



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE  
SENSORIZACIÓN AVANZADA APLICADO A UN ENTRENADOR  
LAPAROSCÓPICO QUE FACILITE EL DESARROLLO DE LAS  
HABILIDADES MOTRICES DE ESTUDIANTES DE CIRUGÍA**

**AUTORES:**

CANGUI LAICA RICAR SANTIAGO

RAMÍREZ GAVILÁNEZ ANDRÉ SEBASTIÁN

**DIRECTOR:**

ING. REA MINANGO SYLVIA NATHALY

**LATACUNGA**

**2020**



Objetivos

Metodología

Marco Teórico

Colaborador Científico

Especificaciones del cliente

Especificaciones técnicas

Discusión

Diseño mecánico

Diseño electrónico

Diseño del software

Pruebas y resultados

Conclusiones y recomendaciones

Video



Diseñar y construir un sistema de sensorización avanzada aplicado en un entrenador laparoscópico que permita el mejoramiento de las habilidades motrices de estudiantes de cirugía.



# Objetivos específicos

Investigar el procedimiento y los parámetros involucrados en cirugía laparoscópica, así como las variables a medir para determinar la efectividad del entrenamiento en estas maniobras.

Diseñar un dispositivo sensorizado acoplable a pinzas de laparoscopia comerciales que permita adquirir información directa durante el entrenamiento de cirugía laparoscópica.

Implementar un mecanismo que facilite la fijación del laparoscopio en la estructura del entrenador y permita su manipulación

Representar los datos obtenidos mediante el dispositivo sensorizado en el video adquirido con el laparoscopio.

Construir del sistema de sensorización avanzada mediante la integración de todos los componentes.

Recrear los escenarios y ejecutar ejercicios en el entrenador para levantamiento de información y verificación de hipótesis.



## Método de recopilación de la información

- Recopilar la información para documentar un fenómeno.

## Método experimental

- Método empírico que pone a prueba el sistema de medición del equipo de sensorización avanzada

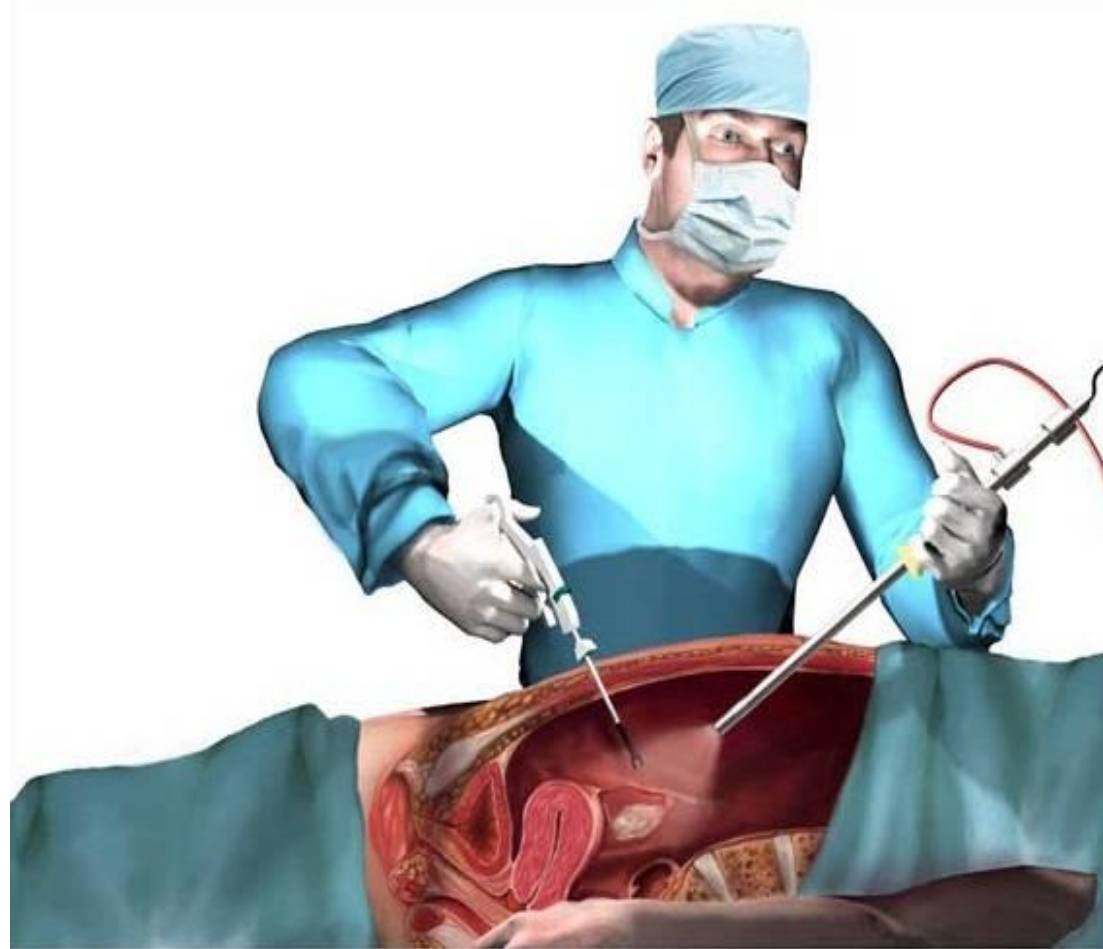
## Método hipotético-deductivo

- Observación del fenómeno para plantear la hipótesis



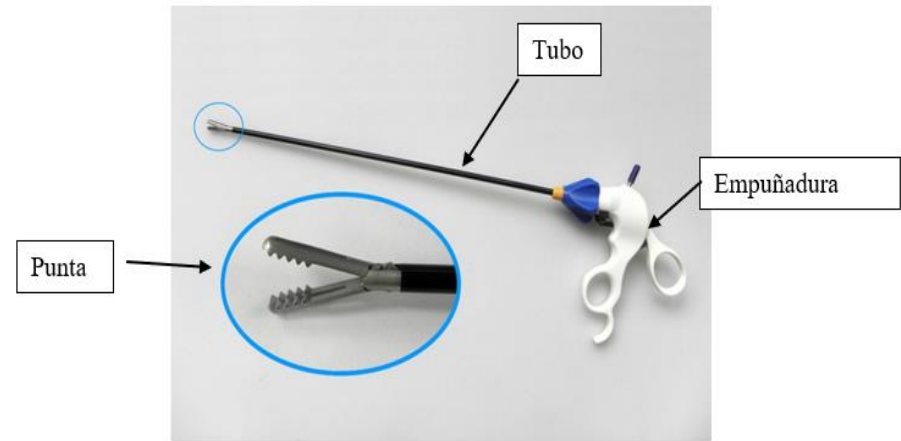
## Cirugía Laparoscópica

- Mínimamente invasiva
- Cirugía
  - Ginecológica
  - Biliar
  - Intestinal
  - Apendicetomía
- Implementar CO2
- Incisiones de 0,5-1cm
- Colocación del Trocar
- Mismas operaciones pero con menos incisiones.



- Observar el interior de la cavidad abdominal
- Transmite y graba video a alta velocidad y resolución.
- Diferentes modelos para el tipo de cirugía.

Laparoscopio



Pinzas laparoscópicas



## Entrenamiento basado en simulación

- Tradicionalmente el método maestro-aprendiz
- Limitada, intervenciones reales
- Corre el riesgo la vida del paciente.
- Actividad educacional que usa un instrumento para recrear un escenario clínico
- Reduce el tiempo de aprendizaje
- Simula escenarios poco frecuentes
- Recibe una retroalimentación del instructor
- Ético





## EQUIPOS DE ENTRENAMIENTO LAPAROSCÓPICO

### FÍSICO

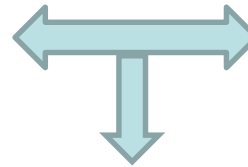


#### Ventajas

- Percepción aptica
- Bajo costo
- Elemento básico para el entrenamiento

#### Desventajas

- No poseen un control de avance



- Simulan diferentes escenarios
- Adquirir destrezas y habilidades
- Diferentes procedimientos

### VIRTUAL



#### Ventajas

- Control detallado del avance
- Simula entornos reales

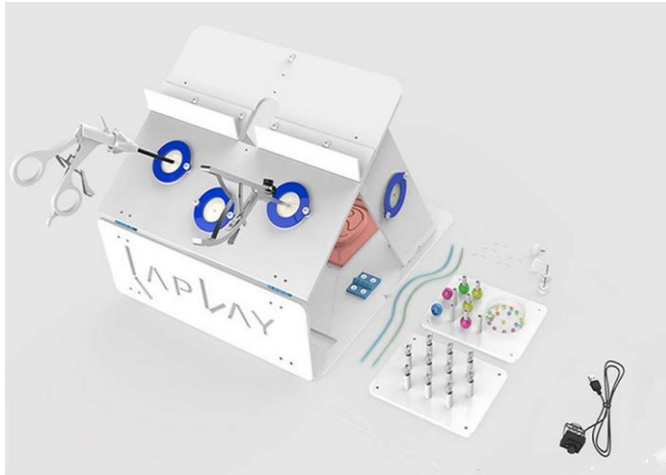
#### Desventajas

- Costo elevado
- Mantenimiento



## EQUIPOS DE ENTRENAMIENTO LAPAROSCÓPICO COMERCIALES

### VIEUR



- Kit de entrenamiento con 5 módulos intercambiables
- No dispone de cámara
- 600 Euros

### Dr. ET



- Conjunto de aberturas.
- Cámara HD
- Conexión VGA
- 800 dólares

### Ls-1100



- 4 puertos
- Cámara Full HD
- Conexión HDMI
- Control (I, T, V)
- 2000 dólares

## Doctor Fernando Torres Jaramillo



- Cirujano general, especializado en el campo de la cirugía laparoscópica básica y avanzada.
- Docente en la Universidad San Francisco de Quito
- Director del Centro Experimental de Investigación Quirúrgica **CEIQ**
- Dirige cursos de capacitación en simulación quirúrgica hospitalaria a estudiantes y especialistas en el campo de posgrado laparoscópico.



# *Especificaciones del cliente*

Buena calidad de video.

El equipo debe permitir el trabajo autónomo o colaborativo.

Disponer el video de la práctica en una plataforma web, para el control de avance del entrenamiento.

Un medio que permita interactuar con el equipo.

Los objetos manipulables del equipo deben ser ergonómicos.

El equipo debe ser de bajo costo.



# Requerimientos técnicos

Aspectos técnicos de la cámara de video, como: buena resolución de imagen, colores reales de la imagen, visualización de video sin cortes y a tiempo real.

Estructura, dimensiones y materiales para la construcción del equipo.

Plataforma virtual que permita el almacenamiento de videos en la nube y su visualización.

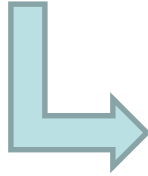
Velocidad de subida de video.

Sensores de distancia y posición

Interfaz gráfica de interacción humano-dispositivo.



## Sensorización Tradicional



Dispositivos que recogen información de variables cuantificables



Analizados posteriormente

## Sensorización Avanzada

### Qué es?

- Primer paso a la automatización de operaciones
- Recolectar datos correctos y que sean digitalizados
- Disposición de datos inmediatamente
- Ayuda a reducir problemas en los sistemas
- Brinda detección de fallas en tiempo real

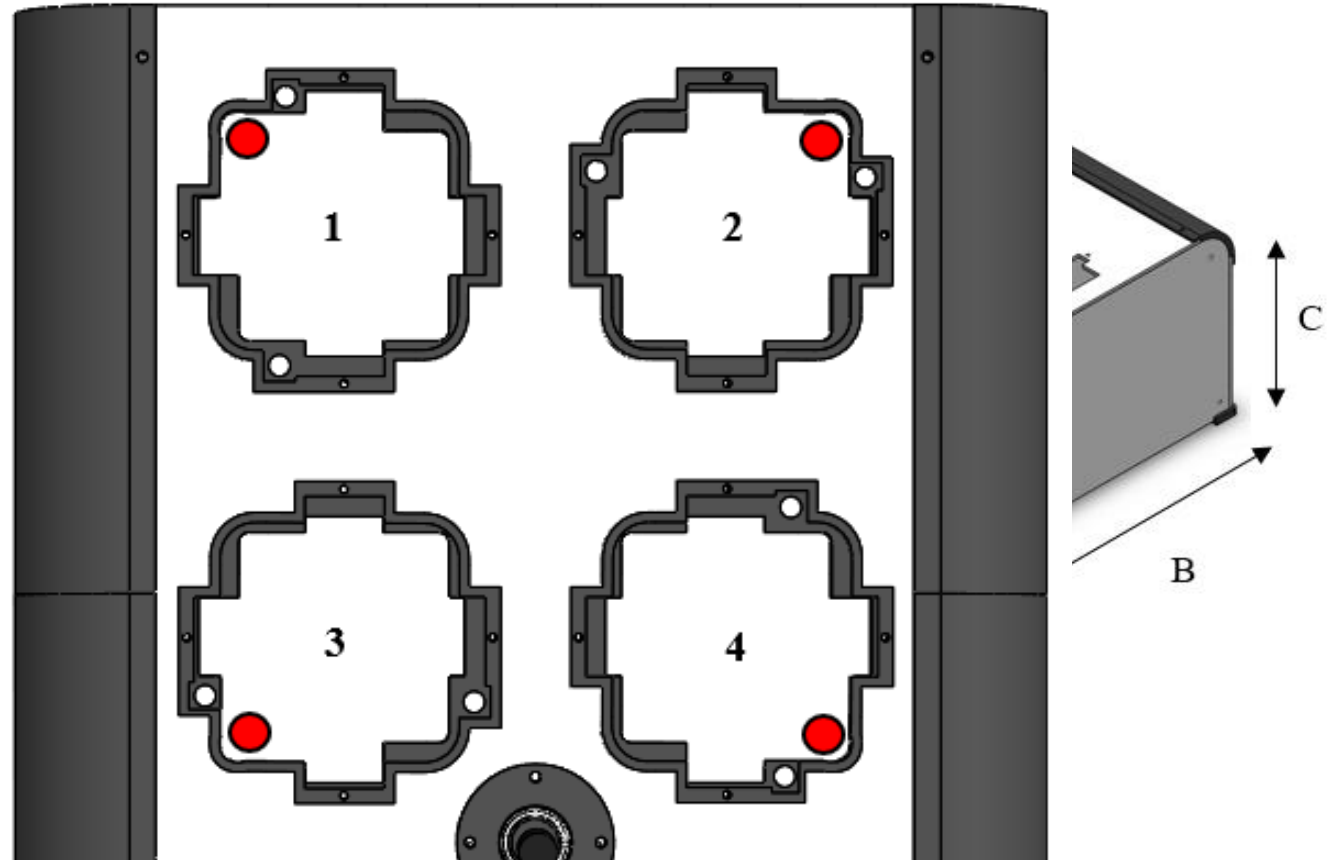
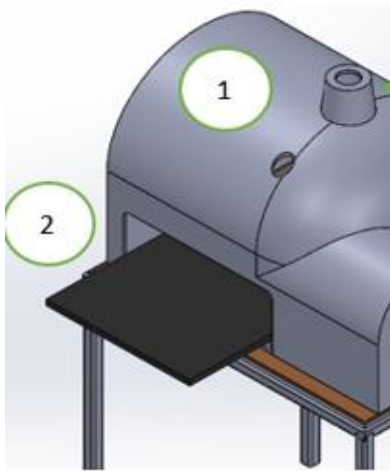


## NUEVO CONCEPTO

Un método de obtención de información de parámetros sobre un determinado entrenamiento, con recolección de datos precisos y disponibilizados a tiempo real, además están sujetos a interacción con una base de datos que le permite al usuario verificar los valores obtenidos por determinados sistema en cualquier lugar con la ayuda de un dispositivo fijo o móvil con acceso a la red

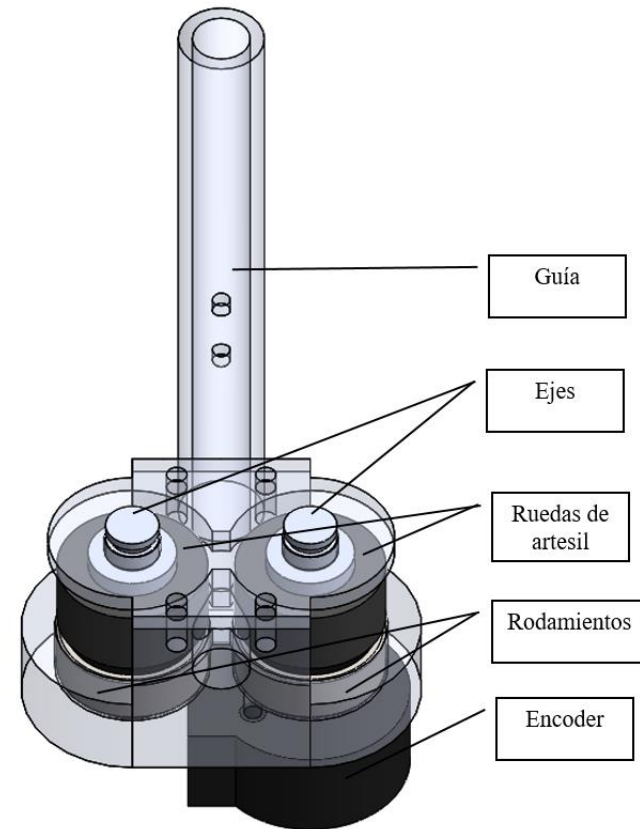
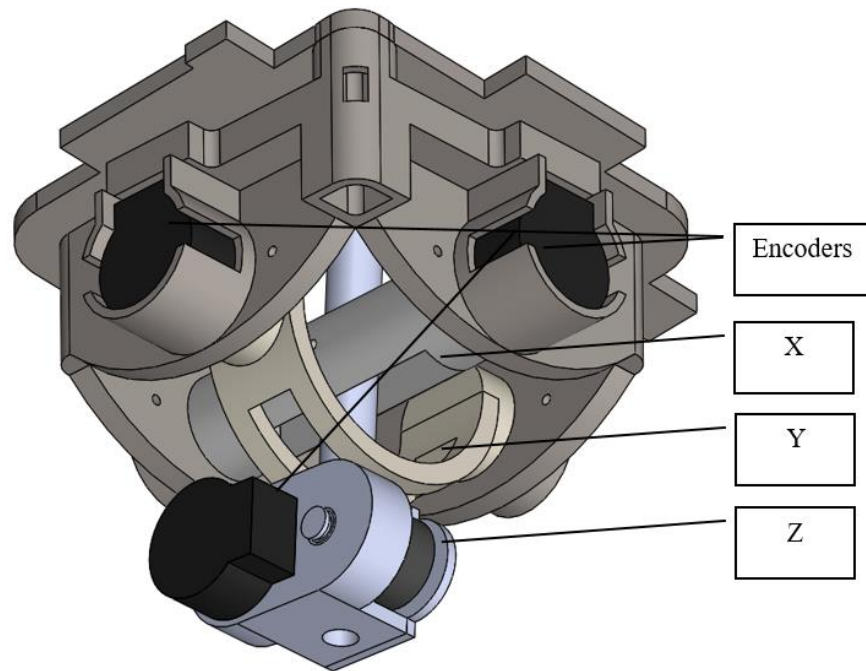


- Estructura



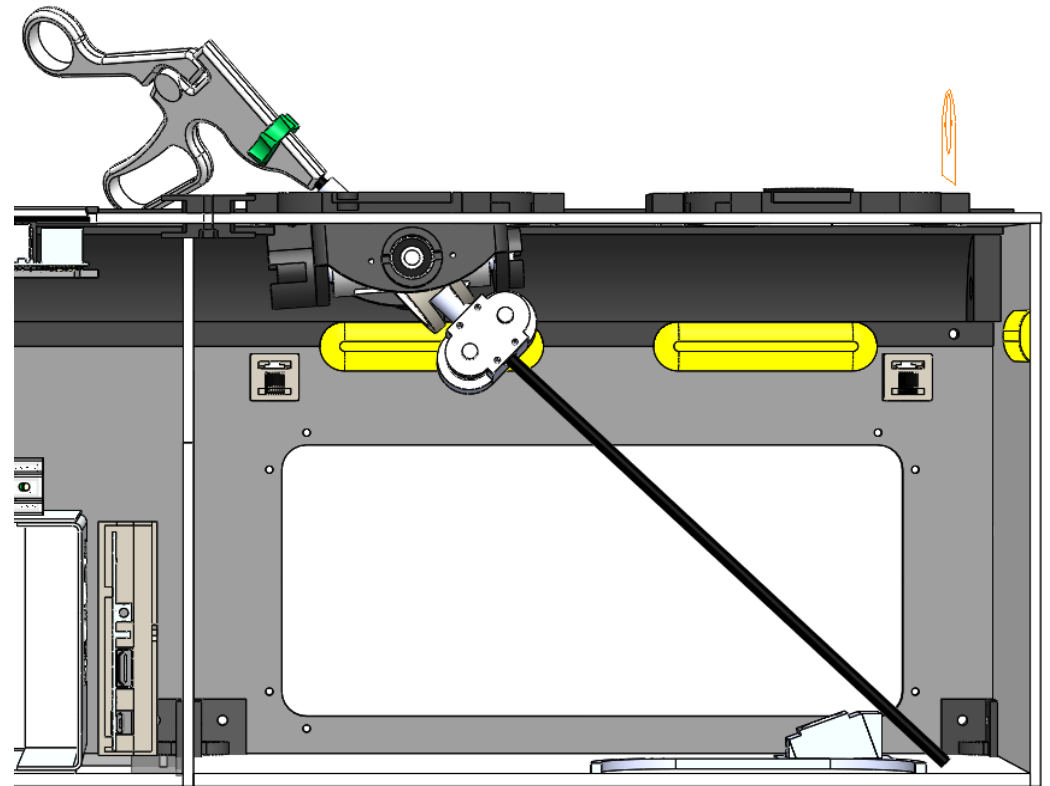
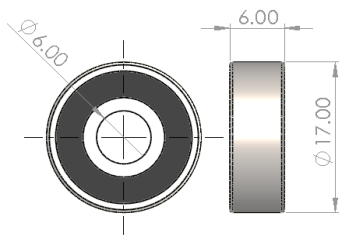
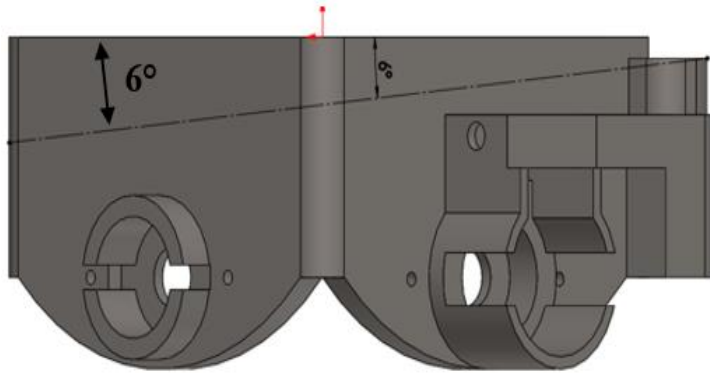


- Mecanismo de sensorización

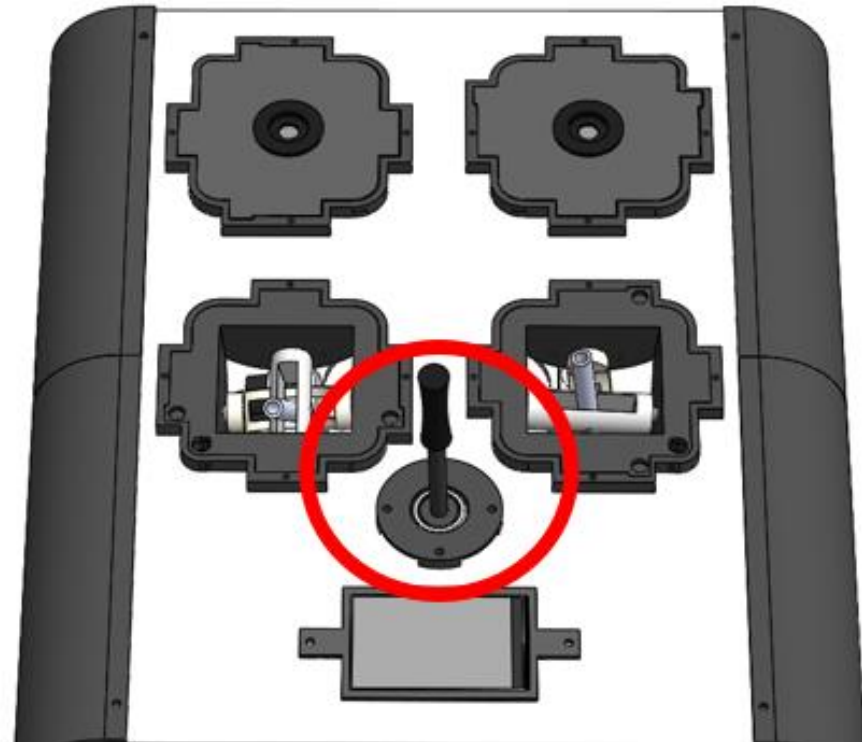
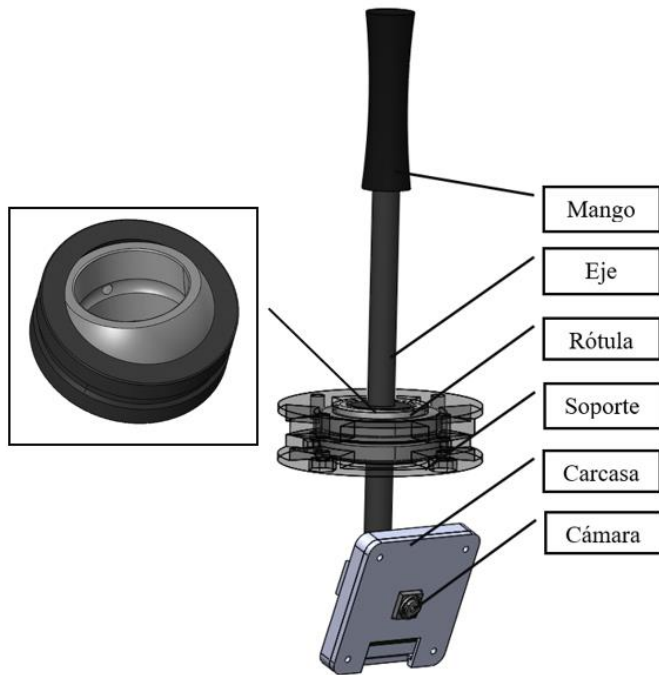




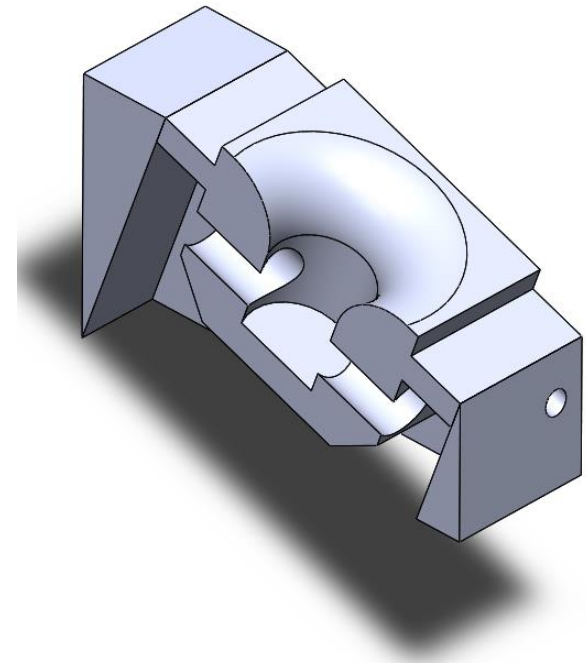
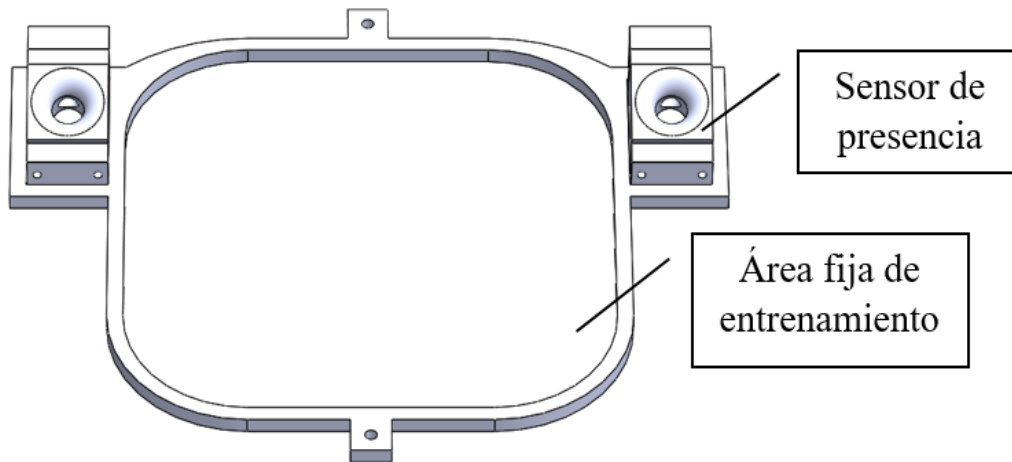
- Mecanismo de sensorización

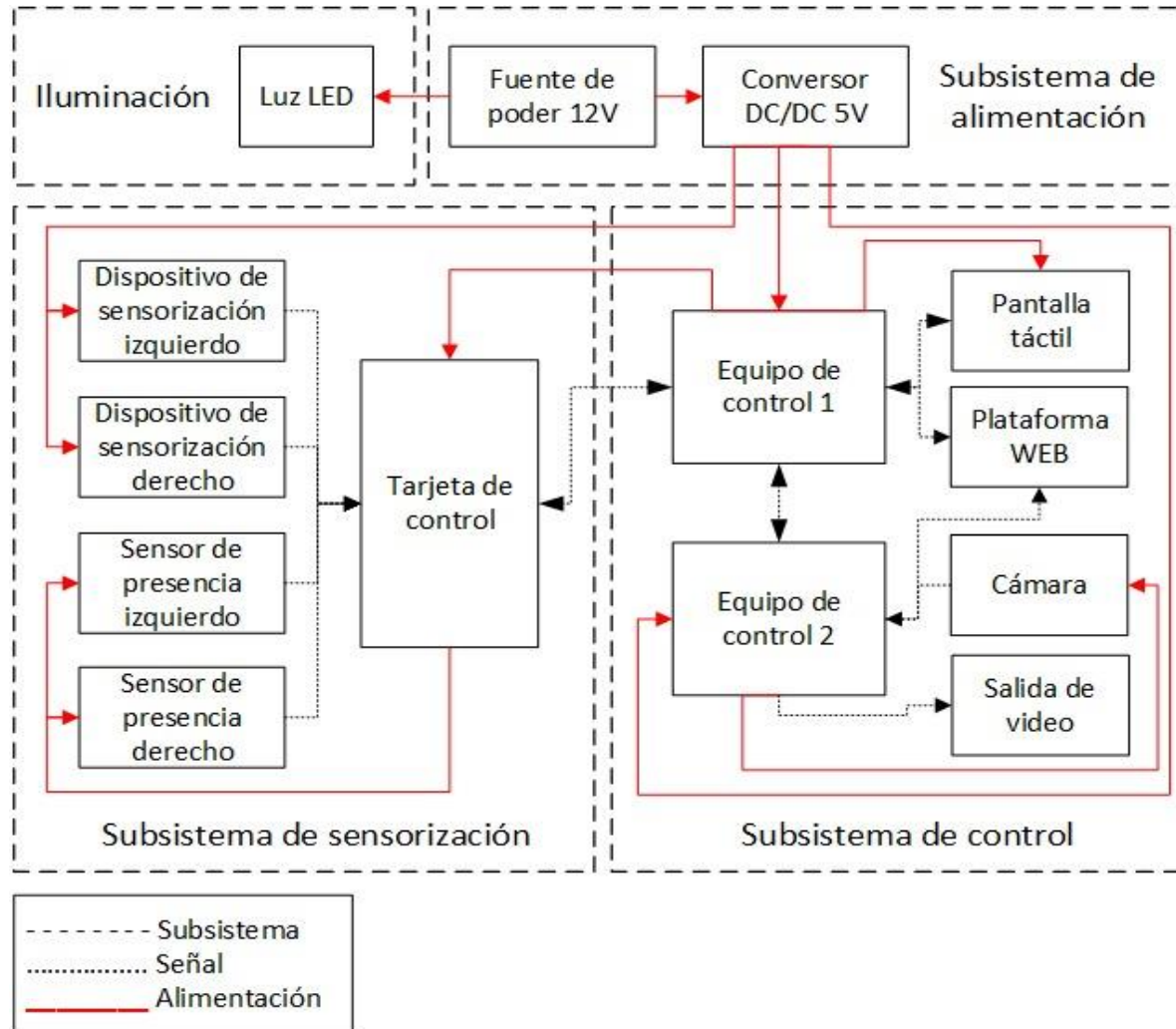


- Sistema de movilidad de la cámara



- **Área de entrenamiento**



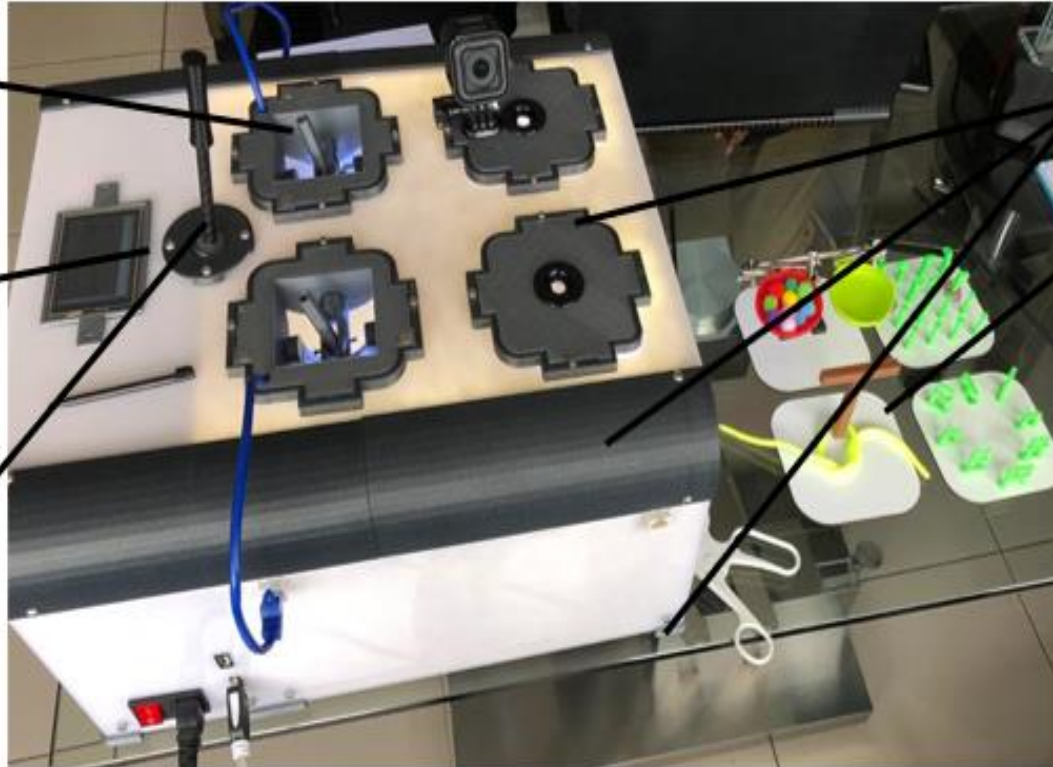




Mecanismo de sensorización

Adaptador del display

Sistema de movilidad de la cámara



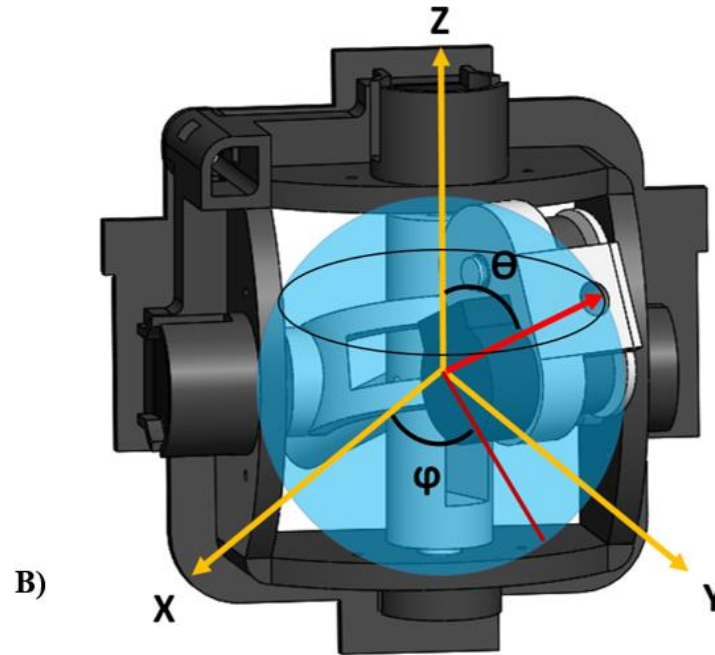
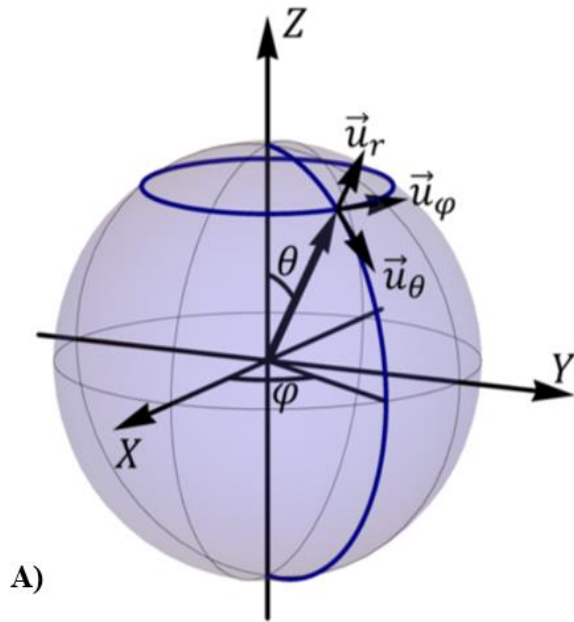
Elementos de la estructura

Elementos de juegos de entrenamiento





# Programación de la tarjeta de control



$$x = r \sin(\theta) \cos(\varphi)$$

$$y = r \sin(\theta) \sin(\varphi)$$

$$z = r \cos(\theta)$$

$$|\Delta \vec{r}| = \sqrt{(X_f - X_i)^2 + (Y_f - Y_i)^2 + (Z_f - Z_i)^2}$$



# Desarrollo de la página WEB



## Frontend

CMS (Sistema de Gestión de Contenidos)

HTML

CSS



## Backend

PHP

MySQL



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



# Propuesta página web

LOGO

Encabezado

Menú 1

Menú 2

Menú 3

Menú 4

CONTENIDO

INFORMACIÓN



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

Python 3 para impa... 10.1. Módulos de si... ¿Cómo instalar ard... USANDO EL PUERT... AliExpress Booking.com eBay Facebook YouTube Dogechain - Online... Iniciar sesión

## MEDIC TECHNOLOGY EC

Simuladores Médicos

"ELSA" Iniciar sesión

### Entrada con categorías

🕒 29 mayo, 2019 👤 Richar

Lo siento, pero no tienes permiso para ver este contenido.

[Sigue leyendo →](#)

Publicado en: [Categorías infinitas](#), [Otra categoría](#), [Yo soy una categoría](#)

Archivado por: [Etiquetas infinitas](#), [Otra etiqueta por aquí](#), [Soy la primera etiqueta](#)

#### Buscar usuarios

#### Buscar ...

#### Opiniones


[Entrada con categorías](#)

[EXPERIENCIAS](#)



www.meditehec.com/multimedia/

Python 3 para impa... 10.1. Módulos de si... ¿Cómo instalar ard... USANDO EL PUERT... AliExpress Booking.com eBay Facebook YouTube Dogechain - Online... Iniciar sesión



## MEDIC TECHNOLOGY EC

Simuladores Médicos

"ELSA" Cuenta Área Multimedia Miembros Registro de Prácticas Cerrar sesión

## Área Multimedia

**Fernando Torres**

**Instructor**

**Nomenclatura**

La pinza derecha se representa con "PinzaR"

La pinza izquierda se representa con "PinzaL"



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

## Registro de Prácticas

### Prácticas a realizar en el curso

Ingrese la práctica

[Enviar](#)

Número	Práctica
1	Nudo
2	Aros
3	Bólitás

[Borrar todos los campos](#)

#### Buscar usuarios

Buscar ...



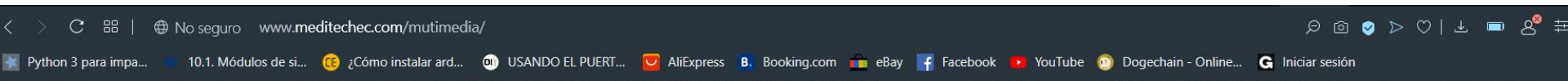
Buscar ...

#### Opiniones

[Entrada con categorías](#)

[EXPERIENCIAS](#)





## MEDIC TECHNOLOGY EC

Simuladores Médicos

"ELSA" Cuenta Área Multimedia Cerrar sesión

## Área Multimedia

### Richar Cangui

#### Estudiante

#### Nomenclatura

La pinza derecha se representa con "PinzaR"

La pinza izquierda se representa con "PinzaI"



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

## Área Multimedia

### Richar Cangui

#### Estudiante

#### Nomenclatura

La pinza derecha se representa con "PinzaR"

La pinza izquierda se representa con "PinzaL"

Práctica	Hora	Fecha	PinzaL[mm]	PinzaR[mm]	ÁnguloPinzaL	ÁnguloPinzaR	Duración	Video	Tipo	Retroalimentación
Evento6	17:28:45	2020-01-02	48	0	24	0	00:00:11	Evento6	Cronometrado	
Evento5	17:15:13	2020-01-02	56	0	28	0	00:00:08	Evento5	Cronometrado	
Evento4	17:14:22	2020-01-02	52	0	26	0	00:00:10	Evento4	Cronometrado	
Evento3	17:13:09	2020-01-02	48	0	24	0	00:00:11	Evento3	Cronometrado	
Evento1	17:01:18	2020-01-02	52	0	26	0	00:00:15	Evento1	Cronometrado	

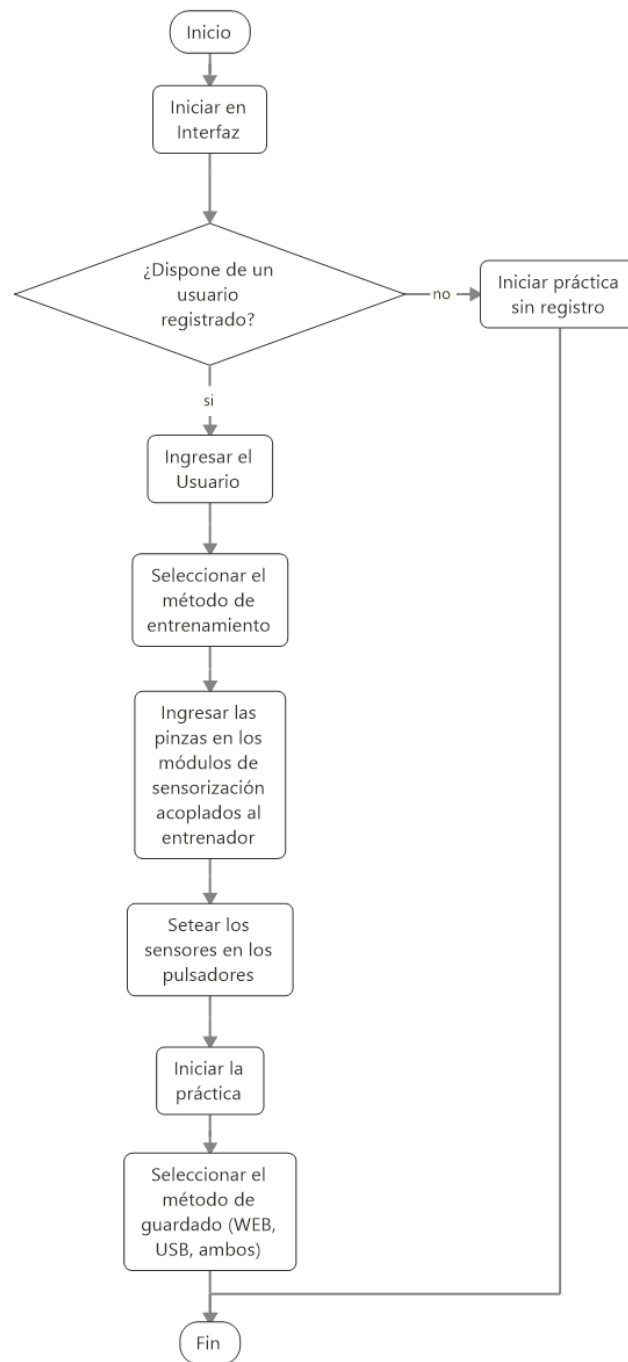


PROGRAMACIÓN



DISEÑO









**MEDITECH & C.E.I.Q.  
E.L.S.A**

**INICIAR**


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

R&C - Copyright © 2019 MEDIC TECHNOLOGY EC Programado con <3 en Python y Qt

## BIENVENIDO

1. Crear un usuario en [www.meditechec.com](http://www.meditechec.com)
2. Ingresar el usuario que se le asignó en la siguiente ventana
3. Seleccionar el tipo de entrenamiento y modo
4. Pulsar iniciar.

Nota: Para iniciar y detener, las pinzas deben estar colocadas en los puntos de inicio.



## INGRESE SU USUARIO



1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	Home
Q	W	E	R	T	Y	U	I	O	P	DEL
A	S	D	F	G	H	J	K	L	OK	
Z	X	C	V	B	N	M				

Bienvenid@ Priscila Lopez

Datos

Práctica

Contrareloj

**A**

Para calibrar los sensores debe ubicar las pinzas en la zona de seteo (Origen) como lo muestra el manual



Bienvenid@ Priscila Lopez

Datos

Práctica

Contrareloj

Tiempo

**B**

Para calibrar los sensores debe ubicar las pinzas en la zona de seteo (Origen) como lo muestra el manual



Bienvenid@ Priscila Lopez

Datos



Práctica

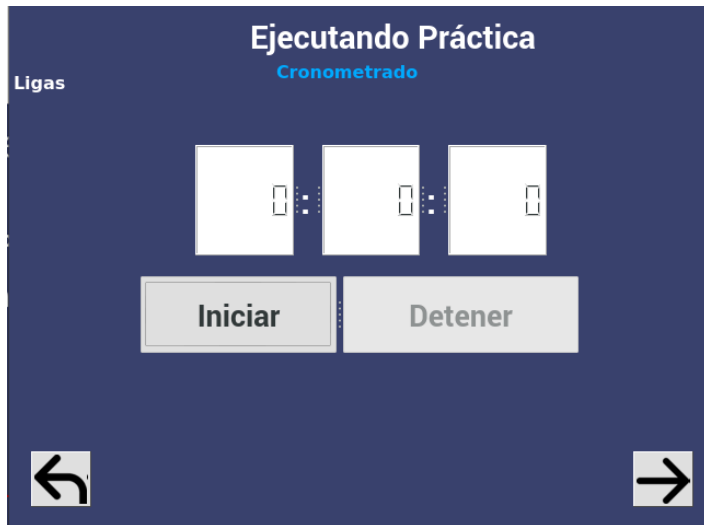
Contrareloj

COLOCAR PINZAS

1

CALIBRAR SENSORES





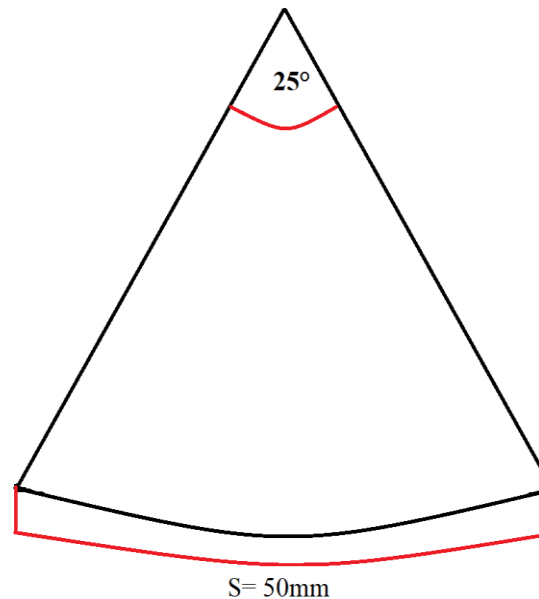
Opción de guardado



# ***RESULTADOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS***



- Sistema de medición
- Determinar el nivel de precisión y exactitud.
- 15 eventos
- Medidas conocidas



# Resultados calculados

	Pinza izquierda		Pinza derecha	
	Distancia [mm]	Ángulo [°]	Distancia [mm]	Ángulo
<b>Valor máximo</b>	54	28	53	28
<b>Valor mínimo</b>	50	21	48	23
<b>Rango</b>	4	7	5	5
<b>Media aritmética</b>	51,4667	25,4667	50,5333	25,6
<b>Desviación estándar</b>	1,4074	1,6417	1,6417	1,5946
<b>Media aritmética del error</b>	1,467	1,267	1,333	1,400
<b>Desviación estándar del error</b>	1,407	1,642	1,642	1,595
<b>Porcentaje de exactitud</b>	2,9334%	1,8667%	1,0666%	2,4%



- Error determinado <4% - Exacto
- Distancia <2mm
- Ángulos <2°
- El sistema es preciso y exacto

$$T = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

Hipótesis Alternativas	Condición de validación
$\mu > \mu_0$	$T > t_\alpha$
$\mu < \mu_0$	$T < -t_\alpha$
$\mu \neq \mu_0$	$T < -t_{\alpha/2} \text{ o } T > t_{\alpha/2}$



# Validación T-Student

## Distancia

$H_0$  = los valores medidos por el módulo de sensorización avanzada tienen una variación igual a 2mm

$H_1$  = los valores medidos por el módulo de sensorización avanzada tienen una variación menor a 2mm

$$T = -1,523$$

$$t_\alpha = 1,3450$$

$$-1,523 < -1,3450$$

Confiabilidad del 90%

## Ángulos

$H_0$  = los valores medidos por el módulo de sensorización avanzada tienen una variación igual a 2°.

$H_1$  = los valores medidos por el módulo de sensorización avanzada tienen una variación menor a 2°.

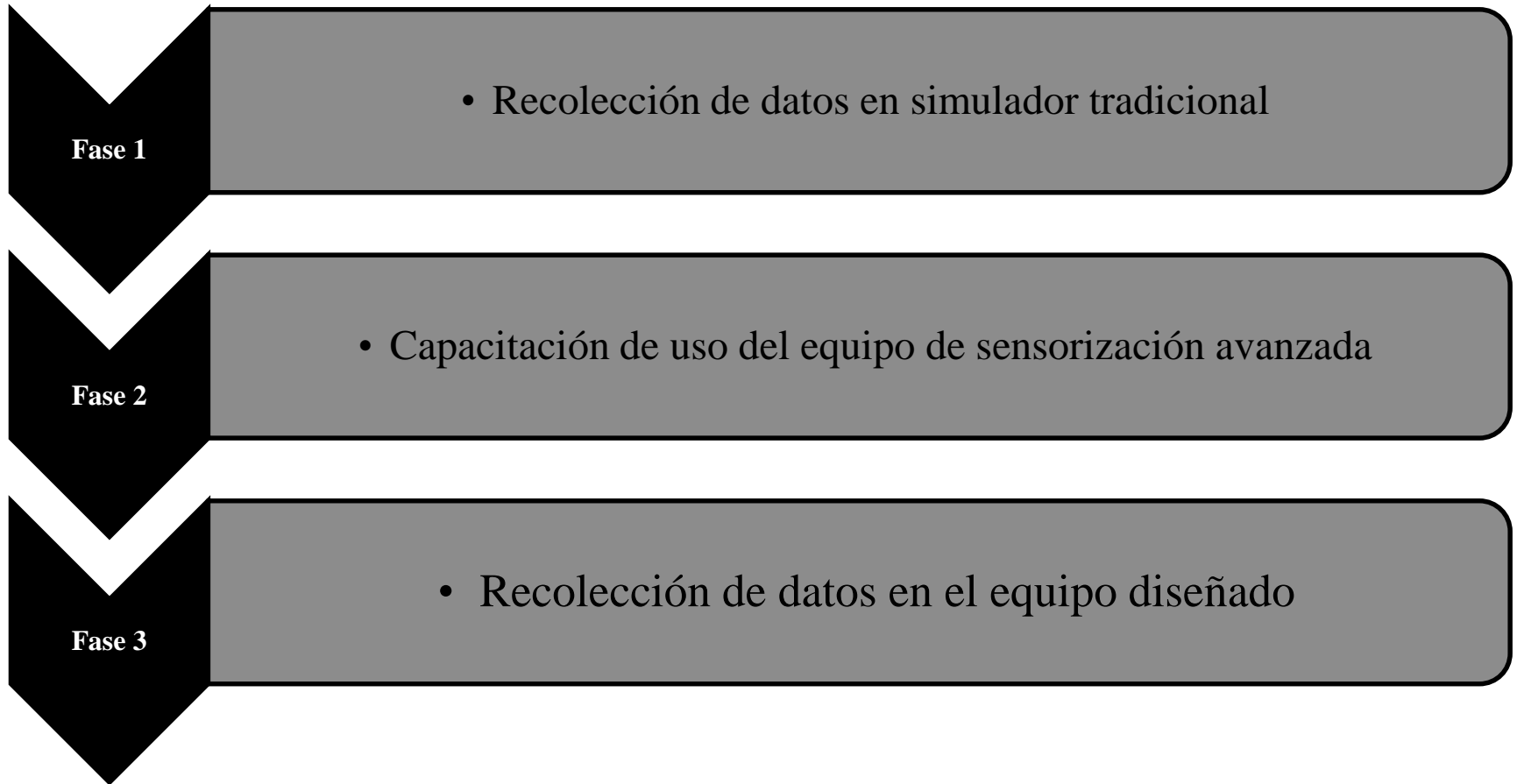
$$T = -1,596$$

$$t_\alpha = 1,3450$$

$$-1,596 < -1,3450$$



# Curva de Aprendizaje-Fase de ejecución de las pruebas





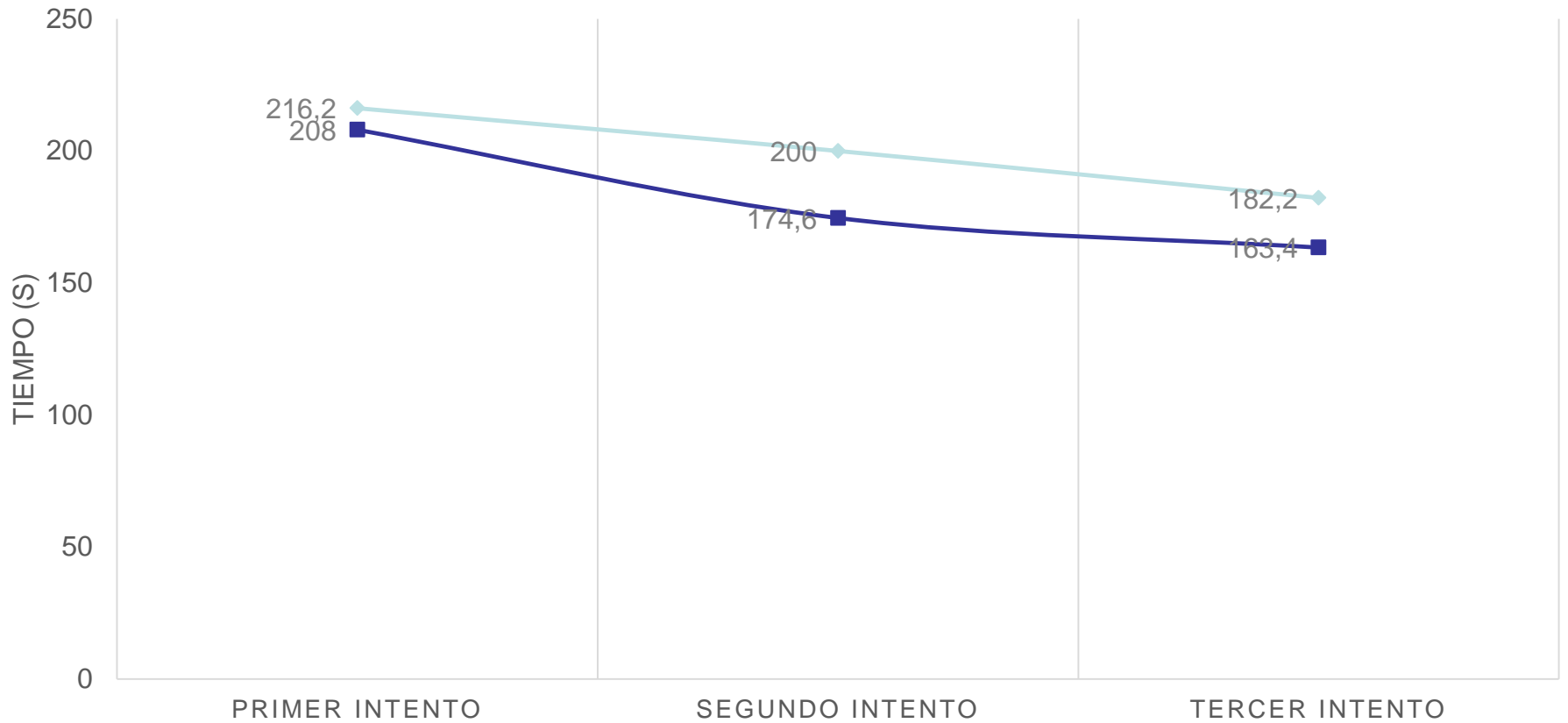
# Escala GOALS

<b>Percepción de Profundidad</b>				
1	2	3	4	5
Constantemente sobrepasa el objetivo, movimientos amplios, corrige lentamente		Algunas fallas en la toma del objetivo, pero corrige rápidamente		Dirige los instrumentos en el plano correcto hacia el objetivo
<b>Destreza Bimanual</b>				
1	2	3	4	5
Usa solo una mano, ignora la mano no dominante, pobre coordinación entre ambas		Usa ambas manos, pero la interacción entre ambas no es óptima		Usa ambas manos de manera complementaria para una óptima exposición
<b>Eficiencia</b>				
1	2	3	4	5
Muchos movimientos tentativos, cambios frecuentes en el paso a realizar, no progresa		Movimientos lentos, pero organizados y razonables		Confiado, eficiente se mantiene enfocado en el objetivo
<b>Manejo de los tejidos</b>				
1	2	3	4	5
Movimientos bruscos, desgarrar el tejido, daño a las estructuras, pobre control		Manejo razonable de los tejidos, ocurre daño menor		Manejo adecuado de los tejidos, tracción apropiada de los mismos
<b>Autonomía</b>				
1	2	3	4	5
Incapaz de terminar el procedimiento		Es capaz de terminar la tarea de manera segura, con algo de guía del tutor		Capaz de complementar la tarea por sí solo, sin guía



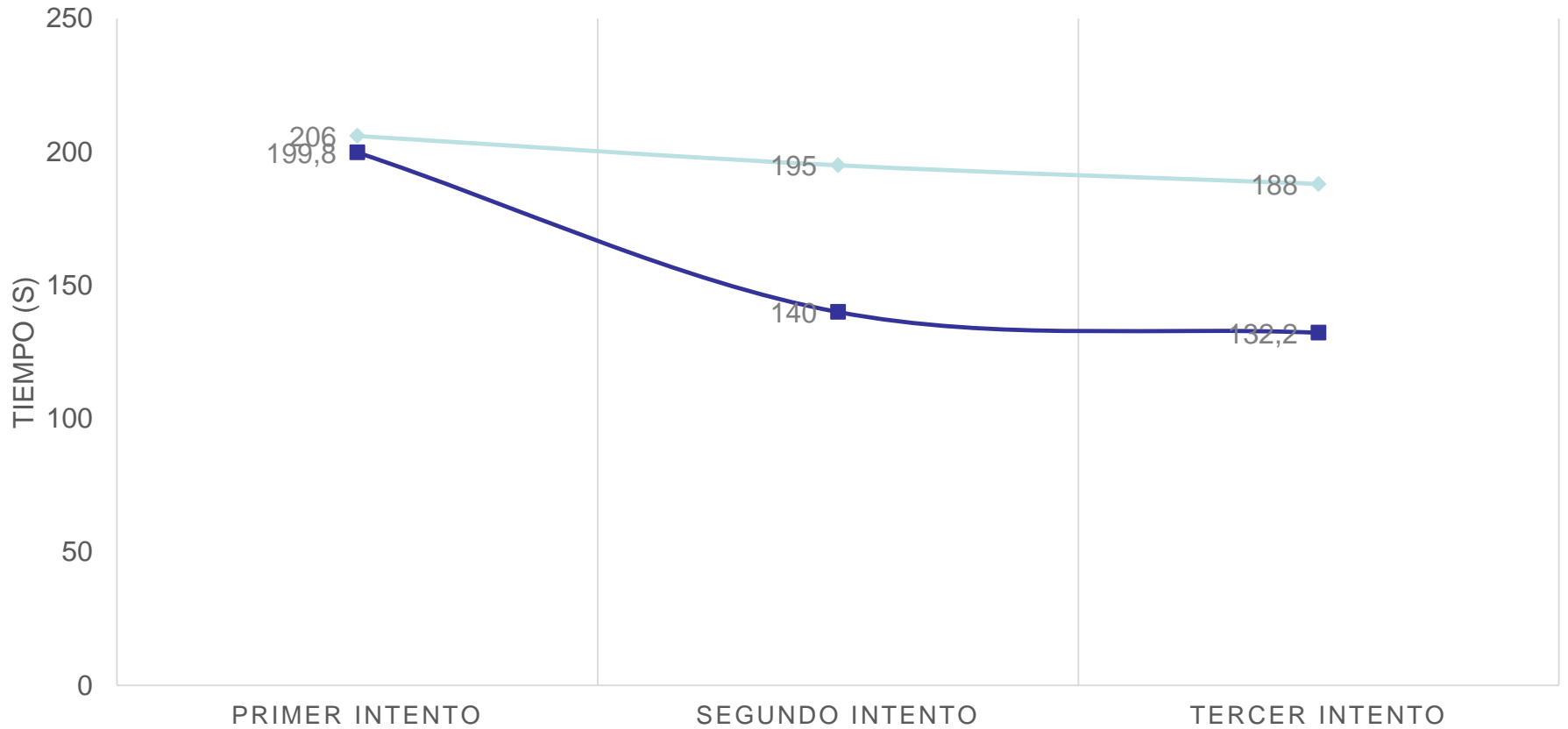
## EJERCICIO 1

—◆— Tradicional —■— Avanzado



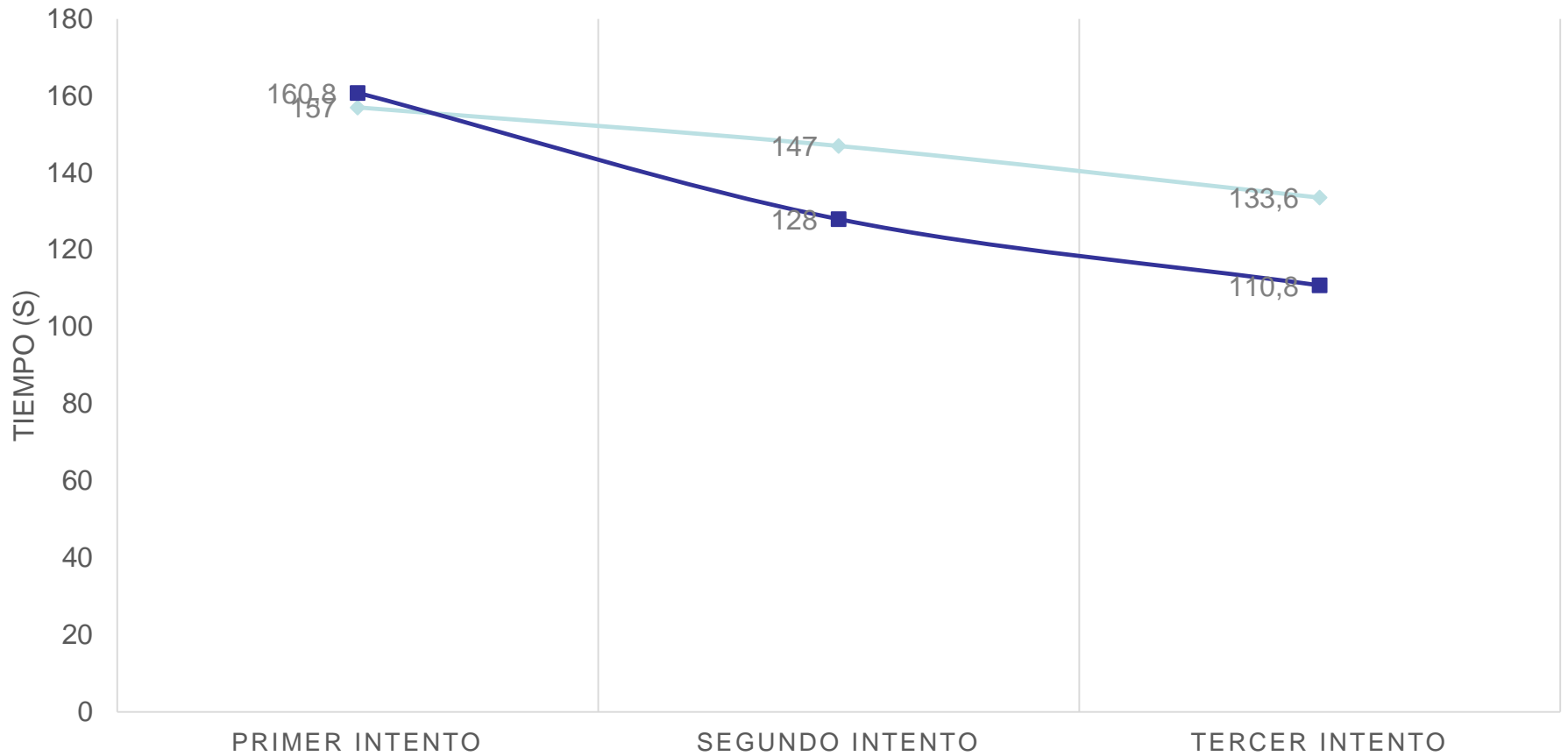
## EJERCICIO 2

—◆ Tradicional —■ Avanzado



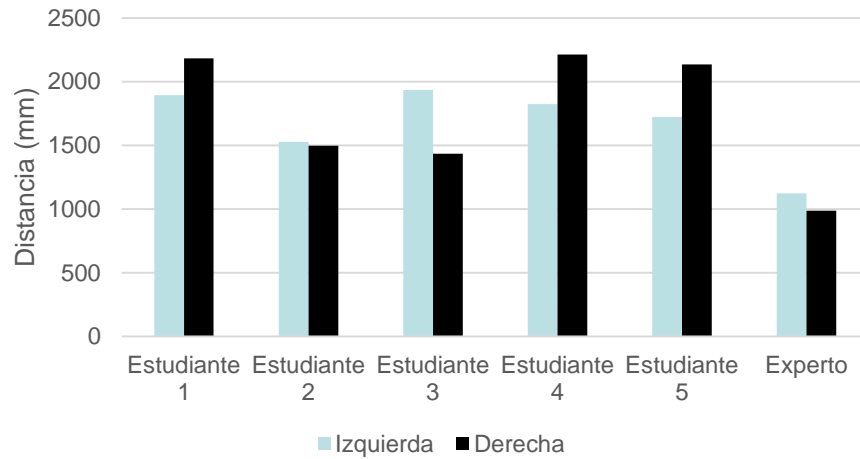
## EJERCICIO 3

—◆ Tradicional —■ Avanzado

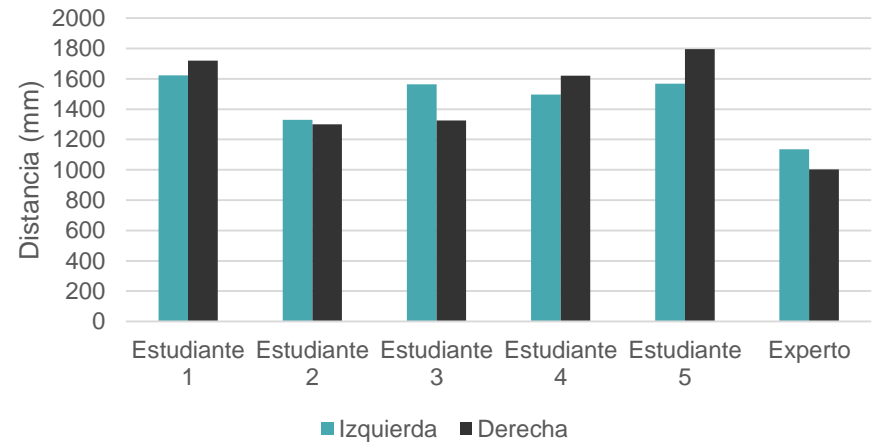


# Destreza bimanual

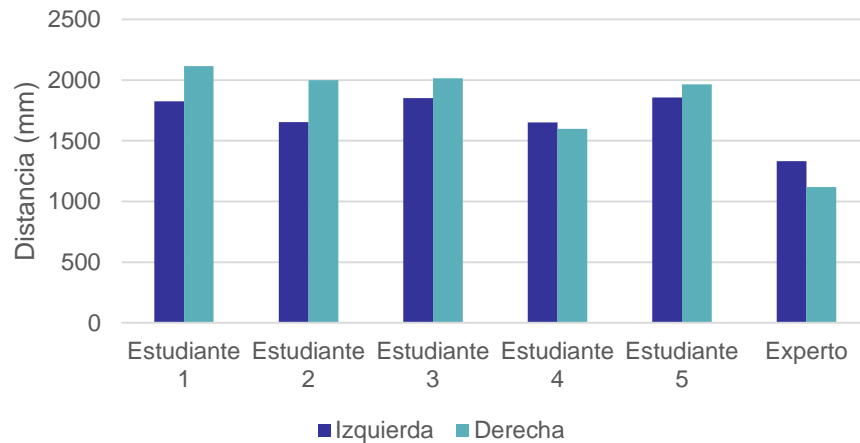
## Primer intento -Ejercicio 1



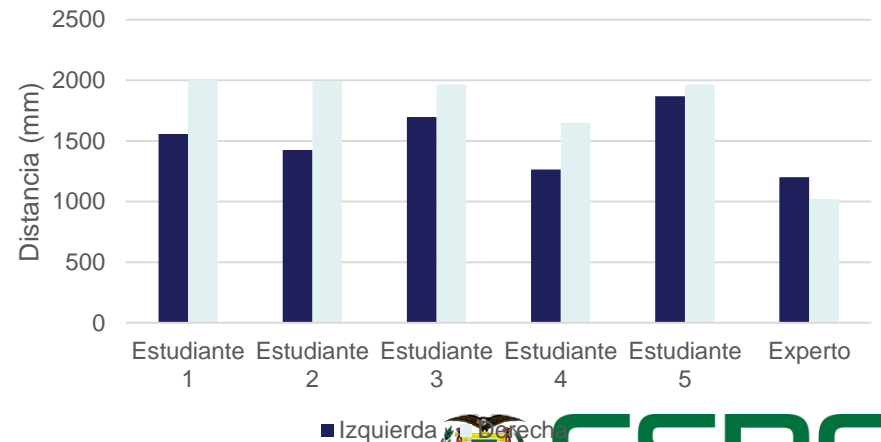
## Tercer intento - Ejercicio 1



## Primer intento - Ejercicio 2

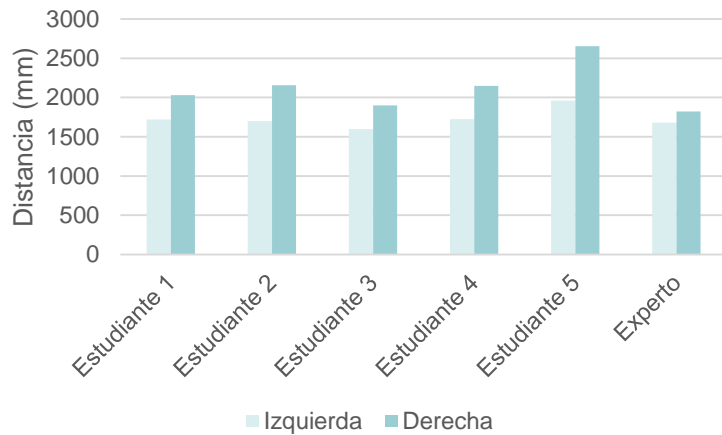


## Tercer intento - Ejercicio 2

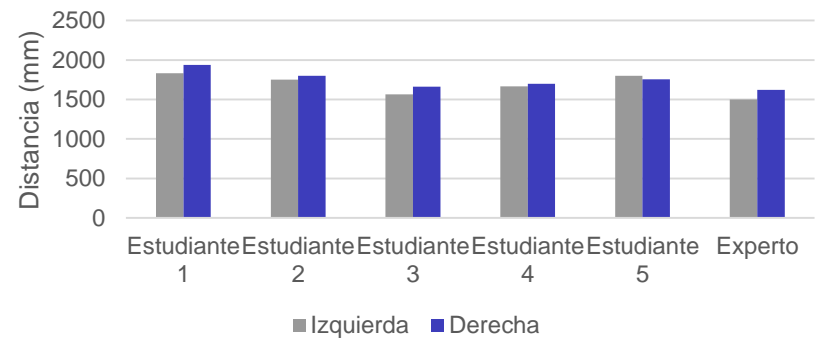


# Destreza bimanual

## Primer intento - Ejercicio 3



## Tercer intento - Ejercicio 3



# Análisis con el experto

	Fase 1			Fase 3		
Percepción de Profundidad	1	3	5	1	3	5
Ejercicio 1	4	1	0	2	2	1
Ejercicio 2	0	5	0	0	5	0
Ejercicio 3	2	3	0	1	3	1

	FASE 1			FASE 3		
Destreza bimanual	1	3	5	1	3	5
Ejercicio 1	4	1	0	0	2	3
Ejercicio 2	5	0	0	1	2	2
Ejercicio 3	2	3	0	0	3	2



# Análisis con el experto

	Fase 1			Fase 3		
Eficiencia	1	3	5	1	3	5
Ejercicio 1	1	4	0	0	2	3
Ejercicio 2	2	3	0	0	3	2
Ejercicio 3	1	4	0	0	3	2





## El entrenador laparoscópico con sensorización avanzada ayuda a mejorar las habilidades motrices en los estudiantes de cirugía

- Método T-Student para muestras pareadas
- El tiempo de ejecución de un ejercicio en el entrenador tradicional es mayor con respecto al tiempo de ejecución del entrenamiento Avanzado

$$T = \frac{\overline{X_D}}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}}$$



# Validación de la hipótesis

$H_0$  = el tiempo de ejecución del ejercicio 1 en el entrenador tradicional es igual al tiempo de ejecución del ejercicio 1 en el entrenador avanzado.

$$T = \frac{\overline{X_D}}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}}$$

$$T = 1,93$$

Confiabilidad 95%

$$t_\alpha = 1,8595$$

$$1,93 > 1,8595$$

$H_1$  = el tiempo de ejecución del ejercicio 1 en el entrenador tradicional es mayor al tiempo de ejecución del ejercicio 1 en el entrenador avanzado.

Hipótesis Alternativas	Condición de validación
------------------------	-------------------------

$\mu > \mu_0$	$T > t_\alpha$
---------------	----------------

$\mu < \mu_0$	$T < -t_\alpha$
---------------	-----------------

$\mu \neq \mu_0$	$T < -t_{\alpha/2} \text{ o } T > t_{\alpha/2}$
------------------	---



# Validación de la hipótesis

Confiabilidad 95%  $t_{\alpha} = 1,8595$

Ejercicio 1  $1,93 > 1,8595$

Ejercicio 2  $4,733 > 1,8595$

Ejercicio 3  $2,8014 > 1,8595$

El entrenador laparoscópico con sensorización avanzada ayuda a mejorar las habilidades motrices del estudiante de cirugía. Debido a que la curva de aprendizaje al utilizar el entrenador presenta una rapidez de aprendizaje mayor con respecto a la curva de aprendizaje tradicional, además de acuerdo con el criterio del experto las habilidades motrices de los estudiantes mejoraron notoriamente al utilizar el entrenador avanzado.



- En base a la investigación realizada, se determinan procedimientos y parámetros involucrados en la cirugía laparoscópica.
- Se consideran movimientos en los 3 ejes y se aplica un mecanismo de joystick. Seis grados de inclinación en el modulo para una superficie de 20x20cm
- Construcción de un Sistema de fijación de la cámara
- Página web diseñada en base a un CMS y lenguajes como PHP y MySql
- Presentación de los datos obtenidos en la web
- Protocolo FTP



- Diseña el entrenador laparoscópico con la integración de todos los componentes. Estructura de 45x40x20cm
- Precisión y exactitud, el entrenador se encuentra dentro del porcentaje de aceptación.
- Comparación de los tiempos obtenidos y validación de la hipótesis mediante el método T-student



- Usar una raspberry Pi 4 para simplificar el uso de ordenadores
- Realizar un aplicativo móvil
- Implementar una cámara inalámbrica
- Velocidad de internet superior a 50Mbps







**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SENSORIZACIÓN AVANZADA APLICADO A UN ENTRENADOR LAPAROSCÓPICO QUE FACILITE EL DESARROLLO DE LAS HABILIDADES MOTRICES DE ESTUDIANTES DE CIRUGÍA

## AUTORES:

CANGUI LAICA RICHAIR SANTIAGO  
RAMÍREZ GAVILÁNEZ ANDRÉ SEBASTIÁN

## DIRECTOR:

ING. REA MINANGO SYLVIA NATHALY

