



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS BIPEDESTADORA  
MULTI POSTURA CON SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL Y  
VERTICAL PARA LA EMPRESA SAYANI”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros  
Electromecánicos

**Autores:**

Endara Andagua Willian Fabián

Vilca Guamaní Sandro Javier

**Tutor:**

MsC. Cristian Fabián Gallardo Molina

Latacunga – Ecuador


2023



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Endara Andagua Willian Fabián y Vilca Guamaní Sandro Javier, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica “**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS BIPEDESTADORA MULTI POSTURA CON SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL PARA LA EMPRESA SAYANI**”, siendo el MsC. Cristian Fabián Gallardo Molina tutor del presente trabajo; eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presente propuesta tecnológica, son de mi exclusiva responsabilidad.

  
.....  
Endara Andagua Willian Fabián  
C.C.: 0503264285

  
.....  
Vilca Guamaní Sandro Javier  
C.C: 0502779770



## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS BIPEDESTADORA MULTI POSTURA CON SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL PARA LA EMPRESA SAYANI”**, de Endara Andagua Willian Fabián y Vilca Guamaní Sandro Javier, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnico suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto 2023



.....

MsC. Cristian Fabián Gallardo Molina

C.C. 0502847692



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN



En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, el o los postulantes Endara Andagua Willian Fabián y Vilca Guamaní Sandro Javier, con el título de Proyecto de Titulación “DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS BIPEDESTADORA MULTI POSTURA CON SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL PARA LA EMPRESA SAYANI” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto 2023

Para constancia firman:

**Lector 1 (Presidente)**

Dr.C. Enrique Torres Tamayo

C.I.:175712194-0

**Lector 2**

Ing. Ms.C Edwin Moreano Martínez

C.C. 050260750-0

**Lector 3**

PhD. Héctor Laurencio Alfonso

C.C. 1758367252





## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Mediante el presente pongo a consideración que, los señores: Endara Andagua Willian Fabián y Vilca Guamaní Sandro Javier, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, realizaron su trabajo de PROPUESTA TECNOLÓGICA, aportando a la empresa SAYANI con su tema: **“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS BIPEDESTADORA MULTI POSTURA CON SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL PARA LA EMPRESA SAYANI”**,

Latacunga, agosto 2023

Atentamente

**GERENTE DE SAYANI**

**FREDDY ENDARA**

0502279938



## AGRADECIMIENTO

*Durante todo el trayecto de mi vida universitaria no me queda más que darle las gracias a Dios a mi madre Olga Andagua, a mi esposa Elena Guamán y a mis hijos Cristian y Elizabeth quienes me apoyaron, me colaboraron y me dieron sus concejos para seguir adelante en este mi gran sueño que se me cumple, quienes nunca de creer en mis proyectos; además de mi gran amigo y colega de tesis Sandro Vilca. Pese a la complejidad de mi querida carrera la cual me abrió las puertas para ser un profesional más de esta querida Universidad, siempre estaré agradecido con el apoyo que me dieron los demás docentes.*

*Agradezco a mi Tutor y Amigo, Ing MsC. Cristian Fabián Gallardo Molina, que ha sido una gran guía en este transcurso de mi vida Universitaria y en las aulas por la confianza en mí para la realización de este proyecto.*

***William Fabián***



## DEDICATORIA

*Este proyecto de tesis va dedicado a Dios y más que todo a mi Familia y amigos, los cual jamás dejaron de creer en mí y quienes supieron darme esa fuerza para cumplir mis metas.*

*Este logro en mi vida académica que llena de gran orgullo y se lo llevo a cristalizar gracias a mucha gente quienes tuvieron paciencia y me daban ese estímulo para seguir adelante.*

*“No importa cuánto te demores en el trayecto lo importante es saber terminar por que quien se rinde ante el dolor y el miedo jamás conocerá la victoria”*

***William Endara***



## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios por bendecirme con su amor y bondad, por guiarme a lo largo de mi experiencia dentro de mi universidad, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad. Gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto, pero en especial a mi madre Fanny Guamaní, por ser la principal promotora en mis metas, por confiar y creer en cada momento de mi vida. Así mismo, deseo expresar mi reconocimiento a mi amigo, compañero y colega de tesis Endara Willian quién con sus conocimientos pudimos concluir este proyecto.*

*A mis maestros por brindarme sus conocimientos, pero de manera especial a mi tutor el Ing. Gallardo Cristian, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este proyecto de titulación, sino por brindarme su amistad y apoyo para desarrollarme como profesional y ser humano con valores.*

*Y a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por haberme brindado la oportunidad de enriquecerme en valores y conocimiento dentro de sus aulas.*

***Sandro Vilca***



## **DEDICATORIA**

*Este trabajo se lo dedico a mi madre, por enseñarme el camino hacia la superación para conseguir mis metas. Tu bendición y oración a lo largo de mi vida me protege y me llena de sabiduría para tomar decisiones acertadas. Por eso este trabajo de titulación te doy como un homenaje por tu paciencia, sabiduría y amor.*

*Sandro Vilca*



## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
RESUMEN .....	x
INFORMACIÓN GENERAL .....	1
1 INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 EL PROBLEMA.....	4
1.1.1 Situación problemática .....	4
1.1.2 Formulación del problema.....	4
1.2 BENEFICIARIOS.....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	5
1.4 HIPÓTESIS.....	5
1.5 OBJETIVOS .....	6
1.5.1 General.....	6
1.5.2 Específicos.....	6
1.6 SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS..	6
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	8
2.1 Antecedentes de la investigación .....	8
2.2 Discapacidad física .....	9
2.2.1 Discapacidad física en el Ecuador .....	9
2.2.2 Causantes de discapacidad.....	10
2.2.3 Paraplejia .....	11
2.3 Silla de ruedas.....	12

2.3.1	Sillas de ruedas eléctricas .....	13
2.3.2	Criterios para la elección de una silla de ruedas.....	15
2.3.3	Perjuicios de un mal diseño o elección de una silla de ruedas .....	15
2.3.4	Mantenimientos básicos de una silla de ruedas .....	16
2.4	Estado de bipedestación.....	17
2.4.1	Características de la bipedestación.....	17
2.4.2	Bipedestación estática.....	18
2.4.3	Bipedestación dinámica.....	19
2.4.4	Biomecánica de la bipedestación.....	19
2.4.5	Trayectorias de elevación de la bipedestación .....	19
2.4.6	Tipos de bipedestadores.....	20
2.5	Sistemas de mando.....	22
3	DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....	25
3.1	METODOLOGÍA .....	25
3.2	Tipos de investigación y métodos.....	25
3.2.1	Investigación bibliográfica .....	25
	Investigación de campo .....	25
3.2.2	Método científico.....	25
3.3	Declaración de variables.....	25
3.3.1	Variable dependiente .....	26
3.4	Metodología de diseño.....	27
3.4.1	Análisis de requerimiento.....	27
3.4.2	Análisis dimensional del cuerpo de una persona.....	28
3.4.3	Diseño del sistema de bipedestación .....	30
3.4.4	Dimensionamiento del motor lineal .....	37
3.4.5	Selección del controlador .....	43
3.5	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	45

3.5	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO .....	57
3.5.2	SISTEMA DE RUEDAS, COJINES Y SEGURIDAD.....	58
3.5.3	SISTEMA DE CONTROL .....	59
3.5.4	COSTO TOTAL .....	60
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	61
5.	REFERENCIAS .....	63
	ANEXOS .....	66

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Sistema de tareas en relación con los objetivos planteados .....	7
Tabla 2.1	Elementos de una silla de ruedas .....	13
Tabla 2.2	Tipos de sistemas de mando .....	23
Tabla 3.1	Variable independiente.....	26
Tabla 3.2	Variable dependiente.....	26
Tabla 3.3	Medidas en función a la persona discapacitada.....	29
Tabla 3.4	Medidas en función a la persona discapacitada.....	30
Tabla 3.5	Propiedades mecánicas del tubo negro.....	34
Tabla 3.6	Características del motor lineal .....	38
Tabla 3.7	Características de los motores DC.....	42
Tabla 3.8	Características del control de mando.....	44

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Simbología de una persona con discapacidad física .....	9
Figura 2.2	Discapacidad física.....	12
Figura 2.3	Silla de ruedas común. ....	13
Figura 2.4	Partes de una silla de ruedas.....	13
Figura 2.5	Silla de ruedas eléctricas. ....	14
Figura 2.6	Estado de bipedestación asistido.....	17
Figura 2.7	Equilibrio en bipedestación.....	18
Figura 2.8	Bipedestación estática. ....	18
Figura 2.9	Bipedestación dinámica. ....	19

Figura 2.10 Bipedestación dinámica. ....	19
Figura 2.11 Trayectoria lineal. ....	20
Figura 2.12 Trayectoria curva. ....	20
Figura 2.13 Bipedestador tipo camilla.....	21
Figura 2.14 Bipedestador tipo camilla.....	21
Figura 2.15 Bipedestador tipo silla de ruedas eléctrico.....	22
Figura 2.16 Sistemas de mando “Joystick”. ....	22
Figura 2.17 Sistema de control lazo abierto. ....	24
Figura 2.18 Sistema de control lazo cerrado. ....	24
Figura 3.1 Fases de diseño.....	27
Figura 3.2 Estudio antropométrico. ....	28
Figura 3.3 Dimensiones generales.....	30
Figura 3.4 Ubicación del peso y fuerza ....	37
Figura 3.5 Motor lineal.....	38
Figura 3.6 Diagrama de cuerpo libre. ....	39
Figura 3.7 Diagrama de cuerpo libre en bipedestación. ....	41
Figura 3.8 Motor DC. ....	42



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TÍTULO:** “DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS BIPEDESTADORA MULTI POSTURA CON SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL PARA LA EMPRESA SAYANI”

**Autores:** Endara Andagua Willian Fabián  
Vilca Guamaní Sandro Javier

### RESUMEN

Esta tesis se presenta el diseño, construcción e implementación de una silla de ruedas eléctrica bipedestadora multipostura con sistema de desplazamiento horizontal y vertical para la empresa SAYANI. Por lo cual se efectuó una investigación de reseñas científicas de los últimos años, en el área del desarrollo tecnológico de la ergonomía biométrica en sillas de ruedas, así como el avance en tecnologías en los dispositivos de bipedestación. Posteriormente se diseña un sistema fiable, compuesto por un mecanismo de paralelogramo y motores lineales, los cuales van a permitir que se consiga una posición de bipedestación, formando un ángulo de 70 grados. Este diseño también se lo realizó mediante un análisis estático y dinámico de la estructura de la silla de ruedas. El desplazamiento y movimiento es de manera independiente, por la utilización de motores especiales, la maniobrabilidad y control preciso del movimiento estará realizada por una palanca de mando o joystick, así la silla de ruedas tendrá un óptimo desempeño.

Los resultados obtenidos con la puesta en marcha de este dispositivo mecánico, se pudo comprobar su funcionalidad, estabilidad, movilidad, control, precisión en los movimientos que le dan al usuario al cambiar de posición con solo presionar un botón y realizar movimientos horizontales y verticales sin salir de la silla de ruedas, con mayor seguridad.

Al plantear este diseño e implementación de una silla de ruedas eléctrica bipedestadora, se podrá reducir considerablemente lesiones al usuario ocupante brindándoles así mayor comodidad, una ventaja en su día a día desenvolvimiento, trabajo, familia, salud, es decir, le ayudarán a mejorar su parte estilo de vida.

**Palabras clave:** bipedestación, silla de ruedas, paraplejia, ergonomía, desplazamiento





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**TITLE:** "DESIGN AND MANUFACTURE OF A MULTI POSTURE BIPEDESTAT WHEELCHAIR WITH HORIZONTAL AND VERTICAL DISPLACEMENT SYSTEM FOR THE COMPANY SAYANI".

**ABSTRACT**

This thesis presents the design, construction and implementation of an electric wheelchair bi pedestadora multi posture with horizontal and vertical displacement system for the company SAYANI. Therefore, research of scientific reviews of recent years in the area of technological development of biometric ergonomics in wheelchairs, as well as the progress in technologies in standing devices was carried out. Subsequently, a reliable system is designed, consisting of a parallelogram mechanism and linear motors, which will allow to achieve a standing position, forming an angle of 70 degrees. This design was also carried out through a static and dynamic analysis of the wheelchair structure. The displacement and movement are independent, by the use of special motors, the maneuverability and precise control of the movement will be performed by a joystick, so the wheelchair will have an optimal performance. The results obtained with the implementation of this mechanical device, it was possible to verify its functionality, stability, mobility, control, precision in the movements that give the user to change position with the push of a button and perform horizontal and vertical movements without leaving the wheelchair, with greater security. By proposing this design and implementation of an electric wheelchair bi pedestadora, you can significantly reduce injuries to the user occupant thus providing greater comfort, an advantage in their day-to-day development, work, family, health, i.e., will help to improve their lifestyle part

**KEYWORDS:** Standing, Wheelchair, Paraplegia, Ergonomics, Displacement

## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de investigación cuyo título versa: **“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS BIPEDESTADORA MULTI POSTURA CON SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL PARA L/A EMPRESA SAYANI”** presentado por: **Endara Andagua Willian Fabián y Vilca Guamaní Sandro Javier** egresados de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2023

Atentamente,

  
MSc. Alison Mena Barthelotty

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**

**CI: 0501801252**



CENTRO  
DE IDIOMAS

## **INFORMACIÓN GENERAL**

**Título:** DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS BIPEDESTADORA MULTI POSTURA CON SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL PARA LA EMPRESA SAYANI.

**Fecha de inicio:** octubre 2022

**Fecha de finalización:** enero 2023

### **Lugar de ejecución:**

- Región: Sierra
- Provincia: Cotopaxi
- Parroquia: Eloy Alfaro
- Sector: San Felipe

**Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Electromecánica

**Proyecto de investigación vinculado:**

### **Equipo de trabajo:**

- MsC. Cristian Fabián Gallardo Molina  
Cédula: 0502847692  
Correo electrónico: cristian.gallardo@utc.edu.ec
- Andagua Endara Willian Fabián  
Cédula: 0503264285  
Correo electrónico: willian.endara5@utc.edu.ec  
Dirección: Barrio Ashpacruz, Ignacio Flores, Latacunga
- Vilca Guamaní Sandro Javier  
Cédula: 0502779770  
Correo electrónico: sandro.vilca0@utc.edu.ec  
Dirección: Barrio San Felipe, Eloy Alfaro, Latacunga

**Área del conocimiento:**

- Área: 07 Ingeniería, industria y construcción
- Subárea del Conocimiento: 071 Ingeniería y profesiones afines

**Línea de investigación:** Procesos industriales.

**Sublínea de investigación de la Carrera:** Diseño y construcción de elementos, prototipos de sistemas electromecánicos.

## 1 INTRODUCCIÓN

El Ecuador en la actualidad tiene un creciente porcentaje de personas con alguna discapacidad motriz, las mismas que necesitan de mecanismos o productos que le apoyen en su movilidad de una manera más segura. Es visible la dificultad con la que deben desenvolverse estas personas dentro de una sociedad y poder realizar actividades que necesitan de la ayuda de sus extremidades inferiores. La rehabilitación para personas discapacitadas que se mantienen en una sola posición, es de gran importancia debido a que se debe evitar múltiples lesiones que se producen por el sedentarismo posicional.

Es preciso indicar que el mercado ecuatoriano en el campo de la ortopedia la existencia de una silla de ruedas eléctrica de bipedestación de origen nacional es nula, con este antecedente el costo es elevado y la adquisición de la misma es poco accesible.

El motivo de esta tesis es para dar solución con estos inconvenientes antes mencionados, por lo cual el diseñar, construir e implementar una silla de ruedas de bipedestación, es con el único propósito de cumplir las necesidades y disminuir las limitaciones que tiene que vivir una persona discapacitada de sus extremidades inferiores. Para ello se tiene que examinar las dimensiones antropométricas generales del usuario y las exigencias que debe tener este dispositivo de bipedestación. Por lo cual esta silla posee mecanismos electromecánicos que le permitan al usuario cambiar de posición o movimiento y así realizar actividades que podían ser imposibles de ejecutarlas.

La silla para bipedestación no solo tiene la función de mejorar la capacidad del paciente para realizar algunas actividades que en una silla de ruedas normal no pueda hacerlas. El uso de este dispositivo ayudará al usuario con problemas de salud como son: la digestión, la presión sanguínea, reducción de la espasticidad, reduce la tensión de los músculos y el riesgo de contraer escaras y osteoporosis.



## 1.1 EL PROBLEMA

### 1.1.1 Situación problemática

En el Ecuador existe un 46.64% (226,355 personas con discapacidad física), según datos obtenido del CONADIS (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades). Las personas que padecen con la enfermedad de la paraplejía tienen una secuela que es el aislamiento de parte de la sociedad y no tienen una buena calidad de vida.

Las personas que tienen discapacidad física se les convierte una dificultad en el desarrollo de las actividades como la de desplazarse al baño, levantarse de la cama y se desgasta físicamente. Este tipo de problemas tienen las personas con paraplejía, estas personas se consideran con incapacidad de movilizarse y realizar tareas, su consecuencia es la baja autoestima y existe una limitación en la inclusión social

La solución a este problema es el desarrollo de una silla eléctrica con bipedestación para personas con discapacidad, su finalidad es la de mejorar la calidad de vida e incrementar las posibilidades de ejecutar las actividades cotidianas con mucha normalidad.

### 1.1.2 Formulación del problema

La dificultad de encontrar una silla de ruedas bipedestadora con ángulos de elevación de 0 a 84 grados con respecto a la horizontal para las personas con discapacidad física en estado paraplejía.

### 1.1.3 Planteamiento del problema



Figura 1.1. Diagrama de Ishikawa

Fuente: Grupo Investigador

## **1.2 BENEFICIARIOS**

### **1.2.1 Beneficiarios directos**

- 2 Personas con discapacidad

### **1.2.2 Beneficiarios indirectos**

- Familiares de la persona discapacitada
- Centros de salud

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Este presente proyecto de investigación se trata del diseño y fabricación de la silla de ruedas bipedestadora multipostura con sistema de desplazamiento horizontal y vertical, ya que esto beneficia a las personas con problemas de discapacidad física, permite que continúe sus actividades de la vida diaria, aumento de la autoestima y ser parte del círculo social.

Se ha visto la necesidad de crear un tipo de sillas de ruedas de bipedestación con un sistema de verticalización con grados de elevación adaptable de 0 a 84 grados con respecto a la horizontal, capaz de ayudar a las personas con discapacidad física en sus extremidades inferiores, mediante análisis de costos aprovechando la disponibilidad de materiales locales.

Los avances de la tecnología en la construcción de mecanismos bipedestadores, han contribuido en el mejoramiento del confort, funcionamiento y seguridad que necesitan las personas discapacitadas de este dispositivo. Los proyectos que son aplicados en el Ecuador han sido direccionados a una activación de movimiento con control manual es decir la movilidad, fuerza y flexibilidad de las extremidades superiores son necesarias, dejando de lado a las personas cuadripléjicas.

## **1.4 HIPÓTESIS**

La implementación de una silla de ruedas bipedestadora eléctrica multi postura de bajo costo, que permitirá una posición bípeda de 0 a 84 grados de elevación para las personas con discapacidad física a nivel de paraplejía usando mecanismos y elementos electrónicos.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 General**

Construir una silla de ruedas multi postura utilizando el mecanismo de bipedestación con elementos eléctricos para favorecer la el ángulo de elevación en las personas con discapacidad física a nivel de paraplejia.

### **1.5.2 Específicos**

- Realizar una investigación bibliográfica en fuentes de relevancia para determinar el proceso de bipedestación aplicada a personas con discapacidad física.
- Diseñar una silla de ruedas eléctrica con un sistema de bipedestación para una persona parapléjica que cumpla con las condiciones establecidas en ergonomía y movilidad.
- Seleccionar los materiales mecánicos y equipos eléctricos / electrónicos para el desarrollo de la implementación en la silla de ruedas que permita conseguir la posición de bipedestación, de forma estable y segura.
- Desarrollar las pruebas de funcionamiento con una persona en estado de paraplejia para comprobar su funcionamiento.

## **1.6 SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS**

En la siguiente tabla se tiene una planificación de actividades en función de los objetivos específicos que se planteó anteriormente, además se tiene los resultados esperados mediante el uso de técnicas, medios e instrumentos.

Tabla 1.1 Sistema de tareas en relación con los objetivos planteados

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Realizar una investigación bibliográfica en fuentes de relevancia para determinar el proceso de bipedestación aplicada a personas con discapacidad física.	1) Investigar: Sillas de ruedas Bipedestadoras existentes. 2) Averiguar: Mecánica de las diferentes sillas Bipedestadoras	Desarrollo del estado del arte acerca de los tipos de discapacidad y datos técnicos biomecánicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación bibliográfica</li> <li>Investigación de Campo</li> </ul>
Diseñar una silla de ruedas eléctrica con un sistema de bipedestación para una persona parapléjica que cumpla con las condiciones establecidas en ergonomía y movilidad.	1) Determinar: Las cargas que pueden ejercer sobre el prototipo. 2) Establecer Los parámetros eléctricos del prototipo, teniendo en cuenta la potencia requerida.	Ejecución de una memoria de cálculo para el diseño mecánico, eléctrico y electrónico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ecuaciones</li> <li>Software de simulación</li> </ul>
Seleccionar los materiales mecánicos y equipos eléctricos / electrónicos para el desarrollo de la implementación en la silla de ruedas que permita conseguir la posición de bipedestación, de forma estable y segura.	1) Enlistar: Los componentes mecánicos y eléctricos teniendo en cuenta los cálculos realizados previamente.	Presentación de resultados con relación a los costos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación de campo</li> <li>Cálculos</li> </ul>
Desarrollar las pruebas de funcionamiento con una persona en estado de paraplejía para comprobar su funcionamiento.	1) Validar: El prototipo con una persona con discapacidad. 2) Mejorar: En caso de que exista una falla.	Ergonomía y movilidad de la persona parapléjica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación de campo</li> </ul>

## 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1 Antecedentes de la investigación

A nivel mundial, a mediados del siglo XX, hubo un avance con las sillas de ruedas plegables y livianas, ya que facilitaba su transporte y almacenamiento de esta. Fueron construidas con el acero, las primeras sillas fueron pesadas y robustas. A medida que pasaba el tiempo las sillas fueron remodeladas y en su desarrollo fueron más livianas, duraderas y con ajustes personalizados. Estas sillas eran solo mecánicas, no tenían actuadores, sino que para generar movimiento se requería de una fuerza para generar un impulso hacia adelante o hacia atrás. Posteriormente se introdujo los sistemas de propulsión eléctrica, esto fue para pacientes que tienen dificultades para auto propulsarse.

A nivel nacional varios estudiantes de diferentes universidades desarrollaron sillas de ruedas Bipedestadoras:

- En la Escuela Politécnica de Chimborazo, en el año 2021, el estudiante Mario Herrera realizo su proyecto de titulación denominado “Diseño y simulación de una silla de ruedas bipedestadora para personas adultas con discapacidad física a nivel de paraplejia o con problemas de movilidad de uso en interiores”, ellos consideraron que la carga máxima de una persona es de 120Kg y utilizo un método de diseño concurrente. El diseño un mecanismo de bipedestación basado en las cuatro barras rígidas y realizo la simulación en el software MSC ADAMS. En sus resultados finales determino una carga de trabajo de 1000N, con una velocidad de 20mm/s y tiempo de desplazamiento del mecanismo es de 8.5 segundos [2].
- En la Universidad Técnica del Norte, el estudiante Oscar Tambaco realizó su proyecto de titulación “Universidad Técnica del Norte” en el año 2018. El considero el ángulo de inclinación a 75°, en el mecanismo de bipedestación, esto fue aprobado por los especialistas de la fisioterapia. En el diseño seleccionaron el material AISI 304L, este material tiene propiedades mecánicas superiores como la durabilidad y si esta estructura es sometida a la carga máxima de la persona, se mantiene en la zona elástica, esto quiere decir que no se puede deformar. Esto lo determino mediante la simulación en software CAD [3].



## 2.2 Discapacidad física

Se trata de un término que describe las limitaciones físicas de un individuo para participar plenamente en un entorno social. Es común que las personas experimenten dificultades para utilizar de manera efectiva sus piernas, brazos o tronco debido a parálisis, rigidez, dolor u otras deficiencias. Estas limitaciones pueden ser el resultado de defectos congénitos, enfermedades, el proceso de envejecimiento o accidentes. Aquellos con deficiencias motoras pueden encontrar dificultades para participar en diversas actividades debido a barreras sociales y físicas. Algunos individuos pueden mantener una independencia total, mientras que otros pueden requerir asistencia parcial o completa [8].



**Figura 2.1** Simbología de una persona con discapacidad física

**Fuente:** [8]

Las personas con discapacidad física se ven afectadas en diversos ámbitos sociales, que incluyen:

### • Familiares

1. Falta de comprensión de las limitaciones de la persona.
2. Sobreprotección excesiva, lo que impide su desarrollo personal.
3. Los facilitadores educativos no se adaptan completamente a las necesidades de las personas con discapacidad.

### • Laboral

1. Dificultad para integrarse en el ámbito laboral.
2. Subestimación de sus capacidades laborales debido a las barreras físicas que enfrentan las personas con discapacidad.

### 2.2.1 Discapacidad física en el Ecuador

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), dice que la discapacidad “es un fenómeno de la interacción entre las cualidades del organismo humano y las cualidades de la sociedad en

la que se desarrolla su diario vivir”, esto quiere decir que las funciones corporales, afectivas son limitantes que restringen en las actividades cotidianas, ya sean desde caminar hasta realizar trabajos forzados.

Existe varios tipos de discapacidades, como la física motórica la cual impide el desarrollo permanente e irreversible de tener movimiento pleno en la funcionalidad de su sistema motriz. La discapacidad de disfuncionalidad física en cambio esta trata sobre una condición genética como el caso de un daño cerebral adquirido (DCA), también la parálisis cerebral que puede ser desarrollada durante el tiempo de gestación dando como resultado graves trastornos de motricidad, conllevando a un trastorno de parálisis completo de la estructura muscular. También se debe tener en cuenta que los daños por médula espinal las cuales se producen por la excesiva presión a la irrigación sanguínea la cual conlleva a una disfunción motriz y sensitiva. Al tener espina bífida es decir que es una formación incompleta de la espina dorsal la cual lleva a contraer parálisis de las piernas. Y por último distrofia muscular la cual es la pérdida de masa muscular, teniendo dificultad al caminar y afectando a enfermedades del corazón y otros órganos. [5]

Según CONADIS, se refiere a discapacidad corporal a la incapacidad de realizar actividades del diario vivir como caminar, sostener objetos, subir o bajar las gradas y entre muchas actividades básicas donde la esencia es el uso de las extremidades superiores e inferiores. Por lo cual se busca el derribar las limitaciones que imposibilitan a las personas discapacitadas realizar su desarrollo adecuado de su vida dentro de una sociedad exigente de igualdad personal. [6]

## **2.2.2 Causantes de discapacidad**

### **2.2.2.1 Amputaciones**

Es la remoción quirúrgica o parcial de una extremidad del cuerpo. Es una intervención que se la lleva a cabo cuando un paciente tiene daño irreparable causado por una lesión traumática, enfermedad o una condición médica. Puede ser necesario para salvar la vida de la persona, aliviar el dolor crónica y evitar la propagación de la infección [10].

### **2.2.2.2 Afección a la columna vertebral**

Es una condición médica que afecta a la estructura vertebral, la columna es parte del sistema musculoesquelético que proporciona soporte, movilidad y protección a la médula espinal. Las

afecciones pueden causar dolores y una limitación del movimiento. Esa es la principal razón por la que la mayoría de las personas tienen discapacidad física. En algunos casos, hay personas que logran recuperarse de esta afección mediante una terapia de rehabilitación, en otros casos tienen una discapacidad permanente [11].

### **2.2.2.3 Parálisis cerebral**

Es un trastorno neuromotor crónico que afecta al control de movimiento y de postura, es causado por una lesión o daño en el cerebro, hay personas que nacen con este trastorno o es efecto de un accidente de tránsito o laboral. Esta condición puede afectar a la movilidad, la coordinación, el equilibrio y tiene dificultad para hablar, además tiene problemas de sensación. Se requiere de un tratamiento multidisciplinario y de una terapia temprana para tratar a este tipo de trastorno, el resultado es mejorar la calidad de vida [11].

### **2.2.3 Paraplejia**

Es una condición en la cual hay una pérdida total o parcial de la función motora y sensorial de las piernas y, en algunos casos, también puede afectar partes de la zona inferior del tronco. Esta pérdida de función ocurre como resultado de una lesión o daño en la médula espinal, generalmente a nivel de la parte inferior de la columna vertebral. Como resultado, las personas con paraplejia experimentan dificultades o la imposibilidad de mover o sentir las piernas. La paraplejia puede ser causada por traumatismos, enfermedades o trastornos de la médula espinal. El manejo de la paraplejia implica un enfoque multidisciplinario que puede incluir terapia física, terapia ocupacional y adaptaciones en el entorno para ayudar a las personas a mantener la independencia y mejorar su calidad de vida [2].

Las personas con paraplejia experimentan cambios en su cuerpo que resultan en dependencia, afectación de la imagen corporal, limitación en las oportunidades laborales y sociales, así como inestabilidad económica. Estas transformaciones representan una ruptura entre su vida anterior y la que ahora deben enfrentar, lo que amenaza su percepción de integridad como individuos [2].

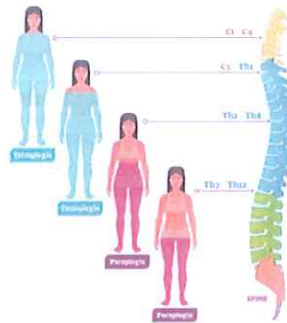


Figura 2.2 Discapacidad física  
Fuente: [2]

### 2.2.3.1 Tipos de paraplejía

Los diferentes tipos de paraplejía incluyen:

- Paraplejía espástica: se caracteriza por un aumento anormal del tono muscular en las piernas, lo que resulta en rigidez.
- Paraplejía flácida: se produce cuando los músculos de las piernas están notablemente débiles.
- Paraplejía completa: se refiere a la falta de sensibilidad y movimiento en las piernas.
- Paraplejía incompleta: implica la presencia de sensibilidad en las piernas, aunque la fuerza muscular está disminuida.

Después de una consulta médica, el neurólogo determinará el tipo de paraplejía que una persona tiene al evaluar la fuerza muscular y la sensibilidad. Además, se pueden realizar exámenes de imagen como resonancia magnética y tomografía computarizada para evaluar la gravedad de la lesión en la médula espinal.

### 2.3 Silla de ruedas

La silla de ruedas es un instrumento diseñado con el propósito de facilitar la movilidad de las personas con discapacidad, habiendo experimentado un significativo desarrollo en términos de versatilidad, movilidad y confort durante el siglo pasado. Estos dispositivos individuales permiten el desplazamiento de personas que han perdido, de manera total o parcial y de forma permanente, su capacidad para moverse. Es importante considerar que la elección de una silla de ruedas debe adecuarse al grado de discapacidad de cada persona. Entre los diferentes tipos de sillas de ruedas, destaca en el mercado el modelo plegable, que representa aproximadamente el 60% de las ventas. [9].



**Figura 2.3** Silla de ruedas común.  
Fuente: [9]

Existen diversos tipos de sillas compuestas por diferentes elementos, sin embargo, es crucial que no falten características importantes junto con sus correspondientes complementos, los cuales se detallan en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1** Elementos de una silla de ruedas

Primordiales	Secundarios	Suplementos
Tipo respaldar / asientos Ruedas Armazón o esqueleto	Freno Apoya brazos Reposapiés Apoya piernas Reposacabezas Agarrador de las caderas Barra antivuelco	Correa soporte Saco

Fuente: [9]

- A. Asiento
- B. Respaldo
- C. Reposapiés
- D. Reposapiés
- E. Reposapiés
- F. Mangos De Empuje
- G. Ruedas Delantera Giratorias
- H. Ruedas Traseras Propulsoras
- I. Aros Propulsores
- J. Barras De Cruceta
- K. Barras De Inclinación
- L. Frenos De Estacionamiento
- M. Rayos
- N. Chasis.<sup>3</sup>



**Figura 2.4** Partes de una silla de ruedas.  
Fuente: [9]

### 2.3.1 Sillas de ruedas eléctricas

Este tipo de sillas tiene actuadores que funcionan con electricidad, este tipo de actuadores requiere de una alimentación de corriente continua. Tiene controladores para manipular el sentido de giro de los motores de corriente continua, estos motores tienen una potencia desde

100-450W y requieren de una alimentación de 24V. Estos controladores tienen un joystick incorporado para guiar la silla de ruedas, Además tiene un actuador lineal que ayuda a desplazar el mecanismo de bipedestación, estos actuadores tienen un mecanismo piñón-cremallera o polea dentada-correa. La alimentación para el circuito es mediante baterías de 12V conectadas en serie para obtener 24V. En los circuitos de control tienen un arreglo de transistores que se lo conoce como puente H, que controla la dirección de giro y la velocidad [9].



**Figura 2.5** Silla de ruedas eléctricas.  
**Fuente:** [9]

**Accionamiento:** Estas sillas de ruedas eléctricas poseen tracción delantera, trasera o tracción total [4].

**Chasis:** Poseen por lo general estas sillas eléctricas un conjunto de cuatro ruedas o seis ruedas. Hay tantos modelos en el mercado como plegables y no plegables, así hay distintos modelos donde estos pueden desmontarse en su totalidad o parcialmente para su transporte [4].

**Batería:** Contiene motores eléctricos que por lo general son energizadas por baterías recargables, las cuales proporcionan autonomía al usuario. Estas sillas llevan cargadores incorporados que pueden ser conectados en tomacorrientes estándar y las que son portátiles tienen una unidad de carga separada [4].

**Controlador:** Se ocupan controladores que consisten en un sistema de mando tipo palanca más conocido como joystick, en estos también pueden estar incluidos controles adicionales dependiendo a la necesidad del usuario. Estos controles pueden estar en la parte trasera de la

silla de ruedas permitiendo que su acompañante pueda tener acceso a controlarlo, si su usuario no lo requiere realizar [4].

**Asiento:** La confección de estos asientos son lo más básicas comprendiendo de un asiento de vinilo o nylon con respaldo, pueden tener un relleno opcional o cojines dependiendo a la comodidad de la persona desee, así también se está evitando de dañar la estabilidad del tronco o el riesgo de contraer úlceras por la presión que realiza al permanecer en una posición sedentaria [4].

### **2.3.2 Criterios para la elección de una silla de ruedas**

La silla de ruedas debe estar correctamente ajustada para el paciente y debe sentir comodidad al sentarse, ya que permite que el paciente realice maniobras más eficientes y puede reducir las tensiones en los huesos causado por la propulsión [3].

Al elegir una silla de ruedas adecuada, es importante considerar una serie de factores:

- Las medidas antropométricas del usuario.
- El diagnóstico primario, pronóstico y discapacidades secundarias.
- El nivel de capacidad funcional.
- La frecuencia de uso prevista y el entorno donde se utilizará la silla.
- El estilo de vida y las expectativas del usuario.
- Las necesidades, comodidad y preferencias personales del usuario en relación con la postura y la presión.

### **2.3.3 Perjuicios de un mal diseño o elección de una silla de ruedas**

Una mala elección o diseño de una silla de ruedas puede generar varios problemas para el paciente o usuario en su utilización. A continuación, se presentan varios aspectos que son perjudiciales para la persona con discapacidad [4].



**Tabla 2.2.** Enlistado de perjuicios de un mal diseño

Condición	Perjuicio
Asiento demasiado ancho	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Postura inestable en sedestación.</li> <li>• Dificultad para alcanzar ruedas y auto propulsarse.</li> <li>• Barreras arquitectónicas.</li> </ul>
Asiento demasiado estrecho	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incomodidad al sentarse</li> <li>• Riesgo de hacer úlceras por presión</li> <li>• Dificultad para realizar transferencias</li> </ul>
Asiento demasiado profundo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuye circulación de Miembros Inferiores</li> <li>• Molestia en el hueco poplíteo.</li> </ul>
Asiento poco profundo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insuficiente apoyo para sentarse.</li> <li>• Aumento de la presión de en zona de apoyo.</li> </ul>
Asiento demasiado alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificultar para transferirse y sentarse en la silla.</li> <li>• Dificultad con objetos de altura estándar.</li> <li>• Disminuye la eficacia de la autopropulsión.</li> </ul>
Reposabrazos demasiado altos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleva los hombros.</li> <li>• Interviene en la libre autopropulsión.</li> </ul>
Reposabrazos demasiado bajos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduce el apoyo, consecuencia mala postura.</li> <li>• Restringe la respiración.</li> </ul>
Apoyapiés muy altos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molestias en cadera y rodillas.</li> <li>• Disminuye al área de apoyo al sentarse.</li> </ul>
Apoyapiés muy bajos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede engancharse en bordillos o coladeras.</li> <li>• Se altera la posición de la pelvis.</li> </ul>

Fuente: [4]

### 2.3.4 Mantenimientos básicos de una silla de ruedas

**Tabla 2.3** Mantenimiento de las sillas

<b>Silla de ruedas</b>	
Cuidados diarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar toda la silla con un trapo húmedo.</li> </ul>
Cuidados semanales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener presión adecuada de las llantas.</li> </ul>
Cuidados mensuales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar ajustes de tornillos y tuercas.</li> <li>• Checar las partes desmontables.</li> <li>• Controlar alineación de las 4 llantas.</li> <li>• Limpiar chasis con cera para carros.</li> </ul>
Cuidados anuales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lubricar partes abatibles y puntos giratorios.</li> </ul>
<b>Silla de ruedas eléctrica</b>	
Recubrimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar recubrimientos.</li> </ul>
Partes plásticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratar con los limpiadores de plástico.</li> </ul>
Sistemas funcionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Engrasar las partes móviles.</li> <li>• Checar sistemas eléctricos periódicamente.</li> <li>• Revisar respuestas de palancas de control.</li> </ul>
Ruedas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparación de igual modo que una rueda de bicicleta o motocicleta.</li> <li>• Revisar dibujo y presión de neumáticos para evitar accidentes por falta de adherencia.</li> </ul>

Fuente: [4]

## 2.4 Estado de bipedestación

La postura correcta o estabilidad postural en bipedestación es una característica evolutiva que los humanos adquieren gracias a su sentido de la ubicación en el espacio y el equilibrio. Mantener esta postura requiere una adaptación adecuada de los músculos del cuello, tronco y extremidades, que trabajan en conjunto para mantener el cuerpo en una posición de equilibrio estable [12].

Sin embargo, anatómicamente, el cuerpo humano ha experimentado varias modificaciones, especialmente en la columna vertebral, la pelvis, el fémur, la tibia y los huesos de los pies, que permiten la locomoción bípeda. La incapacidad de ponerse de pie se considera una discapacidad que puede deberse a causas musculoesqueléticas, a menudo asociada con pasar largos períodos sentado en una silla de ruedas o en cama [13].

En la siguiente figura se muestra un equipo mecánico estructural que asiste a la bipedestación, permitiendo que la persona logre esta posición.



Figura 2.6 Estado de bipedestación asistido.

Fuente: [13]

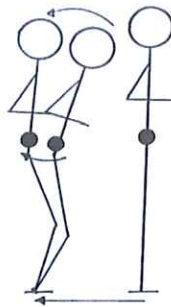
### 2.4.1 Características de la bipedestación

#### 2.4.1.1 Postura

La postura es la forma en que nuestro cuerpo se posiciona y mantiene en relación con la gravedad. Mantener una buena postura es importante para prevenir problemas de salud y lesiones, y puede lograrse mediante la alineación adecuada de las diferentes partes del cuerpo y la práctica de hábitos posturales saludables [13].

### 2.4.1.2 Equilibrio

La capacidad de mantenerse de pie requiere un control equilibrado que depende de diversos factores, como la información visual, vestibular y propioceptiva sobre la posición del cuerpo, una alineación biomecánica adecuada, la fuerza muscular suficiente y la coordinación de la activación muscular [15]. Una de las estrategias utilizadas para mantener el equilibrio es conocida como "estrategia del tobillo", la cual se puede observar en la figura siguiente. Esta estrategia busca restaurar el equilibrio desplazando el centro de gravedad hacia atrás [16].



**Figura 2.7** Equilibrio en bipedestación  
**Fuente:** [16]

### 2.4.2 Bipedestación estática

la bipedestación estática es la capacidad de mantenerse de pie sin moverse, sosteniendo el peso del cuerpo sobre ambos pies. Requiere equilibrio, coordinación y el funcionamiento adecuado de los músculos y sistemas sensoriales. Es esencial para la realización de diversas actividades cotidianas y puede verse afectada por diferentes factores individuales y condiciones médicas [15].



**Figura 2.8** Bipedestación estática.  
**Fuente:** [15]

### 2.4.3 Bipedestación dinámica

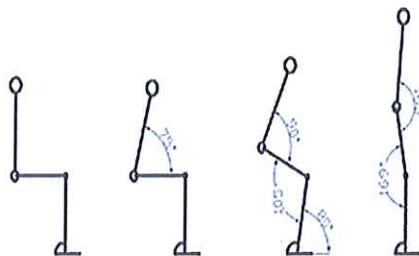
la bipedestación dinámica es la habilidad de mantener una postura erguida y en movimiento durante el desplazamiento. Requiere la coordinación de múltiples sistemas del cuerpo y el ajuste constante del equilibrio y los movimientos para caminar o correr de manera eficiente. Es una habilidad esencial para la movilidad y la participación activa en diversas actividades. [15].



**Figura 2.9** Bipedestación dinámica.  
Fuente: [15]

### 2.4.4 Biomecánica de la bipedestación

El estudio de la biomecánica de la bipedestación tiene importantes aplicaciones clínicas y de investigación. Ayuda a comprender las lesiones y trastornos musculoesqueléticos relacionados con la postura y la marcha, y contribuye al desarrollo de técnicas de rehabilitación y dispositivos de asistencia. También se utiliza en el diseño de calzado y equipamiento deportivo, así como en la ergonomía y el diseño de espacios y entornos que promueven una postura y una marcha saludables [15].



**Figura 2.10** Bipedestación dinámica.  
Fuente: [15]

### 2.4.5 Trayectorias de elevación de la bipedestación

Cuando una persona con paraplejía necesita utilizar un bipedestador, existen diversas trayectorias que el cuerpo humano puede seguir, y estas trayectorias presentan una geometría específica en cuanto a la fuerza de levantamiento, lo cual afecta la carga sobre las rodillas y caderas. Se analizan dos tipos de trayectorias distintas [16].

#### 2.4.5.1 Trayectoria lineal

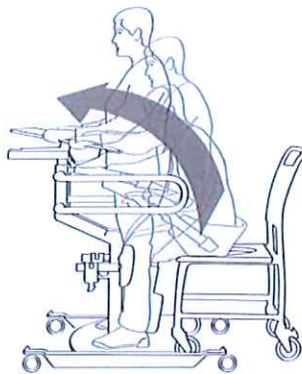
La trayectoria lineal puede aplicarse a movimientos específicos, como levantar un objeto en línea recta o estirar una pierna hacia adelante en una línea recta al caminar. También puede describir el movimiento general del cuerpo en una línea recta sin cambios de dirección durante una actividad, como correr en una pista recta [16].



**Figura 2.11** Trayectoria lineal.  
**Fuente:** [16]

#### 2.4.5.2 Trayectoria curva

En el caso de la trayectoria curva, se observa una variabilidad en la geometría dentro del cuerpo humano, lo cual permite que la compresión en las articulaciones de las rodillas y caderas sea relativamente baja y pueda ser soportada por el individuo [17].



**Figura 2.12** Trayectoria curva.  
**Fuente:** [17]

#### 2.4.6 Tipos de bipedestadores

Los bipedestadores son dispositivos mecánicos diseñados principalmente para asistir a una persona en ponerse de pie cuando no puede hacerlo por sí misma. Esto tiene como objetivo prevenir la pérdida de masa ósea, mejorar la circulación sanguínea, beneficiar las funciones



digestivas, respiratorias, renales y urinarias, permitir el uso de las extremidades inferiores y brindar un beneficio psicológico al encontrarse a la misma altura que los demás interlocutores [18].

#### 2.4.6.1 Bipedestador tipo camilla

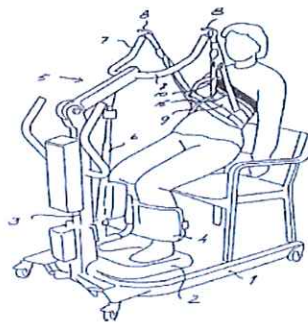
Existen camillas bipedestadoras que se utilizan en hospitales para la bipedestación. Estas camillas pueden ser accionadas manualmente por el personal de salud o por actuadores, lo que permite al usuario controlar fácilmente la inclinación de la camilla sin realizar ningún esfuerzo.



**Figura 2.13** Bipedestador tipo camilla.  
**Fuente:** [18]

#### 2.4.6.2 Bipedestador Gunnar

Es un dispositivo de asistencia diseñado para permitir a las personas con discapacidades físicas ponerse de pie y mantener una postura erguida. También conocido como soporte vertical o bipedestación vertical, el bipedestador Gunnar proporciona apoyo y estabilidad mientras permite que el usuario se mantenga de pie de forma segura.



**Figura 2.14** Bipedestador tipo camilla.  
**Fuente:** [19]

### 2.4.6.3 Bipedestador Heinrich

Heinrich presentó un diseño de un dispositivo que se puede ajustar a una silla de ruedas para permitir la bipedestación. Este dispositivo consta de un mecanismo de paralelogramo que incluye un asiento y un respaldo conectados al mecanismo motorizado, así como un actuador lineal que se extiende desde la base hasta la articulación del respaldo. El asiento proporciona el impulso necesario para mover la silla y facilitar el proceso de ponerse de pie para una persona con discapacidad física. Además, el dispositivo incluye un reposapiés que se puede instalar de manera independiente a la silla, y se puede ajustar según las necesidades del paciente colocándolo debajo del armazón de la silla de ruedas [20].



**Figura 2.15** Bipedestador tipo silla de ruedas eléctrico.  
**Fuente:** [20]

### 2.5 Sistemas de mando

Actualmente se ha venido utilizando sistemas de mando tipo “Joystick” como señales de orden para determinar un cierto movimiento en el bipedestador, este dispositivo de control es utilizado como control desde un video juego hasta el control de aviones y transbordadores espaciales [21].



**Figura 2.16** Sistemas de mando “Joystick”.



Fuente: [21]

Tabla 2.2 Tipos de sistemas de mando

Tipo de Joystick	Descripción	Imagen
Palancas de mando con micro interruptores	Son altamente precisas y simples de manejar. Suelen generar un sonido audible cada vez que se cambia la dirección de la palanca.	
Palancas de mando del universal del interruptor de la hoja	Ofrecen una sensación suave y requieren ajustes periódicos. Son utilizados en aplicaciones de cuatro terminales.	
Palancas de mando rotatorias	Ofrecen múltiples ajustes de movimiento, como configuraciones de 2, 4 e incluso 8 terminales. Utilizan sensores ópticos para rastrear el movimiento en la pantalla.	
Palancas de estado sólido	Ofrecen ajustes seleccionables por el usuario para movimientos de cuatro y ocho terminales. Son más costosos que las palancas de mando universales, pero también más duraderos.	
Palancas de mando análogas	Las palancas de mando análogas cuentan con un sistema de botones a lo largo de la palanca, lo que les permite ofrecer una amplia variedad de movimientos.	

Fuente: [22]

## 2.6 Sistemas de Control

Se define como un conjunto de componentes mecánicos, eléctricos, electromecánicos, electrónicos, hidráulicos, neumáticos, entre otros, cuya finalidad es regular el funcionamiento de una máquina o proceso [23].

### 2.6.1 Sistema de control de lazo abierto

Es un sistema en el que su funcionamiento no depende de la salida, sino que opera exclusivamente con los datos de entrada del sistema.



**Figura 2.17** Sistema de control lazo abierto.

**Fuente:** [24]

Este tipo de control se utiliza junto con actuadores para lograr un estado deseado según las características del medio en cuestión.

### 2.6.2 Sistema de control de laso cerrado

Este tipo de sistema emplea la retroalimentación de la salida, lo que significa que la acción de control también se basa en la salida del sistema. Esto permite lograr un mayor control sobre el proceso [25].



**Figura 2.18** Sistema de control lazo cerrado.

**Fuente:** [21]

### **3 DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

#### **3.1 METODOLOGÍA**

En el siguiente capítulo se presentan los métodos, procedimientos, materiales y condiciones experimentales que fundamenta el diseño y construcción de una silla de ruedas bipedestadora multi postura con un sistema de desplazamiento horizontal y vertical para brindar la solución al problema de movilidad de una persona discapacitada que utiliza una silla de ruedas sencilla.

#### **3.2 Tipos de investigación y métodos**

##### **3.2.1 Investigación bibliográfica**

Este tipo de estudio recopila las definiciones y características esenciales de los elementos empleados en la creación y estructuración de una silla de ruedas bipedestadora multi postura con capacidad de desplazamiento horizontal y vertical. Para lograrlo, se consulta fuentes de información relevantes como libros, artículos de revistas técnicas y proyectos de titulación relacionados con el tema de investigación, con el fin de desarrollar una base teórica sólida.

##### **Investigación de campo**

Se realizó una investigación de campo constatando el proceso biomecánico de personas adultas, utilizado para el diseño y construcción de silla de ruedas bipedestadora multi postura.

##### **3.2.2 Método científico**

Este método permite seguir de una manera ordenada los criterios técnicos para la construcción de una silla de ruedas bipedestadora multi postura para personas adultas, así como también permite la selección de los materiales mecánicos, eléctricos y electrónicos.

#### **3.3 Declaración de variables**

En este trabajo de investigación se determinaron diferentes variables independientes como son: dimensiones de la estructura, velocidad de desplazamiento, peso y estatura de la persona discapacitada, grados de libertad, análisis estático y costos de implementación, estas variables están descritas en la tabla 3.1 con sus respectivos ítems, técnicas e instrumentos de investigación.

**Variable Independiente:** Construcción de una silla de ruedas bipedestadora

**Definición:** Estructura que permitir al usuario ponerse de pie, desplazarse y realizar ciertas tareas en esta posición.

**Tabla 3.1** Variable independiente

<b>Indicadores</b>	<b>Ítem</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Velocidad de desplazamiento	cm/s	Cálculo	Ecuación
Peso de la persona discapacitada	Kg	Medición	Balanza
Estatura de la persona discapacitada	cm	Medición	Flexómetro
Grado de libertad	GDL	Cálculo	Ecuación

**Fuente:** Grupo Investigador.

### 3.3.1 Variable dependiente

Por otra parte, en la tabla 3.2 se tienen las diferentes variables dependientes que son: tiempo de desplazamiento y la distancia de recorrido, de igual manera se presenta conjuntamente con ítems, técnicas e instrumentos de investigación.

**Variable Dependiente:** Movilidad de la persona discapacitada

**Definición:** Expresión social del ejercicio del derecho a la libre circulación.

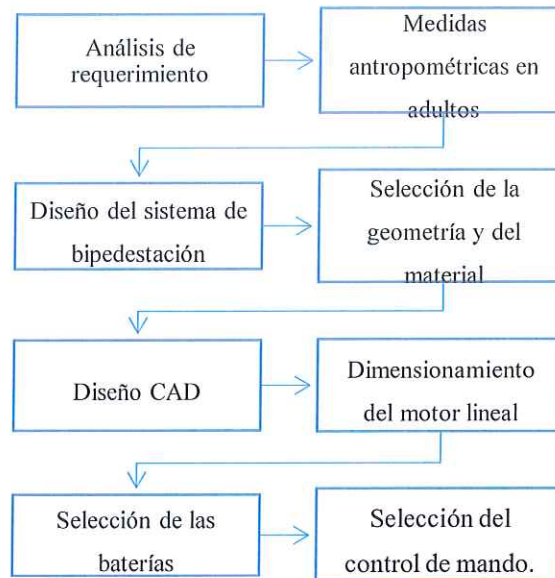
**Tabla 3.2** Variable dependiente

<b>Indicadores</b>	<b>Ítem</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Tiempo de desplazamiento	s	Medición	Cronómetro
Distancia de recorrido	m	Medición	Flexómetro

**Fuente:** Grupo Investigador

### 3.4 Metodología de diseño

La metodología planteada para el diseño de la silla de ruedas bipedestadora se visualiza en la figura 3.1 mostrando las diferentes fases de diseño y de dimensionamiento para su construcción



**Figura 3.1** Fases de diseño.  
**Fuente:** Grupo Investigador.

Las fases para el diseño de la silla de ruedas bipedestadora inicia con el análisis de requerimiento de la persona discapacitada, es decir, se desarrolla una entrevista directa para conocer a detalles las necesidades que plantea esta persona para realizar una interpretación técnica acorde a los requerimientos. Posteriormente se realiza un levantamiento de información acerca del peso y estatura en general de las personas adultas para conocer el dimensionamiento de la estructura tomando en cuenta el estudio antropométrico, a continuación, se realiza un diseño del sistema de bipedestación mediante el mecanismo del paralelogramo, se determina la selección de la geometría que va a requerir la silla y el material para su construcción, después en un software CAD se diseñan los mecanismos para determinar las fuerzas que ejercen del peso de la estructura y de la persona con discapacidad, luego se dimensionan los actuadores, se seleccionan las baterías, el control de mando “Joystick” y finalmente se realiza la programación.

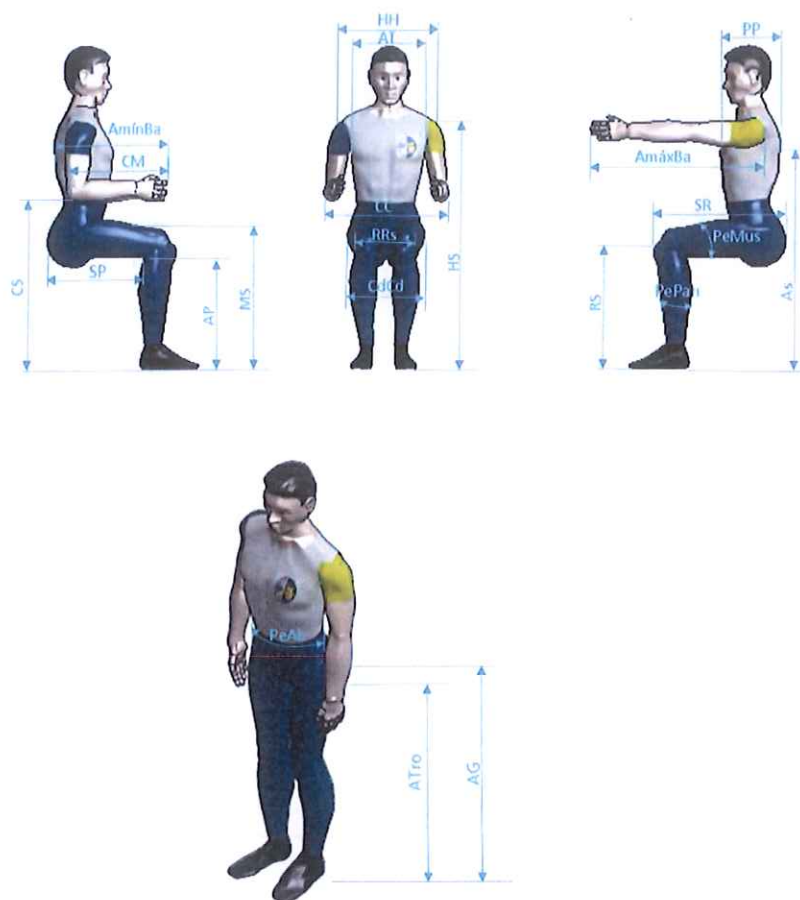
#### 3.4.1 Análisis de requerimiento

Para llevar a cabo el análisis de los requisitos de la silla bipedestadora, se utilizó una herramienta en forma de entrevista dirigida a los clientes que necesitan este tipo de silla. Estas preguntas fueron formuladas con el propósito de comprender cuáles son sus necesidades

específicas. En el Anexo 1 adjunto se encuentra el formato del cuestionario que se empleó durante las entrevistas con los clientes.

### 3.4.2 Análisis dimensional del cuerpo de una persona

El análisis dimensional del cuerpo es fundamental para diseñar una silla de ruedas que se adapte adecuadamente al usuario. Se toman medidas precisas de altura, ancho de hombros, ancho de caderas, longitud de piernas, entre otros, para determinar las dimensiones óptimas de los componentes de la silla. Esto garantiza comodidad y funcionalidad para el usuario.



**Figura 3.2** Estudio antropométrico.

**Fuente:** Grupo Investigador

De la figura 3.2 se tienen las diferentes formas de medición a la persona discapacitada, por tal razón en la tabla 3.7 se tiene su análisis de medición y requerimiento, en donde se presentan las mediciones del asiento y espaldar de la silla de bipedestación con respecto a una persona de 1,74 m para un peso máximo de 100 kg.

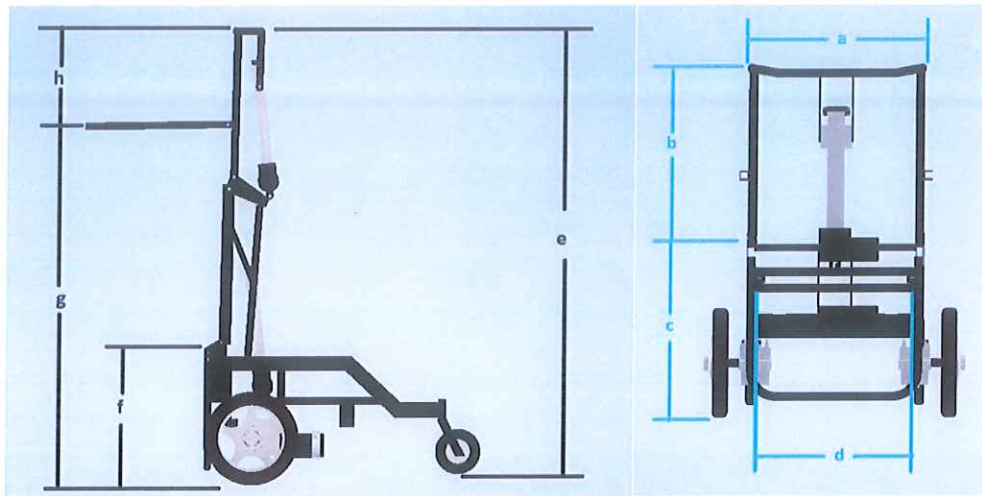
**Tabla 3.3** Medidas en función a la persona discapacitada

<b>Código en función a la figura 3.2</b>	<b>Medidas (cm)</b>
AP	47,7
SP	45,9
SR	52,9
MS	59,7
RS	50,7
CS	75,1
AminBa	55,7
CM	47,9
AmaxBa	76,1
HS	111,2
CdCd	43,7
RRs	38,6
AS	90,8
CC	62,7
PP	28,0
HH	48,3
AT	40,6
PeMus	46,7
PePan	34,7
Atro	90,7
AG	98,7
PeAb	115,6
Altura	174,4

**Fuente:** Grupo Investigador

Las dimensiones establecidas en la norma ISO 21542:2012 se detallan en la tabla 3.8. Para garantizar la adaptabilidad del equipo a las personas con discapacidad, es fundamental que estas dimensiones sean favorables para su comodidad. En este sentido, se determina que el ancho del corredor debe ser de 800 mm a 1500 mm. Esta especificación asegura que el equipo pueda desplazarse y maniobrar sin dificultad en instalaciones que cumplan con los requisitos establecidos por la norma, al mantener el ancho externo máximo permitido.





**Figura 3.3** Dimensiones generales

**Fuente:** Grupo Investigador

**Tabla 3.4** Medidas en función a la persona discapacitada

Ítem	Dimensión (mm)
a	~ 700
b	~ 246
c	~ 700
d	~ 450
e	~1445
f	~ 400
g	~ 900
h	~ 1200

**Fuente:** Grupo Investigador.

### 3.4.3 Diseño del sistema de bipedestación

El mecanismo de la silla de bipedestación es una estructura compleja que consta de 10 eslabones de barras rígidas y dos correderas, ver Fig.3.4. Estos componentes trabajan en conjunto para permitir el movimiento y la funcionalidad de la silla. Las correderas desempeñan un papel crucial como actuadores lineales, lo que significa que son responsables de generar el movimiento lineal necesario para ajustar la posición de la silla.

Para confirmar que el mecanismo de la silla de bipedestación tiene un grado de libertad, se utilizó la ecuación de Gruebler. Esta ecuación es una herramienta utilizada en el campo de la mecánica para determinar el número máximo de grados de libertad en un mecanismo. Al verificar que el mecanismo cumple con la ecuación de Gruebler y tiene un grado de libertad, se asegura que la silla puede moverse de manera controlada y realizar los ajustes necesarios para la posición de bipedestación.

La posición de bipedestación en la silla de ruedas bipedestadora implica elevar el asiento y el respaldo a un ángulo de aproximadamente 85 grados. Este ajuste es fundamental para permitir

que el usuario adopte una postura erguida y vertical, lo que puede tener beneficios para la salud y la funcionalidad en determinadas situaciones.

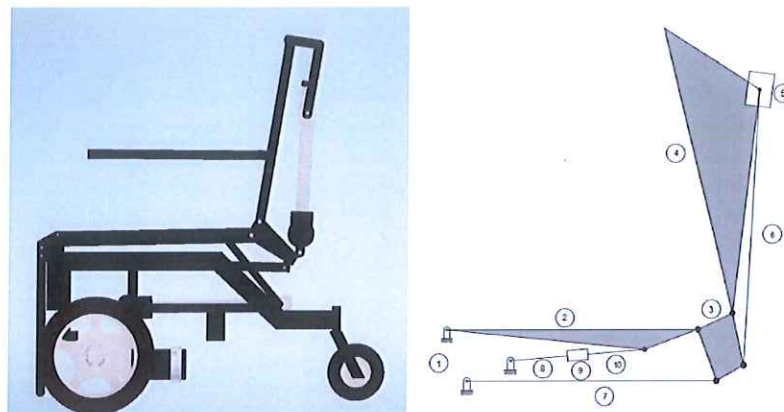
$$M = 3(n-1) - 2j_p - j_h \quad (3.1.)$$

Donde:

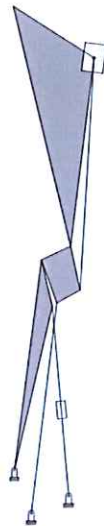
$n$  = número de eslabones.      $j_p$  = número total de uniones principales.

$j_h$  = número total de uniones de orden superior.

$$M = 3(10-1) - 2(13) = 27 - 26 = 1$$



**Figura 3.4.** Mecanismo de la silla bipedestadora.  
Fuente: Grupo Investigador

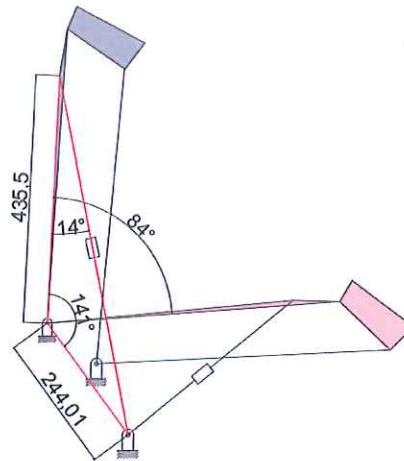


**Figura 3.4.** Elevación del mecanismo de bipedestación.  
Fuente: Grupo Investigador

En el proceso de cálculo para determinar la distancia recorrida por el actuador lineal, se llevó a cabo un análisis que involucraba el uso de triángulos oblicuos. Estos triángulos proporcionaron

información crucial para calcular tanto las distancias como los ángulos necesarios en el contexto del movimiento del actuador.

El enfoque adoptado fue el de descomponer el problema en dos partes, lo cual permitió abordar el análisis de manera más simplificada y estructurada.



**Figura 3.5.** Triángulo oblicuángulo del mecanismo inferior.

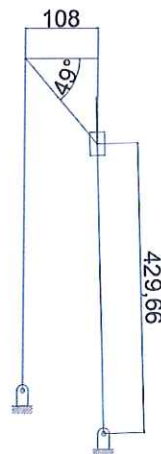
**Fuente:** Grupo Investigador.

La longitud total del actuador y el eslabón esta dado mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{L}{\text{sen}141^\circ} = \frac{244.01}{\text{sen}14^\circ} \quad (3.2)$$

$$L = \frac{244.01\text{mm}}{\text{sen}14^\circ} * \text{sen}141^\circ = 634.75\text{mm}$$

Si se utiliza un actuador lineal con un recorrido de 550mm, se requiere un eslabón de 84.75mm para que el mecanismo se eleve a 84°.



**Figura 3.6.** Triángulo rectángulo del mecanismo superior.

Fuente: Grupo Investigador.

La longitud del eslabón esta dado mediante la siguiente fórmula:

$$108mm = H * \cos 49^\circ \quad (3.3)$$

$$H = \frac{108mm}{\cos 49^\circ} = 164.62mm \text{ donde } H = \text{Hipotenusa del triángulo}$$

$$L = \sqrt{(164.62mm)^2 - (108mm)^2} = 124.24mm$$

### 3.4.3.1 Selección de la geometría

La selección de la geometría del tubo a utilizar se realiza mediante la comparación entre los momentos de inercia de cada sección, se tiene un tubo rectangular 20x40mm, con un espesor de 2mm, la inercia en los ejes X-Y este dado por las siguientes formulas:

$$I_{xx} = \frac{bh^3}{12} - \frac{b_1h_1^3}{12} \quad (3.4) \qquad I_{yy} = \frac{hb^3}{12} - \frac{h_1b_1^3}{12} \quad (3.5)$$

$$I_{xx} = \frac{(20)(40)^3}{12} - \frac{(16)(36)^3}{12} \qquad I_{yy} = \frac{(40)(20)^3}{12} - \frac{(36)(16)^3}{12}$$

$$I_{xx} = 44458.67mm^4 \qquad I_{yy} = 14378.6mm^4$$

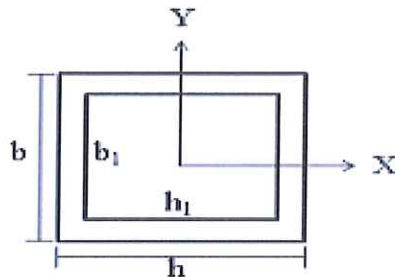


Figura 3.7. Momento de inercia para un tubo rectangular.

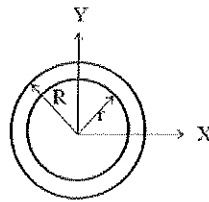
Fuente: Grupo Investigador.

Para un tubo de sección circular con un diámetro de  $lin = 25.4mm$  con un espesor de 2mm, se tiene la siguiente fórmula para ambos ejes:

$$I_{xx} = I_{yy} = \frac{\pi}{4} (R^4 - r^4) \quad (3.6)$$

$$I_{xx} = I_{yy} = \frac{\pi}{4} (12.7^4 - 11.2^4)$$

$$I_{xx} = I_{yy} = 8073.32mm^4$$



**Figura 3.8.** Momento de inercia para un tubo redondo.  
**Fuente:** Grupo Investigador.

Basándonos en los cálculos realizados previamente, se ha determinado que el tubo rectangular tiene una mayor inercia en comparación con el tubo cilíndrico. La inercia es un factor crucial, ya que indica la capacidad del tubo de acero para resistir cargas y deformaciones. En este sentido, la selección del tipo de tubo adecuado depende de diversos aspectos, como las condiciones de carga, la longitud del tramo, las restricciones de espacio y los requisitos de diseño específicos.

En el diseño de la silla bipedestadora, se han empleado ambos tipos de tubos de acero de forma estratégica. Para proporcionar una mayor resistencia y soporte al peso de la persona, se ha utilizado el tubo rectangular, el cual posee una mayor inercia. Esto garantiza que la silla pueda soportar de manera segura la carga y evitar deformaciones no deseadas.

Por otro lado, para mejorar la ergonomía y la comodidad del usuario, se ha incorporado el tubo redondo en ciertas áreas de la silla. Este tipo de tubo brinda un apoyo más suave y cómodo, permitiendo que la persona se sostenga de manera adecuada sin comprometer la seguridad estructural de la silla.

### 3.4.3.2 Selección del material

Se selecciona el acero al carbono A36, es el más común para la construcción de la silla de ruedas, las propiedades mecánicas se encuentran en la siguiente tabla.

**Tabla 3.5** Propiedades mecánicas del tubo negro

Resistencia a la tracción (MPa)	470.71
Dureza HB (máx.)	135
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	7850

**Fuente:** Grupo Investigador



Se conoce que el peso de los tubos se puede determinar a partir del volumen y la densidad del material. Para un tubo rectangular y redondo se tiene los siguientes cálculos mostrados en la siguiente tabla:

**Tabla 3.10:** Valores de área, volumen y peso de los tubos.

Descripción	Área (mm <sup>2</sup> )	Volumen por metro (m <sup>3</sup> /m)	Masa por metro (kg/m)
Tubo rectangular	224	0.000224	1.758
Tubo redondo	147.026	0.00014706	1.154

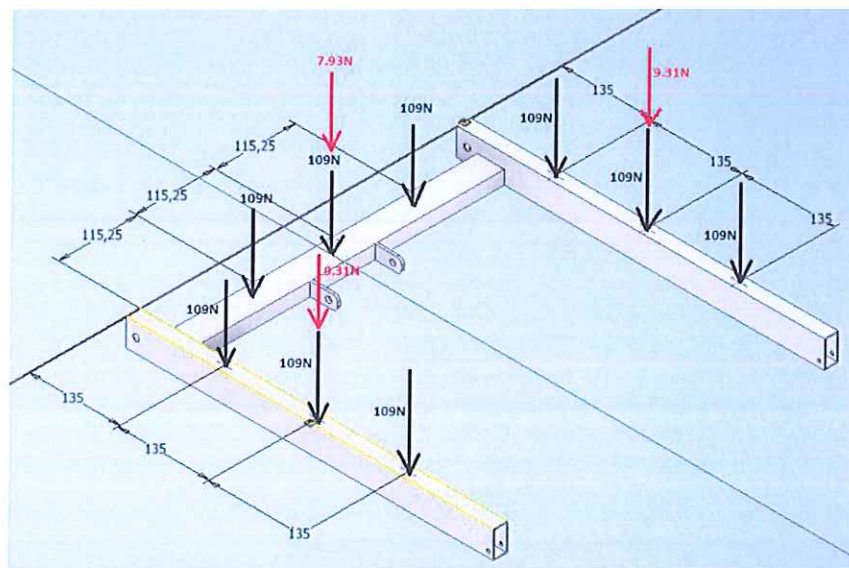
**Fuente:** Grupo Investigador.

Para la base del asiento se tiene dos pedazos de tubo rectangular de 540mm=0.54m y un pedazo de 461mm=0.461m, la masa total de esa estructura sería de 1.759kg. Para determinar su peso se lo obtiene mediante el producto de la masa con la gravedad.

Para los pedazos de 540mm, el peso es:  $W_1 = (1.758 \times 0.54) \times 9.81 = 9.31N$

Para el pedazo de 461mm, el peso es:  $W_2 = (1.758 \times 0.461) \times 9.81 = 7.93N$

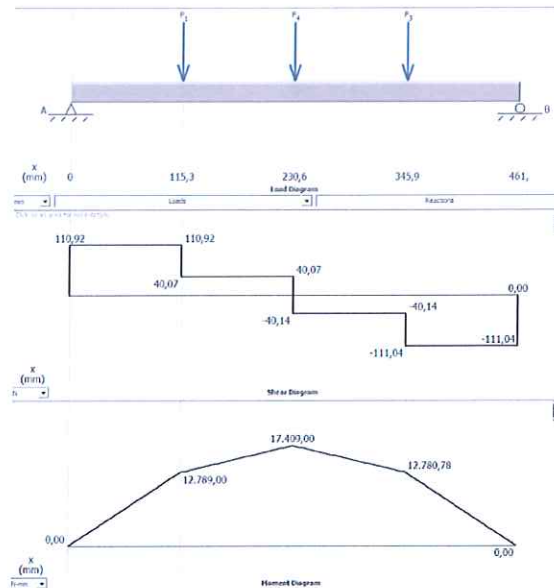
El peso de una persona adulta es de 100kg, lo que se puede considerar para el estudio, un peso de 981N. En la siguiente figura se puede apreciar que el peso de la persona va ser representado por varias fuerzas distribuidas en la base, y el peso de cada pedazo de tubo, va dirigido hacia el centro. El peso total del asiento va ser la suma de todas las fuerzas, es equivalente a 1007.5N.



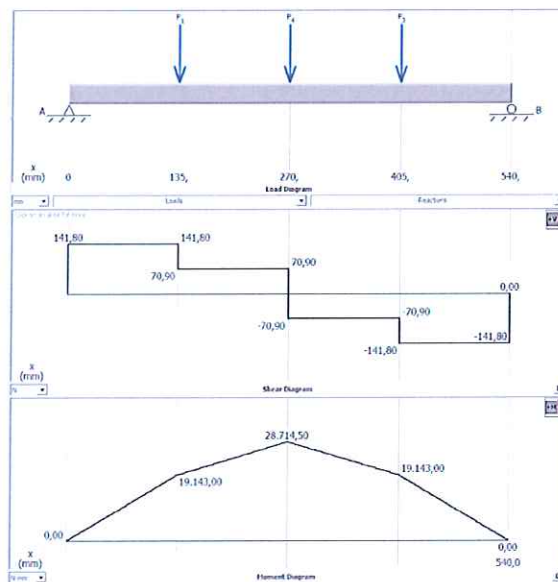
**Figura 3.10.** Fuerzas colocadas sobre el asiento de la silla bipedestadora.

**Fuente:** Grupo Investigador.

Se han generado las gráficas de las fuerzas de corte y momento flector en las siguientes figuras. Con el fin de determinar la resistencia a la fluencia, se empleó el software de simulación MD Studio para simplificar los cálculos.



**Figura 3.11.** Diagramas de corte y momento para el tubo horizontal del asiento (MD Studio).  
Fuente: Grupo Investigador



**Figura 3.11.** Diagramas de corte y momento para el tubo vertical del asiento (MD Studio).  
Fuente: Grupo Investigador

Para determinar el esfuerzo de fluencia se lo determina con la siguiente fórmula:

$$S_y = \frac{M}{S} \cdot \eta \quad (3.7)$$



Donde:

$M$  = Momento flector (N.m)

$S$  = Módulo de una resistencia para una sección transversal cilíndrica ( $\text{mm}^3$ )

$\eta$  = Factor de seguridad (1.25)

El módulo de sección del tubo rectangular es de  $2.02 \text{ cm}^3 = 20\,200 \text{ mm}^3$ . Para determinar el límite de fluencia, simplemente debemos utilizar un valor máximo de momento flector, en este caso de  $28\,714.5 \text{ N.mm}$ .

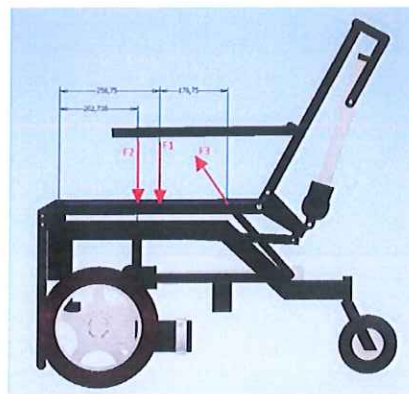
$$S_y = \frac{28714.5}{20200} \cdot (10) \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot \frac{1\text{mm}^2}{0.000001} = 14.21\text{MPa}$$

El acero A36 tiene un límite de fluencia de  $250\text{MPa}$ , esto quiere decir que si puede utilizar este material en la mayor parte de la estructura.

#### 3.4.4 Dimensionamiento del motor lineal

Se realiza una sumatoria de fuerzas estáticas para conocer la fuerza de empuje mínima que debe tener el motor lineal, considerando la carga máxima de  $637.65 \text{ N}$  que corresponde al peso de la persona con discapacidad y un ángulo de inclinación del motor lineal igual a  $83$  grados.

En la siguiente figura se observa el diagrama de cuerpo libre de la fuerza máxima que se desea declinar y la ubicación de la fuerza del cilindro.



**Figura 3.4** Ubicación del peso y fuerza  
**Fuente:** Grupo Investigador

Dónde:

$F_1 = 981\text{N}$ , es el peso de la persona adulta.  $F_3$ , es la fuerza requerida del actuador lineal.

$F_2 = 147.15\text{N}$ , es el peso del mecanismo de bipedestación.

Se aplica la primera ley de Newton, para obtener la fuerza requerida para elevar el mecanismo de bipedestación, con la siguiente expresión:

$$\sum F_y = 0 \quad (3.8)$$

$$-F_1 - F_2 + F_3 \cdot \text{sen}84^\circ = 0$$

$$F_4 = \frac{F_1 + F_2}{\text{sen}84^\circ} = \frac{981N + 140.5N}{\text{sen}84^\circ} = 1127.67N$$

La fuerza de empuje necesaria para levantar a la persona con el mecanismo es de 1127.67 N mínimo, por disponibilidad en el mercado se selecciona un motor de las características mostradas en la siguiente tabla.

**Tabla 3.6** Características del motor lineal

<b>Carga máxima</b>	1500 N (330 lbs)
<b>Longitud del vástago</b>	6'' (152,4 mm)
<b>Voltaje de entrada</b>	12 V o 24 V
<b>Velocidad</b>	8 mm/s a 12V 17 mm/s a 24V
<b>Ciclo de trabajo</b>	25%
<b>Medio Ambiente</b>	Clasificación IP 54



**Figura 3.5** Motor lineal  
Fuente: Grupo Investigador.

### 3.4.4.1 Dimensionamiento del motor DC

Las fuerzas normales que ejercen las llantas delanteras y traseras al contacto con el suelo se determinan mediante análisis estático.

#### - Posición sentada

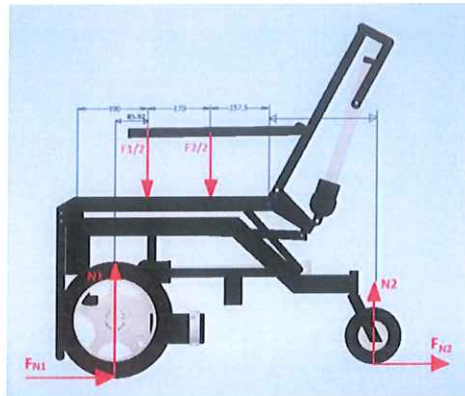


Figura 3.6 Diagrama de cuerpo libre.  
Fuente: Grupo Investigador.

Dónde:

$F_1$  Peso máximo de la persona = 981 N

$F_2$  Peso de la silla = 300.15 N

$N_1$  Fuerza normal de la llanta delantera

$N_2$  Fuerza normal de la llanta trasera

Datos:

$d_1 = 0.085m$      $d_2 = 0.170m$      $d_3 = 0.441m$      $d_4 = 0.611m$

$$\sum F_y = 0 \quad (3.9)$$

$$\frac{-F_1}{2} - \frac{F_2}{2} + N_1 + N_2 = 0$$

$$-\frac{981}{2} - \frac{300.15}{2} + N_1 + N_2 = 0$$

$$N_1 + N_2 = 640.57N$$

$$\sum M_{N_2} = 0 \quad (3.10)$$

$$\frac{F_1}{2} \cdot (d_2 + d_3) + \frac{F_2}{2} \cdot (d_3) - N_1 \cdot (d_1 + d_2 + d_3) = 0$$

$$\frac{981}{2} \cdot (0.170 + 0.441) + \frac{300.15}{2} \cdot (0.441) - N_1 \cdot (0.085 + 0.170 + 0.441) = 0$$

$$N_1 = 541.53N$$

$$N_2 = 99.04N$$

La potencia requerida por cada motor para mover la silla de ruedas con el usuario es conocida con la realización un análisis dinámico considerando los valores de los esfuerzos normales obtenidos en el análisis estático.

Se supone un coeficiente de fricción estático  $\mu_e$  entre caucho y baldosa de 0.5.

$$F_{N1} = \mu_e N_1 = 0.5(541.53N) = 270.76N \quad (3.11)$$

$$F_{N2} = \mu_e N_2 = 0.5(99.04N) = 49.52N$$

La sumatoria de momentos se realiza con respecto a N2 que es el punto de tracción de la silla de ruedas, determinando así el valor del par del motor.

$$\sum M_{N2} = T \quad (3.11)$$

$$T = -\frac{F_1}{2}(d_1) - \frac{F_2}{2}(d_1 + d_2) + N_1(d_1 + d_2 + d_3 + d_4)$$

$$T = -\frac{981}{2}(0.085) - \frac{300.15}{2}(0.085 + 0.170) + 541.53(0.085 + 0.00170 + 0.0441 + 0.0611)$$

$$T = 23.96Nm$$

El valor de la velocidad angular de las ruedas es 120rpm=12.56rad/s. La potencia del motor requerida este dado con la siguiente ecuación:

$$P = T \cdot \omega \quad (3.13)$$

Donde:  $T$  = Es el par de las ruedas       $\omega$  = velocidad angular de las ruedas.

$$P = 23.96(12.56) = 300.94W$$

#### - Posición de bipedestación

Las fórmulas del caso anterior son utilizadas para la posición de bipedestación, pero con las distancias respectivas.

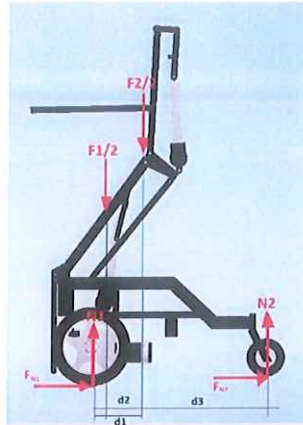


Figura 3.7 Diagrama de cuerpo libre en bipedestación.

Fuente: Grupo Investigador.

$F_1$  = Peso máximo de la persona = 981 N

$F_2$  = Peso de la silla = 300.15 N

$N_1$  Fuerza normal de la llanta delantera

$N_2$  Fuerza normal de la llanta trasera

Datos:

$d_1 = 0.180 \text{ m}$     $d_2 = 0.103 \text{ m}$     $d_3 = 0.485 \text{ m}$     $d_4 = 0.152 \text{ m}$ , Diámetro de la rueda trasera

$$\sum F_y = 0 \quad (3.14)$$

$$-\frac{F_1}{2} - \frac{F_2}{2} + N_1 + N_2 = 0 \qquad -\frac{981}{2} - \frac{70}{2} + N_1 + N_2 = 0$$

$$N_1 + N_2 = 525.5 \text{ N}$$

$$\sum M_{N_2} = 0 \quad (3.15)$$

$$\frac{F_1}{2} * (d_2 + d_3) + \frac{F_2}{2} * (d_3) - N_1 * (d_1 + d_2 + d_3) = 0$$

$$\frac{981}{2} * (0.103 + 0.485) + \frac{70}{2} * (0.485) - N_1 * (0.18 + 0.103 + 0.485) = 0$$

$$N_1 = 397.64 \text{ N} \qquad N_2 = 127.86 \text{ N}$$

Se supone un coeficiente de fricción estático  $\mu_e$  entre caucho y baldosa de 0.5

$$F_{N_1} = \mu_k N_1 = 0.5 * 397.64 \text{ N} = 198.82 \text{ N}$$

$$F_{N_2} = \mu_k N_2 = 0.5 * 127.86 \text{ N} = 63.93 \text{ N}$$

La sumatoria de momentos respecto a  $N_2$

$$\sum M_{N_2} = T$$

$$T = \frac{F_1}{2} * (d_2 + d_3) + \frac{F_2}{2} * (d_3) - N_1 * (d_1 + d_2 + d_3) + F_{N1} * d_4$$

$$T = \frac{981}{2} * (0.103 + 0.485) + \frac{70}{2} * (0.485) - 397.64 * (0.180 + 0.103 + 0.485) + 148.82 * 0.152$$

$$T = 22.62 N.m$$

Con el torque del motor y la velocidad (L) se calcula la potencia necesaria que debe tener el motor para permitir el movimiento de la silla con el usuario.

$$P = T.\omega$$

$$P = (22.62).(12.56) = 284.107W$$

**Tabla 3.7** Características de los motores DC

<b>Nombre</b>	LT Motor
<b>Parte No.</b>	1111708
<b>Voltaje</b>	24 V
<b>Amperaje</b>	25A
<b>Potencia</b>	500W
<b>Velocidad</b>	120 RPM

**Fuente:** Grupo Investigador.



**Figura 3.8** Motor DC.

**Fuente:** Grupo Investigador.

#### 3.4.4.2 Selección de las baterías

Para dimensionar las baterías correctamente, es necesario determinar el voltaje y la corriente requeridos por cada uno de los componentes que conforman el circuito. Es recomendable que



todos los componentes funcionen con la misma tensión. A continuación, se presenta una tabla que muestra los componentes junto con sus respectivos valores de voltaje, corriente y potencia.

**Tabla 3.13.** Lista de componentes del circuito de la silla bipedestadora.

Descripción	Cant.	Voltaje	Corriente	Potencia
Actuador Lineal U5	2	24V	5A	120w
LT Motor DC	2	24V	25A	600w
Controlador VSI	1	24V	2A	48w
Placa de control puente H	2	24V	2A	48w
			34A	816w

Se sabe que la silla bipedestadora tiene una corriente de consumo de 34A y requiere un voltaje de alimentación de 24V. Para que la silla pueda utilizarse durante una hora, con varios movimientos, se necesita al menos una batería de 35Ah. Sin embargo, en el mercado solo se encuentran baterías de 12V con una capacidad de 50Ah. Para resolver este inconveniente, se utilizaron dos baterías de 12V y 50Ah. Al conectarlas en serie, se suman los voltajes y se alcanzan los 24V necesarios, aunque la capacidad total de las baterías es de 50Ah. En la figura siguiente se muestra el esquema de conexión de las baterías.

### 3.4.5 Selección del controlador

Se decidió utilizar un controlador tipo joystick para controlar las ruedas de la silla bipedestadora. Este controlador está equipado con puentes H, los cuales permiten el control de un motor DC con una corriente de hasta 25A.



**Figura 3.13.** Joystick.  
Fuente: Grupo Investigador.

Este tipo de controles de mando son ideales para el control de las sillas de ruedas eléctricas, por lo tanto, se realiza la adaptación a la silla bipedestadora. Las características se presentan en la siguiente tabla:



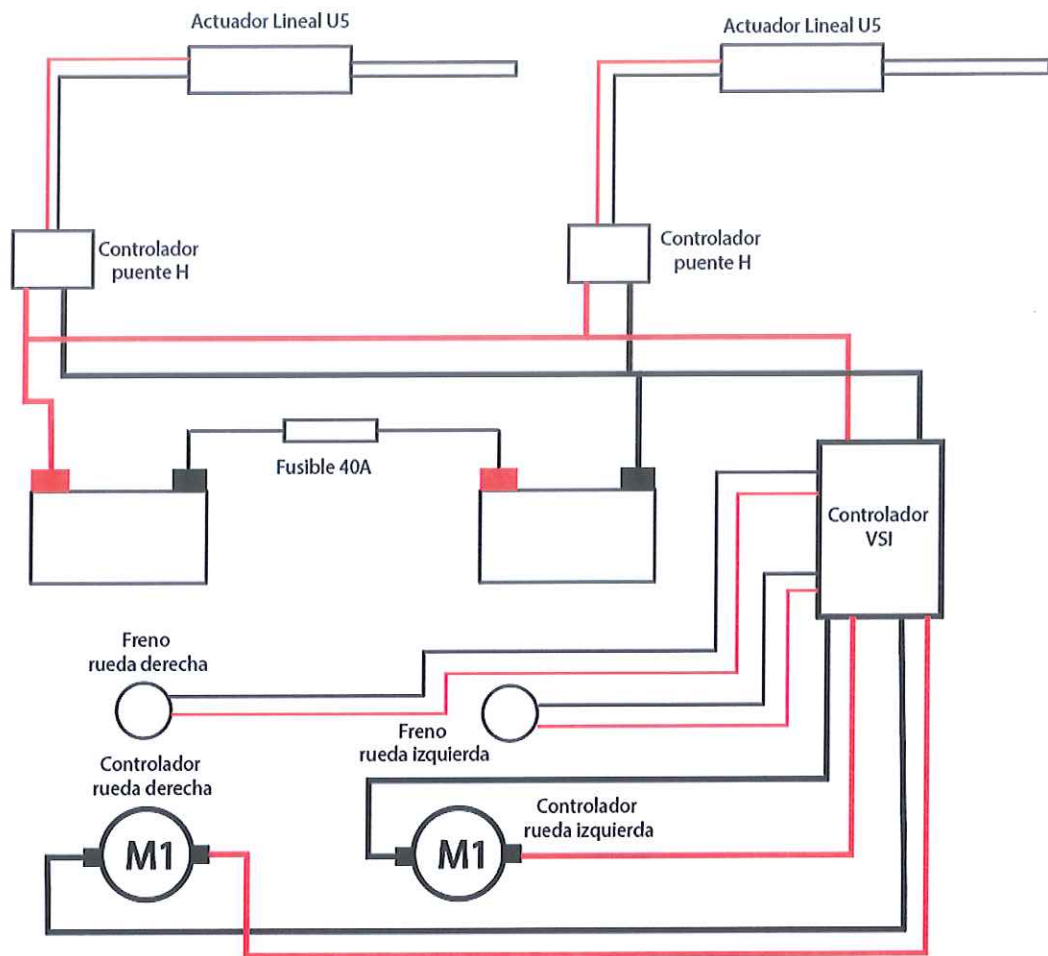
**Tabla 3.8** Características del control de mando

<b>Tipo de producto</b>	Palanca de mando
<b>SKU</b>	ALEGRÍA00053
<b>Número de parte</b>	D50503.02
<b>Compatibilidad</b>	Bruno PWR-2200
<b>Condición</b>	Usados Certificados

Fuente: Grupo Investigador.

#### **3.4.6. Circuito de control**

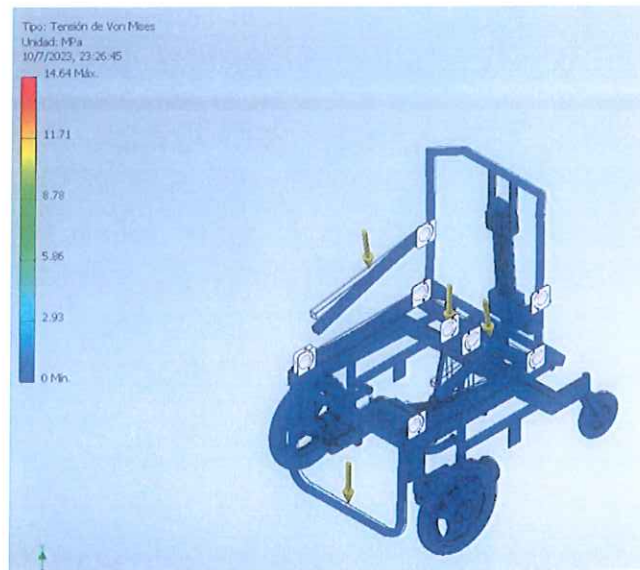
Para que el usuario controle la silla de ruedas se optó por utilizar controladores para motores de corriente continua. Estos módulos son comerciales, ya que se utilizan en camas de hospitales, como los actuadores lineales que se utiliza para elevar el mecanismo. Además, las ruedas de la son controlados por un joystick para desplazarse en dirección hacia arriba o abajo y en dirección hacia la derecha o izquierda. En la siguiente figura se tiene el esquema de conexión del circuito de control.



**Figura 3.14.** Circuito de control del mecanismo de bipedestación y de las ruedas.  
**Fuente:** Grupo Investigador

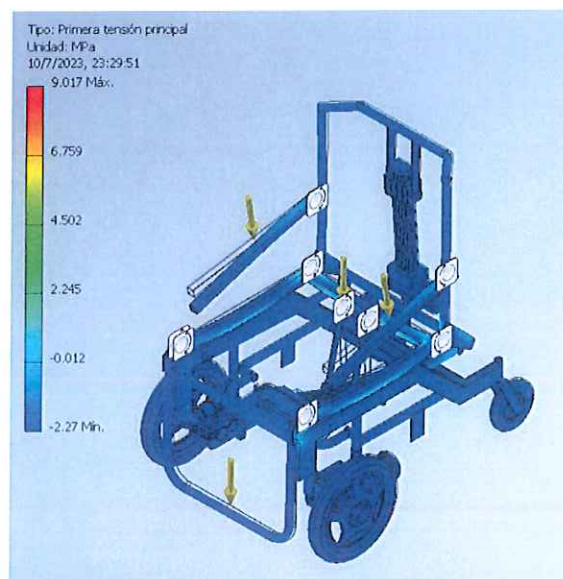
### 3.5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Se realizó el análisis de esfuerzos en la silla de bipedestación, se utilizó el acero A36 (acero al carbono), en esta práctica se sometió a varias cargas y se determinó que el diseño es el adecuado para un peso máximo de 100kg, en la siguiente figura se puede apreciar el resultado de la tensión de Von Mises, su esfuerzo máximo es de 14.64MPa.



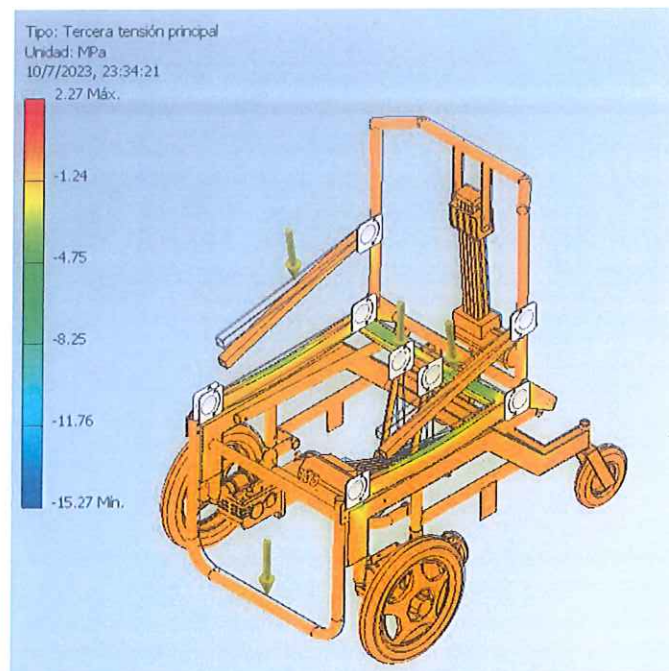
**Figura 3.15.** Resultado de la tensión de Von Mises.  
**Fuente:** Grupo Investigador

En la primera tensión se tiene un esfuerzo máximo de 9.017Mpa, como se aprecia que no ha superado el esfuerzo, se mantiene en el valor mínimo.



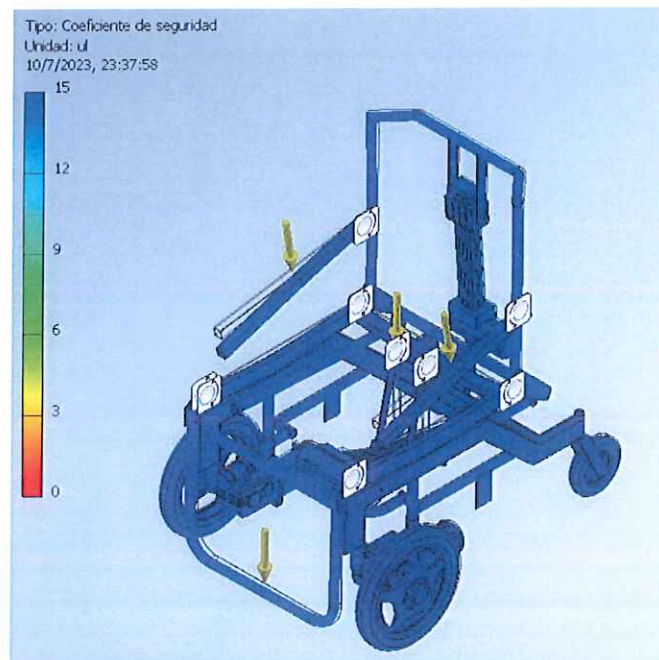
**Figura 3.16.** Resultado de la primera tensión.  
**Fuente:** Grupo Investigador.

En la tercera tensión principal se tiene un valor máximo de 2.27Mpa y como se puede observar esta casi a punto alcanzar ese valor.



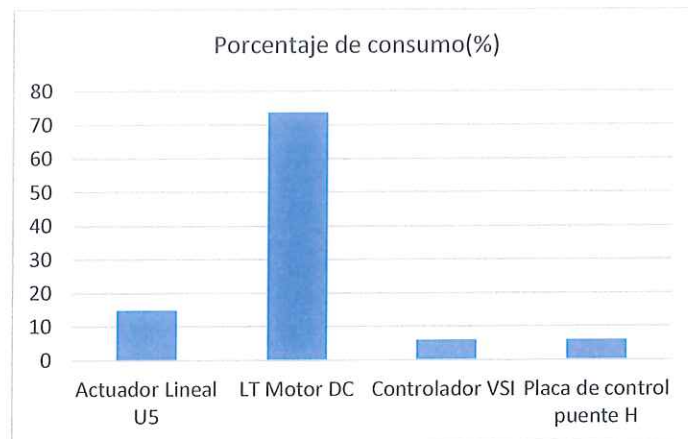
**Figura 3.17.** Tercera tensión principal.  
Fuente: Grupo Investigador.

El coeficiente de seguridad debe ser de 15, en el resultado se puede apreciar que, si cumple con esta condición, con esto se comprueba que el diseno y la selección de materiales es el adecuado.



**Figura 3.18.** Coeficiente de seguridad de la silla.  
Fuente: Grupo Investigador

En el consumo de corriente de cada elemento del circuito, se determinó que lo que más consume son los motores DC de las ruedas. Las ruedas consumen el 73% de la corriente total, mientras que el controlador VSI y el puente H consume un 5.88%.



**Figura 3.19.** Representación gráfica de la corriente de cada elemento del circuito.

**Fuente:** Grupo Investigador.

La potencia es producto del voltaje y corriente, entonces todos los componentes tienen el mismo porcentaje, ya que la relación entre potencia y corriente son proporcionales.

### **3.6 Impacto Social de la silla de ruedas eléctrica tipo bipedestadora**

El presente proyecto de tesis diseño y construcción de una silla de ruedas bipedestadora con tecnología innovadora, permitirá que el usuario con discapacidad pueda levantarse.

Para las personas con movilidad reducida que se trasladan en silla de ruedas los más complejo es poder levantar para alcanzar objetos que se encuentran en altura, como libros, cuadros, productos de cocina, etc. Para lograrlo es necesario apoyarse en algo fijo, tener la fuerza muscular para soportar el peso corporal o ayuda de otra persona para ponerse de pie.

Estar constantemente sentados para las personas con discapacidad en eventos sociales, los pone en desventaja, ya que es común estar de pie hablando o bailando, pero el simple hecho de levantar y poner en posición vertical a una persona en silla de ruedas puede cambiar su vida.

Tienen más autosuficiencia para efectuar diferentes actividades y rutinas, su autoestima mejora en relacionarse con su entorno y amplía su perspectiva.

Para lograr este objetivo, el Centro de Ayudas Técnicas Sayani (Ecuador), en colaboración con la Universidad Técnica de Cotopaxi, ha desarrollado una silla de ruedas eléctrica bipedestadora que permite ponerse de pie sin ayuda y ajustar la altura según las necesidades individuales.

Los beneficios no solo son prácticos o sociales, sino que también repercuten positivamente en la salud de la persona, es decir permitiendo moverse y ejercitar los músculos ya que están en una posición sedentaria. El ponerse en posición vertical les permite crecer en su proceso de confianza emocional, dándoles oportunidades de desarrollarse en el campo laboral.

Las ventajas de una silla de ruedas con bipedestación como la independencia, mejoras cognitivas, estar de pie minimiza la fatiga, el tener confianza de levantarse hace que disminuya la depresión, con todas estas ventajas hacen que el impacto social sea más humano y no una estadística de discapacidad.

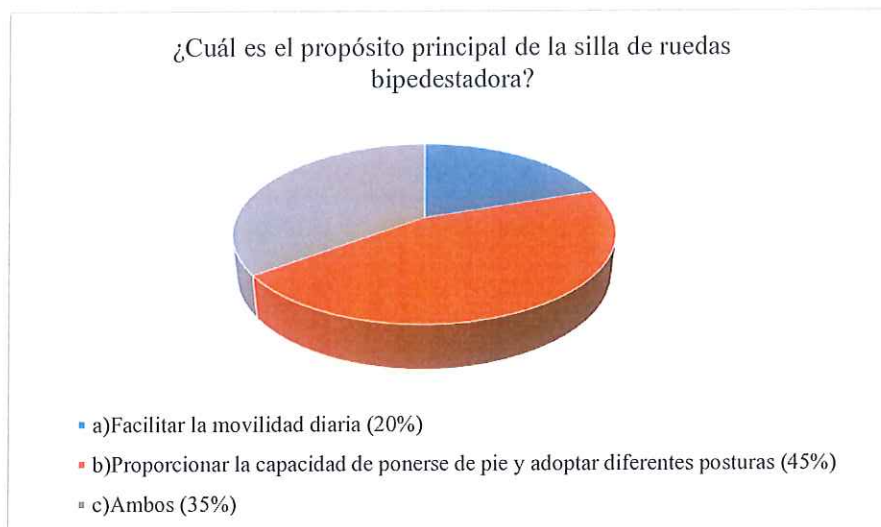
Pero también hay un evidente beneficio fisiológico del usuario, es decir que al cambiar los puntos de tensión en la silla y de acuerdo a las necesidades del individuo la salud urinaria, la circulación sanguínea, la espasticidad, la función intestinal, la densidad ósea, mejoren sustancialmente evitando que se formen úlceras o escaras ya que son complicadas y costosas en su tratamiento.

El relato de César Mariño, quién perdió la movilidad física accidentalmente al recibir tres balazos en un tiroteo afuera de su casa, manifestó que gracias a la silla tiene la libertad de hacer las cosas de su rutina diaria demorándose menos tiempo, psicológicamente su confianza se ha reforzado y su emoción de hacer algo por su cuenta, indirectamente mejora el ambiente familiar.

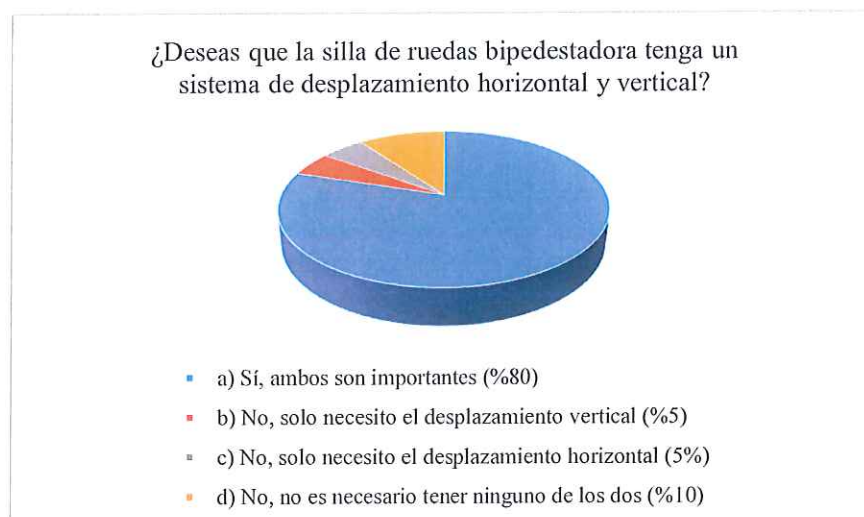


Con este testimonio el diseñar y fabricar una silla de ruedas eléctrica del tipo bipedestadora se busca tener un impacto social donde la discapacidad solo sea el punto de partida de entender que todos tenemos capacidades diferentes y que forma un ser humano extraordinario.

Para el análisis de requerimiento se utilizó la herramienta de la entrevista, para cada pregunta se ha obtenido los resultados interpretados en porcentaje, en los siguientes gráficos se tiene los resultados.



**Figura 3.20.** Representación del porcentaje de los entrevistados (primera pregunta).  
**Fuente:** Grupo Investigador

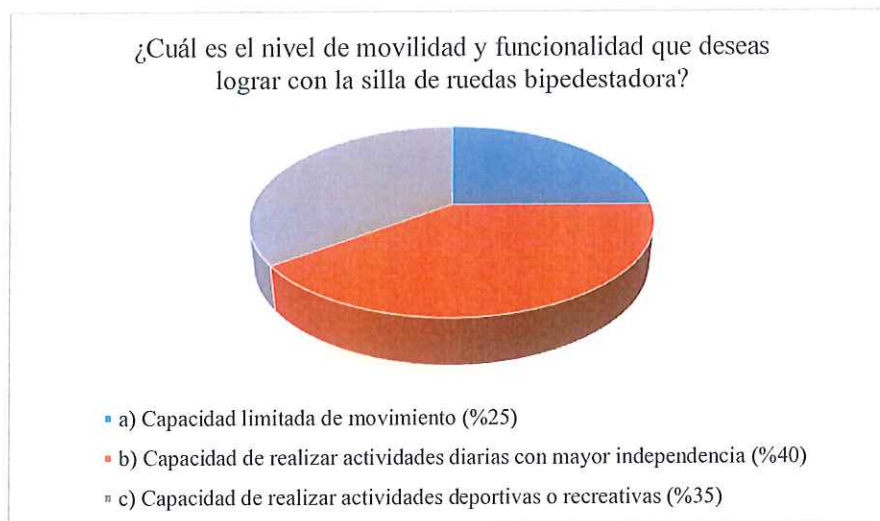


**Figura 3.21.** Representación del porcentaje de los entrevistados (segunda pregunta).  
**Fuente:** Grupo Investigador





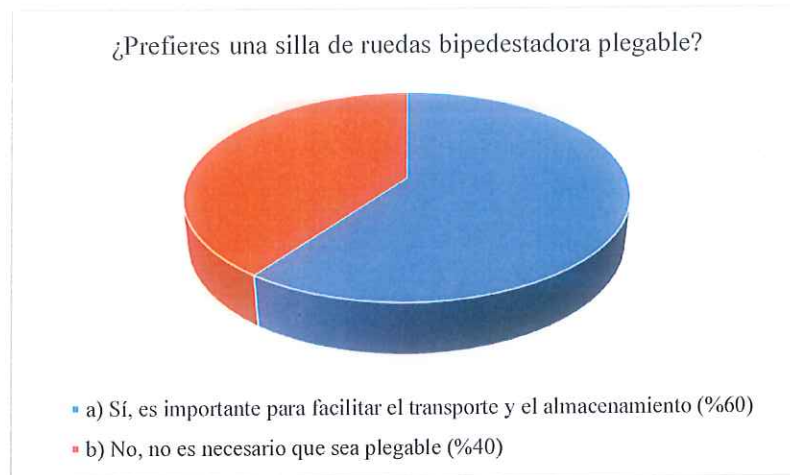
**Figura 3.22.** Representación del porcentaje de los entrevistados (tercera pregunta).  
**Fuente:** Grupo Investigador



**Figura 3.23.** Representación del porcentaje de los entrevistados (cuarta pregunta).  
**Fuente:** Grupo Investigador



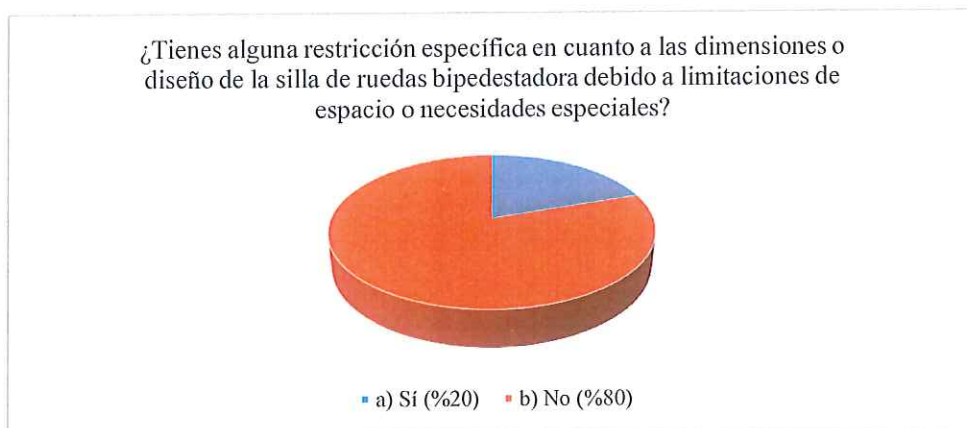
**Figura 3.24.** Representación del porcentaje de los entrevistados (quinta pregunta).  
**Fuente:** Grupo Investigador



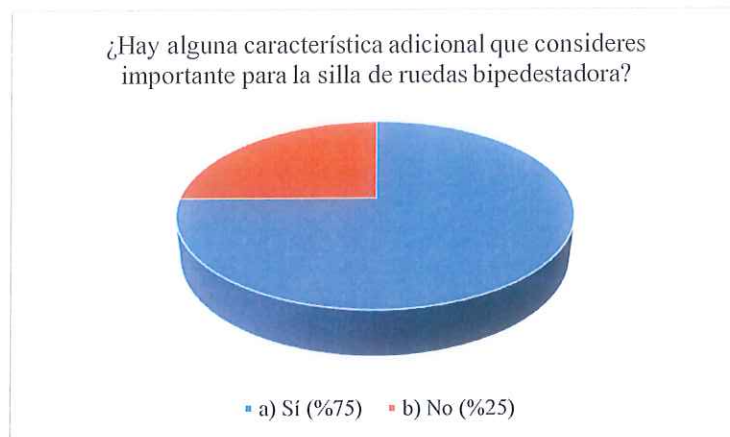
**Figura 3.25.** Representación del porcentaje de los entrevistados (sexta pregunta).  
**Fuente:** Grupo Investigador



**Figura 3.26.** Representación del porcentaje de los entrevistados (séptima pregunta).  
**Fuente:** Grupo Investigador



**Figura 3.27.** Representación del porcentaje de los entrevistados (octava pregunta).  
**Fuente:** Grupo Investigador



**Figura 3.28.** Representación del porcentaje de los entrevistados (novena pregunta).

**Fuente:** Grupo Investigador

La muestra que se tomó en nuestra investigación es del tipo cualitativo, con la cual es del tipo exploratorio abordando de una manera profunda la opinión de los usuarios. Por lo cual se consideró realizarlo con 10 participantes y así tener un estudio más adecuado.

Los entrevistados manifestaron que, si es necesario tener una silla de ruedas tipo bipedestadora, debido que ponerse de pie facilitaría realizar las diferentes actividades básicas, que el peso de carga debe ser de menos de 100kg, fácil de llevar y guardar en todo lugar, la misma debe tener accesorios de acuerdo a la necesidad de cada usuario es decir están satisfechos con el diseño y dimensiones de fabricación y por último manifestaron que es bueno que la silla se pueda modificar o personalizar según los requerimientos del usuario.

En la siguiente tabla se tiene los valores de velocidad que es dependiente del peso de la persona, afecta a la velocidad del motor, estas mediciones son realizadas de acuerdo a los grados de inclinación con respecto a la horizontal del suelo.

**Tabla 3.20.** Velocidad y desplazamiento.

Peso (Kg)	Velocidad (m/min)	Corriente (A)	Velocidad (RPM)	Desplazamiento (m)	Voltaje (V)	Tiempo (seg.)	Grados
0	60	100	120	60	24	60	0
55	58	100	114	57	24	60	0
65	55.5	100	111	55.8	24	60	0
75	51.7	100	103	51.7	24	60	0
0	51.3	100	102	51.3	24	60	8
55	47.8	100	95	47.8	24	60	8
65	44.7	100	89	44.7	24	60	8
75	37.7	100	75	37.7	24	60	8
0	45.2	100	90	45.2	24	60	12
55	37.7	100	75	37.7	24	60	12
65	33.2	100	66	33.2	24	60	12
75	25.1	100	50	25.1	24	60	12

En la siguiente tabla se tiene los valores del tiempo que es dependiente al peso de la persona y al voltaje de batería.

**Tabla 3.21.** Tiempo del sistema de bipedestación

Peso (Kg)	Tiempo (seg.)	Corriente (A)	Voltaje (V)
0	8	100	24
55	10	100	24
65	12	100	24
75	18	100	24
0	17	50	12
55	25	50	12
65	31	50	12
75	45	50	12

En la siguiente tabla se tiene los valores del tiempo que es dependiente al peso de la persona y al voltaje de batería.

**Tabla 3.22.** Tiempo del sistema de basculación

Peso (kg)	Tiempo (seg.)	Corriente Nominal (A)	Corriente de batería (A)	Voltaje (v)	Inclinación/Horizontal
0	10	1,1	50	12	100 a 160
55	15	2,5	50	12	101 a 160
65	20	3	50	12	102 a 160
75	27	4,1	50	12	103 a 160

Para lograr que la silla se mueva a la derecha o izquierda se utilizó los motores de corriente continua, para controlar el giro de derecha e izquierda se utilizó un controlador VSI y para elevar la silla se utilizó dos actuadores lineales, ya que tienen en su interior un motor DC con un mecanismo que convierte de movimiento rotativo a lineal.



**Figura 3.29.** Silla bipedestadora (posición para sentarse)

**Fuente:** Grupo Investigador.



**Figura 3.30.** Silla bipedestadora (posición para levantarse).

**Fuente:** Grupo Investigador.

### 3.4 IMPACTO TECNOLÓGICO

La tecnología ha permitido al ser humano evolucionar en muchas áreas de la vida y la movilidad para discapacitados no podía ser una excepción. Los asombrosos avances en la tecnología de las sillas de ruedas eléctricas, han permitido que la movilidad y la independencia de las personas con discapacidad sean prioridad al momento de diseñar estos productos, ya que les permite tener una mejor calidad de vida para ellos y la familia.

La silla de ruedas eléctrica también ha dado otro gran paso en los sistemas de control, más fácil de usar y más personalizado dependiendo a la necesidad del paciente. El sistema permite que la silla de ruedas funcione a mayor velocidad, menor sensibilidad y mayor tasa de respuesta sin causar daños ni accidentes. Además, el modelo viene equipado con una interfaz analógica para su posición basculante y bipedestación, para mejorar la accesibilidad para personas con discapacidades motoras.

Uno de los aspectos más importantes en las sillas de ruedas eléctricas es la duración de la batería. En este sentido, los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de baterías de mayor capacidad y eficiencia energética. Ahora, las sillas de ruedas eléctricas pueden recorrer distancias más largas sin necesidad de recargar, lo que brinda a los usuarios una mayor autonomía y libertad para realizar sus actividades diarias. Estas nuevas baterías también se cargan más rápido, lo que reduce los tiempos de espera y permite un uso más constante de la silla de ruedas.

La seguridad es una preocupación primordial en el diseño de silla de ruedas eléctrica, y los avances tecnológicos han llevado a esta área a un nuevo nivel. Este dispositivo está equipado con características de seguridad mejorada, como un sistema de frenado regenerativo, estabilidad mejorada y dispositivos de retención, con lo cual ayudan a reducir la distancia de frenado y mejorar la eficiencia energética, para brindar una mayor tranquilidad a los usuarios y sus cuidadores.

Un factor importante en una silla de ruedas eléctrica bipedestadora es el tiempo de duración de su batería, donde las innovaciones tecnológicas han sido clave para tener una mayor capacidad, eficiencia energética, carga rápida y sobre todo el uso constante de este dispositivo de movilidad.

### 3.5 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

#### 3.5.1 CHASIS

En la tabla 3.20 se presenta el presupuesto de los materiales directos, indirectos y la mano de obra necesaria para la ejecución del proyecto.

Tabla 3.21 Chasis

<b>ANÁLISIS ECONÓMICO SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA BIPEDESTADORA</b>				
<b>ITEM:</b>	1			
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Chasis			
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Trabajo/hora</b>	<b>Costo total</b>
Herramienta menor (taladro, broca llaves de boca/corona, etc)	1	1,25	50	62,5
Equipos de pintura electroestática	1	30	1	30
Torno	1	15,00	8	120
Soldadora eléctrica	1	15,00	24	360
Taladro de pedestal	1	10,00	3	30
<b>Total Parcial</b>				<b>602,5</b>
<b>MATERIALES</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo/Unit.</b>		<b>Costo total</b>
Tubo rectangular 20 x 40 x 1,5 mm	2	24,00		48
Tubo cuadrado 25x1,5 mm	1	13,00		13
Tubo redondo 25 x 1,5 mm	2	11,00		22
Tubo redondo 20 x 1,5 mm	1	8,00		8
Pintura electroestática kg.	1	20,80		20,8
Platina de acero 4 x 30 mm	1	13,00		13
<b>Total Parcial</b>				<b>124,8</b>
<b>TRANSPORTE</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa/km</b>	<b>Distancia/km</b>	<b>Costo total</b>
Camioneta	1	0,60	60	36
<b>Total Parcial</b>				<b>36</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa/Hora</b>	<b>Trabajo/Hora</b>	<b>Costo total</b>
Ayudante mecánico	1	2,80	80	224
Pintor electroestático	1	20,00	1	20
Ingeniero Electromecánico (Diseño/Planos)	1	15,00	80	1200
<b>Total Parcial</b>				<b>1444</b>



<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>2207,3</b>
---------------------	---------------

### 3.5.2 SISTEMA DE RUEDAS, COJINES Y SEGURIDAD

**Tabla 3.22: Sistema de ruedas, cojines y seguridad**

<b>ANÁLISIS ECONÓMICO SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA BIPEDESTADORA</b>				
<b>ITEM:</b>	2			
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Sistema de ruedas, cojines y seguridad			
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Trabajo/hora</b>	<b>Costo total</b>
Máquina de coser recta	1	3	16	48
<b>Total Parcial</b>				<b>48</b>
<b>MATERIALES</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo/Unit.</b>		<b>Costo total</b>
Ruedas delanteras 8 pulg.	2	110,00		220
Ruedas posteriores 6 pulg.	2	6,00		12
Kit de seguridad cinturones	1	40,00		40
Corosil (recubrimiento cojines)	2	6,00		12
Plancha esponja amarilla 2 x 1 (cojines)	1	16,00		16
Plancha galvanizado 0,7 mm (alma cojines)	1	24,50		24,5
<b>Total Parcial</b>				<b>324,5</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa/Hora</b>	<b>Trabajo/Hora</b>	<b>Costo total</b>
Costurero	1	3,55	16	56,8
<b>Total Parcial</b>				<b>56,8</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>				<b>429,3</b>

### 3.5.3 SISTEMA DE CONTROL

**Tabla 3.23: Gastos Indirectos**

<b>ANÁLISIS ECONÓMICO SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA BIPEDESTADORA</b>				
<b>ITEM:</b>	3			
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Sistema de control			
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Trabajo/hora</b>	<b>Costo total</b>
Herramienta menor (taladro, broca llaves de boca/corona, etc)	1	1,25	20	25
<b>Total Parcial</b>				<b>25</b>
<b>MATERIALES</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo/Unit.</b>		<b>Costo total</b>
Controlador VSI	1	450,00		450
Motor reductor	2	320,00		640
Motor lineal	2	240,00		480
Cargador 24 voltios	1	36,00		36
Baterías 24/50 A	2	80,00		160
<b>Total Parcial</b>				<b>1766</b>
<b>TRANSPORTE</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa/km</b>	<b>Distancia/km</b>	<b>Costo total</b>
Envío China - Ecuador	1	180,00	1	180
<b>Total Parcial</b>				<b>180</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>				<b>1971</b>

### 3.5.4 COSTO TOTAL

**Tabla 3.24:** Costo Total

<b>ANÁLISIS ECONÓMICO SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA BIPEDESTADORA</b>			
<b>ITEM:</b>	4		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	ANÁLISIS COSTOS TOTALES		
<b>PROYECTO:</b> "DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS BIPEDESTADORA MULTI POSTURA CON SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL PARA LA EMPRESA SAYANI"			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo/Unit.</b>	<b>Costo Total</b>
Chasis	1	2207,30	2207,3
Sistema de ruedas, cojines y seguridad	1	429,30	429,3
Sistema de control	1	1971,00	1971
<b>TOTAL DEL PROYECTO</b>			<b>4607,6</b>

En la tabla 3.24, se detalla los gastos para la ejecución del proyecto, que fue determinado a partir de las tablas 3.21 hasta la tabla 3.23.

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.5 Conclusiones

- La selección de materiales mecánicos debe tener en cuenta factores como la resistencia, durabilidad, peso y facilidad de mantenimiento. Para el diseño del chasis se utilizaron tubos rectangulares de acero A 36 ya que brindan una mayor resistencia debido a que tiene una inercia en el eje X de  $44458.67mm^4$  y el eje Y de  $14378mm^4$ , mientras que el tubo redondo tiene una inercia en los ejes X-Y de  $8073.31mm^4$  siendo utilizado para el espaldar.
- Para el mecanismo de bipedestación alcanza una elevación máxima de  $84^\circ$  para que el paciente pueda ser levantado y fue comprobado con la ecuación de Gruebler. Para los resultados obtenidos en el punto óptimo del bipedestación comprenden de un torque de  $6.78$  [Nm] y eficiencia  $95.61\%$  persona a la inclinación deseada.
- La autonomía de la silla de ruedas depende mucho del consumo de voltaje y amperaje; obteniendo un consumo máximo de  $24$  V,  $25$  Amp y un periodo de  $4$  horas de carga de baterías.
- El actuador lineal que permite la bipedestación de la persona con discapacidad, constituye el único equipo a seleccionarse ya que los demás mecanismos son manuales, cuya potencia consumida por el peso se calcula con los parámetros de: valores de la fuerza de  $1.850$  [N], un desplazamiento aproximado de  $24$  cm, y el tiempo de  $15$  segundos, con lo que la potencia necesaria es de  $48$  W

### 4.6 Recomendaciones

- Continuar investigando en fuentes actualizadas y relevantes para estar al tanto de los avances y nuevas tecnologías relacionadas con la bipedestación en personas con discapacidad física.
- No es recomendable utilizar tubos cuadrados, ya que tiene una menor inercia de  $6100mm^4$  a diferencia de los tubos rectangulares. Además, la inercia es menor que un tubo redondo.
- Para futuras investigaciones, se recomienda utilizar otros materiales que sean más livianos y resistentes que pueda soportar el peso de la persona de un valor máximo hasta de  $100$  Kg. Se ha comprobado que la estructura con el acero A36, tiene un peso de  $30.59$  kg, se recomienda que el peso se reduzca a un  $70\%$ , para que la persona que le cuida no tenga dificultades en transportar la silla bipedestadora.

- El ángulo de inclinación que se recomienda es de  $84^\circ$ , ya que si llega a ser  $90^\circ$  no hay el apoyo de las piernas sobre la estructura.

## 5. REFERENCIAS

- [1] M. J. Espinal, «eprints.ucm,» 2015. [En línea]. Available: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/37634/1/T37201.pdf>. [Último acceso: 20 Noviembre 2022].
- [2] aspaym madrid, «academia.edu,» 8 Junio 2004. [En línea]. Available: [https://www.academia.edu/27679520/Lesi%C3%B3n\\_Medular\\_Gu%C3%ADa\\_para\\_el\\_man\\_ejo\\_integral\\_del\\_paciente\\_con\\_LM\\_cr%C3%B3nica](https://www.academia.edu/27679520/Lesi%C3%B3n_Medular_Gu%C3%ADa_para_el_man_ejo_integral_del_paciente_con_LM_cr%C3%B3nica). [Último acceso: 20 Noviembre 2022].
- [3] Top Doctors, «Top Doctors,» Abril 2022. [En línea]. Available: <https://www.topdoctors.es/diccionario-medico/cuadriplejia>. [Último acceso: 05 Diciembre 2022].
- [4] CONADIS , «consejodiscapacidades,» Marzo 2013. [En línea]. Available: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/10/Resolucion-Conadis-2013-026-Y-052-Sustitutos1.pdf>. [Último acceso: 20 Noviembre 2022].
- [5] palermo.edu, «palermo.edu,» Noviembre 2018. [En línea]. Available: [https://www.palermo.edu/economicas/cbrs/pdf/pbr18/PBR\\_18\\_05.pdf](https://www.palermo.edu/economicas/cbrs/pdf/pbr18/PBR_18_05.pdf). [Último acceso: 30 Octubre 2022].
- [6] observatoridiscapacitat, «OBSERVATORIO DISCAPACIDAD FISICA,» 22 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.observatoridiscapacitat.org/es/la-discapacidad-fisica-que-es-y-que-tipos-hay>. [Último acceso: 5 Diciembre 2022].
- [7] SENADIS, «senadis,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.senadis.gob.cl> . [Último acceso: 15 Noviembre 2022].
- [8] GUIAS PRACTICAS, «GUIAS PRACTICAS,» Abril 2018. [En línea]. Available: <https://www.guiaspracticass.com/coches-electricos/silla-de-ruedas-electrica>. [Último acceso: 25 Octubre 2022].
- [9] CONADIS, «consejodiscapacidades,» Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>. [Último acceso: 15 Noviembre 2022].
- [10] J. B. & V. F. R. Morales, «Researchgate,» Septiembre 2004. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/281271755\\_Automatizacion\\_de\\_un\\_prototipo\\_de\\_s](https://www.researchgate.net/publication/281271755_Automatizacion_de_un_prototipo_de_s)

- illa\_con\_accionamiento\_electrico\_y\_capacidad\_de\_transferencia\_a\_la\_cama. [Último acceso: 20 Noviembre 2022].
- [11] J. López Celi, «Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana,» Diciembre 2013. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6420>. [Último acceso: 20 Noviembre 2022].
- [12] U. I. d. Ecuador, «Artículo 85 UIE,» Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://uctunexpo.autanabooks.com>. [Último acceso: 21 Noviembre 2022].
- [13] Tecnoneo, «ETH ZURICH,» 31 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://ethambassadors.ethz.ch/2019/01/31/with-scewo-eth-zurich-and-the-world-are-more-accessible/>. [Último acceso: 15 Noviembre 2022].
- [14] C. & M. d. R. Laborales, «palermo.edu,» Noviembre 2018. [En línea]. Available: [https://www.palermo.edu/economicas/cbrs/pdf/pbr18/PBR\\_18\\_05.pdf](https://www.palermo.edu/economicas/cbrs/pdf/pbr18/PBR_18_05.pdf). [Último acceso: 18 Diciembre 2023].
- [15] CONADIS, «consejodiscapacidades,» Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>. [Último acceso: 18 Diciembre 2022].
- [16] REVISTA ESPACIOS, «revistaespacios,» 22 Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://www.revistaespacios.com/a20v41n40/a20v41n40p16.pdf>. [Último acceso: 18 Diciembre 2022].
- [17] H. P. d. m. interna, «AccessMedicina,» 2018. [En línea]. Available: <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=2461&sectionid=197384474>. [Último acceso: 29 Noviembre 2022].
- [18] M. Campos. "La importancia de la bipedestación". Trainfes. <https://www.trainfes.com/la-importancia-de-la-bipedestacion-y-marcha-en-rehabilitacion/> (accedido el 30 de julio de 2023).
- [19] Neuraxis. "Porque son tan importantes la bipedestación?" Neuraxis. <https://neuraxis.es/por-que-son-tan-importantes-la-bipedestacion-y-la-marcha/> (accedido el 30 de julio de 2023).
- [20] "Ingeniería Humel". Soluciones de movilidad y postura. <https://www.hummel.com.ar/sillas-de-ruedas-bipedestacion.php> (accedido el 30 de julio de 2023).



- [21] "Diseño y construcción de un dispositivo de bipedestación para las personas con discapacidad motriz", Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2021.
- [22] V. Rodríguez. "Estudio de los mecanismos de control motor en el movimiento de sedestación a bipedestación". Unirioja. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=247533> (accedido el 30 de julio de 2023).
- [23] "Diseño de una silla bipedestadora para terapias de rehabilitación y reeducación física para personas adultos con un peso máximo de 100 Kg", Pregrado, Escuela Politécnica de Chimborazo, Chimborazo, 2022.
- [24] S. A. Serrano, "Diseño estructural de una silla de ruedas de bipedestación con sistema de verticalización y la incidencia en su eficiencia energética", Pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2018.
- [25] J. Collaguazo, "Diseño y construcción de una silla para bipedestación", Pregrado, Universidad Técnica Equinoccial, Quito, 2018.

# ANEXOS

ANEXO A .INFORME ANTIPLAGIO PROYECTO DE TITULACIÓN

<b>Facultad:</b>	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Electromecánica
<b>Nombre del docente evaluador que emite el informe:</b>	MsC. Cristian Gallardo
<b>Documento evaluado</b>	<b>“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS BIPEDESTADORA MULTI POSTURA CON SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL PARA LA EMPRESA SAYANI”</b>
<b>Autores del documento</b>	Endara Andagua Willian Fabian Vilca Guamani Sandro Javier
<b>Programa de similitud según el programa utilizado</b>	Sistema compilation
<b>Observaciones: Calificación de originalidad atendidos en los siguientes criterios</b>	2%
<ul style="list-style-type: none"> <li>El documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones</li> </ul>	
<b>Fecha de realización del informe</b>	06/08/2023



TESIS ENDARA-VILCA - 2023 - 2023

2%  
Similitudes

2% Texto entre comillas  
< 1% similitudes entre comillas  
< 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: TESIS ENDARA-VILCA - 2023 - 2023.pdf  
ID del documento: a46caa3f72dfe86f1b45d62e7868da72137c38b  
Tamaño del documento original: 1,91 MB

Depositante: CRISTIAN FABIAN GALLARDO MOLINA  
Fecha de depósito: 16/8/2023  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 16/8/2023

Número de palabras: 11.120  
Número de caracteres: 74.740

  
MsC. Cristian Fabián Gallardo Molina  
C.C. 0502847692



# TESIS ENDARA-VILCA - 2023 - 2023

2%  
Similitudes

2% Texto entre comillas  
< 1% similitudes entre comillas  
< 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: TESIS ENDARA-VILCA - 2023 - 2023.pdf  
ID del documento: a46caa3f72dfed86f1b45d62e7868da72137c38b  
Tamaño del documento original: 1,91 MB

Depositante: CRISTIAN FABIAN GALLARDO MOLINA  
Fecha de depósito: 16/8/2023  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 16/8/2023

Número de palabras: 11.120  
Número de caracteres: 74.740

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://teyder.com/los-avances-tecnologicos-en-las-sillas-de-ruedas-electricas/">teyder.com</a>   Los avances tecnológicos en las sillas de ruedas eléctricas - Teyder <a href="https://teyder.com/los-avances-tecnologicos-en-las-sillas-de-ruedas-electricas/">https://teyder.com/los-avances-tecnologicos-en-las-sillas-de-ruedas-electricas/</a> ->:text=En este semi...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (81 palabras)
2	<a href="http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/16153/3/15T00808.pdf.txt">dspace.espoch.edu.ec</a>   Modelación matemática y simulación del sistema mecánico... <a href="http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/16153/3/15T00808.pdf.txt">http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/16153/3/15T00808.pdf.txt</a> 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (55 palabras)
3	<a href="http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123455789/14701/1/70109_1.pdf">repositorio.ute.edu.ec</a> <a href="http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123455789/14701/1/70109_1.pdf">http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123455789/14701/1/70109_1.pdf</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
4	<a href="http://repositorio.espe.edu.ec/8080/bitstream/21000/13935/4/1-ESPEL-EMI-0340.pdf.txt">repositorio.espe.edu.ec</a>   Diseño e implementación de un bipedestador automátic... <a href="http://repositorio.espe.edu.ec/8080/bitstream/21000/13935/4/1-ESPEL-EMI-0340.pdf.txt">http://repositorio.espe.edu.ec/8080/bitstream/21000/13935/4/1-ESPEL-EMI-0340.pdf.txt</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)

## Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/16152/3/15T00807.pdf.txt">dspace.espoch.edu.ec</a>   Diseño de una silla bipedestadora para terapias de rehabi... <a href="http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/16152/3/15T00807.pdf.txt">http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/16152/3/15T00807.pdf.txt</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
2	<a href="https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123455789/27368">repositorio.uta.edu.ec</a>   Repositorio Universidad Técnica de Ambato: Diseño estru... <a href="https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123455789/27368">https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123455789/27368</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (18 palabras)
3	<a href="https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4583153#:~:text=Diseño y simulación de...">repositorioslatinoamericanos.uchile.cl</a>   Diseño y simulación de silla de ruedas bi... <a href="https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4583153#:~:text=Diseño y simulación de...">https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4583153#:~:text=Diseño y simulación de...</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)
4	<a href="http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/15141/5/15T00778.pdf.txt">dspace.espoch.edu.ec</a>   Diseño y simulación de silla de ruedas bipedestadora par... <a href="http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/15141/5/15T00778.pdf.txt">http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/15141/5/15T00778.pdf.txt</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
5	Documento de otro usuario #02c614 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

## Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

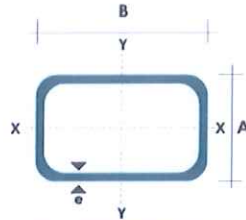
- <https://eprints.ucm.es/id/eprint/37634/1/T37201.pdf>
- [https://www.academia.edu/27679520/Lesión\\_Medular\\_Guía\\_para\\_el\\_m](https://www.academia.edu/27679520/Lesión_Medular_Guía_para_el_m)
- <https://www.topdoctors.es/diccionario-medico/cuadrupleja>
- <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp>
- [https://www.palermo.edu/economicas/cbrs/pdf/pbr18/PBR\\_18\\_05.pdf](https://www.palermo.edu/economicas/cbrs/pdf/pbr18/PBR_18_05.pdf)



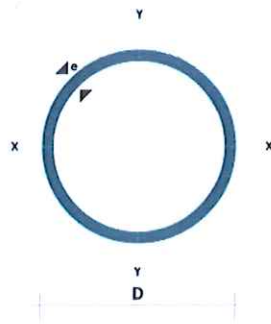
Ingeniería  
Electromecánica

ANEXO B	CUESTIONARIO PARA EL ANÁLISIS DE REQUERIMIENTO	1 DE 1
<p>1. ¿Cuál es el propósito principal de la silla de ruedas bipedestadora?</p> <p>a) Facilitar la movilidad diaria</p> <p>b) Proporcionar la capacidad de ponerse de pie y adoptar diferentes posturas</p> <p>c) Ambos</p> <p>2. ¿Deseas que la silla de ruedas bipedestadora tenga un sistema de desplazamiento horizontal y vertical?</p> <p>a) Sí, ambos son importantes.</p> <p>b) No, solo necesito el desplazamiento vertical.</p> <p>c) No, solo necesito el desplazamiento horizontal.</p> <p>d) No, no es necesario tener ninguno de los dos.</p> <p>3. ¿Qué tipo de discapacidad tienes?</p> <p>a) Paraplejia</p> <p>b) Tetraplejia</p> <p>c) Otra (especificar) _____</p> <p>4. ¿Cuál es el nivel de movilidad y funcionalidad que deseas lograr con la silla de ruedas bipedestadora?</p> <p>a) Capacidad limitada de movimiento</p> <p>b) Capacidad de realizar actividades diarias con mayor independencia</p> <p>c) Capacidad de realizar actividades deportivas o recreativas</p> <p>5. ¿Cuál es el peso máximo que debe soportar la silla de ruedas bipedestadora?</p> <p>a) Menos de 100 kg</p> <p>b) Entre 100 kg y 150 kg</p> <p>c) Más de 150 kg</p> <p>6. ¿Prefieres una silla de ruedas bipedestadora plegable?</p> <p>a) Sí, es importante para facilitar el transporte y el almacenamiento.</p> <p>b) No, no es necesario que sea plegable.</p> <p>7. ¿Necesitas que la silla de ruedas bipedestadora sea compatible con accesorios adicionales?</p> <p>a) Sí, hay accesorios específicos que me gustaría utilizar (especificar) _____.</p> <p>b) No, no se requieren accesorios adicionales.</p> <p>8. ¿Tienes alguna restricción específica en cuanto a las dimensiones o diseño de la silla de ruedas bipedestadora debido a limitaciones de espacio o necesidades especiales?</p> <p>a) Sí</p> <p>b) No</p> <p>9. ¿Hay alguna característica adicional que consideres importante para la silla de ruedas bipedestadora?</p> <p>a) Sí (especificar) _____</p> <p>b) No</p>		

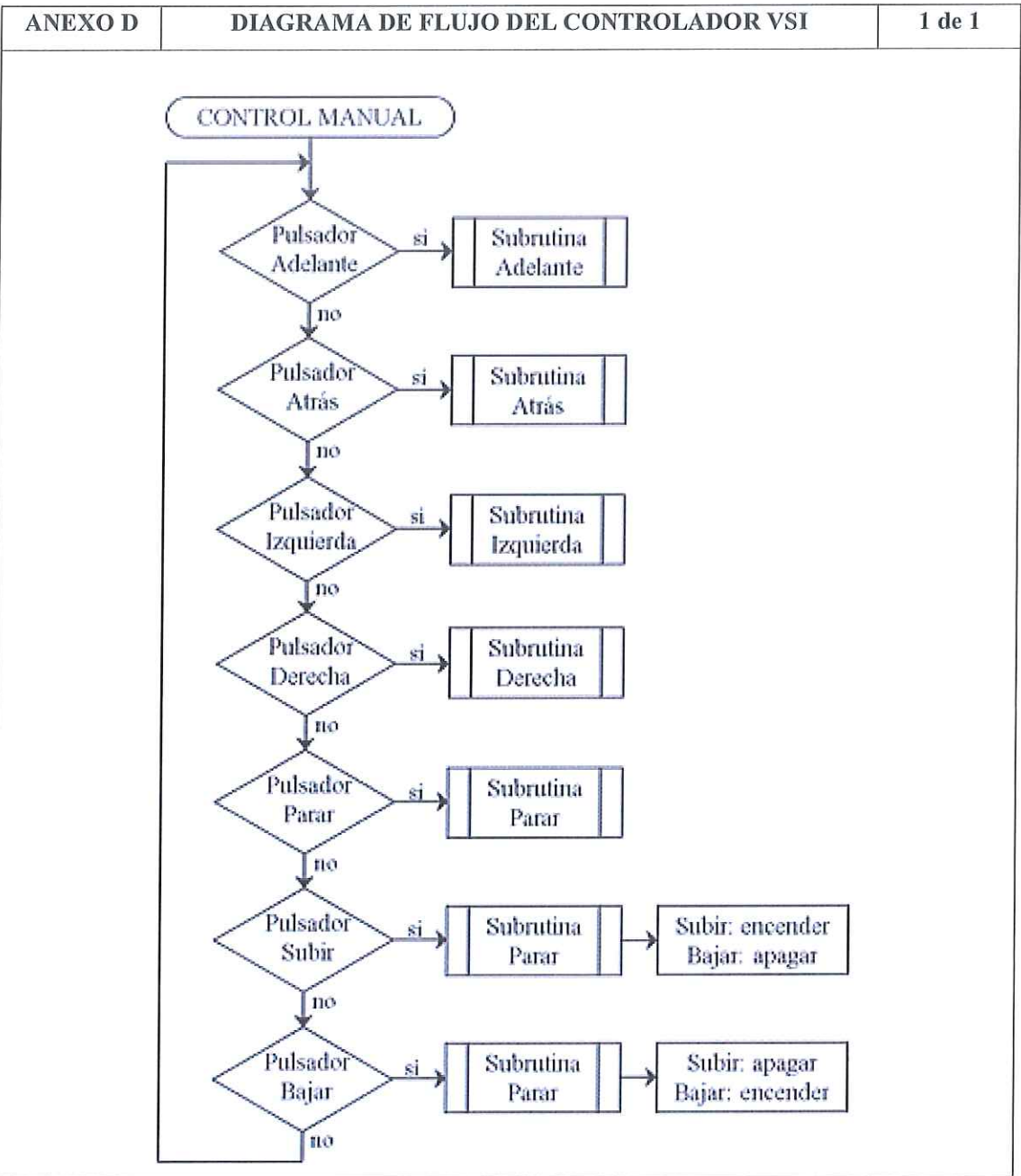
TABLAS DE VALORES DE INERCIA Y MÓDULO DE DIFERENTES SECCIONES



Dimensiones				Área	Ejes Y-Y			Ejes X-X		
A mm	B mm	Espesor (e) mm	Peso Kg/m	Área cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	I cm <sup>3</sup>	
20	40	1.2	1.09	1.32	2.61	1.30	1.12	0.88	0.88	0.83
20	40	1.5	1.35	1.65	3.26	1.63	1.40	1.09	1.09	0.81
20	40	2.0	1.78	2.14	4.04	2.02	1.37	1.33	1.33	0.79
25	50	1.5	1.71	2.10	6.39	2.56	1.74	2.19	1.75	1.02
25	50	2.0	2.25	2.74	8.37	3.35	1.75	2.80	2.24	1.01
25	50	3.0	3.30	4.14	12.56	5.02	1.74	3.99	3.19	0.99
30	50	1.5	1.88	2.25	7.27	2.91	1.80	3.32	2.21	1.21
30	50	2.0	2.41	2.94	9.52	3.81	1.80	4.28	2.85	1.21
30	50	3.0	3.30	4.21	12.78	5.11	1.74	5.66	3.77	1.16
30	70	2.0	3.03	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.48	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	60	1.5	2.29	2.91	14.90	4.97	2.26	7.94	3.97	1.65
40	60	2.0	3.03	3.74	18.08	6.13	2.22	9.81	4.90	1.62
40	60	3.0	4.48	5.41	25.31	8.44	2.16	13.37	6.69	1.57
30	70	1.5	2.34	2.91	18.08	5.17	2.49	4.76	3.17	1.28
30	70	2.0	2.93	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.25	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	80	1.5	2.76	3.74	31.75	7.94	2.91	10.77	5.39	1.70
40	80	2.0	3.66	4.54	37.32	9.33	2.87	12.70	6.35	1.67
40	80	3.0	5.42	6.61	52.16	13.04	2.81	17.49	8.75	1.63
50	100	2.0	4.52	5.74	74.94	14.99	3.61	25.65	10.26	2.11
50	100	3.0	6.71	8.41	106.34	21.27	3.56	35.97	14.39	2.07
50	150	2.0	6.17	7.74	207.45	27.66	5.18	37.17	14.87	2.19
50	150	3.0	9.17	11.41	298.35	39.78	5.11	52.54	21.02	2.15



(D) Diámetro	Espesor	Peso	Área	I	W	I
Pulgadas	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
7/8"	1.50	0.77	0.98	0.53	0.47	0.73
1"	1.50	0.88	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4"	1.50	1.12	1.43	1.63	1.03	1.07
1 1/2"	1.50	1.35	1.72	2.89	1.52	1.30
1 3/4"	1.50	1.59	2.02	4.67	2.10	1.52
2"	1.50	1.82	2.32	7.06	2.78	1.74
2 1/2"	1.50	2.29	2.92	14.05	4.42	2.19
3"	1.50	2.76	3.52	24.56	6.45	2.64
1"	2.00	1.15	1.47	1.01	0.80	0.83
1 1/4"	2.00	1.47	1.87	2.08	1.31	1.05
1 1/2"	2.00	1.78	2.27	3.71	1.95	1.29
1 3/4"	2.00	2.09	2.67	6.02	2.71	1.50
2"	2.00	2.41	3.07	9.14	3.60	1.73
2 1/2"	2.00	3.03	3.86	18.29	5.76	2.18
3"	2.00	3.66	4.66	32.11	8.43	2.62
2"	3.00	3.54	4.51	12.92	5.09	1.69
2 1/2"	3.00	4.48	5.70	26.15	8.24	2.14
3"	3.00	5.42	6.90	46.29	12.15	2.59







**Figura I.** Proceso de torneado de un eje para las ruedas de la silla.



**Figura II.** Configuración de velocidades del torno.



**Figura III.** Perforación de una pieza en el taladro de banco.



**Figura VI.** Proceso de pulido de la estructura de la silla bipedestadora.



**Figura V.** Colocación de las tapas de la silla bipeDESTADORA.



**Figura VI.** Proceso de pintado a las piezas de la silla.





**Figura VII.** Colocación de la silla en la estructura de la silla.



**Figura VIII.** Ensamblaje del espaldar de la silla.



Figura IX. Instalación eléctrica de la silla.

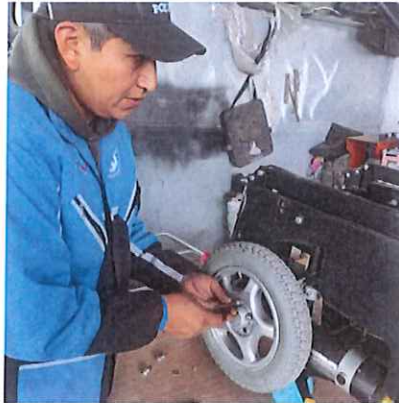


Figura X. Colocación del controlador VSI.

ANEXO K	<p style="text-align: center;"><b>PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE LA SILLA DE RUEDAS BIPEDESTADORA</b></p>	6 de 7
---------	---	--------



**Figura XI.** Colocación del actuador lineal en la silla.



**Figura XII.** Colocación de la rueda en la silla.



**Figura XIII.** Corte de un tubo cuadrado.



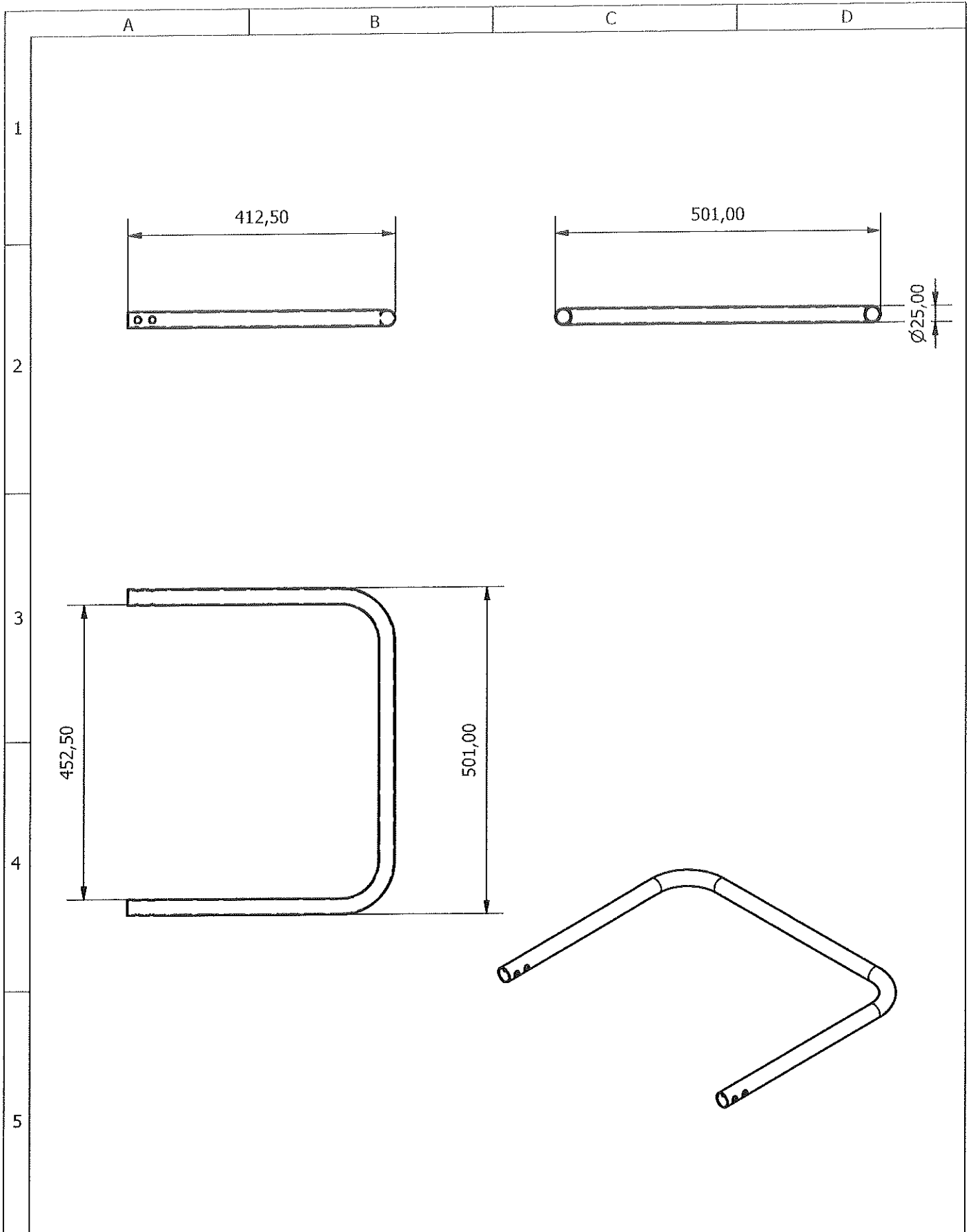


Figura XIV. Doblado de un tubo.



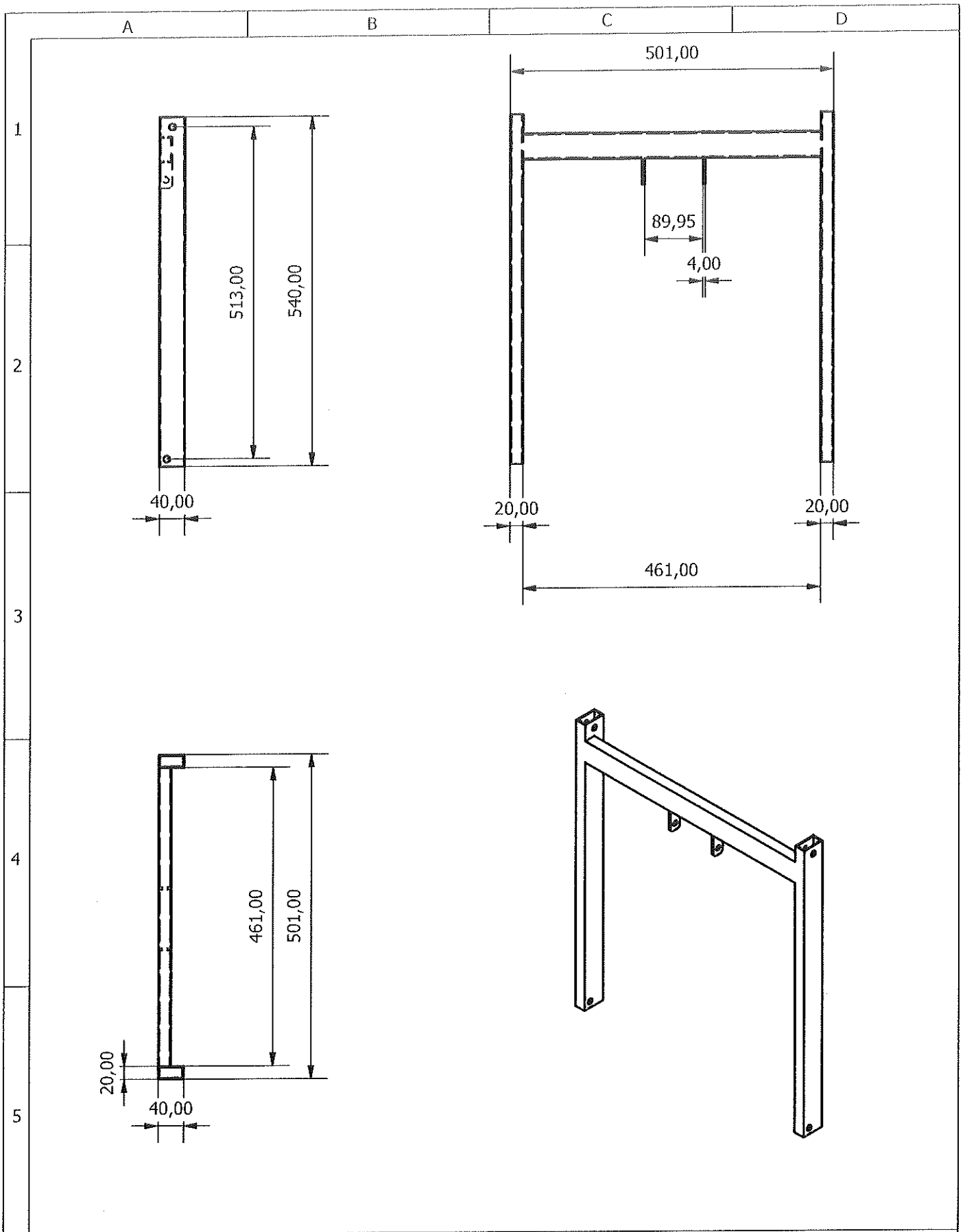
Figura XV. Proceso de soldadura de la estructura.





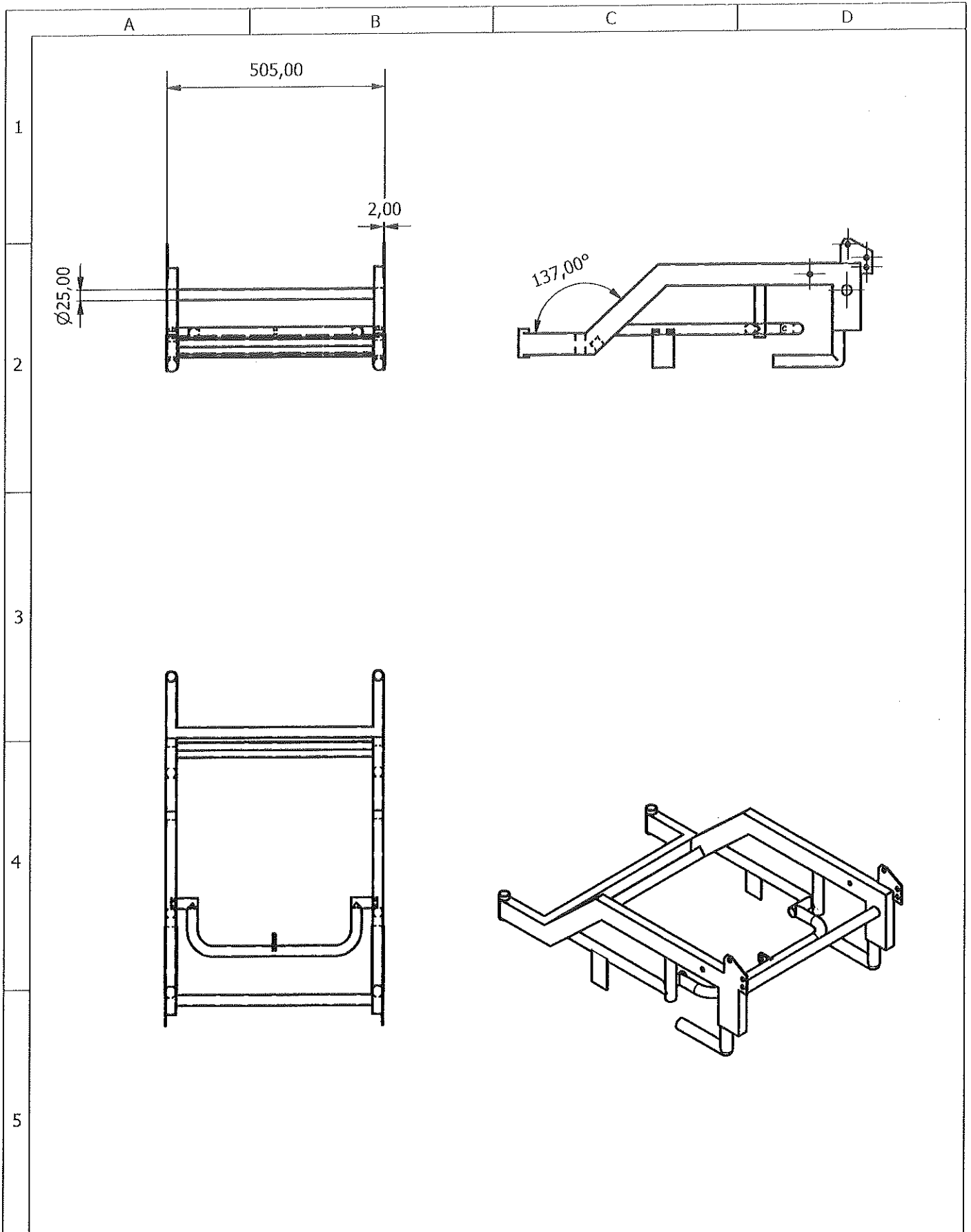
# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib:	25/08/22	Sandro Vilca	1:1		
Rev:	25/08/22	William Endara			
Aprob:	25/08/22	Ing. Cristian Gallardo			
Materiales:		Tolerancias:	Número:	Asignatura:	Denominación:
PLA		+/- 0.5	002	TITULACIÓN	



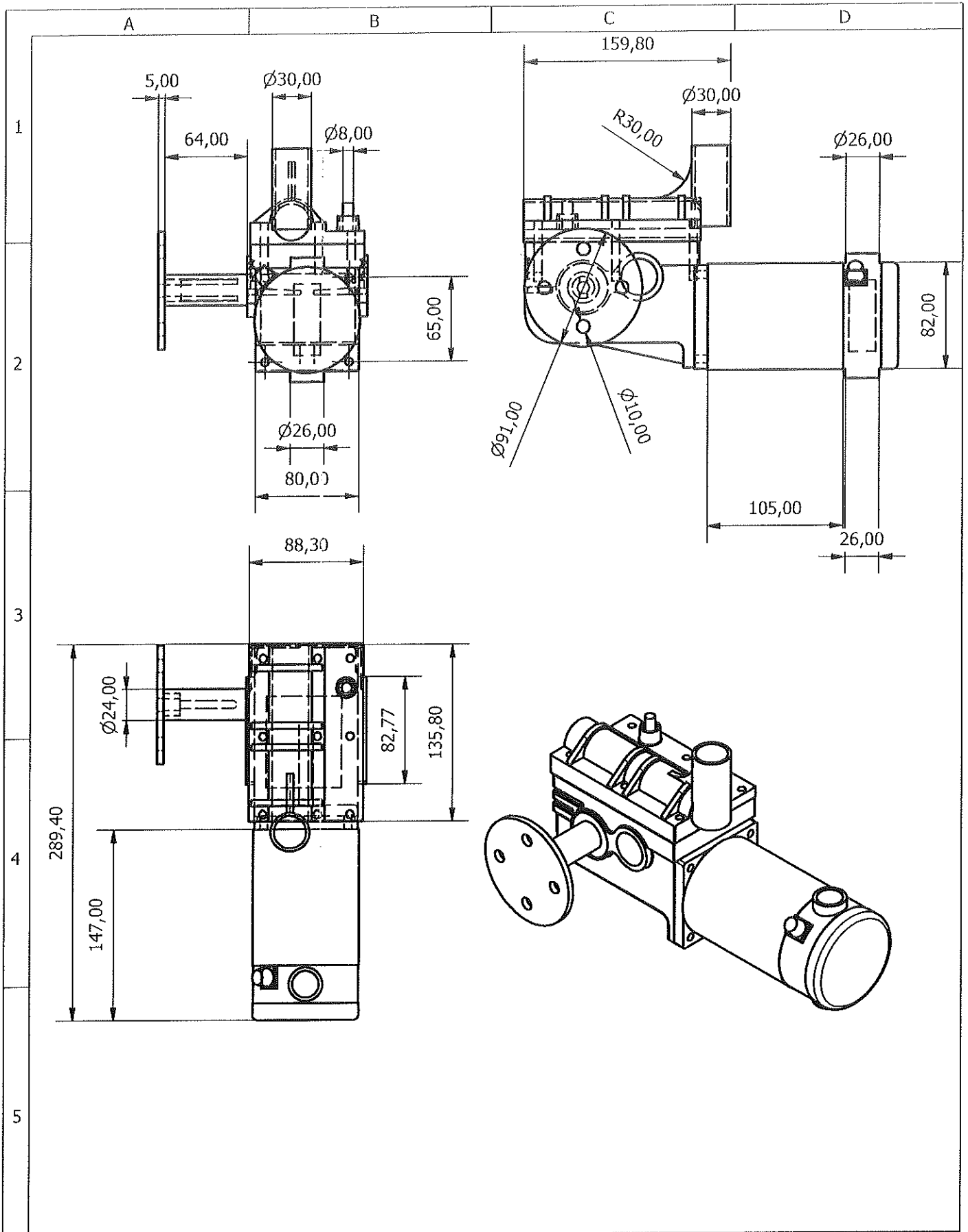
# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib:	25/08/22	Sandro Vilca	1:1		
Rev:	25/08/22	William Endara			
Aprob:	25/08/22	Ing. Cristian Gallardo			
Materiales:		Tolerancias:	Número:	Asignatura:	Denominación:
PLA		+/- 0.5	003	TITULACIÓN	



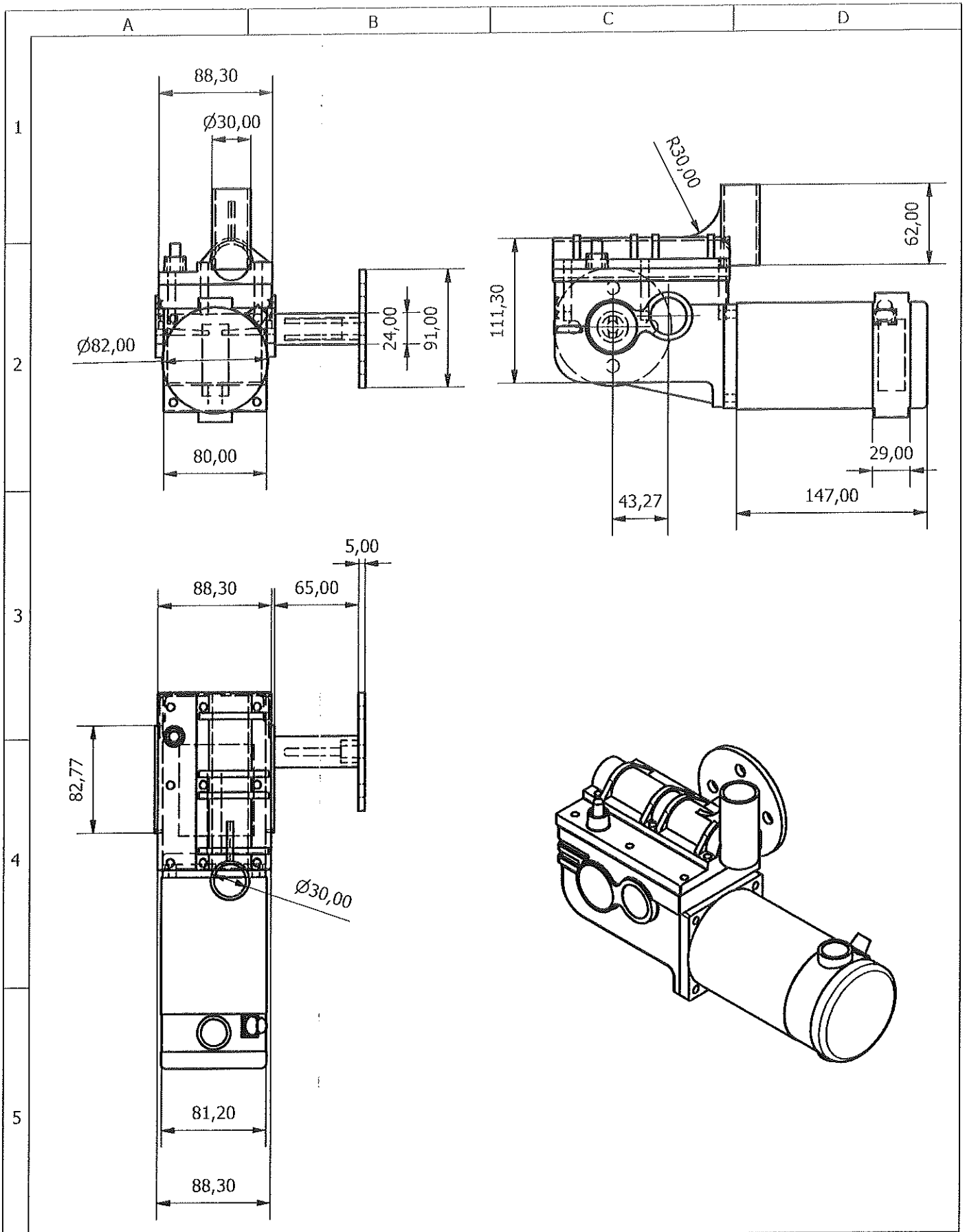
# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib:	25/08/22	Sandro Vilca	1:1		
Rev:	25/08/22	William Endara			
Aprob:	25/08/22	Ing. Cristian Gallardo			
Materiales:		Tolerancias:	Número:	Asignatura:	Denominación:
PLA		+/- 0.5	004	TITULACIÓN	



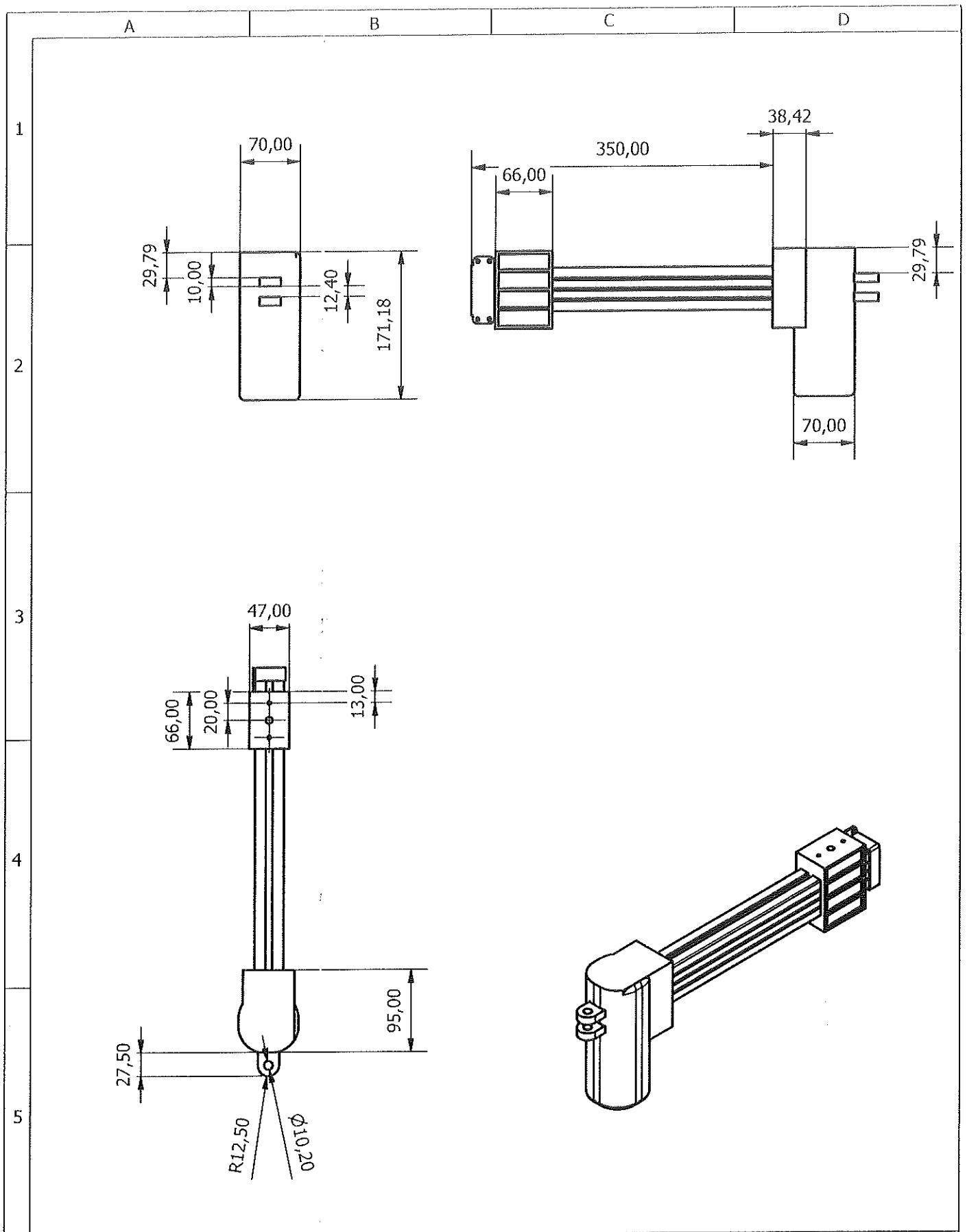
## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib:	25/08/22	Sandro Vilca	1:1		
Rev:	25/08/22	William Endara			
Aprob:	25/08/22	Ing. Cristian Gallardo			
Materiales:		Tolerancias:	Número:	Asignatura:	Denominación:
PLA		+/- 0.5	005	TITULACIÓN	



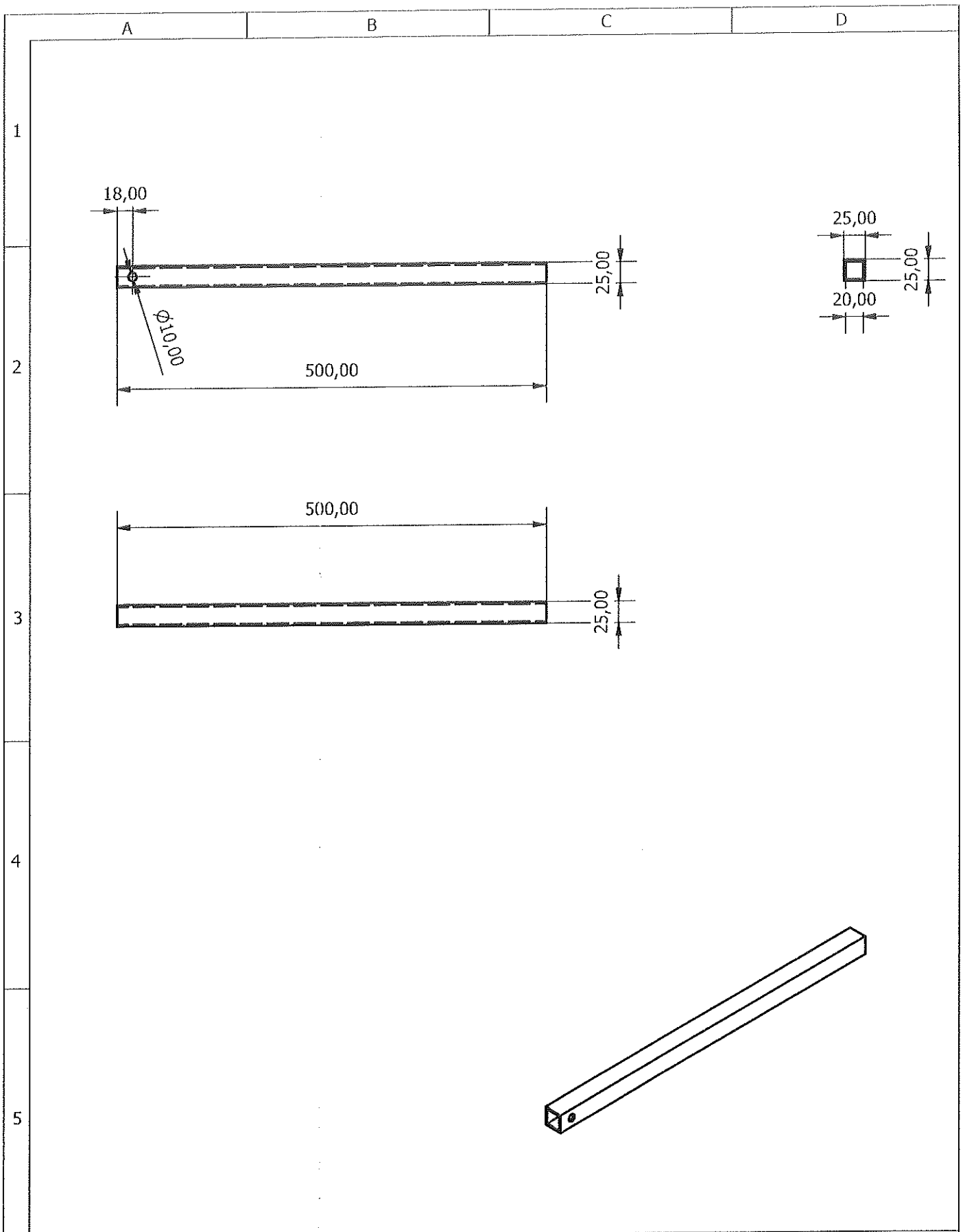
# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib: 25/08/22	Sandro Vilca			
Rev: 25/08/22	William Endara			
Aprob: 25/08/22	Ing. Cristian Gallardo			
Materiales:	Tolerancias:	Número:	Asignatura:	Denominación:
PLA	+/- 0.5	006	TITULACIÓN	



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

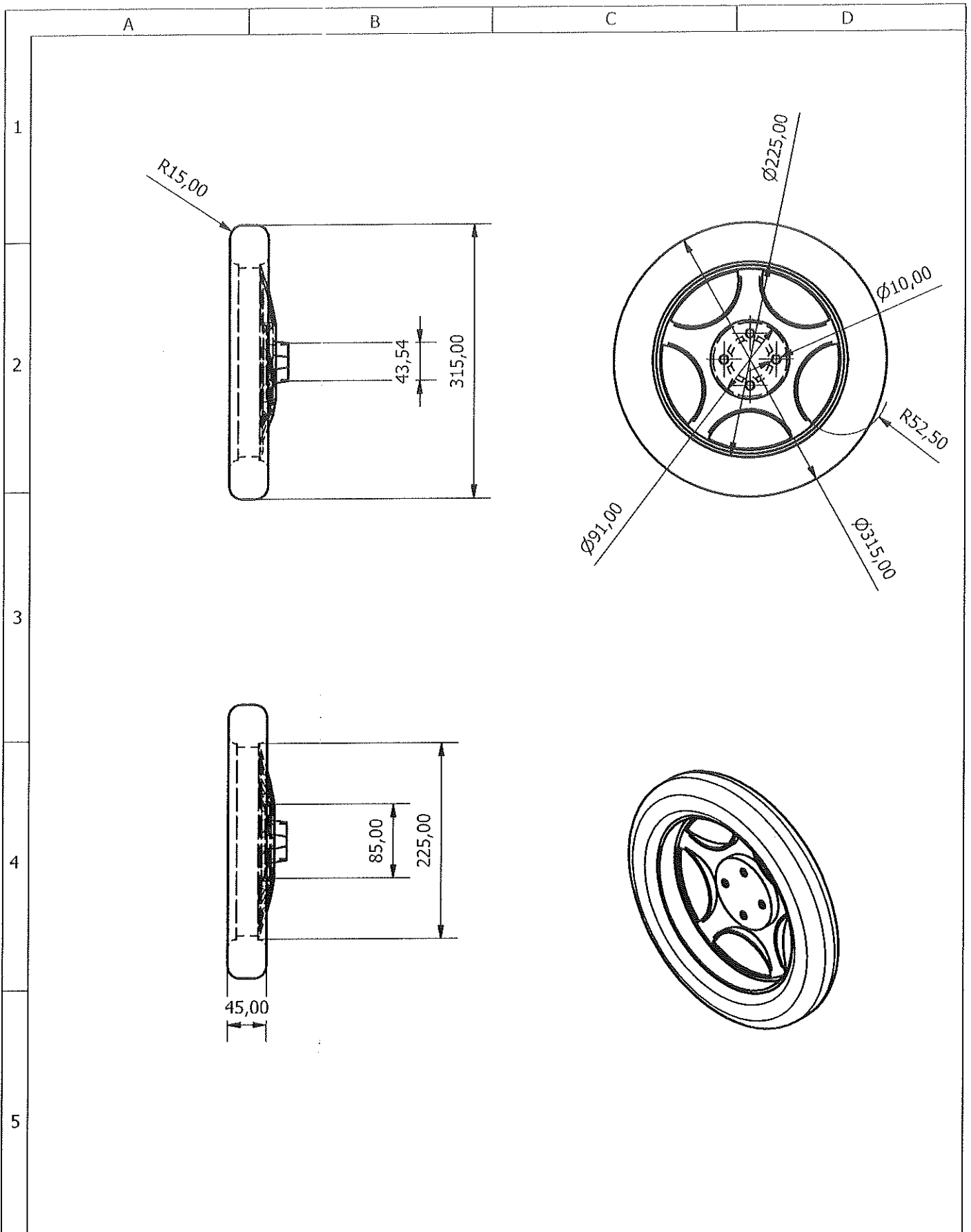
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib: 25/08/22	Sandro Vilca	1:1			
Rev: 25/08/22	William Endara				
Aprob: 25/08/22	Ing. Cristian Gallardo	Número:	Asignatura:	Denominación:	
Materiales:		Tolerancias:	007	TITULACIÓN	
PLA		+/- 0.5			



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

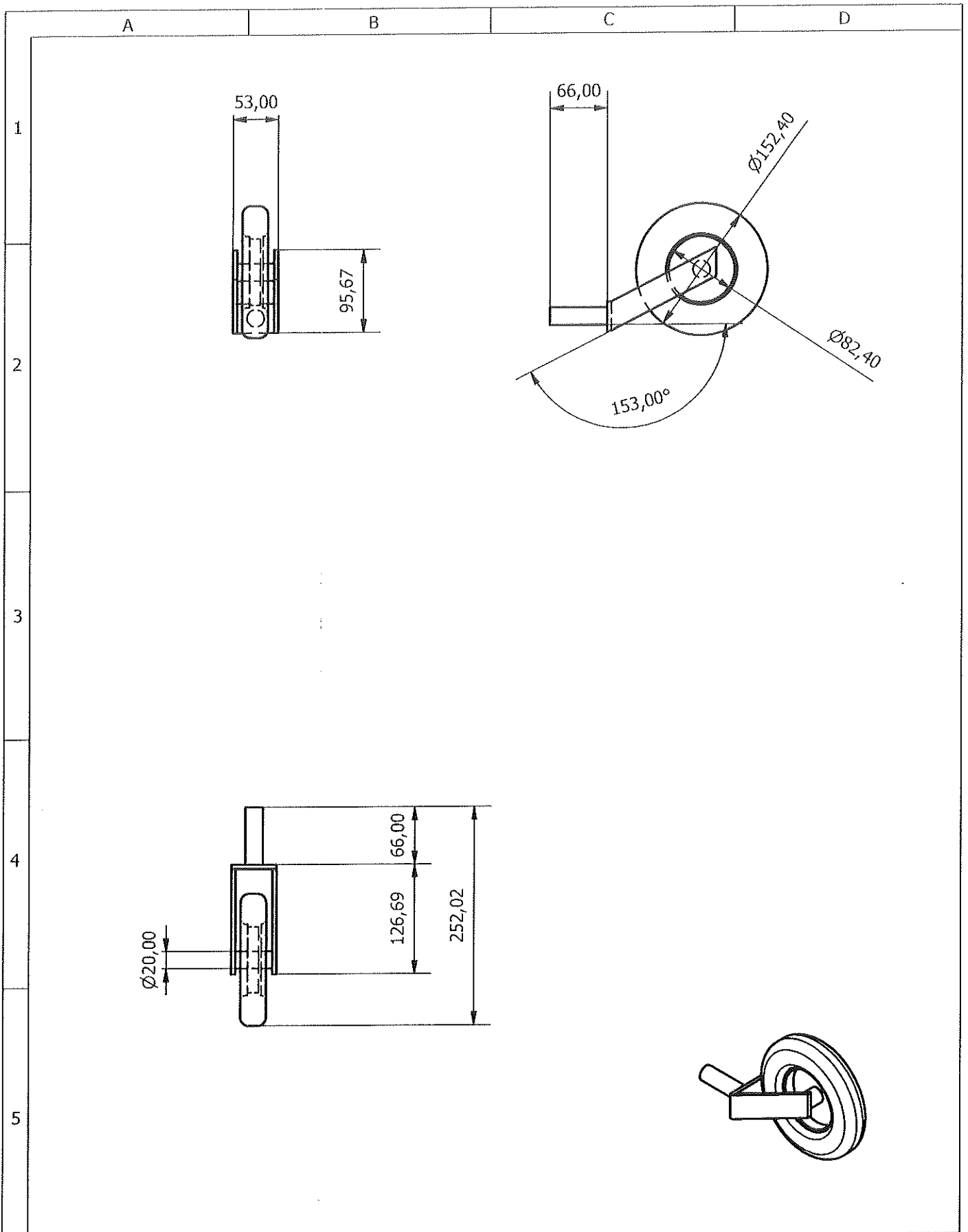
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib:	25/08/22	Sandro Vilca	1:1		
Rev:	25/08/22	William Endara			
Aprob:	25/08/22	Ing. Cristian Gallardo			
Materiales:		Tolerancias:	Número:	Asignatura:	Denominación:
PLA		+/- 0.5	008	TITULACIÓN	





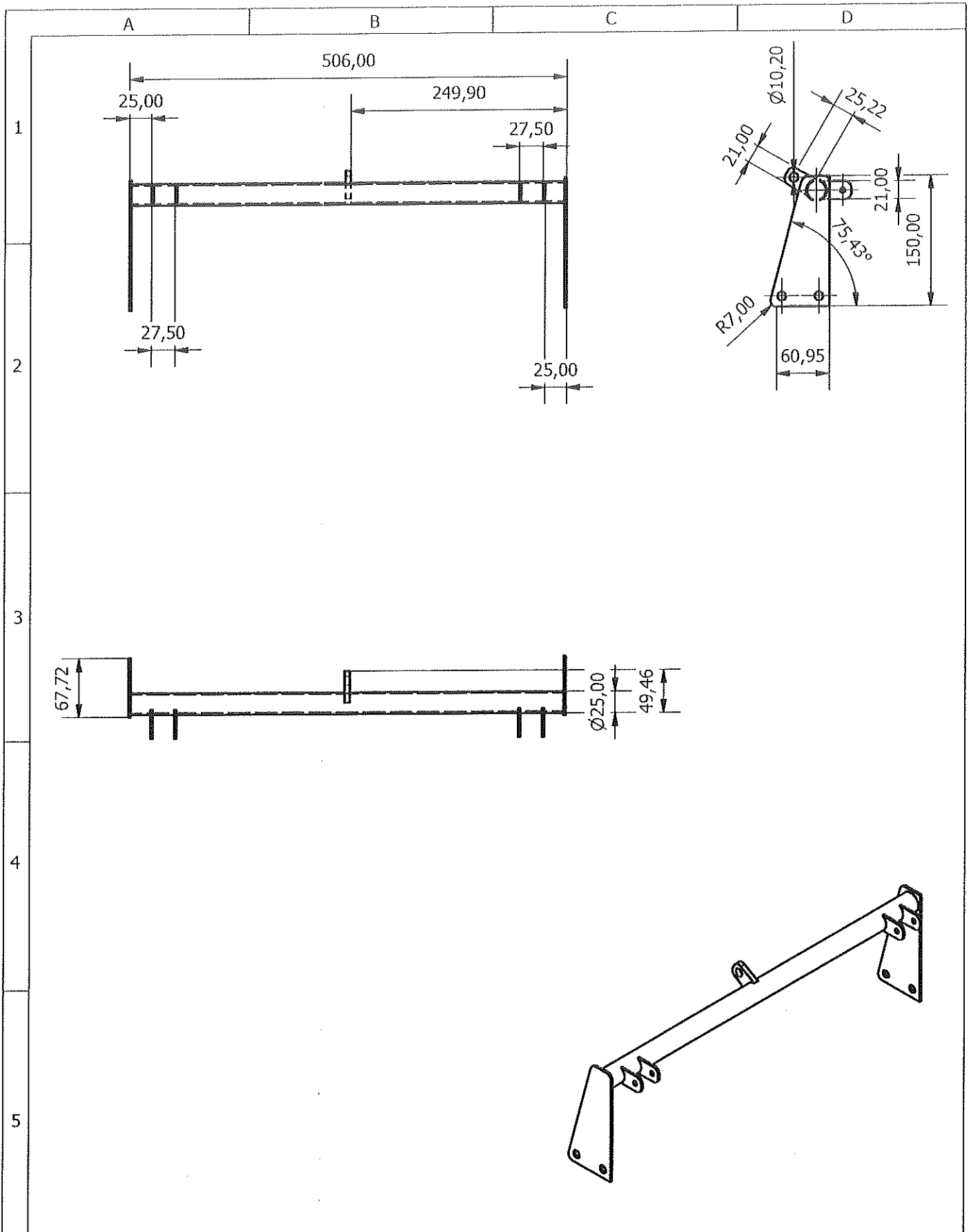
# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib:	25/08/22	Sandro Vilca	1:1		
Rev:	25/08/22	William Endara			
Aprob:	25/08/22	Ing. Cristian Gallardo			
Materiales:		Tolerancias:	Número:	Asignatura:	Denominación:
PLA		+/- 0.5	009	TITULACIÓN	



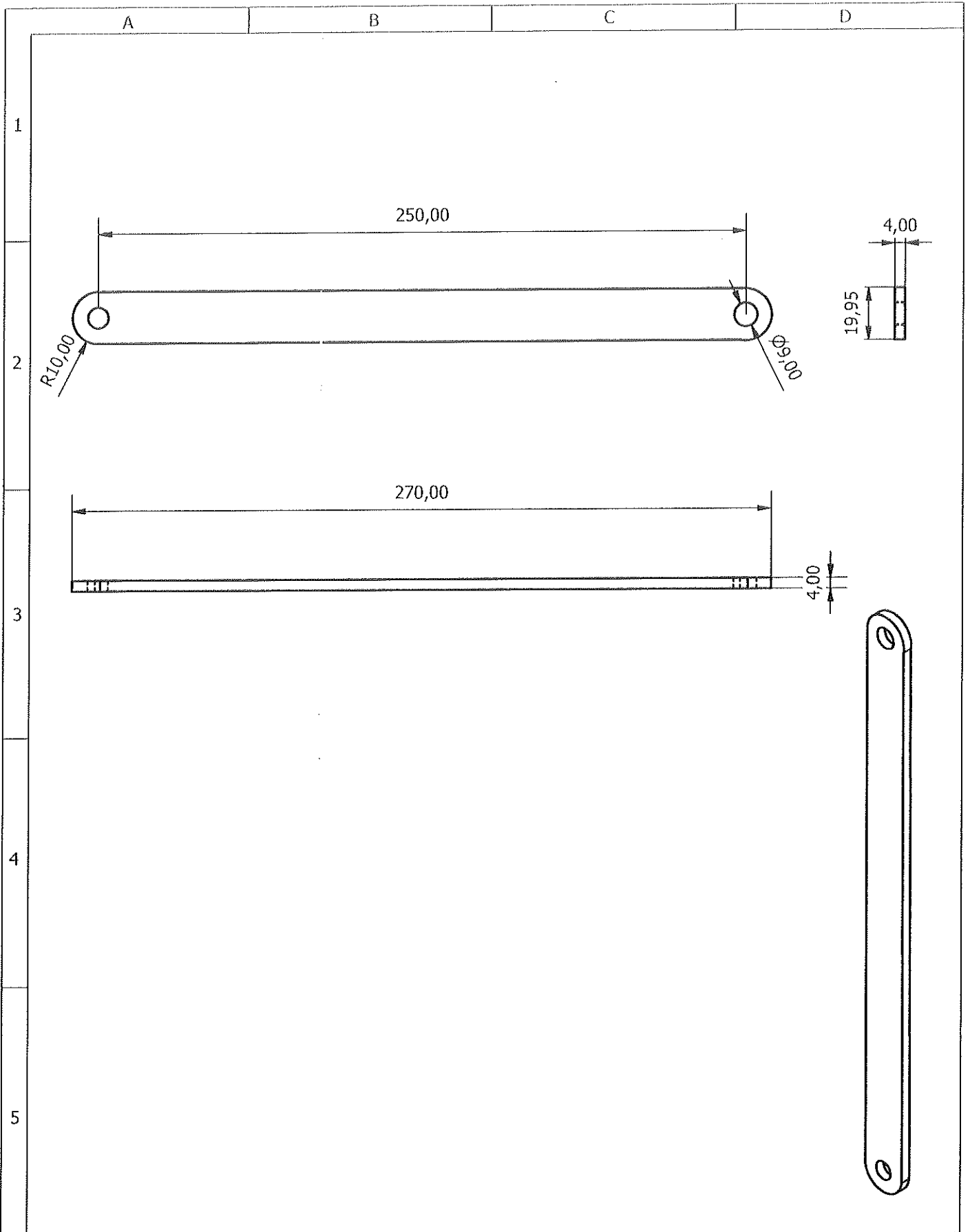
# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib:	25/08/22	Sandro Vilca	1:1		
Rev:	25/08/22	William Endara			
Aprob:	25/08/22	Ing. Cristian Gallardo			
Materiales:		Tolerancias:	Número:	Asignatura:	Denominación:
PLA		+/- 0.5	010	TITULACIÓN	



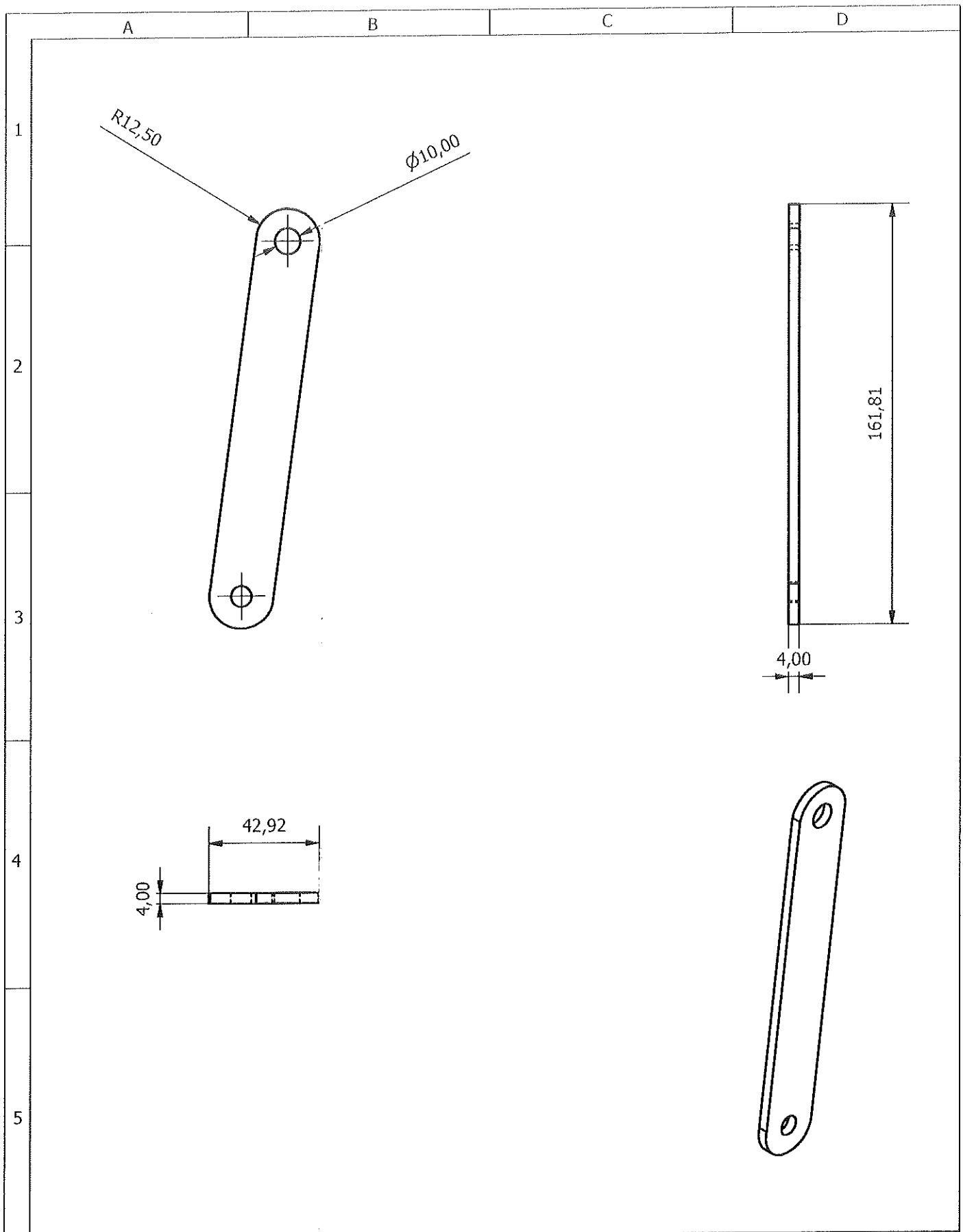
# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib: 25/08/22	Sandro Vilca				
Rev: 25/08/22	William Endara				
Aprob: 25/08/22	Ing. Cristian Gallardo	1:1			
Materiales:	Tolerancias:	Número:	Asignatura:	Denominación:	
PLA	+/- 0.5	011	TITULACIÓN		



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib:	25/08/22	Sandro Vilca	1:1		
Rev:	25/08/22	William Endara			
Aprob:	25/08/22	Ing. Cristian Gallardo			
Materiales:		Tolerancias:	Número:	Asignatura:	Denominación:
PLA		+/- 0.5	012	TITULACIÓN	



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib:	25/08/22	Sandro Vilca	1:1		
Rev:	25/08/22	William Endara			
Aprob:	25/08/22	Ing. Cristian Gallardo			
Materiales:		Tolerancias:	Número:	Asignatura:	Denominación:
PLA		+/- 0.5	013	TITULACIÓN	