



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO MECATRÓNICO PARA
LA REHABILITACIÓN POSTQUIRÚRGICA DE RODILLA CON MOVIMIENTO
CONTINUO PASIVO ASISTIDO POR COMPUTADOR”**

AUTORES: ORTIZ CABRERA, BRYAN DANIEL

CAIZA YANCHAPAXI, KEVIN BERNARDO

TUTOR: ING. TORRES MUÑOZ, GUIDO RAFAEL



CONTENIDO

- **Antecedentes**
- **Justificación e Importancia**
- **Descripción resumida del proyecto**
- **Objetivos**
- **Fundamento Teórico**
- **Diseño del prototipo**
- **Pruebas y resultados**
- **Conclusiones**
- **Recomendaciones**



ANTECEDENTES

Máquinas comerciales para movilización pasiva continua (MPC)



ORTOMED 4060



ARTOMOT-K classic



CAMOped



JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Mediante este proyecto se busca:

- Cumplir con el objetivo 1 del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021, establecido por la Senplades.
- Construir un prototipo que brinde similares características a una máquina de MPC comercial, tratando de que el precio sea más accesible.



Máquina de MPC Vinmax



OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un prototipo mecatrónico para la rehabilitación postquirúrgica de rodilla con movimiento continuo pasivo asistido por computador.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desarrollar un sistema mecánico que permita realizar movimientos continuos pasivos de flexión y extensión requeridos por el usuario en su etapa de rehabilitación.

Diseñar el sistema eléctrico y electrónico que permita generar el movimiento del sistema mecánico.

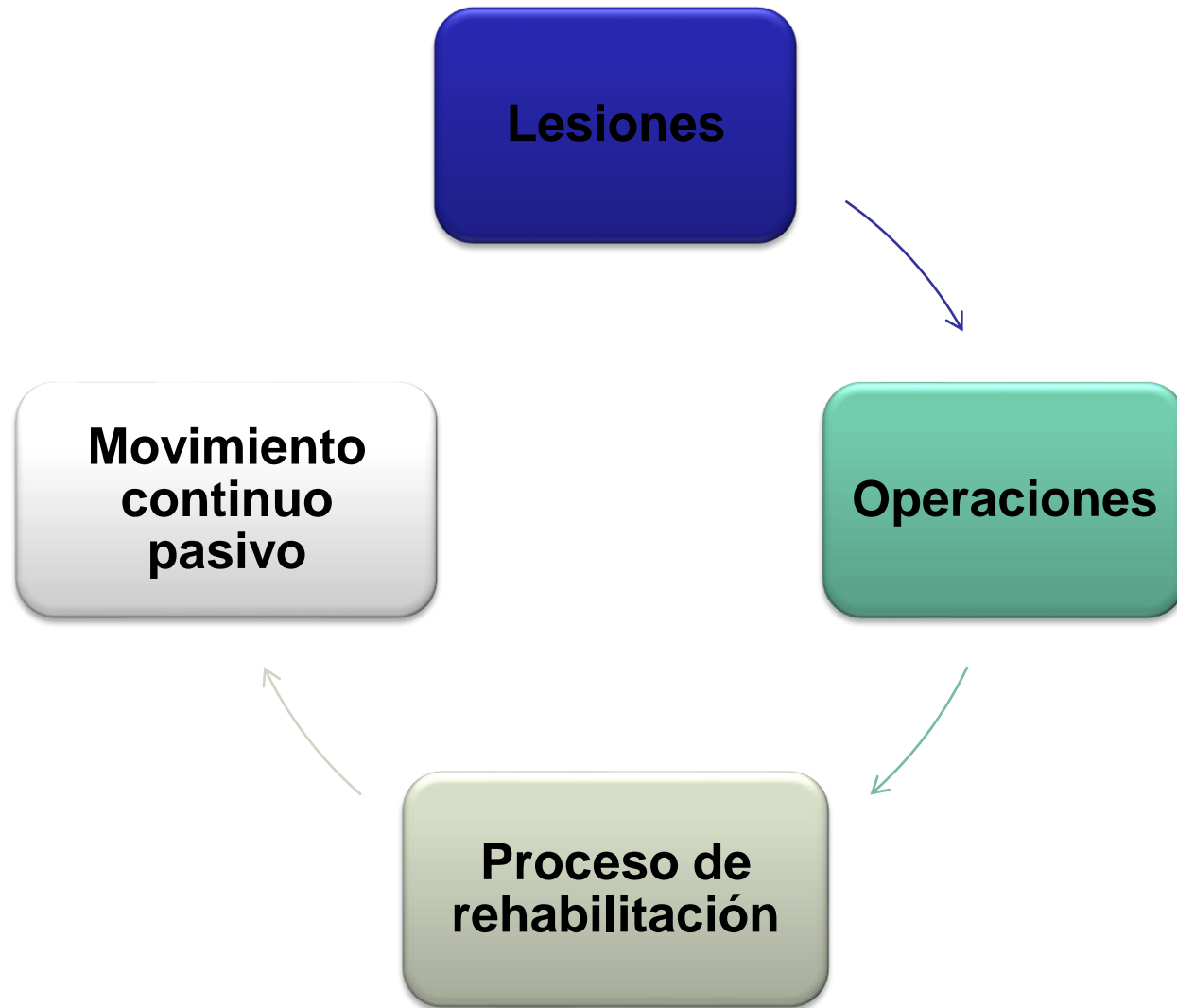
Analizar y seleccionar alternativas de control asistido por computador para el manejo del equipo de rehabilitación.

Diseñar una interfaz de fácil comprensión y manejo para que el equipo pueda ser controlado por cualquier persona.

Realizar la validación del prototipo mecatrónico con la supervisión de un especialista en fisioterapia.



FUNDAMENTO TEÓRICO



FUNDAMENTO TEÓRICO

ANATOMIA DE LA RODILLA



FUNDAMENTO TEÓRICO

CINEMÁTICA DE LA RODILLA



EXTENSIÓN



FLEXIÓN



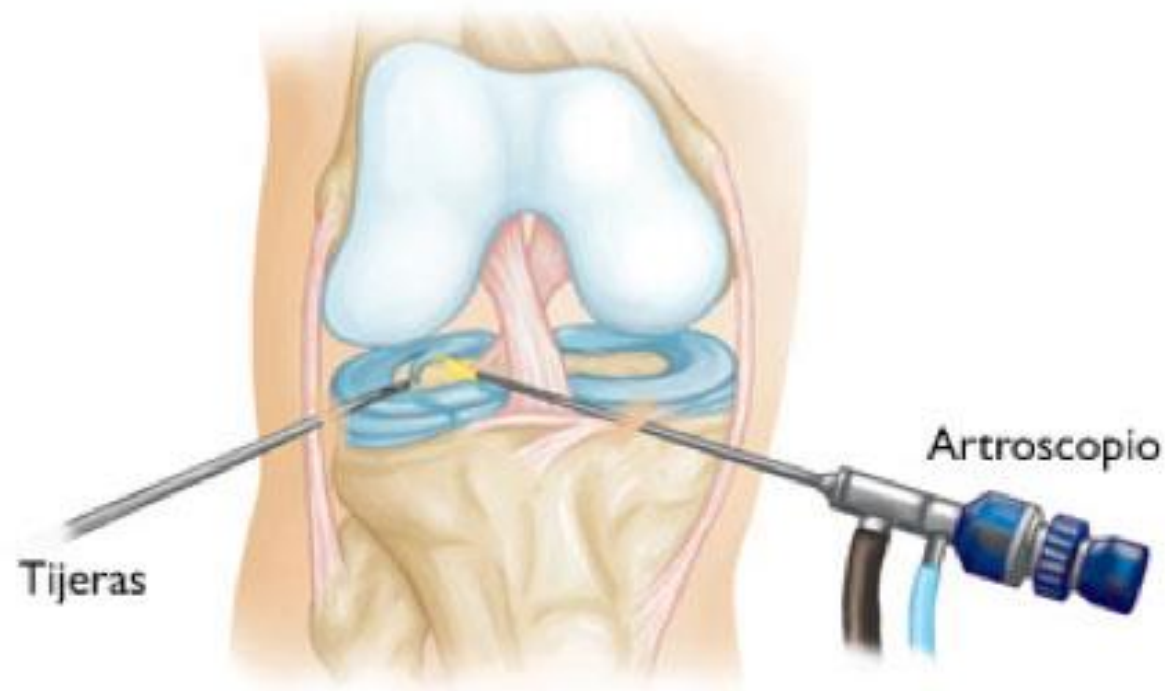
FUNDAMENTO TEÓRICO

LESIONES DE RODILLA



FUNDAMENTO TEÓRICO

TIPOS DE OPERACIONES



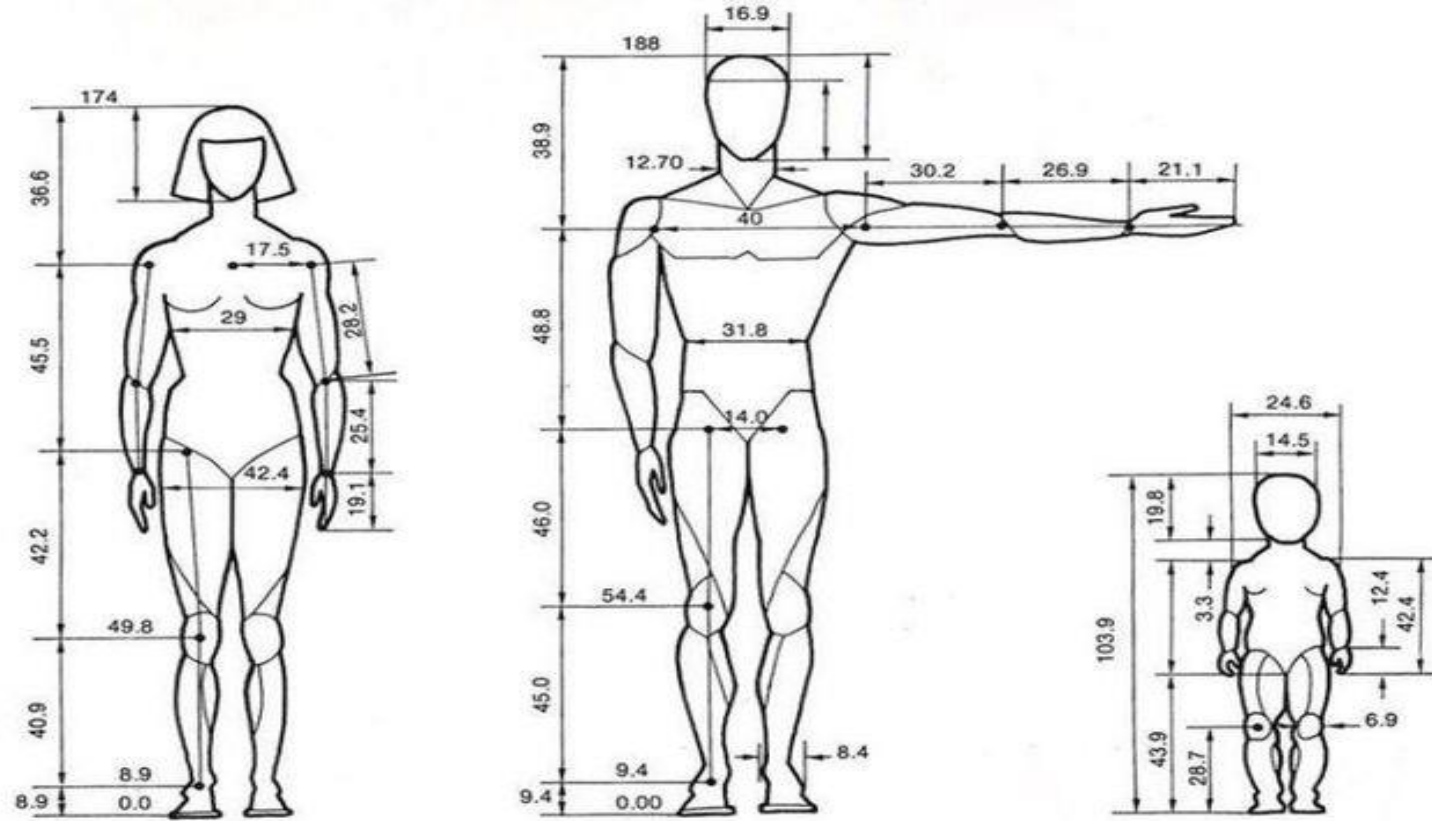
FUNDAMENTO TEÓRICO

REHABILITACIÓN

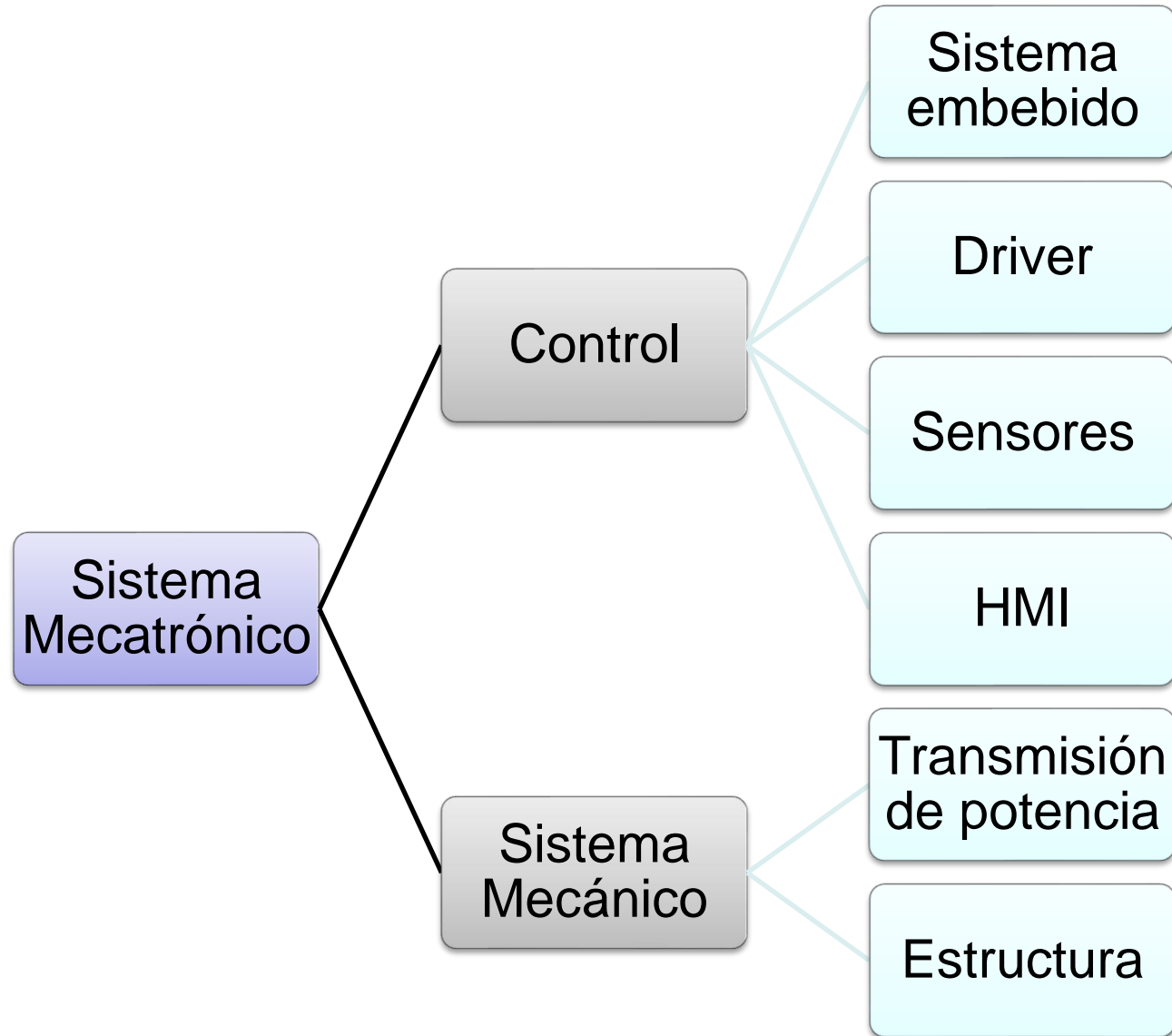


FUNDAMENTO TEÓRICO

ANTROPOMETRÍA

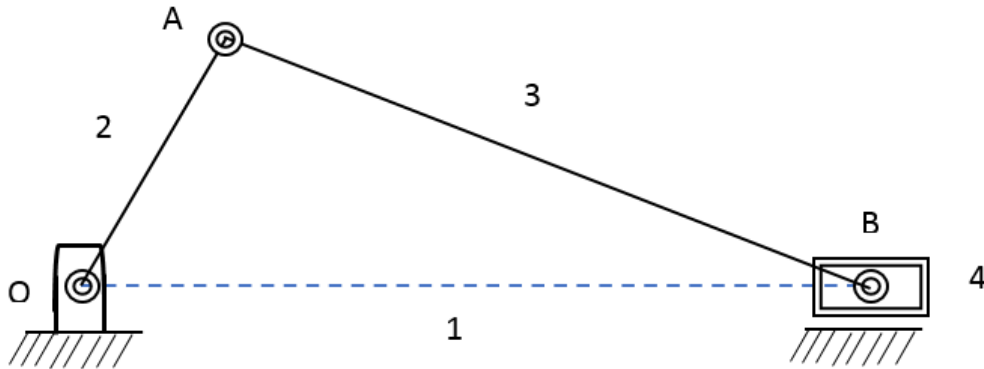


DISEÑO DEL SISTEMA



DISEÑO DEL PROTOTIPO

ANÁLISIS DINÁMICO



Análisis Dinámico	Verificación
Cálculo analítico	-2.836°/s
Cálculo de software	-2.960°/s
Error Porcentual	4.39%



DISEÑO DEL PROTOTIPO

DISEÑO DE ESLABONES

Parámetro	Valor
Tubo 1	
Diámetro exterior	25 mm
Espesor	1 mm

Parámetro Tubo 2	Valor
Diámetro exterior	22 mm
Espesor	1 mm

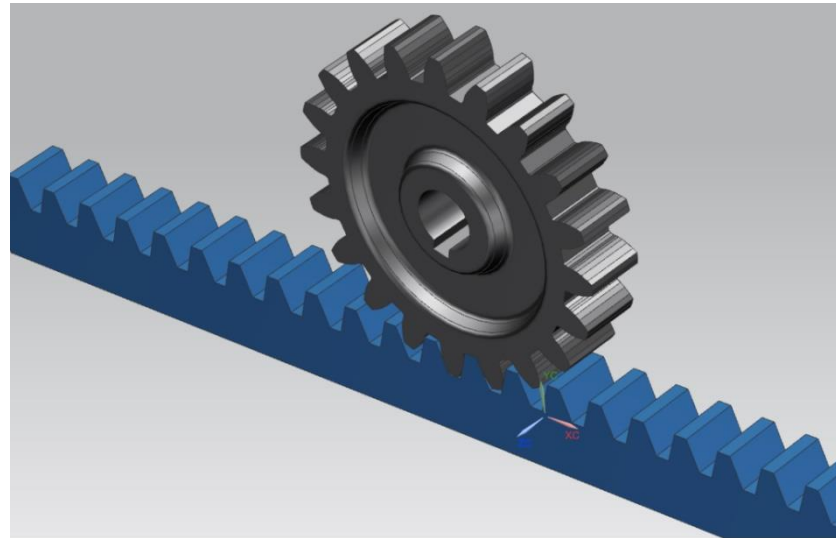
Propiedad mecánica	Valor
Resistencia a la fluencia	180 Mpa
Resistencia última	490 Mpa
Elongación %min	40
Dureza ROCKWELL B	81.7
Dureza Vickers	160



DISEÑO DEL PROTOTIPO

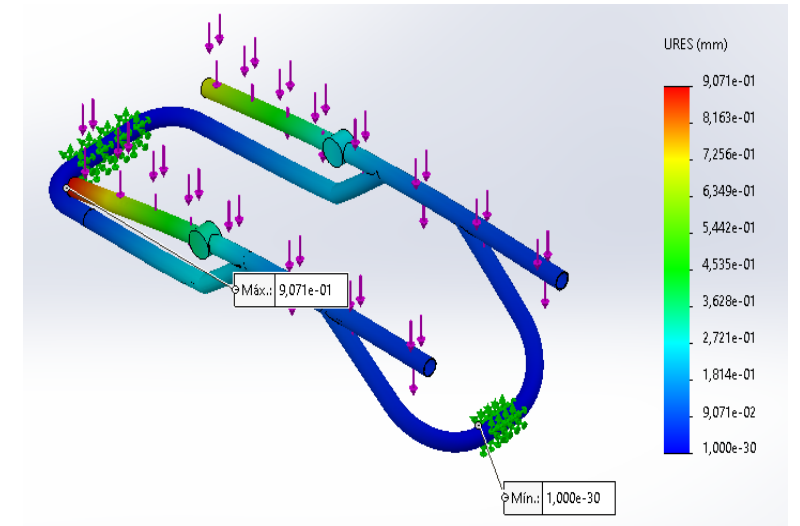
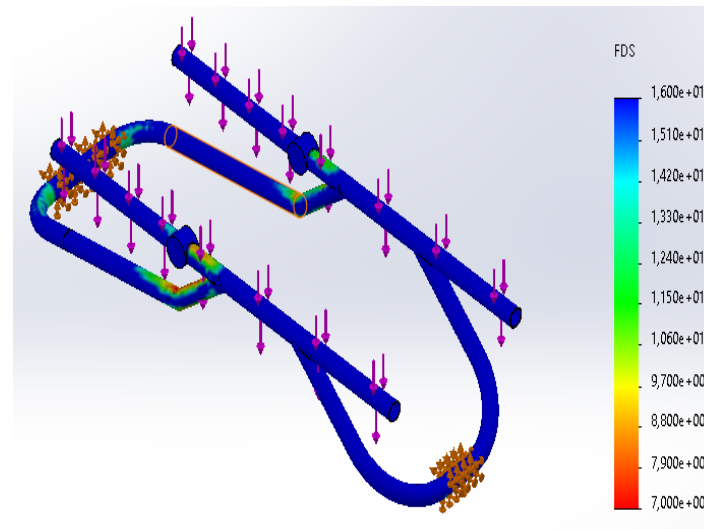
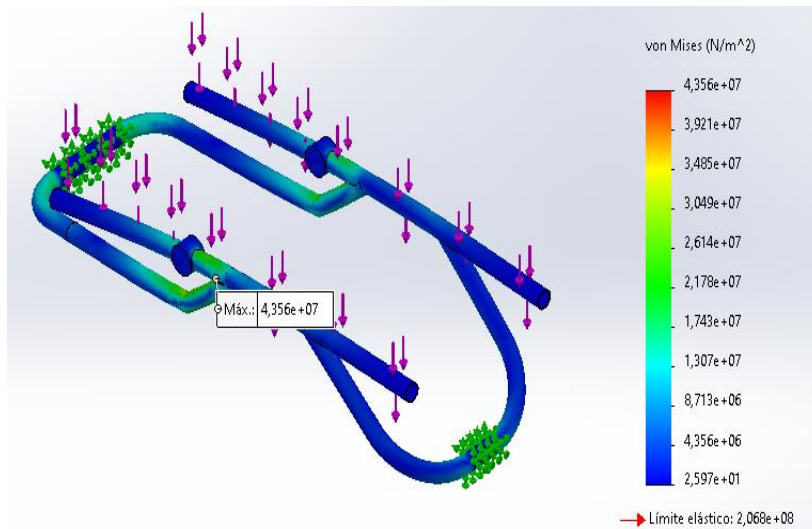
DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

DISEÑO PIÑÓN CREMALLERA



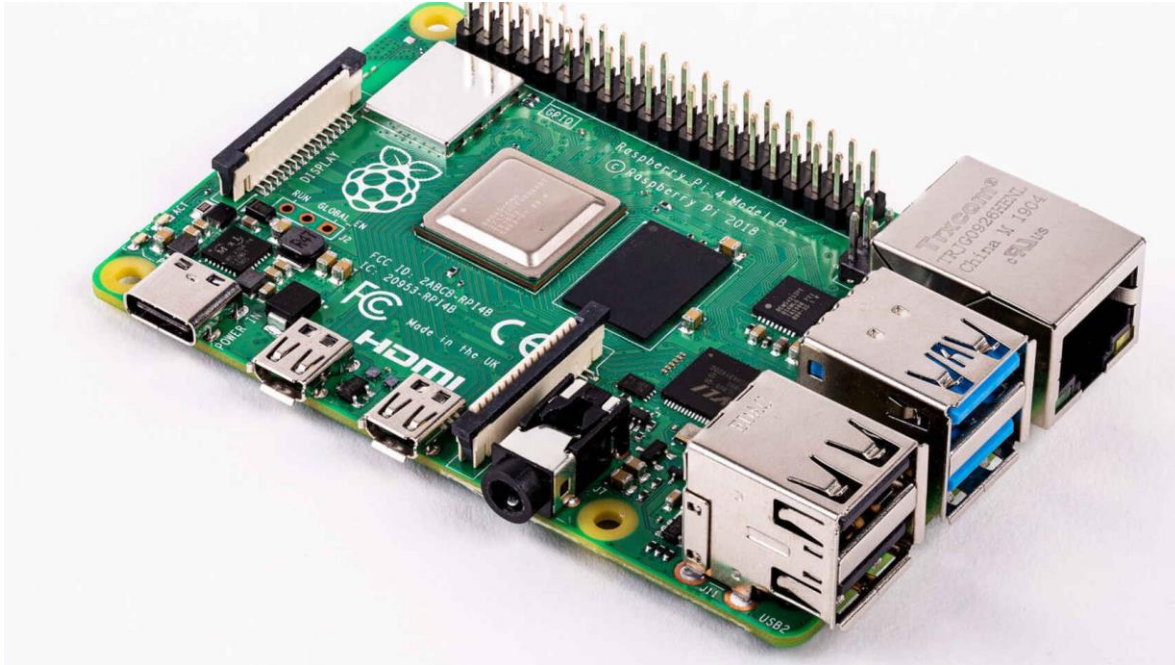
DISEÑO DEL PROTOTIPO

ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS



SISTEMA DE CONTROL – SISTEMA EMBEBIDO

Raspberry Pi 4



Arduino UNO



SISTEMA DE CONTROL – DRIVER

HY-DIV268N-5A



SISTEMA DE CONTROL – SENSORES

Finales de carrera



SISTEMA DE CONTROL – HMI

Pantalla Táctil Capacitiva LCD 7”



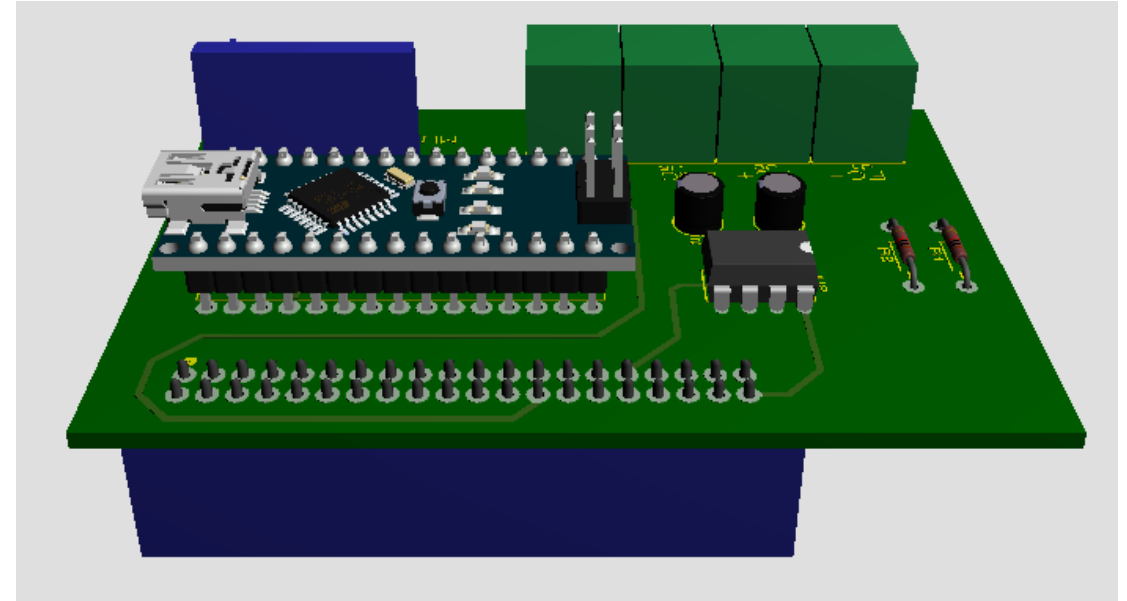
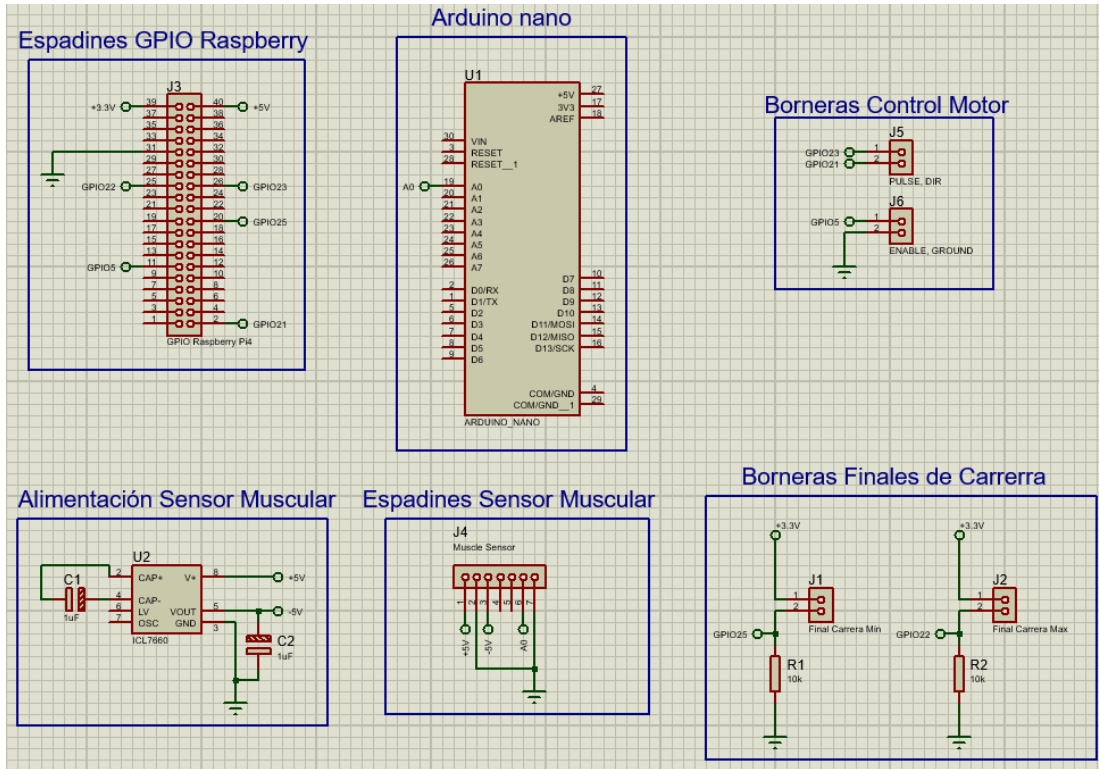
SISTEMA DE CONTROL – FUENTE DE PODER

Fuente conmutada 24V 10A

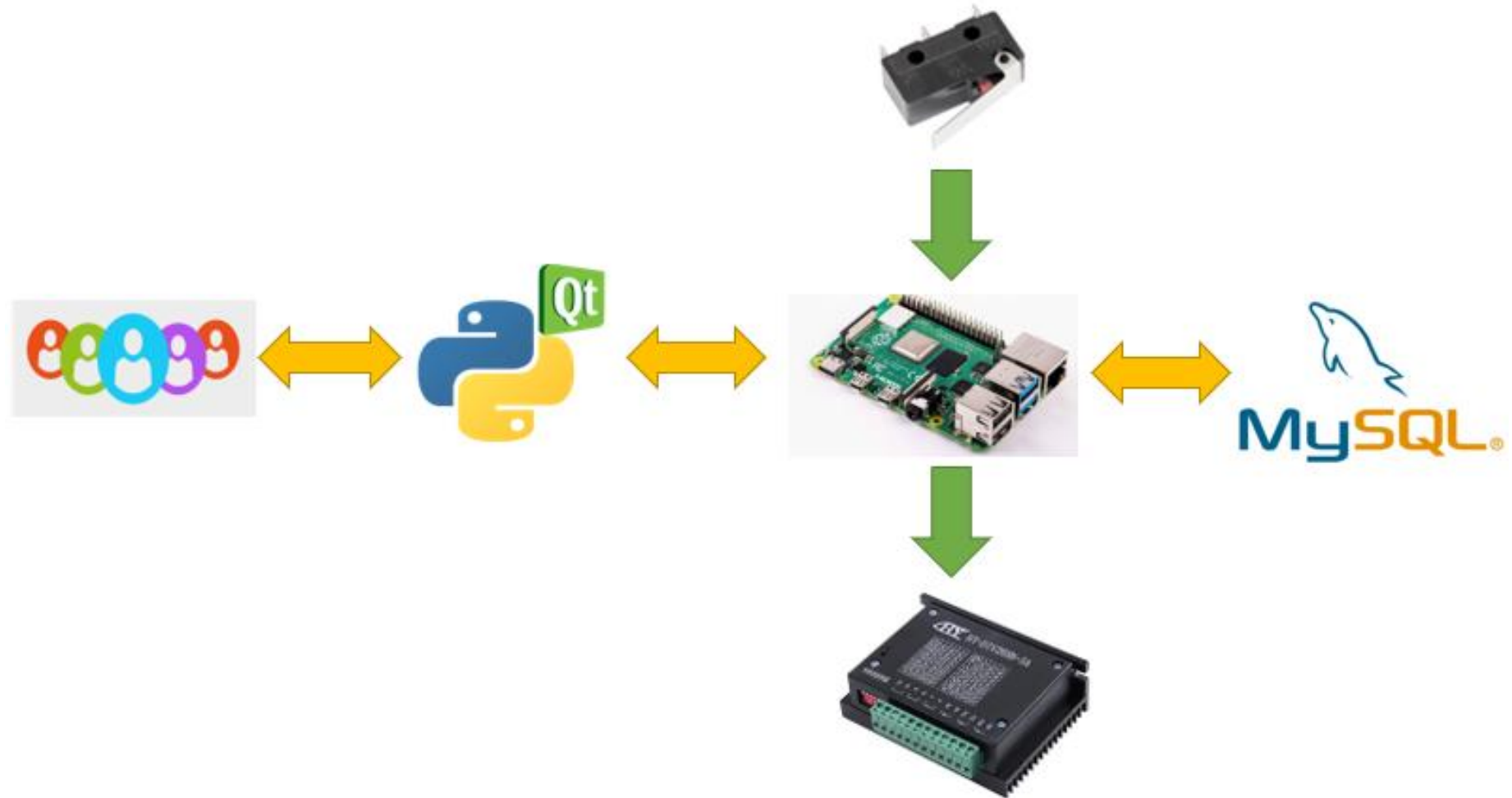


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

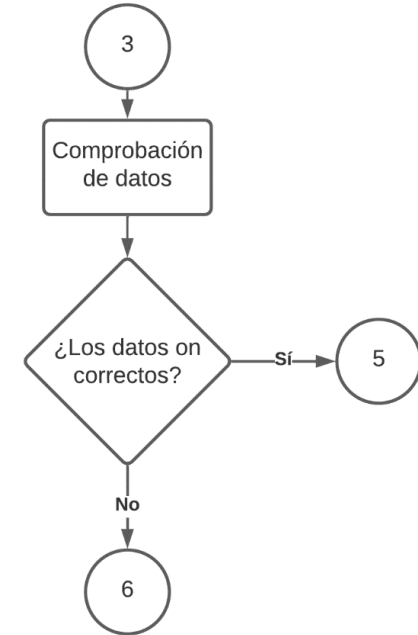
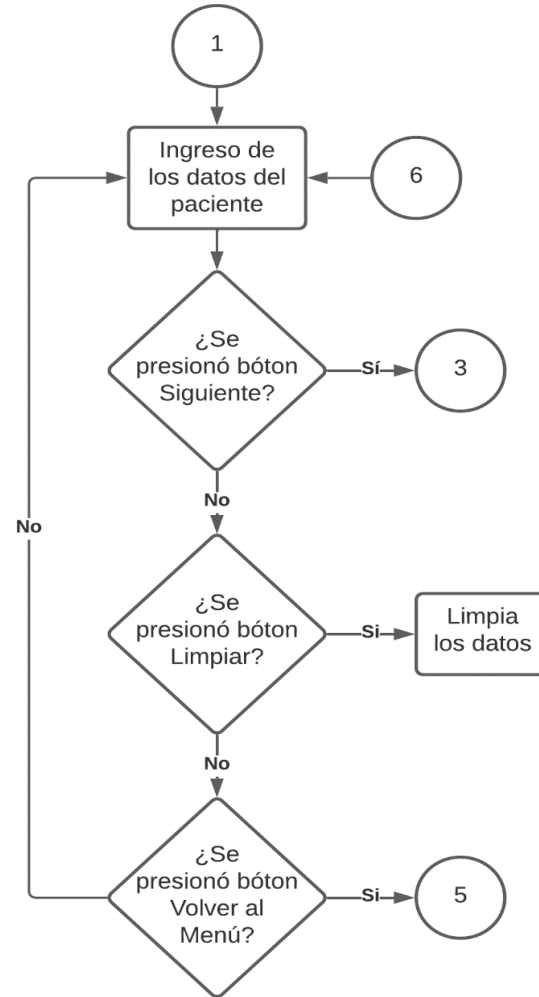
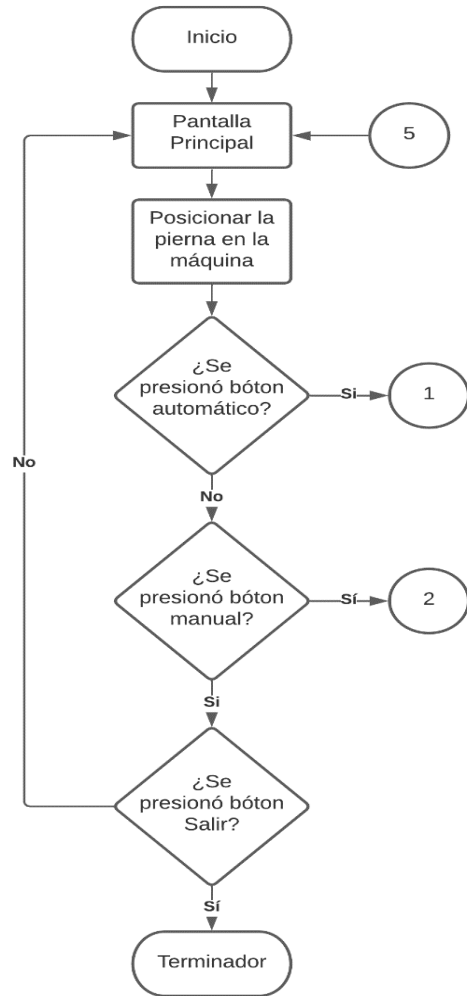
SISTEMA DE CONTROL SHIELD DE CONEXIÓN



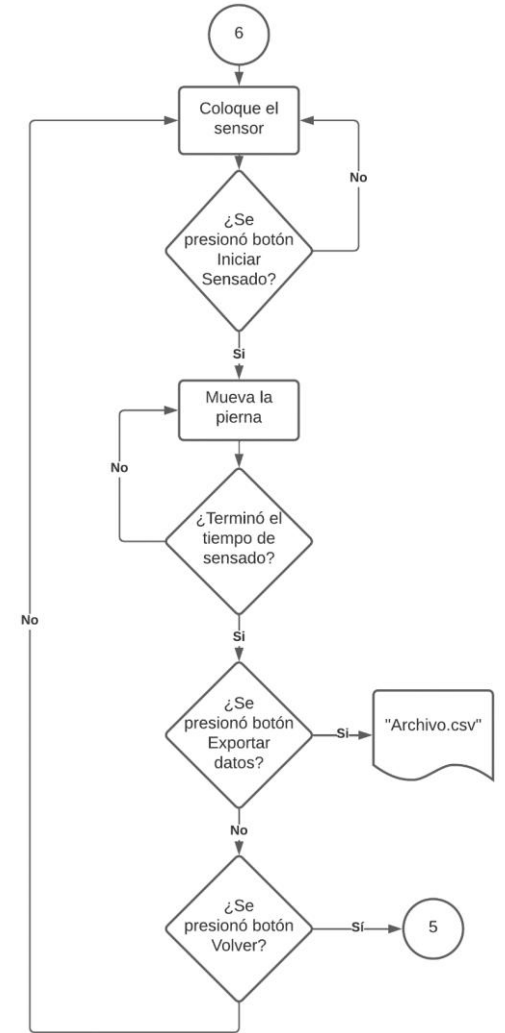
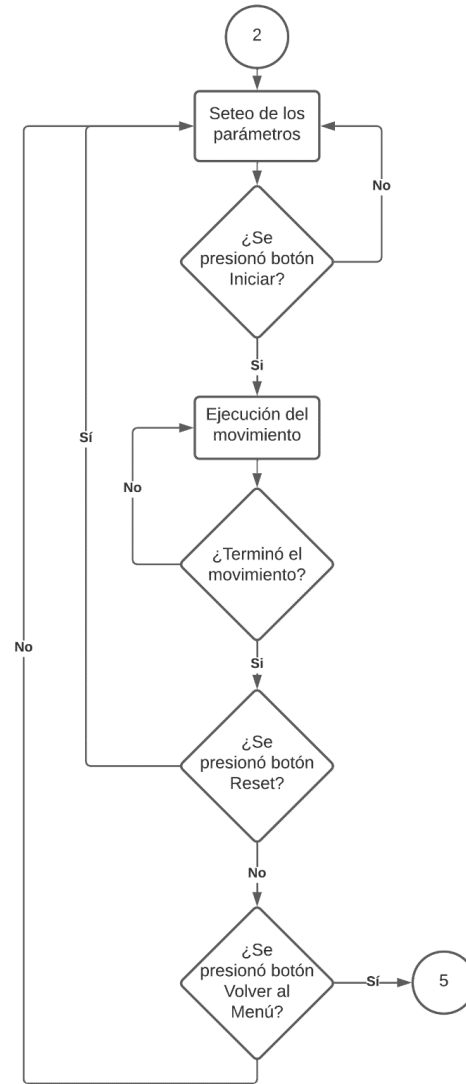
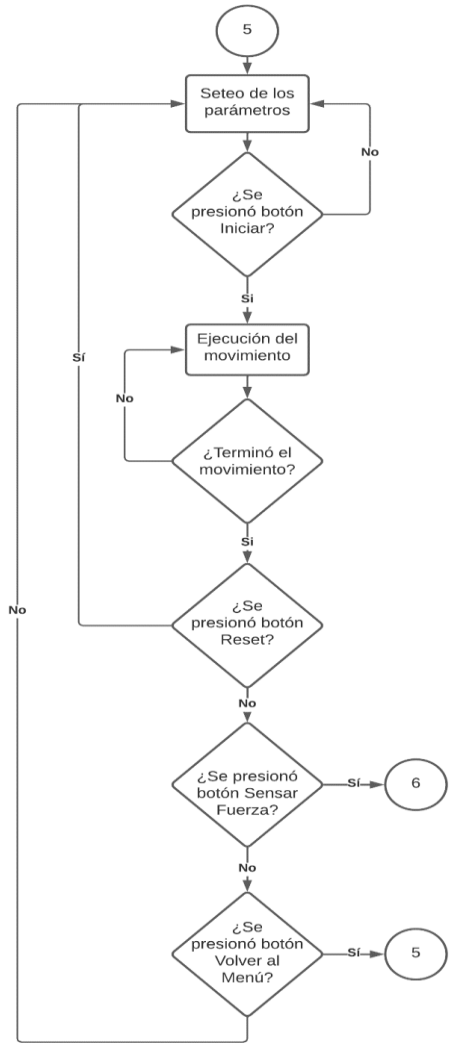
INTERFAZ Y COMUNICACIÓN



PROGRAMACIÓN



PROGRAMACIÓN



HMI

Rehabilitador de Rodilla

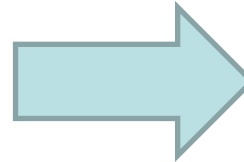


Rehabilitador Postquirúrgico de Rodilla

Registro Registre los datos del paciente e inicie la rehabilitación

Sin Registro Inicie el proceso de rehabilitación sin registro de datos

Salir Salir de la aplicación



Registro de Paciente - [Previsualizar] - Qt Designer

Registro de Paciente

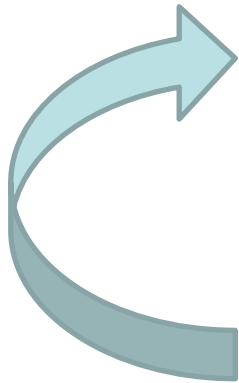
Nombre del Paciente: Edad:

N. de Cédula: Peso (Kg):

Doctor: Estatura (cm):

Lesión: Sesión #:

Volver al Menú **Limpiar** **Siguiente**



Registro de Paciente - [Previsualizar] - Qt Designer

Registro de Fuerza del Paciente

Nombre del paciente: C.I.:

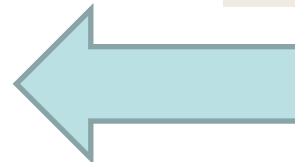
Trate de flexionar y extender su pierna

Valor sentido:

Iniciar el sensado

Exportar datos

Volver



Rehabilitador de Rodilla - [Previsualizar] - Qt Designer

Modo Automático

Nombre del Paciente: C.I.: Sesión#:

Ángulo de Extensión (Grados)	Ángulo de Flexión (Grados)	Número de Repeticiones	Repetición N°:
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

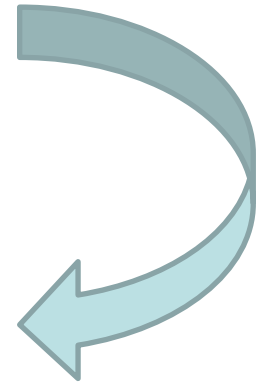
N° Grados:

Iniciar **Parar**

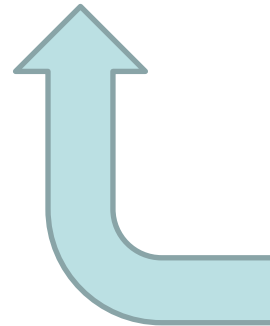
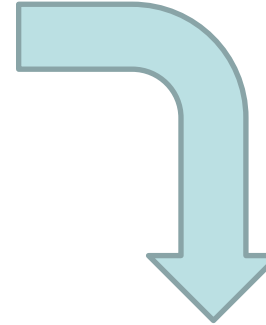
Reset

Sensar Fuerza

Volver al Menú

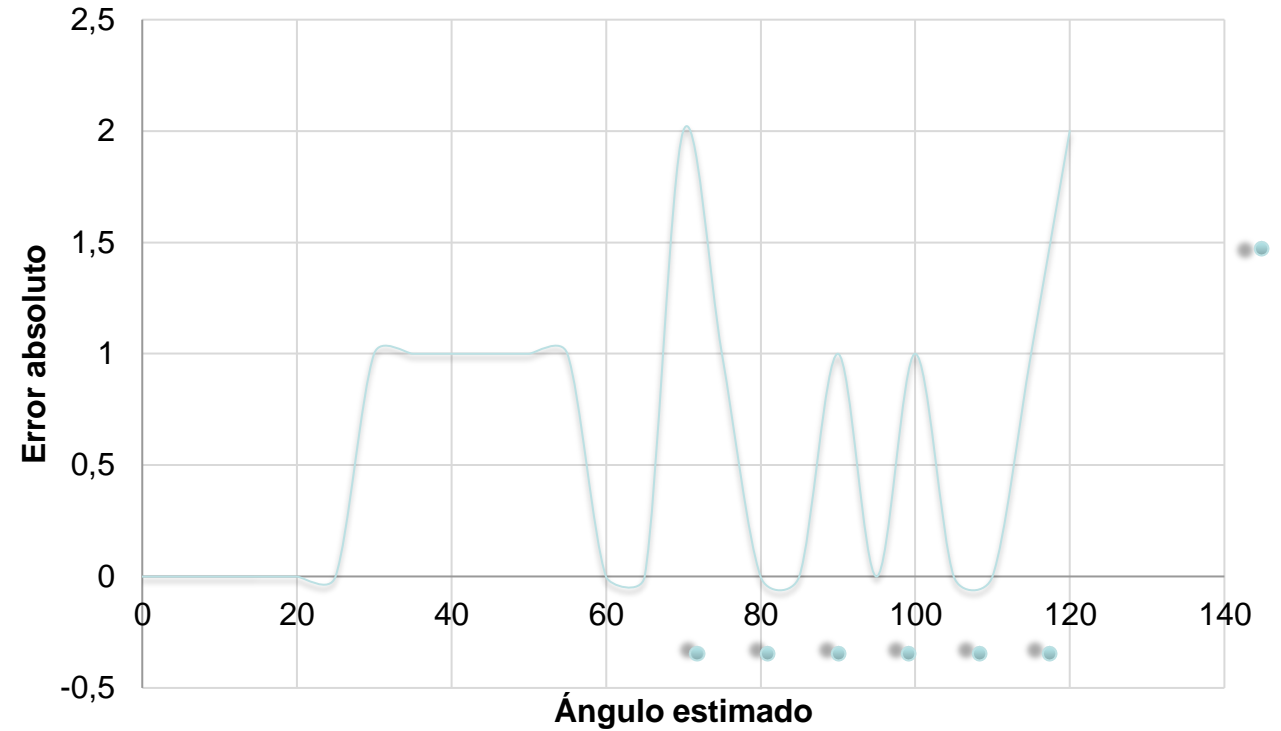


HMI



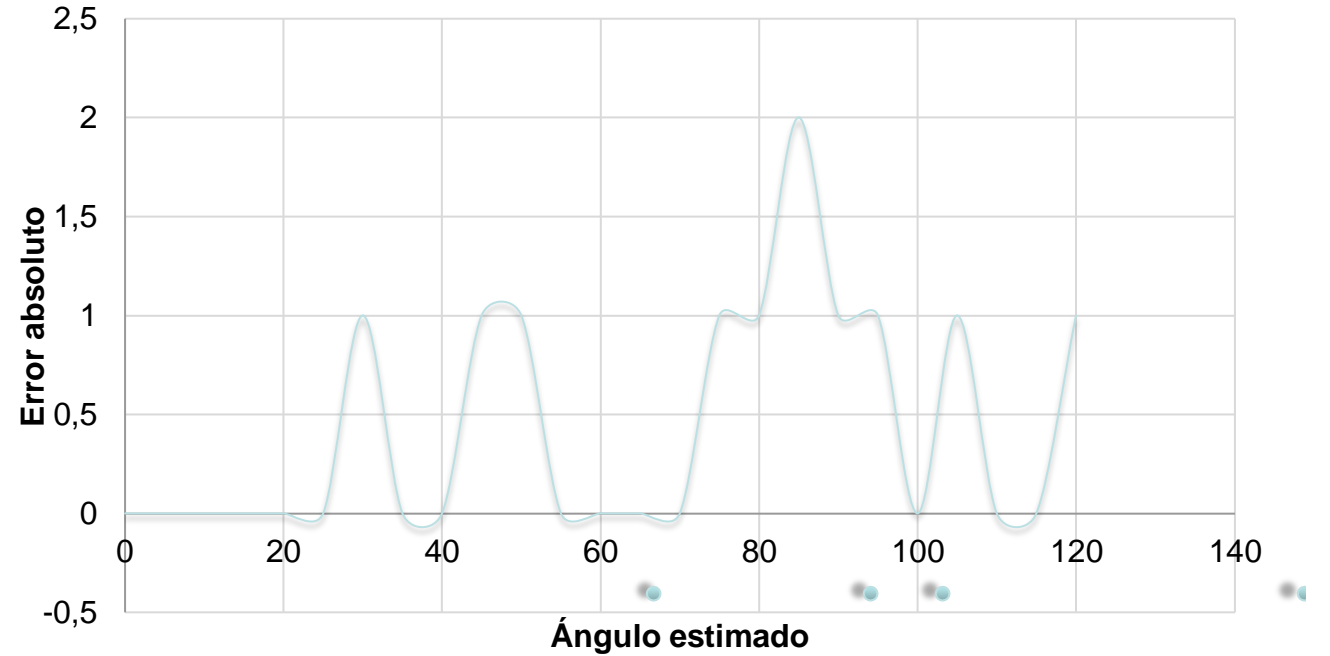
PRUEBAS Y RESULTADOS

PRUEBAS DE POSICIONAMIENTO



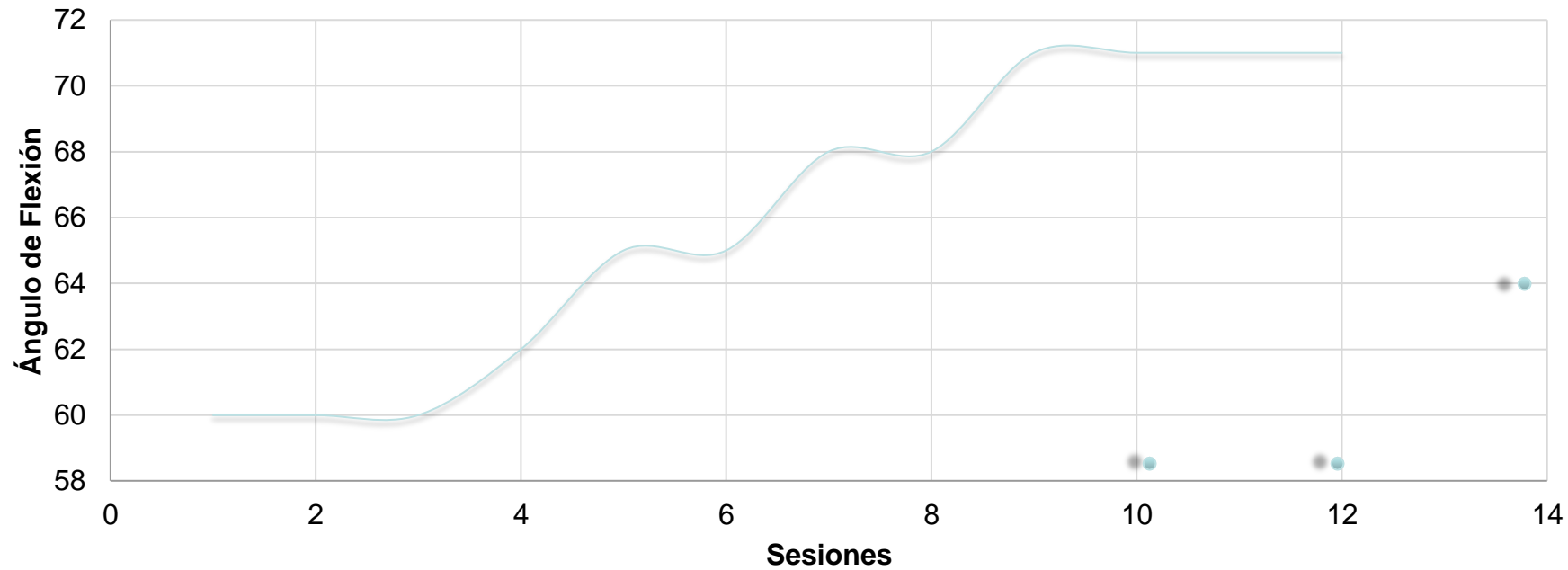
PRUEBAS Y RESULTADOS

PRUEBAS DE POSICIONAMIENTO CARGA



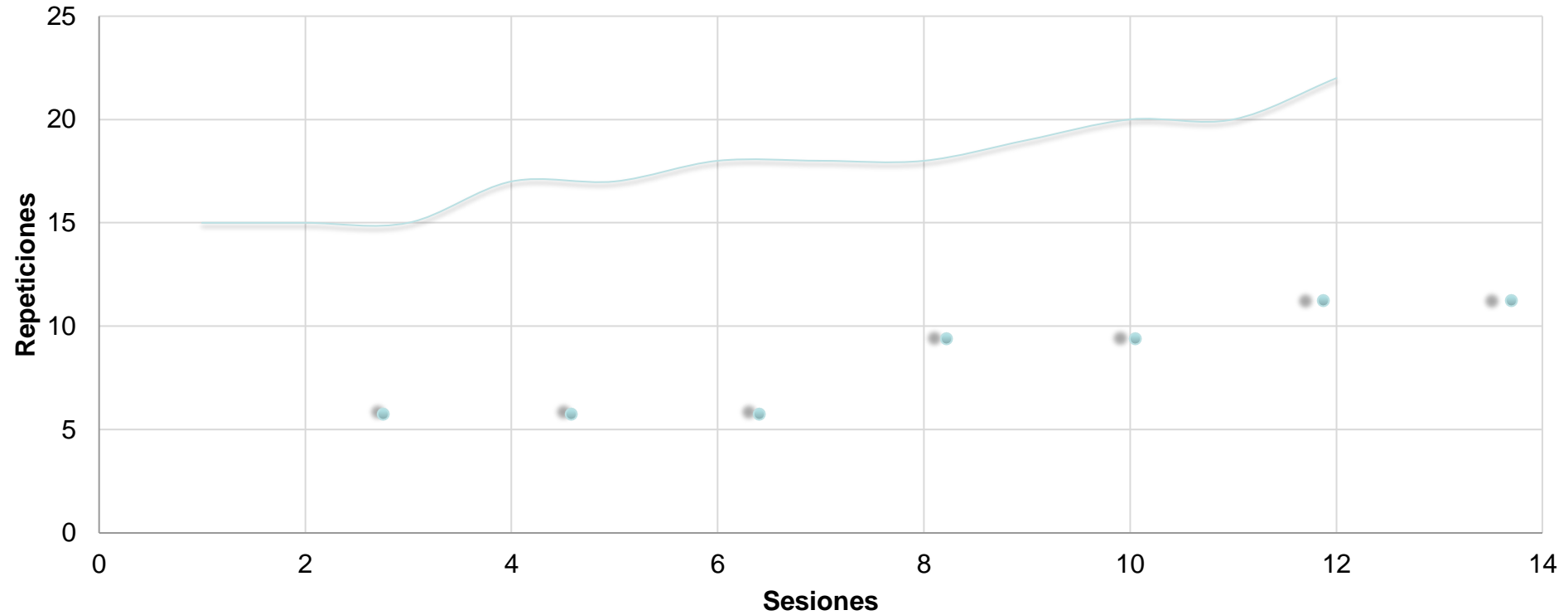
PRUEBAS Y RESULTADOS

RESULTADOS DE SESIONES



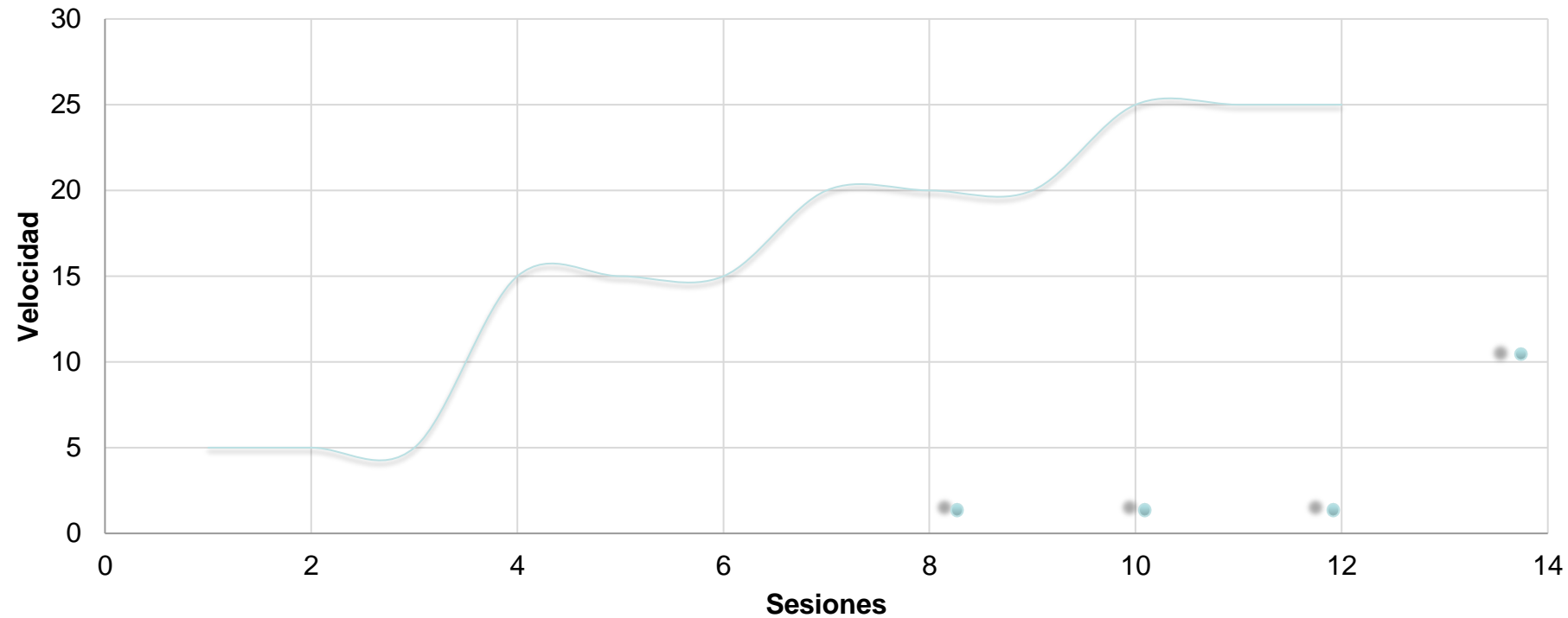
PRUEBAS Y RESULTADOS

RESULTADOS DE SESIONES



PRUEBAS Y RESULTADOS

RESULTADOS DE SESIONES



PRUEBAS Y RESULTADOS

COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

$$X^2_{tabla} = 19.675$$

$$X^2_{calculado} = 26.675$$

$$X^2_{calculado} > X^2_{tabla}$$

El prototipo mecatrónico para la rehabilitación de rodilla, será capaz de mejorar la movilidad de un paciente postquirúrgico.



CONCLUSIONES

- Se diseñó y se construyó el equipo para la rehabilitación postquirúrgica de rodilla, teniendo en cuenta el percentil antropométrico de las personas de la región sierra; logrando como resultado una garantía del correcto funcionamiento del equipo, mismo que cuenta con una interfaz gráfica para la puesta en marcha y control del mismo.
- El diseño mecánico como electrónico se lo llevo a cabo con materiales que se encuentran disponibles en el mercado local.
- El rehabilitador de rodilla es capaz de realizar movimiento de flexo extensión en ángulos comprendidos de 0 a 120 grados, a una velocidad que puede ser regulada de 0,05m/s a 0.15m/s, con capacidad para programar un número determinado de repeticiones que van de 1 a 50 repeticiones por sesión, de igual manera se controla el tiempo de pausa al final de cada movimiento de flexión o de extensión.



CONCLUSIONES

- Al inicio de cada sesión de rehabilitación el operador del rehabilitador debe de ingresar datos de identificación personal, los cuales son registrados y servirán para evidenciar el progreso de su recuperación en cada sesión en la cual haga uso del rehabilitador de rodilla.
- El prototipo rehabilitador de rodilla está diseñado ergonómicamente con capacidad de rehabilitar la extremidad inferior tanto del lado izquierdo como derecho todo esto gracias a la simetría que este posee; siendo regulable para personas de alturas que van desde 1,6m en adelante
- Se utilizo disipadores de calor para cada componente electrónico mejorando así su rendimiento y evitando calentamiento por tiempo excesivo de uso



RECOMENDACIONES

- Se recomienda antes de encender el prototipo verificar que las conexiones de alimentación eléctrica, como de la pantalla LCD hacia la raspberry sean correctas, con el fin de evitar errores al arranque de la máquina.
- Antes de hacer uso del funcionamiento de la maquina con un paciente postoperatorio, es importante que un profesional supervise el trabajo que va a realizar la máquina, para evitar que se ingresen ángulos de flexión o extensión que puedan dañar su extremidad.
- Se recomienda posicionar la extremidad inferior sobre los sujetadores de tela, teniendo en cuenta la comodidad del paciente.
- Se recomienda setear la máquina siempre que se dese empezar un nuevo ciclo de rehabilitación.



RECOMENDACIONES

- Es necesario que previo a la puesta en marcha del rehabilitador de rodilla sean confirmados los parámetros programados por una persona que conozca plenamente el funcionamiento del equipo.
- A fin de aumentar la autonomía del equipo, se puede hacer uso de sensores de electromiografía que puedan tomar datos para ser registrados y posteriormente ser analizados.

