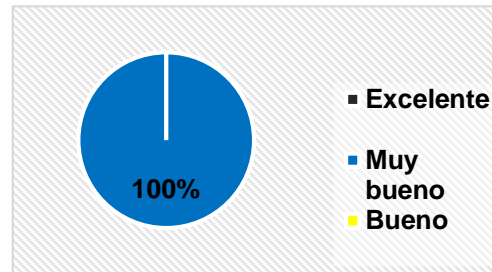
## ❖ Puntos de pulso



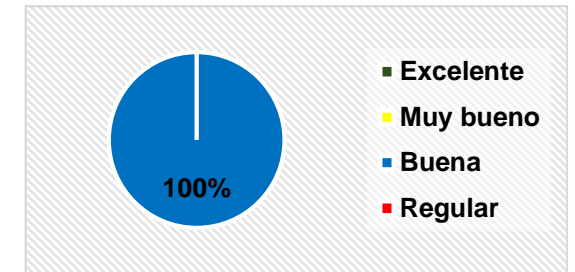
# Validación de la Hipótesis

¿El diseño e implementación de un simulador médico pediátrico de fidelidad media y estructura modular, permitirá el desarrollo de destrezas en los practicantes de medicina y enfermería, mediante la simulación de los diferentes escenarios clínicos?

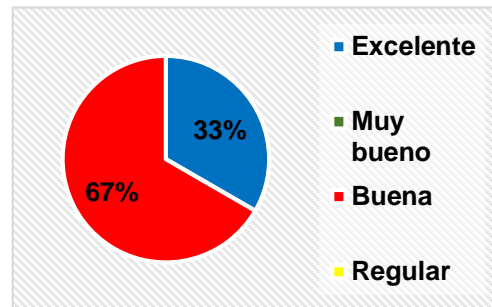
**Pregunta 7:** ¿La destreza que se adquiere al ejecutar la maniobra de intubación endotraqueal en el simulador es?



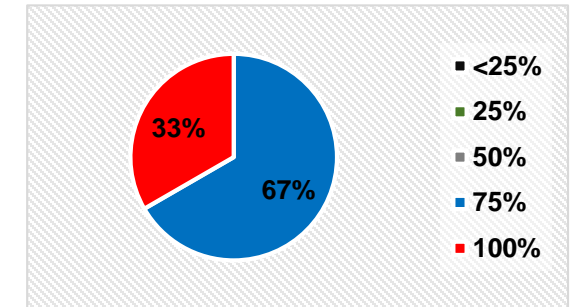
**Pregunta 13:** ¿La destreza que se adquiere al ejecutar la maniobra de inyección intramuscular IIM en el simulador es?



**Pregunta 11:** ¿La destreza que se adquiere al ejecutar la maniobra de auscultación en el simulador es?



**Pregunta 21:** ¿En qué porcentaje considera usted que el simulador ayuda al desarrollo de destrezas?



# Análisis Económico

Función	Elemento	Cantidad	Costo por Unidad (\$)	Costo Total (\$)
Maniquí	.	1	90,00	90,00
Dilatación Pupilar	Fotorresistencias	2	1,00	2,00
	Servomotores	2	5,00	10,00
	Impresión en 3D del mecanismo	2	17,00	34,00
Puntos de pulso	Motores vibradores	6	1,50	9,00
Intubación Endotraqueal	Impresión en 3D del maxilar	1	10,00	10,00
	Impresión 3D de tráquea	1	23,70	23,70
	Impresión 3D de esófago	1	23,75	23,75
	Impresión 3D de acoples	1	20,00	20,00
	Finales de carrera	2	1,50	3,00
	Diseño de la vía aérea en látex	1	50,00	50,00
	Respiración	Electroválvula	1	6,54
Sensor de flujo		1	17,00	17,00
Módulo de relé		1	7,00	7,00
Bolsas almacenadoras		1 paquete	14,00	14,00
Acoples para conexión (manguera, conector para el compresor, acople tipo T, reductor de flujo, reductores de ½ a 6mm)		Varios	74,00	74,00
Inyección	Esponja	1 plancha	5,00	5,00
	Confección de almohadillas	3	3.33	10,00

Inyección	Esponja	1 plancha	5,00	5,00
	Confección de almohadillas	3	3.33	10,00
Auscultación y comunicación	Parlantes	6	2,00	12,00
Tarjeta controladora	Arduino Mega 2569	1	15,00	15,00
Tarjeta controladora	Arduino Nano	1	11,00	11,00
Pantalla	Nextion 5"	1	100,00	100,00
Piel (látex)	Cara y torso	2	50,00	100,00
	Tela de recubrimiento	1	7,50	7,50
	Confección del traje	1	20,00	20,00
Dientes Inferiores	Confección	1	40,00	40,00
	Cables	30 metros	0,20	6,00
<b>TOTAL:</b>				<b>720,49</b>

**Sim Junior  
Enfermería  
Pediátrico**

**1,750.00**

**Ahorro**

**58,83%**

# Conclusiones

---

- ❖ La estructura interna y externa del simulador fue diseñada tomando como base modelos anatómicos reales y de bibliotecas especializadas. El sistema interno fue cubierto por piel sintética creada a base de látex para la cabeza y tela tipo licra para el resto del simulador creando una apariencia similar a la de un niño de 3 años.
- ❖ Adicionalmente, para el diseño y selección de los elementos que componen el simulador se realizaron cálculos que permitieron implementarlo de manera adecuada, a partir de los cuales se pudieron establecer que los diseños son idóneos para las maniobras a realizar en el simulador.
- ❖ Se realizaron pruebas con personal de salud en las cuales se obtuvieron altos porcentajes de recomendación y aporte al desarrollo destrezas médicas.

# Conclusiones

---

- ❖ El desempeño del simulador médico se calificó como apto para ser utilizado en prácticas estudiantiles, es decir que las funciones incorporadas cumplen con su propósito establecido, permitiendo el desarrollo de destrezas. Tras este proceso se obtuvieron recomendaciones para mejorar las características anatómicas y mejorar el desempeño del simulador, proyectándose a la implementación del simulador de alta fidelidad.
- ❖ Finalmente, mediante el análisis financiero se logró establecer la factibilidad a nivel económico de implementar un simulador médico pediátrico de fidelidad media, con elementos disponibles en el mercado nacional, el cual sea aplicable a la instrucción de estudiantes de ciencias de la salud, apoyado con la evaluación de personal especializado.

# Recomendaciones

---

- ❖ Realizar la auscultación con la función de pulsos apagada, debido a la vibración de los motores usados en los puntos de pulso e implementar puntos de auscultación en los intercostales para elevar el nivel de auscultación de muy bueno a excelente.
- ❖ Mantener el simulador médico en lugares secos y a temperatura ambiente para evitar daños en los componentes electrónicos.
- ❖ Incrementar la distancia de percepción lumínica para la activación del mecanismo de dilatación.
- ❖ Para mantener la integridad del diseño se recomienda manipularlo bajo presencia de personal con conocimiento sobre medicina y electrónica.
- ❖ La fuente implementada debe ser conectada a 110V AC y a su vez las tarjetas controladoras a 5V DC y 1A.
- ❖ Investigar más variedad de materiales para la fabricación de la piel y el recubrimiento del simulador, de forma que el comportamiento sea semejante a lo real.

---

**GRACIAS**

