



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ANDADOR PLEGABLE CON  
ASIENTO, DE CUATRO RUEDAS CON SISTEMA DE FRENADO PARA EL  
DESPLAZAMIENTO AUTÓNOMO DE PERSONAS CON PROBLEMAS DE  
MOVILIDAD REDUCIDA”**

---

**Autor:** Gabriel Iván Jiménez Pilozo

Juan Carlos Aldas Bolaños

**Tutor:** Ing. Segundo Manuel Espín Lagos, Mg.

**AMBATO - ECUADOR**

**Septiembre - 2023**

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ANDADOR PLEGABLE CON ASIENTO, DE CUATRO RUEDAS CON SISTEMA DE FRENADO PARA EL DESPLAZAMIENTO AUTÓNOMO DE PERSONAS CON PROBLEMAS DE MOVILIDAD REDUCIDA”** elaborado por los señores **Gabriel Iván Jiménez Pilozo**, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 0503978090 y **Juan Carlos Aldas Bolaños**, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1804753885, estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de sus autores.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, septiembre 2023



---

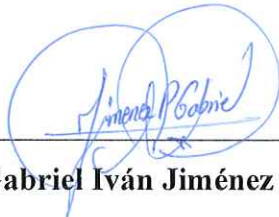
**Ing. Segundo Manuel Espín Lagos, Mg**

**TUTOR**

## AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Gabriel Iván Jiménez Pilozo**, con C.I.: 0503978090 y **Juan Carlos Aldas Bolaños**, con C.I. 1804753885, declaramos que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ANDADOR PLEGABLE CON ASIENTO, DE CUATRO RUEDAS CON SISTEMA DE FRENADO PARA EL DESPLAZAMIENTO AUTÓNOMO DE PERSONAS CON PROBLEMAS DE MOVILIDAD REDUCIDA**”, así como también los planos, tablas, criterios, ideas, conclusiones y recomendaciones son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Ambato, septiembre 2023



**Gabriel Iván Jiménez Pilozo**

**C.I. 0503978090**

**AUTOR**



**Juan Carlos Aldas Bolaños**

**C.I. 1804753885**

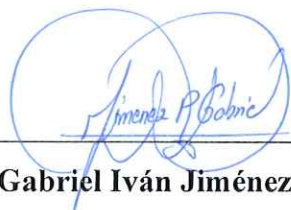
**AUTOR**

## DERECHOS DE AUTOR

Autorizamos a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedemos los derechos en línea patrimoniales de nuestro Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además aprobamos la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando nuestros derechos de autor.

Ambato, septiembre 2023



---

**Gabriel Iván Jiménez Piloza**

**C.I. 0503978090**

**AUTOR**



---

**Juan Carlos Aldas Bolaños**

**C.I. 1804753885**

**AUTOR**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por los estudiantes Gabriel Iván Jiménez Pilozo y Juan Carlos Aldas Bolaños, de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ANDADOR PLEGABLE CON ASIENTO, DE CUATRO RUEDAS CON SISTEMA DE FRENADO PARA EL DESPLAZAMIENTO AUTÓNOMO DE PERSONAS CON PROBLEMAS DE MOVILIDAD REDUCIDA”**

Ambato, septiembre 2023

Para constancia firman:

Ing. Jorge Enrique López Velástegui, Mg.  
MIEMBRO CALIFICADOR

Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.  
MIEMBRO CALIFICADOR

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto técnico lo dedico primeramente a Dios por sus infinitas bendiciones, quien me dio la confianza, sabiduría, paciencia y perseverancia para poder cumplir mi sueño.

A mis padres, Iván y Laura, por ser mi equipo incondicional, mi fuerza e inspiración, quienes siempre me han apoyado en todas las metas que me he propuesto, gracias a su paciencia, amor, esfuerzo y pese a las adversidades que se les ha presentado a lo largo de mi carrera universitaria nunca dejaron de apoyarme porque creyeron en mí y me sacaron adelante con sus ejemplos dignos de superación y entrega.

A mi hermano Danilo quien ha sido más que un hermano, amigo, confidente y quien me ha brindado su apoyo incondicional en los malos y buenos momentos.

A mis hermanas Roció y Nataly quienes siempre han velado por mi bienestar y gracias por su infinita paciencia.

A mis cuñados Iván y Lore, gracias por sus sabios consejos, que me ayudaron a tomar decisiones buenas, algunas malas y otras locas.

A mis sobrinos Laia, Alejandro, Jair y Cloe que siempre me llenan de alegría con sus divertidas ocurrencias, a mis familiares y amigos.

**Gabriel Iván Jiménez Piloza**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto técnico lo dedico a mis padres, Ángel Ruperto Aldas Caiza y María Teresa Bolaños Mina, por ser mi gran apoyo incondicional y mi fuerza e inspiración, quienes siempre me han apoyado en todo el proceso de mi estudio y en todas las metas que me he propuesto, gracias a su paciencia, amor y palabras de aliento y pese a las adversidades que se les ha presentado a lo largo de mi carrera universitaria nunca dejaron de apoyarme porque creyeron en mí.

A mi abuelita María Natividad Caiza Guerrero quien siempre me ha aguantado todas mis locuras y me ha guiado para seguir siendo una persona de bien.

A mis tíos, tías y primos quienes siempre han velado por mi bienestar y gracias por su infinita paciencia.

**Juan Carlos Aldas Bolaños**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente a Dios por darle salud y vida a mis padres y la oportunidad de seguir compartiendo mis triunfos a lado de ellos, a mis padres que siempre son mi fortaleza y quienes me han dado su apoyo incondicional y lo más importante ser el mejor ejemplo de vida que tengo a seguir.

A mis hermanos, familiares y amigos que siempre estuvieron pendientes de mí en el transcurso de mi carrera Universitaria, brindándome cariño para culminar con éxito cada meta planteada.

Al Ingeniero Mg. Segundo Espín quien me brindo todo su tiempo y conocimientos para guiarme y desarrollar con efectividad el presente proyecto técnico.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Mecánica quienes me brindaron todo su conocimiento con el propósito de crear un profesional eficiente para una futura vida profesional.

A mis amigos con quienes compartimos excelentes e inolvidables experiencias a lo largo de la vida universitaria.

Finalmente, a la Universidad Técnica de Ambato y a la Carrera de Ingeniería Mecánica por abrirme las puertas de tan prestigiosa Institución y poder desarrollar mis estudios y ser hoy un profesional.

**Gabriel Iván Jiménez Pilozo**



## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente a mi familia, profesores y colaboradores de esta investigación quienes me brindaron todo el apoyo para poder llegar alcanzar la meta propuesta.

A mis tíos, abuelita y amigos que siempre estuvieron pendientes de mí en el transcurso de mi carrera Universitaria, brindándome cariño para culminar con éxito cada meta planteada.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Mecánica quienes me brindaron todo su conocimiento con el propósito de crear un profesional eficiente para una futura vida profesional

Al Ingeniero Mg. Segundo Espín quien me brindo todo su tiempo y conocimientos para guiarme y desarrollar con efectividad el presente proyecto técnico.

A la Universidad Técnica de Ambato y a la Carrera de Ingeniería Mecánica por la oportunidad de poder desarrollar mis estudios y formarme como un profesional.

Finalmente se agradece a todas las personas que se mantuvieron a mi lado desde el principio hasta el final.

**Juan Carlos Aldas Bolaños**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
RESUMEN EJECUTIVO .....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I PROBLEMA.....	1
1.1. Tema de investigación:.....	1
1.2. Justificación.....	1
1.3. Antecedentes de investigación .....	2
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1. Objetivo general .....	3
1.4.2. Objetivos específicos .....	3
1.5. Fundamentación teórica .....	3
1.5.1. Adultos Mayores .....	3
1.1.1 Discapacidades de las extremidades inferiores.....	4
1.1.2 Trastornos y patologías en la marcha.....	5
1.1.3 Ayudas técnicas para la marcha .....	6
1.5.2. Andadores .....	6
1.5.3. Modelos de andadores.....	8
1.5.4. Materiales .....	11
1.5.5. Estadística Básica.....	16
1.5.6. Ergonomía.....	17
1.5.7. Parámetros antropométricos.....	17
1.5.8. Parámetros de diseño.....	21
CAPÍTULO II METODOLOGÍA.....	30
2.1. Materiales .....	31
2.2. Métodos .....	32

2.2.1.	Método Científico .....	32
2.2.2.	Método Cuantitativo .....	32
2.2.3.	Método bibliográfico.....	33
2.2.4.	Método Descriptivo.....	33
2.2.5.	Método Exploratorio .....	33
2.2.6.	Método Explicativo.....	33
CAPÍTULO III ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....		34
3.1.	Parámetros para el diseño.....	34
3.1.1.	Funcionamiento.....	34
3.2.	Cálculo de medidas antropométricas.....	34
3.3.	Estudios Preliminares .....	37
3.4.	Diseño y selección de elementos mecánicos .....	40
3.4.1.	Análisis mecánico del andador plegable .....	40
3.4.2.	Consideraciones para las vigas longitudinales y transversales .....	41
3.4.3.	Análisis estático de la estructura en posición plegada .....	42
3.4.4.	Diseño de la manija.....	45
3.4.5.	Diseño del eslabón .....	48
3.4.6.	Diseño soporte base.....	52
3.4.7.	Diseño a corte de los pasadores .....	55
3.4.8.	Selección de las ruedas.....	58
3.4.9.	Selección del sistema de frenado .....	60
3.5.	Análisis estático de esfuerzos.....	61
3.5.1.	Materiales utilizados en el análisis.....	61
3.5.2.	Simulación .....	63
3.6.	Estimación de costos .....	66
CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		68
4.1.	CONCLUSIONES.....	68
4.2.	RECOMENDACIONES .....	69
Bibliografía .....		70
ANEXOS .....		73
PLANOS .....		79

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Adultos mayores [5].	4
<b>Figura 2:</b> Partes del andador [12].	7
<b>Figura 3:</b> Andador estándar [19].	9
<b>Figura 4:</b> Andador de ruedas [9].	10
<b>Figura 5:</b> Andador de cuatro ruedas [21].	11
<b>Figura 6:</b> Tubos de aluminio [23].	12
<b>Figura 7:</b> Tubos de acero inoxidable [24].	14
<b>Figura 8:</b> Planos de referencia [15].	19
<b>Figura 9:</b> Configuración del eje [34].	22
<b>Figura 10:</b> Tipos de miembros a compresión [29].	27
<b>Figura 11:</b> Diagrama de flujo de un andador plegable.	31
<b>Figura 12:</b> Medidas antropométricas [37].	35
<b>Figura 13:</b> Medidas antropométricas [32].	39
<b>Figura 14:</b> Mecanismo de andador.	40
<b>Figura 15:</b> Diagrama de cuerpo libre.	41
<b>Figura 16:</b> Análisis estático de las fuerzas mecanismo de tijera.	42
<b>Figura 17:</b> Análisis estático eslabón B-D.	43
<b>Figura 18:</b> Eslabón.	45
<b>Figura 19:</b> Diagrama del cuerpo libre manija.	46

<b>Figura 20:</b> Eslabón. ....	48
<b>Figura 21:</b> Diagrama del cuerpo libre del eslabón. ....	48
<b>Figura 22:</b> Factor k de columnas articuladas y sin articular [29].....	49
<b>Figura 23:</b> Base andador plegable. ....	52
<b>Figura 24:</b> Diagrama del cuerpo libre de la base. ....	53
<b>Figura 25:</b> Tornillo sometido a esfuerzo cortante. ....	56
<b>Figura 26:</b> Diagrama de esfuerzo cortante del perno. ....	56
<b>Figura 27:</b> Selección de ruedas posteriores.....	59
<b>Figura 28:</b> Selección de ruedas móviles.....	60
<b>Figura 29:</b> Sistema de frenado. ....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Enfermedades asociadas por trastorno a la marcha [8].....	5
<b>Tabla 2:</b> Propiedades físicas de materiales de ingenierías [8].....	13
<b>Tabla 3:</b> Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de aluminio forjado [8].....	14
<b>Tabla 4.</b> Materiales estructura. ....	32
<b>Tabla 5.</b> Carta de medidas antropométricas de los 22 usuarios. ....	36
<b>Tabla 6.</b> Características de andadores en el mercado [11, 8, 4, 5].....	37
<b>Tabla 7.</b> Características de andador.....	38
<b>Tabla 8.</b> Dimensiones del perfil cuadrado para los brazos de la tijera [23]. ....	44
<b>Tabla 9.</b> Especificaciones técnicas del tubo redondo para la manija [3].....	47
<b>Tabla 10.</b> Esfuerzos permisibles de columnas ( $F_y = 36000\text{psi}$ ) [38].....	50
<b>Tabla 11.</b> Selección de perfil tubular [3]. ....	50
<b>Tabla 12.</b> Especificaciones técnicas del tubo cuadrado para la base [3].....	55
<b>Tabla 13.</b> Especificaciones del material del perno [39] .....	57
<b>Tabla 14.</b> Carga de elementos a soportar las ruedas. ....	58
<b>Tabla 15.</b> Ficha técnica de la rueda posterior.....	59
<b>Tabla 16.</b> Ficha técnica de la rueda delantera. ....	60
<b>Tabla 17.</b> Materiales de los elementos de la máquina.....	62
<b>Tabla 18.</b> Materiales de los elementos de la máquina.....	63
<b>Tabla 19.</b> Análisis de Von Mises. ....	64

<b>Tabla 20.</b> Análisis de Desplazamientos resultantes. ....	65
<b>Tabla 21.</b> Factor de seguridad. ....	66
<b>Tabla 22.</b> Costos de materiales para un andador plegable. ....	66
<b>Tabla 23.</b> Costos de máquinas y equipos. ....	67
<b>Tabla 24.</b> Costos totales. ....	67

## RESUMEN EJECUTIVO

En Ecuador las personas con problemas de movilidad reducida según el INEC se encuentran en la población adulta mayor con un porcentaje del 45 por ciento lo cual conlleva a buscar alternativas para una vida digna, el objetivo del proyecto radica en la autonomía que requieren las personas para trasladarse de un sitio a otro, mediante la propuesta de un andador plegable con asiento, de cuatro ruedas con sistema de frenado, para evitar posibles accidentes, brindando seguridad al usuario.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó una metodología de enfoque cuantitativo para evaluar la gran cantidad de valores numéricos, que son necesarios para el diseño del mecanismo, los cuales permitieron seleccionar el material adecuado para su construcción, asimismo es de carácter exploratorio ya que se buscó modelos de andadores para determinar las dimensiones a partir de un modelo establecido permitiendo identificar el grado de resistencia y su funcionamiento, también se efectuó un análisis antropométrico para establecer las medidas de regulación para el usuario como son la anchura de caderas para establecer el ancho plegable del asiento del andador.

Además, el andador cumple con los parámetros y los materiales debidamente seleccionados, se realizaron pruebas de funcionamiento a 5 personas las cuales quedaron satisfechas y se beneficiaron del producto ya que pudieron trasladarse de un lugar a otro con seguridad, según los resultados su bienestar mejoró, finalmente resultó que es fácil de manejar para la mayoría de los usuarios y no ocupa mucho espacio por lo que se puede guardar en cualquier lugar.

**Palabras clave:** movilidad reducida, andador, plegable, antropométrico, seguridad.



## ABSTRACT

In Ecuador people with reduced mobility problems according to the INEC are found in the older adult population with a percentage of 45 percent which leads to seeking alternatives for a decent life, the objective of the project lies in the autonomy that people require to move from one place to another, through the proposal of a folding walker with a seat, four wheels with a braking system, to avoid possible accidents, providing security to the user.

For the development of the project, a quantitative approach methodology was used to evaluate the large number of numerical values, which are necessary for the design of the mechanism, which allowed the selection of the appropriate material for its construction, it is also of an exploratory nature since models of walkers were sought to determine the dimensions from an established model allowing to identify the degree of resistance and its operation, an anthropometric analysis was also carried out to establish the regulation measures for the user, such as the width of the hips to establish the folding width of the seat of the walker.

In addition, the walker complies with the parameters and the materials duly selected, functional tests were carried out on 5 people who were satisfied and benefited from the product since they were able to move from one place to another safely, according to the results their well-being improved, finally it turned out that it is easy to handle for most users and it does not take up much space so it can be stored anywhere.

**Keywords:** reduced mobility, walker, folding, anthropometric, safety.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA**

### **1.1. Tema de investigación:**

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ANDADOR PLEGABLE CON ASIENTO, DE CUATRO RUEDAS CON SISTEMA DE FRENADO PARA EL DESPLAZAMIENTO AUTÓNOMO DE PERSONAS CON PROBLEMAS DE MOVILIDAD REDUCIDA”

### **1.2. Justificación**

Uno de los principales objetivos de la Ingeniería Mecánica es brindar soluciones efectivas a las necesidades de la población mediante la aplicación del conocimiento aprendidos a lo largo de la carrera. Las áreas de estudio que se aplicaran a este proyecto técnico son: diseño mecánico, ergonomía y resistencia de materiales.

La importancia del proyecto radica en la autonomía de movilidad de personas con problemas de movilidad reducida, mediante la propuesta de un andador plegable con asiento, de cuatro ruedas con sistema de frenado, para evitar posibles accidentes, brindando una movilidad segura al usuario [1].

La persona con movilidad reducida (PMR) es aquella cuya movilidad se encuentra limitada por una discapacidad física (sensorial o motriz, permanente o temporal) o psíquica, la edad o cualquier otra razón, que requiere una especial atención y adaptación a las necesidades vitales para una vida digna [1].

Las personas con problemas de movilidad reducida estarán en la capacidad de realizar desplazamientos o caminatas durante lapsos de tiempo semanalmente, lo cual conlleva a beneficiar sus funciones cardiorrespiratorias, poner en actividad gran parte de los músculos, y de esta forma mejorar la salud ósea y muscular, con el fin de disminuir el riesgo de depresión [1].

Finalmente, este proyecto técnico servirá como guía para los estudiantes que estén

interesados en el diseño de este tipo de dispositivos ortopédicos y que puedan adaptar y mejorar la calidad de vida de esta población específica en base a lo que se proponga.

### **1.3. Antecedentes de investigación**

Mediante las investigaciones realizadas, se ha podido encontrar temas relacionados al diseño y al uso de aditamentos ortopédicos para personas con problemas de movilidad reducida.

Como se señala en el proyecto Jeon et al. [2], se trata de conservar la capacidad de marcha independiente del anciano, además contribuir a mantener el sistema sicomotor y la autonomía en el interior de lugares de residencia acondicionados específicamente para su cuidado. El modelo de un prototipo de andador inteligente es implementado en el Hogar de Vida “Luis Maldonado Tamayo” del cantón Pujilí en donde se realizan pruebas funcionales a personas de la tercera edad que aún presentan motricidad y discapacidad visual parcial.

En el trabajo de grado de Zambrano [3], proponen un diseño de una ayuda a la movilidad que corrige los defectos de una ayuda para la marcha de personas mayores, mejora su función y la hace más cómoda, eliminando así la inseguridad, el miedo y el malestar físico que sienten las personas mayores. Los resultados obtenidos muestran que los ancianos sienten incomodidad e inseguridad durante el uso prolongado del andador, lo que se ha observado en un 81 por ciento en la población de esta investigación. Existe una variedad de dispositivos que permiten el desplazamiento de las personas mayores, uno de los más comunes y económicos es el andador, que permite que las personas mayores se desplacen de un lugar a otro brindándoles puntos de apoyo, es por lo que el proyecto pretende mejorar la vida de un usuario mediante este tipo de andadores. Esta investigación tuvo gran aceptación por parte de los adultos mayores, 14 de cada 20 ancianos cambiaría su andador por otro tipo que mejore la calidad de vida.

En la investigación de Aguello [4], el objetivo consiste en diseñar un dispositivo asistido para estimular el desarrollo motriz y sensorial de una persona con problemas de movilidad. Así mismo, el dispositivo esta creado bajo un proceso de producción a

bajo costo. Para el desarrollo del proyecto se implementó un método denominado Diseño Centrado en el Usuario, la cual da un valor agregado logrando dar solución a un problema en el que intervienen tres factores generales: discapacidad, marginación y creación de un producto.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Diseñar y construir un andador plegable con asiento, de cuatro ruedas con sistema de frenado para el desplazamiento autónomo de personas con problemas de movilidad reducida.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Seleccionar la mejor alternativa de diseño del andador plegable con asiento, de cuatro ruedas mediante la técnica estadística de la ponderación para garantizar la viabilidad y seguridad del mismo.
- Diseñar un andador plegable con las medidas y materiales seleccionados para garantizar su resistencia, funcionamiento y utilidad.
- Realizar el modelado y simulación del andador plegable para verificar su resistencia al ser sometido a máximas cargas de funcionamiento por medio de un software, con el fin de asegurar la confiabilidad y seguridad de los usuarios.
- Ejecutar la construcción del andador plegable, en base al diseño realizado teóricamente para realizar pruebas de funcionamiento reales.

## **1.5. Fundamentación teórica**

### **1.5.1. Adultos Mayores**

Se llaman adultos mayores a las personas que se encuentran en los 65 años para adelante, los cuales dejan de realizar labores comunes ya que su capacidad física no les permite seguir haciéndolo por lo que pasan sus últimos años de vida disfrutando libremente. El envejecimiento cambia nuestro aspecto físico, así como también a nuestro organismo interno, lo que provoca que necesitemos más cuidados [2].



*Figura 1:Adultos mayores [5].*

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) en el año 2019 existían alrededor de 1'262.423 adultos mayores, 46% hombres y el 54% mujeres. En el año 2020 hubo un crecimiento de 1'310.000 personas de la tercera edad, lo que representó un aumento del 11% de la población en 3 años y un incremento del 33% desde el 2010 [6].

Se estima que para el año 2050 la población del Ecuador no será en su mayoría joven, ya que se sabe que al igual que la población mundial, por primera vez en toda la historia el porcentaje de los adultos mayores será mayor al número de niños existentes [7].

Por último, cabe mencionar que en el continente Latinoamericano la población adulta mayor va en aumento y el envejecimiento de los pobladores es apresurado, el Ecuador no es la excepción, lo que provoca un impacto en la seguridad social, cuidado de personas y la disminución de la población económicamente activa [7].

### **1.1.1 Discapacidades de las extremidades inferiores.**

Engloba a las personas que poseen limitaciones para trasladarse o caminar ya sea por falta total o parcial de sus extremidades inferiores, o aun teniendo sus piernas no tienen movimiento en las mismas, o sus movimientos tienen falencias que ocasionan que no se trasladen por sí mismas, necesitando ayuda de otras personas o de alguna técnica de ayuda como silla de ruedas, andadores o pierna artificial [8].

En este grupo también se encuentran las personas que cojean al caminar, que no pueden doblarse, agacharse, que poseen discapacidades en el movimiento del tronco,

cuello y cabeza combinada con la falta de movimiento en las piernas, así también la población con falencias músculo-esqueléticas que perturban la postura y el equilibrio del cuerpo [9].

### 1.1.2 Trastornos y patologías en la marcha

Se sabe que la marcha son movimientos sincronizados por el cerebro con el fin de que el cuerpo se desplace hacia adelante o atrás, todo esto generado por el sistema nervioso central [10].

Los trastornos en la marcha se dividen en tres grupos dependiendo del sistema afectado, ya sea el músculo esquelético, cardiovascular y sistema nervioso. A continuación, en la tabla 1 se muestra las enfermedades asociadas por trastorno a la marcha [8]:

**Tabla 1:** Enfermedades asociadas por trastorno a la marcha [8].

Sistema orgánico afectado	Enfermedades asociadas
Musculo esquelético	Osteoartritis
	Osteoporosis
	Enfermedad de Paget
	Artritis reumatoide
	Fractura de hueso
	Enfermedad pediátrica
Cardiovascular	Ortostasis
	Sincope disrítmico
	Estatismo venoso
	Claudicación intermitente
	Insuficiencia cardiaca congestiva
Sistema nervioso	Carrera
	Mal de Parkinson
	Alteraciones visuales
	Estenosis espinal

Trastornos de la marcha [11]:

- Marcha antiálgica: la persona adopta una especie de cojera con el fin de evitar dolores. Está presente en enfermedades como osteoartritis o lesiones.
- Marcha atáxica.: es un trastorno que provoca una descoordinación en los movimientos. Está presente en enfermedades de la columna y esclerosis múltiple.

- Marcha parkinsoniana o festinante: provoca que los pacientes tengan aceleraciones involuntarias y pasos cortos sin levantar mucho los pies del suelo.
- Marcha en tijeras: trastorno asociado con la parálisis cerebral que provoca el cruce de las extremidades inferiores sobre un eje imaginario con el fin de no tener contacto con el suelo.
- Marcha senil: es característica de una edad avanzada, provoca pasos cortos y arrastre de los pies debido a una inclinación del tronco y rodillas.
- Marcha waddling: también llamada marcha de pato ya que se caracteriza por movimientos exagerados del tronco humano, generalmente se presenta debido a enfermedades como la osteoartritis o la necrosis de cadera.

### 1.1.3 Ayudas técnicas para la marcha

De acuerdo con la ISO (Organización Internacional de Normalización), las ayudas tecnológicas son productos, dispositivos, equipos, sistemas técnicos o herramientas especialmente diseñados o disponibles comercialmente que son utilizados por una persona con discapacidad para prevenir, compensar o mitigar cualquier pérdida, minusvalía o discapacidad [12].

El apoyo técnico también se conoce como dispositivo de asistencia o ayudas técnicas. Por lo tanto, las ayudas para caminar se pueden definir como dispositivos que brindan soporte adicional al cuerpo humano mientras se realiza cierta actividad. Su objetivo final es permitir el desplazamiento y la movilidad de las personas discapacitadas, así como la bipedestación [7].

Las ayudas técnicas se clasifican en [12]:

**Marcha fija:** engloban los pasamanos y las barras paralelas.

**Marcha móvil:** están incluidos los andadores, los bastones ingleses, los bastones comunes (muletillas) y las muletas.

### 1.5.2. Andadores

Son dispositivos mecánicos ortopedicos que permiten al paciente caminar apoyándose

a sí mismo y a sus extremidades. Aumentan significativamente la base de sustentación, por lo tanto mejoran la estabilidad y el equilibrio del paciente. También es importante recalcar que brindan una gran protección psicológica al paciente que los utiliza, ya que pierde el miedo a caerse [13].

Estos dispositivos asumen un papel importante por su simplicidad y potencial en la ayuda a la rehabilitación. Los andadores funcionan como soporte durante la bipedestación y además usan la propia capacidad de locomoción del individuo para moverse y así evitar el uso temprano de las sillas de ruedas [10].

Los andadores se prescriben para proporcionar soporte, mantener el equilibrio y mejorar la movilidad independiente de los pacientes. Estos aparatos aumentan la confianza y el sentido de seguridad, con lo cual se incrementa el nivel de actividad y la independencia de la persona. Puede haber beneficios fisiológicos como el limitar la osteoporosis, reducir el condicionamiento cardiopulmonar y mejorar la circulación periférica [10].

La pérdida de equilibrio se produce debido a movimientos voluntarios o perturbaciones externas, tales como deslizamientos, desplazamientos o empujes. El uso de un andador aumenta la base del soporte lo que permite un mayor rango tolerado de la posición del centro de masa [10].

En un andador común de uso ortopédico se distinguen cinco partes:



**Figura 2:**Partes del andador [12]



## **Descripción de las partes del andador**

- Empuñadura, generalmente es de un material de goma o espuma, debe proporcionar un agarre cómodo y seguro para la mano.
- Estructura que normalmente es plegable, que debe ser resistente se utilizan materiales como el acero, aluminio y el hierro.
- La pata o los pies de apoyo, que son la parte del andador que está en contacto con el suelo. Suelen ser en número de cuatro, aunque también hay modelos de tres patas. Suelen ser regulables en altura.
- Conteras de goma o caucho que reducen el impacto del andador en el suelo y son antideslizantes. Tienden a deteriorarse con el uso, por lo que se debe recomendar al usuario que se realice un mantenimiento anual. [11].

Hay algunos modelos que en lugar de conteras llevan ruedas y que se encuentran situadas en la parte más distal de los pies de apoyo. Suelen ser de caucho y pueden ser dos, combinadas con otras dos conteras o bien cuatro, según los modelos [14].

Una de las desventajas es que los andadores incluyen la necesidad de más espacio para maniobrar en comparación con un bastón; dificultad para rodar sobre alfombras y cruzar obstáculos. El uso de cualquier dispositivo de ayuda para caminar, en particular los andadores, da como resultado una velocidad de marcha lenta y requiere más energía y aptitud cardiovascular, que caminar sin ayuda [7].

### **Adaptación al paciente**

La altura debe ajustarse o regularse de modo que las manos queden apoyadas aproximadamente al nivel del trocánter mayor [15].

Es imprescindible que el paciente tenga un buen tono muscular e igualdad motora en ambos miembros superiores. Se debe valorar el equilibrio y la fuerza del paciente en las extremidades inferiores y superiores [16].

#### **1.5.3. Modelos de andadores**

La clasificación de modelos de andadores se basa principalmente en el número de

ruedas que incorporan, ya que ello va a determinar en gran medida el uso que se le va a dar al andador y con ello la elección de andador en función del tipo de usuario [17].

Existen varios tipos de andadores, de acuerdo con diversos parámetros como son: materiales, accesorios y tamaños. Los cuales se clasifican en dos grupos: andadores convencionales y andadores inteligentes [18].

### ***Andador sin ruedas o estándar***

El andador estándar es un marco de aluminio de cuatro patas con puntas de goma que debe levantarse y moverse hacia adelante mientras se camina. Este tipo de andador se utiliza cuando se requiere asistencia máxima con el equilibrio de la persona. Pues bien es más fácil de utilizar que el bastón, pero se requiere un determinado grado de fuerza en la parte superior del cuerpo del paciente y capacidad cognitiva para usarlo con seguridad, además la marcha resulta ser anormal. La desventaja de estos dispositivos es que tienen poco valor de retropropulsión (muchos pacientes caen hacia atrás, aunque se sostengan del equipo) [19].



***Figura 3: Andador estándar [19].***

### ***Andador de dos ruedas***

El andador con dos ruedas delanteras está diseñado para personas con las extremidades superiores más débiles o que tienden a caer hacia atrás cuando se levanta el equipo. Este tipo de andador promueve el desplazamiento hacia adelante del centro de

gravedad corporal y permite un paso normal ya que el usuario puede continuar su marcha sin detenerse para levantar el dispositivo [11].



*Figura 4: Andador de ruedas [9].*

#### *Andador de cuatro ruedas*

Este tipo de andador conocido como (Rollators) son los más fáciles de usar de los tres tipos, pero también proporciona menos estabilidad. Estudios realizados, muestran que la mayor parte de usuarios prefieren estos en comparación con el resto de los andadores convencionales. Estos dispositivos no necesitan ser levantados y tienen sistemas que permiten rodar y pivotar suavemente y con poco esfuerzo. Promueven patrones de marcha naturales. Los andadores para uso dentro de interiores pueden ser equipados con una cesta para transportar determinados objetos y un asiento para que permita a la persona descansar [20].



*Figura 5: Andador de cuatro ruedas [21].*

#### **1.5.4. Materiales**

La característica esencial del material del andador está relacionada con el material utilizado en la estructura del andador y generalmente son de aluminio o acero; aunque muchos tipos de andadores las estructuras están hechos de acero, hoy en día estos productos ortopédicos están hechos de aluminio porque son más livianos y además son muy costosos en relación a los de acero [22].

##### *Aluminio*

El aluminio y sus aleaciones son materiales conocidos por su ligereza y resistencia a la corrosión, así como por su alta conductividad térmica y eléctrica. Las propiedades mecánicas del aluminio puro son relativamente moderadas, pero cuando se alea con otros elementos, mejoran mucho. Al comparar la resistencia o rigidez específicas (frente a la densidad), el aluminio es más ventajoso que el acero en algunas aplicaciones (aeronáutica, vehículos, piezas de alta aceleración). Estas propiedades, junto con su gran facilidad de fabricación (deformación en frío, forja, fundición, extrusión, mecanizado), han convertido al aluminio en el segundo grupo de materiales más utilizado en el mundo [19].



*Figura 6: Tubos de aluminio [23].*

A continuación, se enlista algunas propiedades del aluminio [24]:

- Ligerero, resistente y duradero: Es un metal muy ligero con un peso específico de  $2,7 \text{ g/cm}^3$ , que es un tercio del peso del acero. Modificando su composición de aleación se puede adaptar su resistencia a la aplicación deseada.
- Resistente a la corrosión: El aluminio produce naturalmente una capa de óxido que lo hace muy resistente a un estado ambiental de corrosión. Una variedad de tratamientos superficiales puede mejorar mucho más esta propiedad. Esto es especialmente útil para productos que requieren conservación y protección.
- Buenas propiedades reflectantes: El aluminio es un buen reflector de luz y calor. Esta característica, junto con su bajo peso, lo convierte en un material ideal para reflectores, por ejemplo, en la instalación de tubos fluorescentes y bombillas.
- Muy dúctil: El aluminio es dúctil y tiene una densidad baja y un punto de fusión bajo, además en estado fundido se puede transformar o manipular de varias formas. Su ductilidad permite fabricar productos de aluminio a un nivel muy cercano al diseño del producto final.
- Impermeable e inodoro: El material de aluminio cuando se lamina con un espesor de  $0,007 \text{ mm}$ , permanece completamente impermeable y no permite que las sustancias pierdan ningún aroma o sabor. Además, el metal no es tóxico, es inodoro e insípido.
- Reciclable: El aluminio es 100% reciclable y amigable con el medio ambiente sin perder la calidad. Se requiere menos energía para recuperar el aluminio al

final de su vida útil. El proceso de reciclaje requiere solo el cinco por ciento de la energía necesaria para producir el metal inicial. El aluminio reciclado se puede reutilizar para fabricar los mismos productos con los que se fabricó.

### ***Propiedades físicas***

A continuación, en la tabla 2 se observa las propiedades físicas de aleación de aluminio, tales como módulo de elasticidad, módulo de rigidez, coeficiente de Poisson, peso específico, densidad de masa y gravedad específica [4].

**Tabla 2: Propiedades físicas de materiales de ingeniería [8].**

**TABLA 1 Propiedades físicas de algunos materiales de ingeniería**  
 Datos provenientes de varias fuentes.\* Estas propiedades son esencialmente similares para todas las aleaciones del material específico

Material	Módulo de elasticidad $E$		Módulo de rigidez $G$		Razón de Poisson $\nu$	Peso específico $\gamma$ lb/in <sup>3</sup>	Densidad de masa $\rho$ Mg/m <sup>3</sup>	Gravedad específica
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa				
Aleación de aluminio	10.4	71.7	3.9	26.8	0.34	0.10	2.8	2.8
Cobre al berilio	18.5	127.6	7.2	49.4	0.29	0.30	8.3	8.3
Latón, bronce	16.0	110.3	6.0	41.5	0.33	0.31	8.6	8.6
Cobre	17.5	120.7	6.5	44.7	0.35	0.32	8.9	8.9
Hierro fundido gris	15.0	103.4	5.9	40.4	0.28	0.26	7.2	7.2
Hierro fundido dúctil	24.5	168.9	9.4	65.0	0.30	0.25	6.9	6.9
Hierro fundido maleable	25.0	172.4	9.6	66.3	0.30	0.26	7.3	7.3
Aleaciones de magnesio	6.5	44.8	2.4	16.8	0.33	0.07	1.8	1.8
Aleaciones de níquel	30.0	206.8	11.5	79.6	0.30	0.30	8.3	8.3
Acero al carbono	30.0	206.8	11.7	80.8	0.28	0.28	7.8	7.8
Aleaciones de acero	30.0	206.8	11.7	80.8	0.28	0.28	7.8	7.8
Acero inoxidable	27.5	189.6	10.7	74.1	0.28	0.28	7.8	7.8
Aleaciones de titanio	16.5	113.8	6.2	42.4	0.34	0.16	4.4	4.4
Aleaciones de zinc	12.0	82.7	4.5	31.1	0.33	0.24	6.6	6.6

\* Properties of Some Metals and Alloys, International Nickel Co., N.Y., Metals Handbook, American Society for Metals, Materials Park, Ohio.

### ***Propiedades mecánicas***

A continuación, en la tabla 3 se observa las propiedades mecánicas de aleación de aluminio, tales como límite elástico, Resistencia máxima a tensión, resistencia a la fatiga, elongación y dureza Brinell (HB) [17].

**Tabla 3: Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de aluminio forjado [8].**

Datos provenientes de varias fuentes. \* Valores aproximados. Consulte los fabricantes de los materiales para información más precisa

Aleación de aluminio forjado	Estado	Límite elástico a la tensión (convencional al 2%)		Resistencia máxima a la tensión		Resistencia a la fatiga a 5E8 ciclos		Elongación en 2 in %	Dureza Brinell -HB
		kpsi	MPa	kpsi	MPa	kpsi	MPa		
1100	recocido en hoja	5	34	13	90			35	23
	laminado en frío	22	152	24	165			5	44
2024	recocido en hoja	11	76	26	179			20	-
	tratamiento térmico	42	290	64	441	20	138	19	-
3003	recocido en hoja	6	41	16	110			30	28
	laminado en frío	27	186	29	200			4	55
5052	recocido en hoja	13	90	28	193			25	47
	laminado en frío	37	255	42	290			7	77
6061	recocido en hoja	8	55	18	124			25	30
	tratamiento térmico	40	276	45	310	14	97	12	95
7075	recocido en barra	15	103	33	228			16	60
	tratamiento térmico	73	503	83	572	14	97	11	150

\* Properties of Some Metals and Alloys, International Nickel Co., N.Y., Metals Handbook, American Society for Metals, Materials Park, Ohio.

## Acero

El acero es una aleación que se obtiene a partir del hierro y cantidades adecuadas de carbono y otros elementos como el zinc (Zn), el silicio (Si) o el aluminio (Al). Estas aleaciones modifican las propiedades del metal puro, en este caso el hierro, permitiendo obtener materiales más resistentes o menos oxidables [24].



**Figura 7: Tubos de acero inoxidable [24].**

El acero se clasifica en diversas formas [24]:

### Según el método utilizado para darle forma:

- Acero moldeado. Se deja enfriar en un molde.

- Acero laminado. Está hecho de láminas más o menos gruesas y planas.
- Acero forjado. Se calienta, modela y se enfría en una forja.

#### **Según su utilización:**

- Acero refractario
- Acero indeformable
- Acero para fabricar herramientas
- Acero inoxidable
- Acero para la construcción
- Acero para fabricar imanes

#### **Según su composición:**

- Aceros ordinarios: constituidos por hierro y carbono exclusivamente.
- Aceros especiales: además de hierro y carbono, contienen otros elementos químicos.

Las propiedades del acero varían de acuerdo a su composición, método químico o físico que se utilizó para producirlo, pero se sabe que tiene una densidad de  $7850 \text{ kg/m}^3$  y punto de fusión de aproximadamente  $3000 \text{ °C}$  [1].

#### **Propiedades del acero [25]**

- Plasticidad: capacidad del acero para conservar su forma después de haber sido sometido a tensión. Los aceros aleados con un menor porcentaje de carbono son más plásticos.
- Fragilidad: El acero se puede romper fácilmente cuando está sometido a esfuerzos. Cuando el acero se alea con un mayor porcentaje de carbono, se vuelve más frágil.
- Maleabilidad: propiedad del acero laminado. Así, algunas aleaciones de acero inoxidable son más maleables que otras.



- Dureza: Resistencia del metal a los agentes abrasivos. Cuanto más carbono se agrega a una aleación de acero, más dura es. Para comprobar el grado de dureza se suelen utilizar ensayos en unidades Brinell (HB) o Rockwell C (HRC).
- Tenacidad: concepto que describe la capacidad de un acero para soportar la aplicación de una fuerza externa sin romperse. La templabilidad es alta para aceros con una concentración de carbono media [25].

### **1.5.5. Estadística Básica**

Es una ciencia que analiza conjuntos de datos (por ejemplo, la edad de una población, el tamaño de un equipo de baloncesto, la temperatura de los meses de verano, etc.) e intenta sacar conclusiones sobre el comportamiento de estas variables. Es una de esas ciencias que nos permiten conocer o al menos comprender la realidad en la que vivimos. Gracias a las estadísticas podemos obtener información valiosa que nos ayudará a tomar decisiones en todos los ámbitos de nuestra vida. El propósito de las estadísticas es analizar información pasada para tomar las decisiones más correctas para el futuro [26].

#### ***Variable aleatoria***

Un conjunto de diferentes valores numéricos que tienen un carácter cuantitativo. Se trata de datos que pueden tomar diferentes valores en determinadas circunstancias. La estadística es el estudio cuantitativo de las variables, por lo que puede considerarse como la materia prima del estudio estadístico. Cada variable está asociada a una determinada ley de probabilidad; Cada uno de estos valores corresponde a una probabilidad específica. Las variables pueden ser cualitativas o cuantitativas [19].

Variable cualitativa: aquellas que no aparecen en forma numérica, sino como categorías o atributos (sexo, profesión, color de ojos).

Variable cuantitativa: las que pueden expresarse numéricamente (temperatura, salario, número de goles en un partido).

### *Medidas de posición no central*

Los Cuantiles (cuartiles, deciles, percentiles) son medidas de localización, su función es informar del valor de la variable que ocupará la posición (en tanto por cien) que nos interese respecto de todo el conjunto de variables. Podemos decir que los Cuantiles son unas medidas de posición que dividen a la distribución en un cierto número de partes de manera que en cada una de ellas hay el mismo de valores de la variable [27].

#### **1.5.6. Ergonomía**

La ergonomía es un campo multidisciplinario el cual relaciona contenidos de ingeniería, ciencias físicas, biológicas, sociales y del comportamiento, con el fin de desarrollar sistemas y productos que incrementen la productividad y disminuyan el riesgo de lesión y enfermedad en las personas que utilicen estos productos [21].

#### **1.5.7. Parámetros antropométricos**

La antropometría como tal fue utilizada por primera vez por Sigismund Elsholtz (1623-1688), y fue W. Ros en 1976 quien, en el Congreso Internacional de Ciencias de la Actividad Física, definió la antropometría como “El estudio del tamaño, forma, proporcionalidad, composición, maduración biológica y función corporal”. En 1978, la cineantropometría fue reconocida como ciencia por la Unesco [28].

#### *Principios antropométricos*

**Antropometría estática:** es aquella que estudia la medición de dimensiones estáticas, es decir, se toman cuando el cuerpo está en una posición fija y determinada [28].

**Antropometría dinámica:** es aquella que estudia las mediciones del cuerpo en movimiento asociado a ciertas actividades, como, por ejemplo: movimientos de alcanzar, con el objetivo de determinar si el trabajador puede realizar actividades en un determinado sitio de trabajo [15].

**Antropometría newtoniana:** es aquella que estudia las mediciones de segmentos del cuerpo con el objetivo de utilizarse en análisis biomecánicos [9].

## ***Variabilidad humana***

Las distintas medidas antropométricas varían entre poblaciones, esto dependen principalmente de los siguientes factores:

**Género:** las diferencias de sexo en la estatura y las correspondientes dimensiones corporales son casi en su totalidad por su origen biológico, aunque puede haber una superposición de pequeñas diferencias atribuibles al estilo de vida, etc. [29].

Existen diferencias antropométricas entre hombres y mujeres, ya que, al diseñar un puesto de trabajo, espacio residencial, material u otro instrumento, tomando en cuenta la medida de hombres o mujeres por separado, se puede comprometer el ajuste y la comodidad para el sexo opuesto. Por ejemplo, al diseñar una silla tomando en cuenta solo dimensiones antropométricas masculinas, se obtendrá como resultado una silla incómoda para las mujeres, ya que esta población tiene medidas antropométricas inferiores a los hombres [28].

**Edad:** La edad es un factor muy importante por los efectos que se relacionan con la fisiología propia del ser humano, las personas de la tercera edad tienden a ser más bajas que las personas jóvenes, este hecho se produce ya que la anatomía del cuerpo cambia a medida que la edad aumenta, es decir los huesos se desgastan y existe un proceso de declinación biológica, la cual impone limitaciones a las funciones de desempeño, además que aparecen varios tipos de enfermedades musculo-esqueléticas. Los principales problemas que se tienen con el proceso de senectud, es el impacto del envejecimiento entre las demandas físicas del trabajo y la capacidad física del sujeto [30].

**Origen étnico:** las características físicas y sus diferencias entre los distintos grupos étnicos están determinadas por aspectos genéticos, alimenticios y ambientales entre otros [30].

## **Planos de referencia**

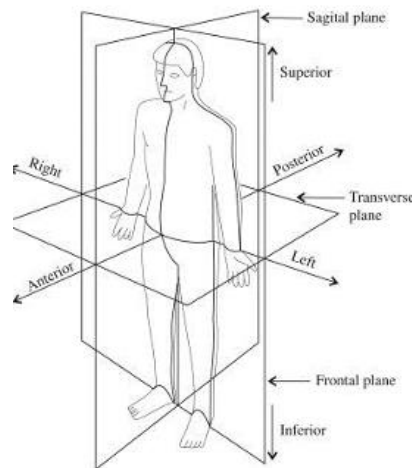
Son superficies planas imaginarias que dividen al cuerpo en partes y que permiten describir tanto la ubicación y como la localización de las distintas partes y órganos del

cuerpo humano [9].

**Plano sagital:** atraviesa al cuerpo humano de adelante hacia atrás y lo divide en dos mitades simétricas (una derecha y otra izquierda) [31].

**Plano frontal:** también conocido como coronal, es un plano vertical que atraviesa el cuerpo de arriba hacia abajo formando ángulos rectos con el plano sagital, dividiendo al cuerpo en dos partes anterior (o ventral) y posterior (o dorsal) [7].

**Plano horizontal:** también conocido como transversal, es un plano que atraviesa al cuerpo en ángulos rectos dividiéndolo en dos partes, superior e inferior [21].



*Figura 8: Planos de referencia [15].*

### **Medidas antropométricas**

**Peso Corporal:** es la estimación de la masa corporal de una persona expresada en kilogramos y constituye una media aproximada del almacenamiento corporal total de energía. Esta depende de la edad, sexo, estilo de vida, estado de salud, etc. [21].

**Índice de masa corporal (IMC):** es la relación entre el peso corporal con la talla elevada al cuadrado de la persona [20].

**Estatura:** distancia vertical desde el nivel superior de la cabeza hasta el suelo. La principal aplicación es estimar la altura en áreas de trabajos, casas en posición de pie [28].

**Altura dedo medio:** distancia vertical del piso a la punta del dedo medio con la mano hacia arriba. Es la altura mínima para controles operados arriba con los dedos [9].

**Altura codo:** distancia vertical desde la parte inferior del codo hasta el suelo con el brazo flexionado (a 90°). La aplicación de dicha medida es servir de referencia para la altura de superficies de trabajo [12].

**Altura rodilla:** distancia vertical desde el nivel de la rótula hasta el suelo normal. Su aplicación es para el espacio requerido por debajo de la parte inferior de las mesas [32].

**Altura sentada erguido:** distancia vertical desde el nivel superior de la hasta el suelo con la espalda erguida. Su aplicación es la distancia del asiento a obstáculos arriba de la cabeza [13].

**Anchura de codos:** distancia horizontal desde la cara posterior del codo izquierdo a la cara posterior del codo derecho (codos flexionados 90°). Su principal aplicación es para espacios definidos por el movimiento de los codos [33].

**Anchura cadera sentado:** distancia horizontal máxima de caderas. Su principal aplicación es para las dimensiones mínimas del ancho del asiento [28].

**Longitud nalga-poplítea:** distancia horizontal desde la parte posterior del glúteo hasta la poplítea. Su principal aplicación es para la máxima profundidad aceptable del asiento [13].

**Grosor del muslo:** distancia vertical desde la superficie del asiento hasta la parte alta del muslo, en el punto más grueso. Su principal aplicación es para la distancia requerida entre la parte superior del asiento y la parte inferior de la mesa o de obstáculos similares [12].

**Altura poplítea:** distancia vertical desde la poplítea al piso, ángulo recto entre la parte inferior de las rodillas y los tobillos, Su principal aplicación es para la altura máxima aceptable del asiento [14].

### **1.5.8. Parámetros de diseño**

#### *Ejes*

Un eje es un elemento mecánico no giratorio que no transmite un par de torsión que se utiliza para soportar poleas, ruedas rotatorias y elementos similares [34].

#### **Materiales para fabricar ejes**

La deflexión no se ve afectada por la resistencia sino por la dureza, que está representada por el módulo de elasticidad, que es esencialmente constante para todos los aceros. Esta es la razón por la que la rigidez no puede controlarse mediante decisiones materiales, solo mediante decisiones geométricas [2].

La resistencia requerida para soportar el estrés o los esfuerzos de la carga que afecta la elección de los materiales y su procesamiento. Muchos ejes están hechos de acero con bajo contenido de carbono, acero estirado en frío o acero laminado en caliente, como el acero ANSI 1020-1050 [2].

Es una buena práctica comenzar con un acero de bajo contenido de carbono para los cálculos de diseño. Si las consideraciones de resistencia resultan ser más importantes que las consideraciones de deflexión, se debe intentar con un material más fuerte, reduciendo así las dimensiones del eje hasta que la deflexión adicional sea significativa. El costo del material y su procesamiento debe sopesarse frente a la necesidad de reducir el diámetro de los árboles. Cuando sea necesario, las aleaciones de acero específicas que se pueden tratar térmicamente incluyen las aleaciones ANSI 1340-50, 3140-50, 4140, 4340, 4340, 5140 y 8650 [35].

Los ejes generalmente no requieren endurecimiento de la superficie a menos que se usen como revestimiento en la superficie de contacto. Las opciones típicas de materiales para el endurecimiento superficial incluyen los grados de endurecimiento superficial ANSI 1020, 4340, 4820 y 8620. [36].

El diámetro nominal de la barra no se puede mecanizar en áreas donde no se requieren ajustes de componentes. El acero laminado en caliente debe estar totalmente

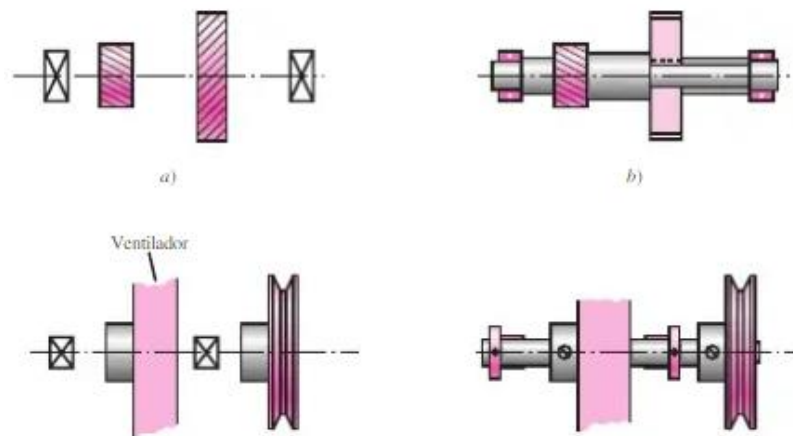
mecanizado. En el caso de ejes grandes que requieren la remoción de grandes cantidades de material, las tensiones residuales pueden causar distorsión. Si la solidez es importante, puede ser necesario mecanizar la aspereza, luego tratar térmicamente para eliminar las tensiones residuales y aumentar la resistencia, antes de terminar el mecanizado a las dimensiones finales [16].

Cuando se trata de elegir un material, la cantidad a producir es un factor importante. Para series más pequeñas, el torneado es el proceso de fabricación más habitual. Desde un punto de vista económico, puede ser necesario retirar una cantidad mínima de material [9].

Las propiedades del eje dependen localmente de su historia: tratamiento térmico que incluye trabajo en frío, conformado en frío, laminado en filete, medio de enfriamiento rápido, régimen de mezclado y enfriamiento rápido [9].

### Configuración del eje

En general, la configuración geométrica del eje a diseñar se determina a partir de una revisión de los modelos existentes, con un número limitado de modificaciones a realizar. Si no se dispone de un modelo que sirva de punto de partida, puede haber varias soluciones para determinar la geometría del husillo [34].



**Figura 9:** Configuración del eje [34].

El problema se ilustra con dos ejemplos en la figura 9, a) que muestra una contraflecha con engranajes que deben estar soportados por dos cojinetes. c) El eje de un ventilador debe estar configurado. Las soluciones mostradas en b) y d) no son necesariamente las mejores, pero muestran cómo los dispositivos montados en eje se fijan al eje y su ubicación en la dirección axial, así como también cómo se tiene en cuenta la transferencia de par de un elemento a otro. No hay reglas absolutas para especificar una configuración típica [34].

### **Ensamble y desensamble**

Se debe considerar el método de montaje de los componentes en el eje y el montaje del eje en el marco. Como regla general, el diámetro más grande debe estar en el centro del eje y los diámetros gradualmente más pequeños hacia los extremos, para permitir que los componentes se deslicen hacia los extremos. Si se requiere un hombro en ambos lados de un componente, se debe formar un hombro entre los dos componentes mediante un anillo o manguito de retención. La caja de cambios en sí tendría que instalarse físicamente en sus cojinetes en el eje y en los cojinetes en el marco. Esta tarea generalmente se logra proporcionando acceso a los cojinetes en un extremo del eje a través de la carcasa [7].

### *Diseño de ejes para el esfuerzo*

#### **Ubicaciones críticas**

No es necesario evaluar los esfuerzos en todos los puntos de un eje; es suficiente hacerlo en unas cuantas ubicaciones potencialmente críticas. Por lo general, estas ubicaciones se localizan en la superficie exterior, en ubicaciones axiales donde el momento flexionante es grande, donde el par de torsión está presente y donde existen concentraciones de esfuerzo. Por comparación directa de diferentes puntos a lo largo del eje, pueden identificarse unas cuantas ubicaciones críticas sobre las cuales puede basarse el diseño [13].

La mayoría de los ejes transmiten el par de torsión sólo a través de una parte de ellos. De manera típica, el par de torsión entra al eje por un engrane y sale del eje por otro



engrane. Los momentos flexionantes sobre un eje pueden determinarse mediante diagramas de cortante y momento flexionante [12].

Los esfuerzos axiales sobre los ejes, debidos a componentes axiales transmitidos a través de engranes helicoidales o cojinetes ahusados de rodillo, casi siempre son despreciables en comparación con el esfuerzo de momento flexionante [15].

### **Esfuerzo en ejes**

Los esfuerzos de flexión, torsión o axiales pueden estar presentes tanto en componentes medios como en alternantes. Para el análisis, es suficientemente simple combinar los diferentes tipos de esfuerzos en esfuerzos de Von Mises alternantes y medios [29].

Algunas veces es conveniente adaptar las ecuaciones específicamente para aplicaciones de ejes. En general, las cargas axiales son comparativamente muy pequeñas en ubicaciones críticas donde dominan la flexión y la torsión, por lo que pueden dejarse fuera de las siguientes ecuaciones. Los esfuerzos fluctuantes debidos a la flexión y la torsión están dados por [29]:

$$\sigma_a = K_f \frac{M_a c}{I} \quad \text{Ec. [1]}$$

$$\sigma_m = K_f \frac{M_m c}{I} \quad \text{Ec. [2]}$$

$$\tau_a = K_{fs} \frac{T_a c}{J} \quad \text{Ec. [3]}$$

$$\tau_m = K_{fs} \frac{T_m c}{J} \quad \text{Ec. [4]}$$

Donde

$M_m$  y  $M_a$ : *momentos flexionantes medio y alternante. (Nm)*

$\tau_m$  y  $\tau_a$ : pares de torsión medio y alternante. (Nm)

$K_f$  y  $K_{fs}$ : factores de concentración del esfuerzo por fatiga de la flexión y la torsión.

### Vigas

Una viga es un elemento de una estructura que está diseñado para resistir fuerzas. Para resistir estas fuerzas, la viga debe estar en equilibrio, es decir, no debe romperse bajo la acción de las fuerzas y no debe moverse ni girar (momento) [29].

Para una viga con todas las fuerzas en el mismo plano (viga plana), se puede desarrollar un sistema de tres componentes de fuerzas internas en una sección, a saber [29]:

1. Las fuerzas axiales
2. Las fuerzas cortantes
3. El momento flector

### Tipos de apoyo

Existen tres tipos básicos de apoyo para estructuras planas, caracterizados por los grados de libertad de movimiento que quedan en la viga bajo la influencia de las fuerzas presentes [34].

1. Soporte simple, móvil o de rodillos: permite el movimiento a lo largo del eje longitudinal de la viga y la rotación de la viga; El desplazamiento transversal es impedido por la reacción en esa dirección.
2. Apoyo fijo o de eje: Este tipo de apoyo permite la rotación de la viga, pero evita el desplazamiento en cualquier dirección por una reacción que se puede dividir en una componente a lo largo del eje longitudinal de la viga y otra componente a lo largo del eje transversal. Es necesario utilizar dos ecuaciones de estadística para determinar estos dos componentes.
3. Restricción: Este tipo de soporte resiste el desplazamiento axial y la rotación de la viga por una reacción que se puede dividir en una componente longitudinal, una componente transversal y un momento de reacción.

El diseño de vigas comprende dos acciones básicas [21]:

1. Dimensiones de su sección. Este punto está relacionado con la dimensión vertical que garantice la flecha mínima considerada en el elemento sometido a cargas de servicio y con la dimensión horizontal adecuada.
2. Determinación de superficies de acero, acero de refuerzo y acero de aporte. El acero de refuerzo definirá la resistencia y el tipo de falla del elemento y el acero de aporte definirá el comportamiento del elemento ante otras influencias.

### ***Columnas***

Las columnas son principalmente elementos de soporte en compresión. En general, las columnas también soportan momentos de flexión con respecto a uno o ambos ejes de la sección transversal y esta acción puede producir esfuerzos de tracción en parte de la sección transversal [29].

Son los elementos de compresión vertical de un marco estructural que sirven para soportar una viga cargada. Dado que las columnas son elementos de compresión, la falla de una columna en una conexión crítica puede resultar en el colapso progresivo o completo de la estructura [12].

La falla estructural de un poste es un evento importante en términos de pérdidas económicas y humanas. Es por esto que se debe ser extremadamente cuidadoso en el diseño de columnas, las cuales deben tener una resistencia de reserva mayor que las vigas o cualquier otro elemento estructural horizontal [12].

Para el diseño de elementos a compresión se utilizan factores de reducción de la resistencia, que son mucho menores que los factores de flexión, cortante o torsión [34].

En el caso de las columnas, a veces domina la carga axial, por lo que no se puede evitar el comportamiento de falla por compresión en los casos en que la relación entre la carga axial y el momento de flexión es grande [7].

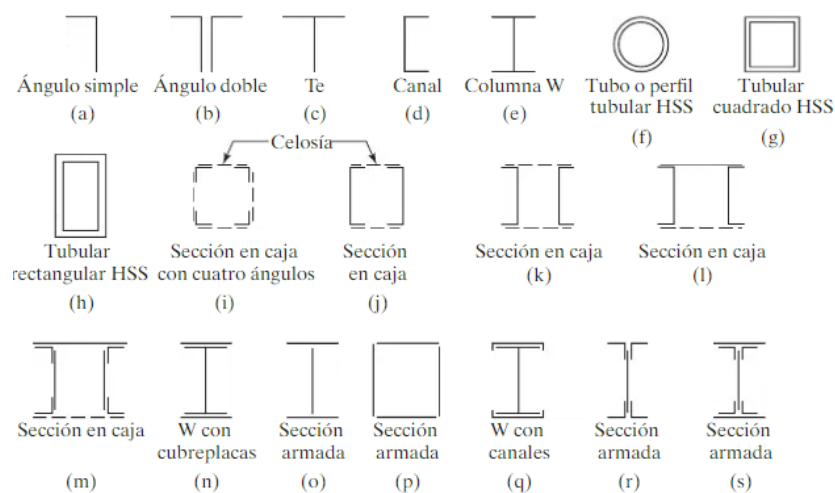
### **Fallas en columnas**

Hay tres modos generales según los cuales las columnas cargadas axialmente pueden fallar. Éstos son: pandeo flexionante, pandeo local y pandeo torsionante [2]:

1. El pandeo por flexión (también llamado pandeo de Euler) es el principal tipo de pandeo que se analiza en esta investigación. Cuando los miembros de un andador se vuelven inestables, están sujetos a pandeo por flexión.
2. El pandeo local ocurre cuando una o más partes de la sección transversal de una columna son tan delgadas que se deforman localmente en compresión antes de que ocurran otros modos de pandeo. La susceptibilidad de una columna al pandeo local se mide por la relación ancho/espesor de partes de su sección transversal.
3. El pandeo por torsión y flexión puede ocurrir en columnas que tienen ciertas configuraciones de sección transversal. Estas columnas fallan por torsión o por una combinación de torsión y pandeo por flexión.

### Perfiles usados para columnas

En principio, se puede seleccionar un número infinito de cordones para resistir con seguridad las cargas de compresión en una estructura determinada. Sin embargo, desde un punto de vista práctico, el número de posibles soluciones está limitado por los tipos de secciones disponibles, los problemas de conexión y el tipo de estructura donde se van a utilizar diferentes secciones de perfiles [2].



**Figura 10:** Tipos de miembros a compresión [29].

## La fórmula de Euler

El esfuerzo bajo el cual una columna se pandea obviamente decrece conforme la columna se hace más larga. Después de que ésta alcanza una cierta longitud, ese esfuerzo se habrá reducido al límite proporcional del acero. Para esa longitud y longitudes mayores, el esfuerzo de pandeo será elástico [12].

Para que una columna se deforme elásticamente, debe ser larga y delgada. Su carga de pandeo  $P$  se puede calcular utilizando la siguiente fórmula de Euler [34]:

$$P = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad \text{Ec. [5]}$$

Esta fórmula se escribe usualmente de un modo un poco diferente que implica la relación de esbeltez de la columna. Como  $r = \sqrt{I/A}$ , podemos decir que  $I = Ar^2$ . Sustituyendo este valor en la fórmula de Euler, y dividiendo ambos lados por el área de la sección transversal, se obtiene el esfuerzo de pandeo de Euler [29]:

$$\frac{P}{A} = \frac{\pi^2 E}{(L/r)^2} = F_e \quad \text{Ec. [6]}$$

La ecuación de Euler es útil solo cuando se presta una cuidadosa consideración a las condiciones finales de apoyo. Los resultados obtenidos al aplicar la fórmula a ejemplos específicos son similares a los obtenidos al probar extremos articulados con columnas delgadas, largas y cargadas axialmente. Sin embargo, en ingeniería no se encontrará tales columnas ideales. Los extremos de las columnas con las que trabajará serán idealmente articulados y no podrán moverse libremente ya que sus extremos están atornillados, remachados o soldados a otros elementos. Estas columnas facilitadas tienen diversos grados de restricción rotacional, que van desde limitaciones leves hasta un empotramiento casi completo. Para los casos reales presentes en la práctica, donde los extremos no pueden girar libremente, se pueden usar diferentes valores de longitud en la fórmula para obtener una tensión de pandeo más realista [7].

Para utilizar la ecuación de Euler con buenos resultados en columnas prácticas, se debe tomar el valor de  $L$  como la distancia entre los puntos de flujo de la banda elástica deformada. Esta distancia se considera la longitud efectiva del poste. Para una columna con bisagras en los extremos (que puede girar, pero no moverse), los puntos de difracción o movimiento cero se ubican en los extremos, separados por una distancia  $L$  [2].

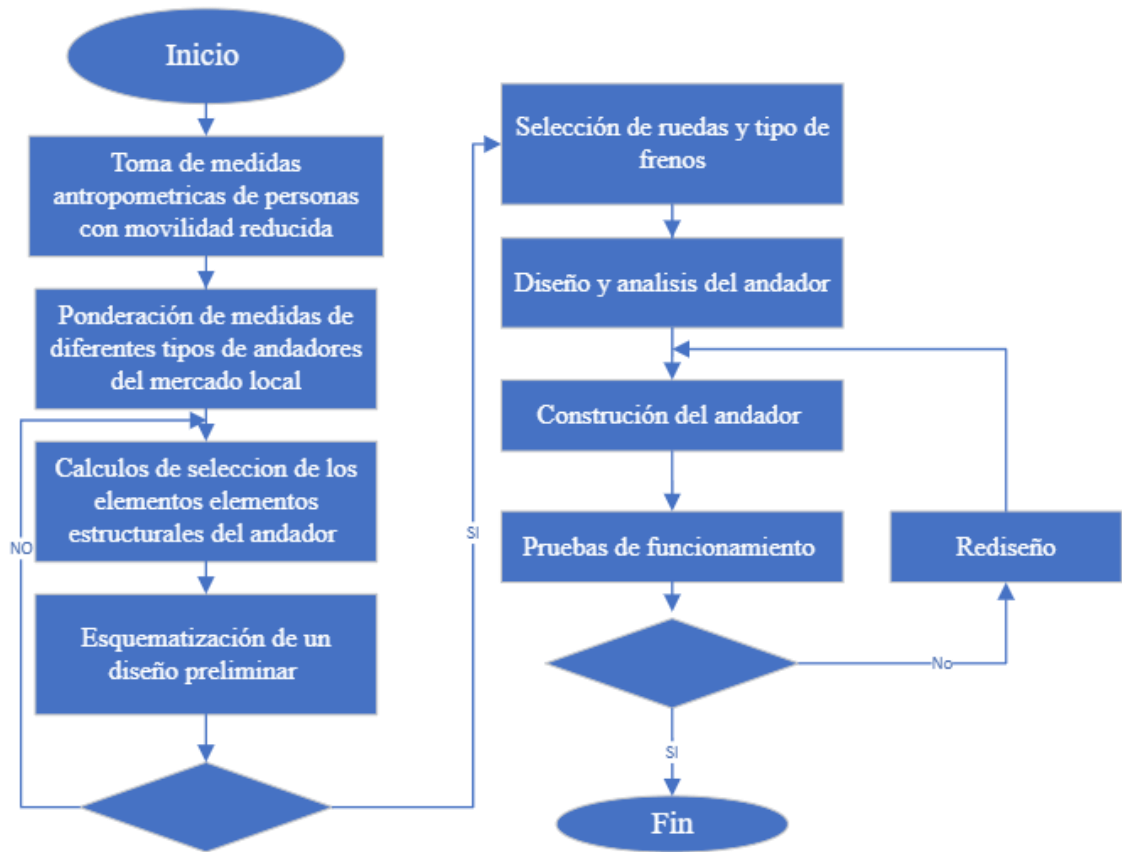
## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

En este capítulo se habla de las consideraciones más importantes que se debe tomar en cuenta para realizar el diseño de un andador plegable y los diferentes mecanismos de trabajo para posteriormente realizar la construcción de un prototipo que contenga materiales adecuados y eficientes, también se describió los métodos más adecuados para realizar el trabajo técnico de investigación.

La metodología proviene de la información bibliográfica recopilada, de revistas, libros, proyectos de investigación; analizándose además los diferentes tipos de andadores, enfocado a la selección de alternativas como del tipo de mecanismo, el que nos podrá ayudar con movimientos, además el tipo de material el que nos ayudó con los parámetros de diseño.

Una vez revisada toda la parte teórica se plantó las alternativas de diseño del andador. El capítulo 2 está basado en el modelo de diseño concurrente, empieza por identificar las necesidades de los usuarios y de los diseñadores, que posteriormente son relevantes en la definición de las especificaciones. Éstos dos parámetros permitieron la elaboración de la estructura funcional, que se evalúa posteriormente, y con ello se realizó la definición del diseño que ayudó en la selección e implementación de los componentes. Finalmente se realizó la evaluación, corrección y determinación de mejoras del diseño en el concepto final a continuación se presenta en la Figura 11 un diagrama de flujo especificando los pasos utilizados en la construcción de un andador plegable.



*Figura 11: Diagrama de flujo de un andador plegable.*

## 2.1. Materiales

Los materiales empleados para la construcción del mecanismo de un andador plegable móvil con un sistema de frenado se detallan en la Tabla 4.



**Tabla 4. Materiales estructura.**

<b>Nº</b>	<b>Elementos</b>	<b>Materiales</b>
1	Tubo cuadrado 25x2	Acero A36
2	Tubo redondo 25	Acero A36
3	Pernos ¼	Acero inoxidable 304
4	Teflón	
5	Bocines de acero ½ pulgada	Acero A36
6	Tapa redondo y cuadrado	Caucho
7	Bocines de plástico para la base	HDPE
8	Manubrios 21x0.6	Acero A36
9	Agarraderas de manubrio	Caucho
10	Arandelas	Acero A36
11	Cable de freno	Acero galvanizado Shimano
12	Asiento	Cuerina Esponja

## **2.2. Métodos**

Para el Presente Proyecto Técnico de investigación se utilizó los siguientes métodos:

### **2.2.1. Método Científico**

La investigación se ejecutó en un carácter científico para cumplir, el objetivo principal diseñar y construir un andador plegable. Se realizó comparaciones con otros modelos de andadores con diferentes tipos de materiales y mecanismos, para encontrar las posibles ventajas y desventajas que ayudan a efectuar un diseño adecuado y mejorado para realizar la construcción.

### **2.2.2. Método Cuantitativo**

Este método se utilizó para evaluar la gran cantidad de valores numéricos, que son necesarios para el diseño del mecanismo, los cuales permitieron significativamente seleccionar el material adecuado para su construcción.

### **2.2.3. Método bibliográfico**

Este método fue muy importante para el desarrollo de la investigación porque en base a literaturas científicas previas y artículos técnicos enfocados al diseño y construcción de mecanismos plegables se efectuó los cálculos adecuados, insertando los datos en un software orientado con el mismo fin, para determinar las resistencias mecánicas. Se realizó una minuciosa búsqueda de información proveniente de artículos técnicos, libros, trabajos de titulación, normas, entre otros. De donde se obtuvo información muy valiosa para el cumplimiento de la investigación.

### **2.2.4. Método Descriptivo**

La descripción correspondiente se basó principalmente en las normas para la selección del material y tipo de mecanismo de asiento plegable en cruz, lo que ayudó para que el proyecto sea factible.

### **2.2.5. Método Exploratorio**

La investigación exploratoria ofrece un primer acercamiento al problema que se pretende estudiar y conocer, ésta se realizó para conocer el tema que se abordó, lo que permitió familiarizarse con los diferentes andadores del mercado, en base a normas técnicas obtener un panorama o conocimiento superficial del tema, pero es el primer paso inevitable para cualquier tipo de investigación posterior que se quiera llevar a cabo.

### **2.2.6. Método Explicativo**

El dato obtenido en la simulación permitió tener los parámetros de diseño y ayudó a establecer conclusiones y explicaciones para enriquecer o esclarecer las teorías iniciales y en este caso, el grado de factibilidad del mecanismo.

## **CAPÍTULO III**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **3.1. Parámetros para el diseño**

En el diseño de un andador con un mecanismo plegable se tuvo en cuenta aspectos médicos, ergonómicos, antropométricos y biomecánicos. Este capítulo explica lo concerniente a la medicina para personas con problemas de movilidad reducida en términos muy generales y los datos estadísticos de la población de estudio, con el fin de dar a conocer la importancia del trabajo de investigación como una alternativa de solución a varios problemas, que la gran población con discapacidad, tienen en la actualidad.

##### **3.1.1. Funcionamiento**

El andador es un prototipo que tiene varias funciones la primera es para ayudar a las personas a desplazarse de forma segura cuenta con un sistema móvil de cuatro ruedas que tiene un sistema de frenado además tiene la función para sentarse y que la persona pueda descansar. Como principal objetivo del elemento permitirá al usuario una máxima funcionalidad comodidad y movilidad. Para cumplir con esto, el andador está diseñado para ajustarse a la persona, no es la persona la que debe amoldarse a su silla. Es por lo que el prototipo contará con un diseño a medida a milímetros que se ajuste a un diseño ergonómico.

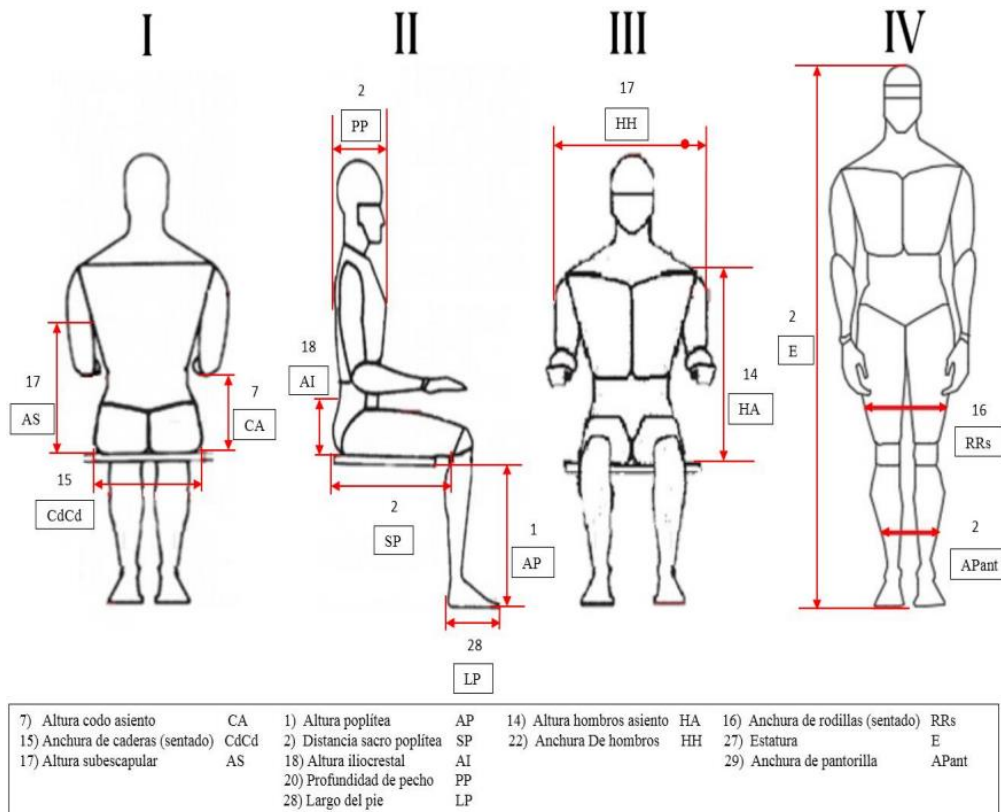
#### **3.2. Cálculo de medidas antropométricas**

El proyecto se centra en personas de la tercera edad con problemas de movilidad reducida se consideró como población a personas del Centro Geriátrico Salcedo en total 22 usuarios que son los más aptos para utilizar el mecanismo. Por lo que la muestra se tomó a la población total que cumplen con los criterios para participar en el estudio.

Las magnitudes antropométricas, al ser consideradas en un grupo de personas se las trata como variables; las generalidades de medidas son longitudinales o lineales como:

la altura, distancias entre puntos de referencia comunes a todos los sujetos medidos, anchuras, espesores, curvas alrededor de ciertas partes del cuerpo, arcos de ciertas partes del cuerpo, perímetros, etc. Para encontrar varias de las medidas antropométricas normalizadas, deben ubicarse ciertas posiciones comunes, entre las más representativas están: el sujeto sentado y el sujeto de pies en una postura tipificada.

Aunque las dimensiones del cuerpo humano son numerosas, solo algunas de ellas deben tenerse en cuenta al diseñar una estación de trabajo o equipo específico. En la siguiente figura se muestra una lista de las medidas antropométricas más utilizadas para el diseño de andadores.



**Figura 12: Medidas antropométricas [37]**

Una vez realizadas las mediciones a las 22 personas, a través de un proceso que involucra una calendarización de la disponibilidad de tiempo de los usuarios y miembros del equipo de medición, los cuales en gran medida se llevaron a cabo los fines de semana, se obtuvieron los resultados consistentes de las distancias en centímetros de las medidas contempladas en la ficha de la Figura 12 y la Tabla 5 que

se conoce como carta de medidas antropométricas, se presentan los resultados obtenidos solo para las personas que cumplen con los criterios fijados para participar en el estudio los cuales están descritos anteriormente en la selección de los sujetos de estudio.

Las diferentes medidas antropométricas que se utilizaron para establecer las medidas adecuadas del andador son la anchura de caderas para establecer el ancho plegable del asiento del andador y la distancia sacro-poplítea, otra de las medidas de relevancia es la AP altura poplítea para la regulación de la altura del asiento con el piso.

*Tabla 5. Carta de medidas antropométricas de los 22 usuarios.*

No.	Vista posterior		Vista lateral						Vista frontal		Vista frontal			Peso
	CA	CdCd	AS	AP	SP	Al	PP	LP	HA	HH	RR	E	APant	
1	19	40	37	37	47	17	31	24	52	47	47	153	39	77
2	16	37	38	55	51	13	23	27	47	42	33	170	28	65
3	21	34	42	37	41	19	23	27	59	43	47	165	43	61
4	24	37	41	52	56	15	24	28	57	42	34	164	27	72
5	16	46	37	35	40	14	41	19	47	46	41	148	28	51
6	18	44	39	46	50	13	37	25	57	42	33	160	29	64
7	25	46	42	37	46	19	24	27	58	46	36	162	30	51
8	28	37	40	35	40	17	31	26	63	61	36	156	40	71
9	24	45	49	42	49	21	34	26	65	47	47	172	42	73
10	21	44	40	42	51	18	20	28	56	53	43	171	42	81
11	26	50	39	43	46	24	26	29	64	50	57	176	36	87
12	20	31	42	42	49	17	21	28	60	45	39	166	29	57
13	22	46	46	40	52	17	21	28	62	47	37	166	44	74
14	20	38	44	55	55	16	28	29	49	52	32	167	30	85
15	18	39	40	40	48	12	22	24	53	34	46	158	36	50
16	30	54	42	37	52	19	34	25	68	40	46	153	34	64
17	22	34	50	39	55	19	26	31	68	46	46	178	23	70
18	18	36	41	48	53	12	28	27	47	40	29	158	30	52
19	17	39	35	39	45	15	27	25	51	46	41	153	35	43
20	20	34	44	42	51	17	27	29	63	52	43	168	55	60
21	25	42	40	40	46	20	25	26	56	49	42	153	30	67
22	18	45	36	45	44	14	28	20	47	41	41	139	29	49

Los valores presentados en la Tabla 5, son utilizados para justificar cada uno de los elementos y formas que poseerá el prototipo de un andador plegable ergonómico, cada uno de los mismos serán tomados en base a parámetros ergonómicos que garanticen la disponibilidad de la gran mayoría de percentiles.

### 3.3. Estudios Preliminares

En primera instancia, se ha investigado sobre diseños y andadores que se encuentran actualmente en el mercado de forma tal se ha podido tener un punto de partida y así organizar una recopilación de los sistemas de plegado y las propiedades físicas promedio por un método de ponderación, además de tener diseños con los cuales se ha podido contrastar los resultados y las características del andador diseñado. Las características de estos andadores se han estructurado en la Tabla 6 y su respectiva descripción se encuentran en el Anexo 10:

*Tabla 6. Características de andadores en el mercado [11, 8, 4, 5].*

Título del andador	Andador 1	Andador 2	Andador 3	Andador 4	Andador 5	Promedio
Altura max. abierto (mm)	950	1050	945	945	920	962
Altura min. abierto (mm)	770	775	760	755	760	764
Aumento de altura (mm)	175	180	180	165	155	171
Profundidad abierto (mm)	530	490	530	530	530	522
Anchura abierta (mm)	530	555	545	550	545	545
Volumen abierto (m <sup>3</sup> )	216,29	198,29	216,29	216,29	216,29	212.69
Altura cerrada (mm)	850	875	880	850	890	869
Profundidad cerrada (mm)	90	100	100	120	125	107
Anchura cerrada (mm)	540	540	540	540	540	540
Volumen cerrado (m <sup>3</sup> )	35,40	39,99	45,35	38,25	42,18	40.234
Vol.Cerrado/Vol. Abierto	16%	20%	21%	18%	20%	19%

Peso (kg)	2,5	3,0	2,8	2,5	2,4	2,64
Peso máximo soportado (kg)	135	140	135	155	135	140

Gracias al contraste de estos datos, se han podido tener en cuenta los siguientes puntos al momento del diseño del andador:

- 1) Se debe incluir un subsistema de adaptación de altura para permitir al usuario modificarla.
- 2) La relación entre el volumen plegado y el volumen abierto tiene una media del 19%
- 3) La media del peso es de 2,64 kg.
- 4) El material más utilizado para la estructura del andador es acero A36.
- 5) La masa máxima soportada por los andadores oscila entre 135-155kg.

Posteriormente, se ha procedido a esquematizar las ideas sobre los diseños preliminares, para en primer lugar, diseñar la estructura de andador abierto y funcional, y empezar a implementar ideas de diseño para el plegado de este.

A partir de la investigación preliminar, se pudo determinar unos rangos de geometría base del andador:

**Tabla 7.** Características de andador.

<b>Dimensión</b>	<b>Rango (mm)</b>
Altura	940-1000
Anchura	250-570
Profundidad	360-750

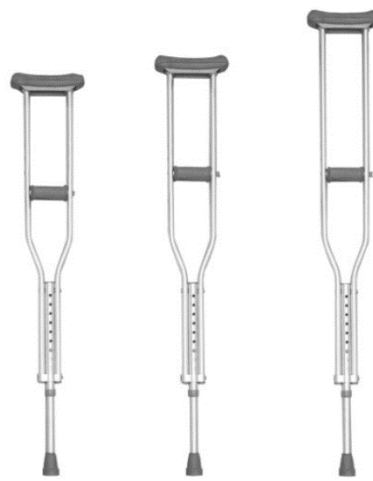
Una vez tomadas las medidas se procede a plantear bocetos e ideas de diseño antes de realizar el diseño en el software. Por lo que se ha tenido una idea clara de la estructura del andador: dos conjuntos laterales compuestos de tubos unidos entre sí mediante un tubo central.

De esta forma ya con una estructura planteada, se han empezado a buscar mecanismos de plegado y de regulación de altura para poder implementar al diseño, sabiendo que

se desea poder regular la altura, y poder plegar el andador de forma tal que se puedan reducir todas sus dimensiones.

En un principio, para el subsistema de ajuste de altura, se tomó como base el principio de utilizar dos tubos concéntricos, de manera que cuando se necesitaba ajustar la altura, se descartaba el mecanismo de bloqueo utilizado y el pie de la base se podía mover a la altura deseada. y bloquearlo de nuevo. Uno de los sistemas más comunes utilizados para este subsistema es el uso de un mecanismo de tijera, por lo que el pestillo se extrae y bloquea ambos tubos en la misma posición.

En este trabajo hemos optado por otra solución, donde utilizamos una pieza en la parte exterior del andador denominada "garra", que consta de dos partes, siendo la primera una parte del mango del tubo que se ajusta es el diámetro del tubo de mayor diámetro y el que está unido. La segunda parte es el tubo que va integrado en el mango y que cumple la misma función que el mecanismo anterior, es decir, pasar por los agujeros practicados en los dos tubos de la pata y fijarlos, por lo que este sistema simplifica el sistema del andador. Este sistema también se utiliza en algunas muletas ortopédicas, como se muestra en la Figura 13. Además, este mecanismo también se puede utilizar para el subsistema de reducción de profundidad del andador, teniendo en cuenta que el principio de los tubos concéntricos solo permite una reducción máxima del 50% de la longitud.



**Figura 13:** Medidas antropométricas [32]

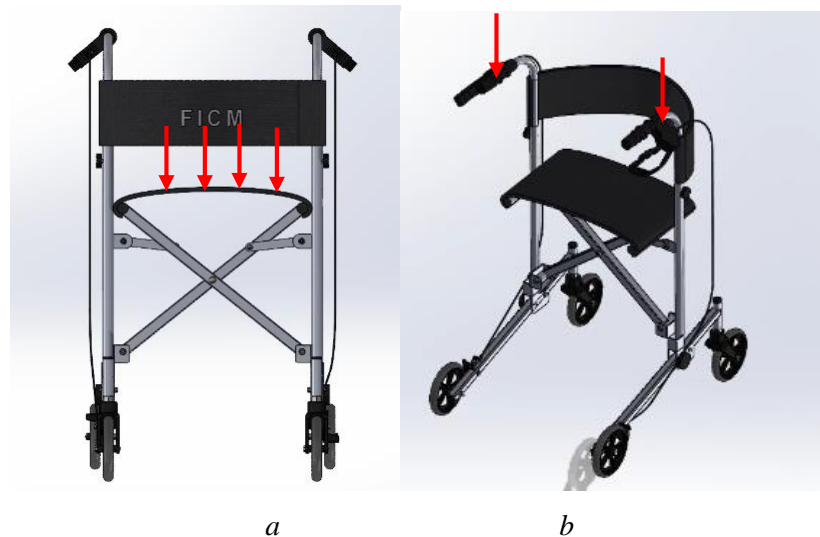


En segundo lugar, se ha propuesto un subsistema de plegado de la anchura del andador compuesto de dos articulaciones para conectar los tubos centrales con las estructuras laterales, uno que conecte la estructura lateral izquierda con el tubo central de la izquierda, otra que conecte la estructura lateral derecha con el tubo central derecho; de esta forma el ancho del andador se puede ver reducido en una proporción menor que alcance perfectamente en la cajuela de un automóvil. El uso de unos pasadores roscados en las articulaciones nos permitirá fijar el sistema para que sea seguro al momento de utilizar.

### 3.4. Diseño y selección de elementos mecánicos

#### 3.4.1. Análisis mecánico del andador plegable

La Figura 14, muestra el esquema de la armadura básica que se utiliza para el diseño y construcción del andador plegable, en a) se analizará una silla, el asiento está ubicado horizontalmente, formando  $90^\circ$  se ubica el espaldar. En b) se analizará el andador cuando la persona se encuentra de pie y el individuo sujete la estructura.



**Figura 14:** Mecanismo de andador.

A partir de los parámetros de diseño obtenidos en el estudio antropométrico registrados en la Figura 14, se establecen las dimensiones correspondientes para el asiento y altura del espaldar. Además, se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones: para la acción plegable el ángulo del asiento varía desde los  $0^\circ$  hasta los  $90^\circ$  aproximadamente; tomando como referencia el mecanismo en cruz.

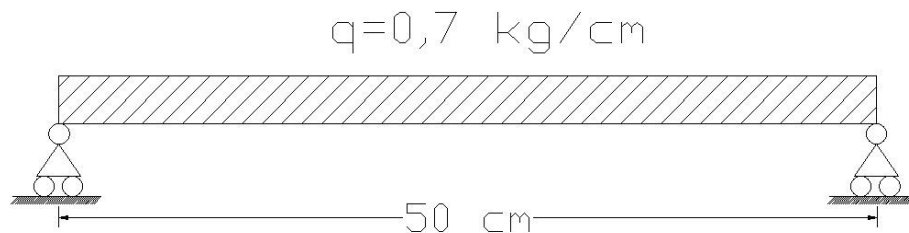
### 3.4.2. Consideraciones para las vigas longitudinales y transversales

Las consideraciones que se debe tener presente, para que sirva de vigas soporte del asiento en el esquema de la Figura 14 son:

- Peso Máxima de una Persona = 140Kg.
- Peso Requerido = Es la Carga a ubicar sobre cada Viga. Se debe tener presente que el asiento va a estar soportado por 2 tubos longitudinales y por un mecanismo de tijera, por lo que el Peso Requerido, es de:

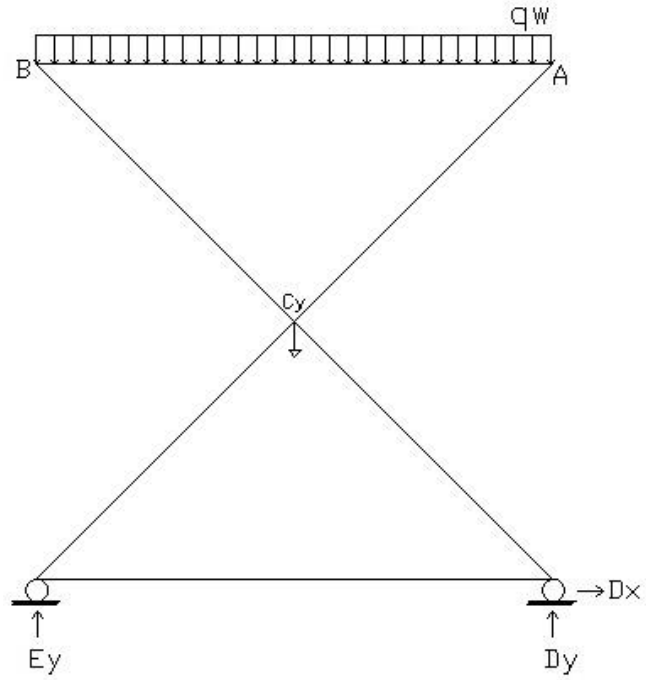
$$PR = 140Kg/4 = 35 Kg \quad \text{Ec. [7]}$$

- Longitud crítica = 500 mm = 50 cm.
- Carga Distribuida:  $q = 0,7 \text{ Kg/cm}$
- Límite de fluencia de Acero ASTM A36,  $F_y = 2530\text{Kg/cm}^2 = 35,985 \text{ Klb/pulg}^2$
- Factor de diseño  $nd = 1,5$



*Figura 15: Diagrama de cuerpo libre.*

### 3.4.3. Análisis estático de la estructura en posición plegada



**Figura 16:** Análisis estático de las fuerzas mecanismo de tijera.

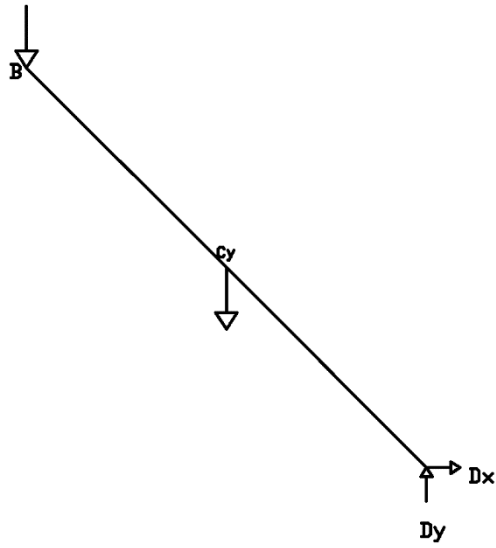
$$Fq = q * 0.500m \quad \text{Ec. [8]}$$

$$+\circlearrowleft \sum M_D = 0 \quad \text{Ec. [9]}$$

$$-Ey * 0.500m + Cy * 0.25 = 0$$

$$Cy = \frac{-Ey * 0.500m}{0.25} \quad \text{Ec. [10]}$$

### Análisis eslabón B-D



*Figura 17: Análisis estático eslabón B-D*

$$+\circlearrowleft \sum M_C = 0 \quad \text{Ec. [11]}$$

$$By * 0.25m + Dy * 0.25m + Dx * 0.30m = 0 \quad \text{Ec. [12]}$$

$$Dy = \frac{-\frac{Fq}{2} * 0.25m - Dx * 0.3m}{0.25} \quad \text{Ec. [13]}$$

Determinación esfuerzo permisible Fb

$$Fb = 0,66 x Fy \quad \text{Ec. [14]}$$

Donde:

- Fb = Esfuerzo Permisible (Kg/cm<sup>2</sup> , Klb/pulg<sup>2</sup> )
- Límite de fluencia de Acero ASTM A36, Fy = 2530Kg/cm<sup>2</sup> = 35,985 Klb/pulg<sup>2</sup>

Por lo que:

$$Fb = 0,66 \times 2350 \text{Kg/cm}^2$$

$$Fb = 1669,8 \text{Kg/cm}^2$$

*Determinación del módulo de sección*

$$Sx = M/Fb \quad \text{Ec. [15]}$$

Donde:

- $Sx = W = \text{Módulo de sección (cm}^3\text{)}$
- $M = \text{Momento} = 1050,15 \text{ kg.cm}$
- $Fb = \text{Esfuerzo Permisible} = 1669,8 \text{Kg/cm}^2$

Por lo que:

$$Sx_{req} = 0,63 \text{cm}^3 \quad \text{Ec. [16]}$$

Con las ecuaciones establecidas se calcula la fuerza del actuador, la carga distribuida es de 1430 N m. Luego se selecciona el perfil estructural para elementos BCD y ACE utilizando el Catálogo de Productos DIPAC.

**Tabla 8.** Dimensiones del perfil cuadrado para los brazos de la tijera [23].

Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm <sup>3</sup>
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13

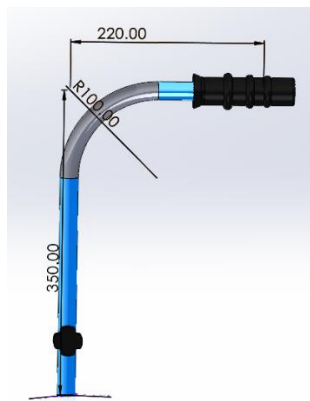
A continuación, se procede a comprobar la validez del perfil seleccionado.

$$S_{xreq} = 0,63 \text{ cm}^3$$
$$S_{xtab} = W = 1,18 \text{ cm}^3$$
$$S_{req} < S_{tab}$$

Como se puede observar que el módulo de sección requerido es menor que el módulo de sección de las tablas, se puede decir que la sección cuadrada seleccionada es la correcta.

- Por lo que el tubo del catálogo seleccionado y apropiado es el:  
Tubo cuadrado: A = 25mm y e = 2 mm.

#### 3.4.4. Diseño de la manija

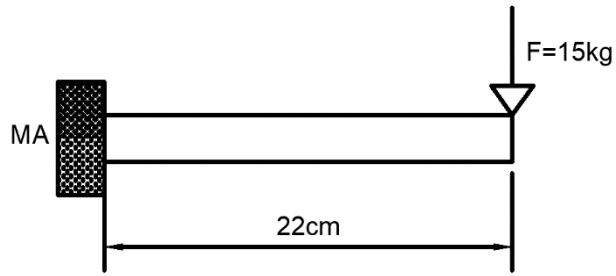


**Figura 18:** Eslabón.

#### *Consideraciones para la manija*

Con la Figura 17 y el DCL de la Figura 18, se considera que en un extremo se encuentra articulado:

- Fuerza por generación de empuje 15Kg
- Longitud 22 cm.
- Límite de fluencia de Acero ASTM A36,  $F_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2 = 35,985 \text{ Klb/pulg}^2$
- Factor de seguridad  $n_d = 1,5$



*Figura 19: Diagrama del cuerpo libre manija.*

*Determinación de las cargas críticas*

Al tratarse de una viga en voladizo sometida a cargas puntuales y a flexión, el momento crítico viene determinado por la siguiente Ec. [17] y desde la Ec. [18] a la Ec. [19] para los demás parámetros:

$$M = FxL \quad \text{Ec. [17]}$$

Donde:

M = Momento (Kg\*cm)

F = Carga Puntual: 15kg

L = Longitud: 22cm

Por lo que:

$$M = 330kg.cm$$

Determinación esfuerzo permisible Fb

$$Fb = 0,66 Fy \quad \text{Ec. [18]}$$

Donde:

Fb = Esfuerzo Permisible (Kg/cm<sup>2</sup> , Klb/pulg<sup>2</sup> )

Límite de fluencia de Acero ASTM A36,  $F_y = 2530\text{Kg/cm}^2 = 35,985 \text{ Klb/pulg}^2$

Por lo que:

$$F_b = 0,66 \times 2530\text{Kg/cm}^2$$

$$F_b = 1669.8\text{Kg/cm}^2$$

*Determinación del módulo de sección*

$$S_x = M/F_b \quad \text{Ec. [19]}$$

Donde:

$S_x = W = \text{Módulo de sección (cm}^3\text{)}$

$M = \text{Momento} = 330 \text{ kg.cm}$

$F_b = \text{Esfuerzo Permisible} = 1669.8\text{Kg/cm}^2$

Por lo que:

$$S_{x_{req}} = 0,197\text{cm}^3$$

*Selección del perfil*

En base al Módulo de Sección ( $S_x = 0,197\text{cm}^3$ ) dado y mediante el Catálogo de Productos DIPAC se selecciona un Tubo Redondo con las siguientes características como se muestra en la Tabla 9:

**Tabla 9.** Especificaciones técnicas del tubo redondo para la manija [3].

Diámetro	Espesor	Área Ag	Radio de Giro ry	Módulo de Sección St
7/8"	0,95	0,63	0,75	0,32

A continuación, se procede a comprobar la validez del tubo seleccionado

$$S_{x_{req}} = 0,197 \text{ cm}^3$$



$$S_{xtab} = W = 0,32 \text{ cm}^3$$

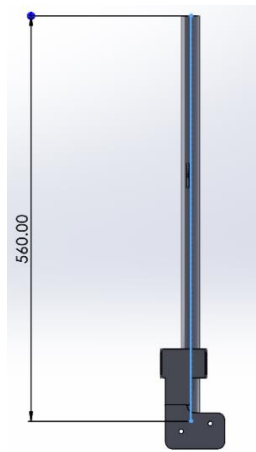
$$S_{req} < S_{tab}$$

Como se puede observar que el módulo de sección requerido es menor que el módulo de sección de las tablas, se puede decir que la tubería seleccionada es la correcta.

Por lo que el tubo del catálogo seleccionado y apropiado es el:

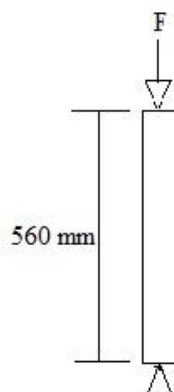
Tubo redondo:  $\varnothing = 7/8''$  y  $e = 0,95 \text{ mm}$ .

### 3.4.5. Diseño del eslabón



**Figura 20:** Eslabón.

*Diagrama de cuerpo libre DCL*



**Figura 21:** Diagrama del cuerpo libre del eslabón.

*Consideraciones para el eslabón*

Con la Figura 20 y el DCL de la Figura 21, las consideraciones que se debe tener presente, para que sirva de columna – eslabón, son:

- Peso Máxima de una Persona = 140Kg
- Peso generado por el material del asiento y espaldar = 1,2 Kg
- Peso generado estimado por la persona que apoya la fuerza de empuje = 15 Kg
- Peso Total = 156,2Kg
- Peso Requerido = Es la Carga a ubicar sobre cada Viga. Se debe tener presente que la silla de ruedas está compuesta por dos eslabones, por lo que el Peso Requerido PR es de:  $156,2\text{Kg} / 2 = 78,1\text{Kg} = 172\text{lb}$
- Longitud = 560 mm = 56 cm.
- Límite de fluencia de Acero ASTM A36,  $F_y = 2530\text{Kg/cm}^2 = 35,985\text{ Klb/pulg}^2$
- Como la estructura se encuentra Articulada – Articulada, se designa un factor de  $K = 1$ , tal como se indica en la Figura 22.

		Traslación relativa restringida				Traslación relativa permitida			
		a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)
T	Ro	Empotrado	Empotrado	Libre	Libre	Empotrado	Empotrado	Libre	Libre
	Tr	Empotrado	Empotrado	Empotrado	Empotrado	Libre	Libre	Libre	Libre
B	Ro	Empotrado	Libre	Empotrado	Libre	Empotrado	Libre	Empotrado	Libre
	Tr	Empotrado	Empotrado	Empotrado	Empotrado	Empotrado	Empotrado	Empotrado	Empotrado
$K_T$		0.5	0.7	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0	Inestable
$K$		0.65	0.80	0.80	1.0	1.2	2.0	2.10	Inestable

**Figura 22:** Factor  $k$  de columnas articuladas y sin articular [29].

- Con una Relación de Esbeltez  $KL/r = 40$  se establece que  $F_a = 23,970\text{ Kpsi}$  tal como se indica en la Tabla 10.

- Factor de diseño  $n_d = 1.5$

**Tabla 10.** Esfuerzos permisibles de columnas ( $F_y = 36000\text{psi}$ ) [38].

$\frac{KL}{r}$ ratio		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<b>Fa</b>	27.540	27.480	27.420	27.360	27.300	27.230	27.160	27.090	27.020
10		26.950	26.870	26.790	26.720	26.630	26.550	26.470	26.380	26.210
20		26.110	26.020	25.930	25.830	25.730	25.640	25.540	25.430	25.230
30		25.120	25.010	24.900	24.790	24.680	24.560	24.450	24.330	24.100
40		23.970	23.850	23.730	23.600	24.480	23.350	23.220	23.090	22.830
50		22.690	22.560	22.420	22.280	22.140	22.000	21.860	21.720	21.430
60		21.280	21.130	20.980	20.830	20.680	20.530	20.370	20.220	19.900
70		19.740	19.580	19.420	19.260	19.100	18.930	18.760	18.600	18.260
90		16.300	16.120	15.930	15.740	15.550	15.330	15.170	14.970	14.580

#### *Determinación de la sección admisible*

Para seleccionar el material más apropiado se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$A = P / F_a \quad \text{Ec. [20]}$$

Donde:

A = Área de Sección del Tubo ( $\text{cm}^2$ )

P = Carga Requerida: 172lb

Fa = Esfuerzo Permisible: 23970 lb/pulg<sup>2</sup>

Por lo que:

$$A = \frac{172\text{lb}}{\frac{23970\text{lb}}{\text{pulg}^2}} = 0,0072\text{pulg}^2 = 0,046\text{cm}^2$$

#### *Selección del perfil*

En base a la sección determinada ( $A = 0,046\text{cm}^2$ ), y mediante el Catálogo de Productos DIPAC en la Tabla 11 se selecciona un Tubo Redondo con las siguientes características:

**Tabla 11.** Selección de perfil tubular [3].

Diámetro Exterior (D)		Espesor		Peso	Propiedades		
		e	P	A	I	W	i
Pulg	mm	mm	Kg/6m	cm	cm4	cm3	cm
1/2	12.70	0.95	1.86	0.35	0.06	0.09	0.41
		1.10	2.10	0.40	0.07	0.11	0.41
		1.50	2.82	0.53	0.08	0.13	0.39
5/8	15.88	0.95	2.28	0.44	0.12	0.15	0.51
		1.10	2.64	0.51	0.14	0.18	0.52
		1.50	3.54	0.68	0.18	0.22	0.51
3/4	19.05	0.95	2.70	0.54	0.22	0.23	0.64
		1.10	3.18	0.62	0.25	0.26	0.63
		1.50	4.20	0.83	0.32	0.34	0.62
7/8	22.22	0.95	3.18	0.63	0.36	0.32	0.75
		1.10	3.66	0.73	0.41	0.37	0.75
		1.50	4.92	0.98	0.53	0.47	0.74
1	25.40	0.95	3.60	0.73	0.55	0.43	0.87
		1.10	4.20	0.84	0.62	0.49	0.86
		1.50	5.64	1.13	0.81	0.64	0.85

*Verificación del tubo seleccionado*

a) Primera Comprobación:

Para verificar la validez del tubo seleccionado se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$KL/r \quad \text{Ec. [21]}$$

Donde:

- K = Factor de longitudinal efectiva = 1
- L = 560mm
- r = radio de giro = 8,6mm

Una vez que se determine la relación de esbeltez se procede a seleccionar el esfuerzo permisible, el mismo que es:

$$KL/r \quad \text{Ec. [21]}$$

$$\frac{KL}{r} = 65,11 \approx 70$$

En donde mediante la Tabla 10,  $F_a = 19,740$  Kpsi, con el que se procede a calcular la Carga Requerida, para lo que se va a utilizar la siguiente ecuación:

$$P_c = A \cdot F_a \quad \text{Ec. [22]}$$

Donde:

$P_c$  = Carga Requerida

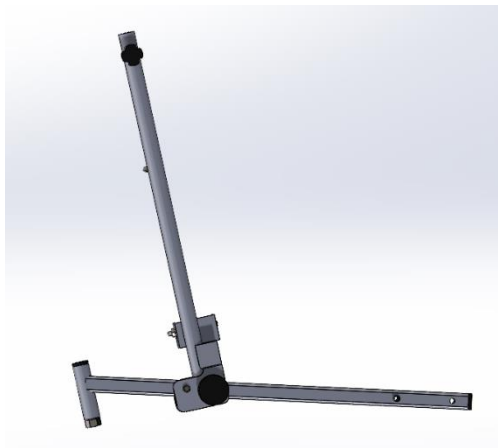
$A$  = Área de Sección del Tubo seleccionado =  $0,84\text{cm}^2 = 0,13\text{ pulg}^2$

$F_a$  = Esfuerzo Permisible = 19740 psi.

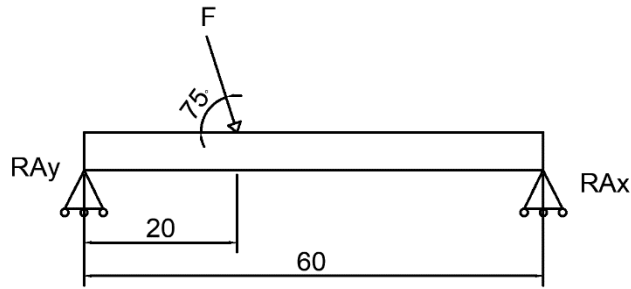
Por lo que la Carga Requerida es:  $P_c = 2566.2\text{ lb}$

Por lo que se puede decir que  $P_c$  es:  $2566,2\text{ lb} \gg 172\text{ lb}$

#### 3.4.6. Diseño soporte base



*Figura 23: Base andador plegable.*



**Figura 24:** Diagrama del cuerpo libre de la base.

Con la Figura 23 y el DCL de la Figura 24, se considera una carga puntual con un ángulo de 75°:

- Peso máximo de una persona  $140 \text{ Kg}/2 = 70\text{Kg}$
- Peso estructura  $3,65\text{Kg}$
- Peso generado estimado por la persona que apoya la fuerza de empuje = 15 Kg
- Longitud 60 cm.
- Límite de fluencia de Acero ASTM A36,  $F_y = 2530\text{Kg}/\text{cm}^2 = 35,985 \text{ Klb}/\text{pulg}^2$
- Factor de seguridad  $n_d = 1,5$

#### *Determinación de las cargas críticas*

Al tratarse de una viga simplemente apoyada sometida a una carga puntual y a flexión, el momento crítico viene determinado por:

$$M = F \text{sen}75^\circ \times L \quad \text{Ec. [23]}$$

Donde:

- $M =$  Momento ( $\text{Kg} \cdot \text{cm}$ )
- $F =$  Carga Puntual:  $88.65\text{kg}$
- $L =$  Longitud:  $20\text{cm}$

Por lo que:

$$M = 1712,59 \text{ kg.cm}$$

*Determinación esfuerzo permisible Fb*

$$Fb = 0,66 Fy \quad \text{Ec. [24]}$$

Donde:

- Fb = Esfuerzo Permisible (Kg/cm<sup>2</sup> , Klb/pulg<sup>2</sup> )
- Límite de fluencia de Acero ASTM A36, Fy = 2530Kg/cm<sup>2</sup> = 35,985 Klb/pulg<sup>2</sup>
- Por lo que:

$$Fb = 0,66 \times 2530 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Fb = 1669,8 \text{ Kg/cm}^2$$

*Determinación del módulo de sección*

$$Sx = M/Fb \quad \text{Ec. [25]}$$

Donde:

- Sx = W = Módulo de sección (cm<sup>3</sup>)
- M = Momento = 1712,59 kg.cm
- Fb = Esfuerzo Permisible = 1669,8Kg/cm<sup>2</sup>

Por lo que:

$$Sx_{req} = 1,025 \text{ cm}^3$$

*Selección del perfil*

En base al Módulo de Sección ( $Sx = 1,025 \text{ cm}^3$ ) dado y mediante el Catálogo de Productos DIPAC se selecciona un Tubo cuadrado con las siguientes características como se muestra en la Tabla 12:

**Tabla 12.** Especificaciones técnicas del tubo cuadrado para la base [3].

Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm <sup>3</sup>
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13

A continuación, se procede a comprobar la validez del tubo seleccionado

$$S_{xreq} = 1,025 \text{ cm}^3$$

$$S_{xtab} = W = 1,18 \text{ cm}^3$$

$$S_{req} < S_{tab}$$

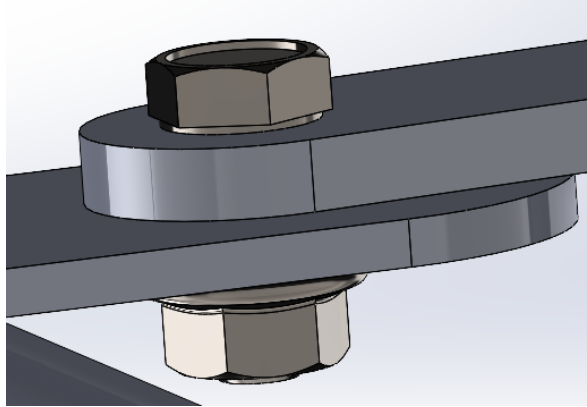
Como se puede observar que el módulo de sección requerido es menor que el módulo de sección de las tablas, se puede decir que la sección cuadrada seleccionada es la correcta.

- Por lo que el tubo del catálogo seleccionado y apropiado es el:
- Tubo cuadrado: A = 25mm y e = 2 mm.

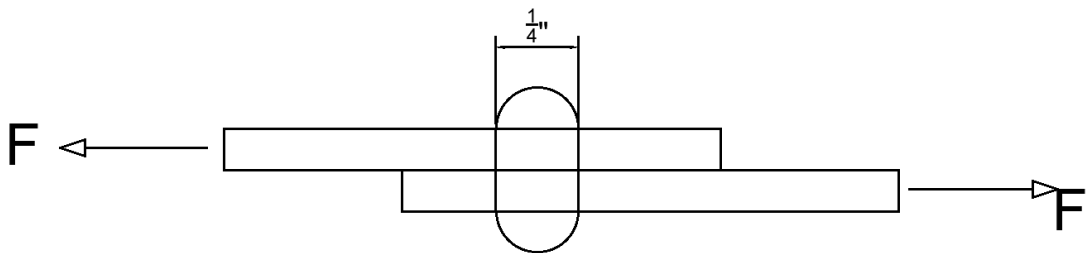
### 3.4.7. Diseño a corte de los pasadores

El eslabón del mecanismo de tijera está sometido a un esfuerzo cortante, se ha calculado la superficie mínima requerida según los materiales estudiados para garantizar la integridad del andador bajo este esfuerzo. Esta sección se calcula de la siguiente manera:





*Figura 25: Tornillo sometido a esfuerzo cortante.*



*Figura 26: Diagrama de esfuerzo cortante del perno.*

La mayor fuerza a la que está sometida el pasador de la estructura es de 2900 N. Para el diseño se considera que este sujeto a corte, además el factor de seguridad impuesto será de 4. A continuación, se emplea la siguiente ecuación:

$$\tau_{med} = \frac{T}{n * A} = \frac{P * g}{n * A} \quad \text{Ec. [26]}$$

Y sabiendo que la superficie del pasador de la garra debe ser mayor o igual al valor calculado con la tensión tangencial admisible de cada material, se obtiene la siguiente fórmula:

$$A \geq \frac{P * g}{n * \tau_{adm}} \quad \text{Ec. [27]}$$

Donde:

- P = Masa máxima del usuario (kg)
- g = Gravedad ( $m/s^2$ )
- n = Cantidad de secciones que soportan la fuerza
- $\tau_{adm}$  = Tensión tangencial admisible

Se conoce que la masa máxima del usuario es de 140 kg, como se puede apreciar en la Tabla 6, la cantidad de superficies que entran en contacto con la fuerza son 2 y la gravedad tiene un valor de  $9,81 m/s^2$ , por lo que solo queda obtener el valor de la tensión tangencial admisible de cada material.

*Tabla 13. Especificaciones del material del perno [39]*

Material	Limite elástico (MPa)	Tensión tangencial admisible (MPa)	Superficie mínima ( $mm^2$ )	Diámetro mínimo (mm)
S235JR (Acero)	235	164,5	4,47	2,39
Bronce	150	105,0	7,00	2,98
Acero galvanizado	220	155,0	19,00	6,35

Por lo que, al seleccionar un pasador de más de 6,35 mm de diámetro, se asegura que este no fallará a cortadura para ninguno de los materiales estudiados.

La fuerza máxima a la que se encuentra sometida es de 2900 N. Para el diseño se supone que está sometido a cortante y el factor de seguridad impuesto es 4. Para el diseño, se supone que está sujeto a cortante. El esfuerzo cortante y el factor de seguridad impuestos serán 4. El límite elástico al corte se utiliza cuando el esfuerzo permisible es:

$$\tau = \frac{S_{sy}}{n} \quad \text{Ec. [28]}$$

### Determinación del módulo de sección

$$S_{sy} = 0.66 * Sy \quad \text{Ec. [29]}$$

Donde:

- $Sy$  = Limite elástico MPa.

El material de los pasadores es el acero galvanizado, con una resistencia a la fluencia de 220 MPa.

$$\tau = \frac{0.66Sy}{n} \quad \text{Ec. [30]}$$

$$\tau = \frac{0.66 * 220 * 10^6}{4}$$

$$\tau = 36.3MPa$$

$$\tau_{req} < \tau_{tab}$$

$$36,3 MPa < 155 MPa$$

### 3.4.8. Selección de las ruedas

Para la selección de las ruedas se tomó en cuenta el peso total que debe soportar, para que se permita una buena traslación de todo el sistema.

**Tabla 14.** Carga de elementos a soportar las ruedas.

Elemento	Cantidad	Masa (Kg)
Persona sentada	1	140
Persona que proporciona el empuja	1	30
Tubería redonda	4	1.5
Manijas	2	0.186
Frenos	2	0.10
Soporte del asiento	2	0.55
Platinas	2	0.8
Tubería cuadrada base	2	1.2

Tubería cuadrada tijeretas	2	1.2
Espaldar	1	0.12
Asiento	1	0.51
Pernos	13	0.33
Pernos seguros	4	0.11
Caucho tapa	4	0.12
<b>Total</b>		<b>176.726</b>

### *Selección de ruedas fijas.*

Criterio para la selección total de las ruedas:

Para la selección se tomó el peso total de 176,726Kg como se indica en la Tabla.15 y se le dividió para 2, esto se debe a que las ruedas posteriores no poseen ningún tipo de giro en su propio eje.

*Tabla 15. Ficha técnica de la rueda posterior.*

Descripción	Unidad
Serie	Sharainnn9z42hisuvy
Diámetro(mm)	147
Ancho(mm)	25
Carga (Kg)	120



*Figura 27: Selección de ruedas posteriores.*

### *Selección de ruedas móviles*

Criterio para la selección de las llantas delanteras:

- Las llantas delanteras como son de guía deben poseer un giro de 360° en su mismo eje.
- Para la selección se tomó el peso de (176,726Kg) como se indica en la tabla 14 y se le dividió para 2.

**Tabla 16.** Ficha técnica de la rueda delantera.

Descripción	Unidad
Serie	Zhangan
Diámetro(mm)	147
Ancho(mm)	25
Altura total(mm)	178
Radio de giro(mm)	360°
Pasador(mm)	8
Carga (Kg)	120



**Figura 28:** Selección de ruedas móviles.

### 3.4.9. Selección del sistema de frenado

Una parte esencial de cualquier silla de ruedas es su sistema de frenado, existen diferentes sistemas de frenos para silla de ruedas o andadores.

Actuador de freno en el manillar de la silla de ruedas: facilita al usuario el frenado mientras camina y proporciona un bloqueo completo. Palanca de freno debajo del asiento al lado de la silla: Se utilizaron por primera vez en sillas móviles donde el ocupante podía cerrar fácilmente la mano y seguir el zapato frenando la rueda. Frenos híbridos: Algunos modelos de sillas cuentan con frenos tanto en el manillar como en las propias ruedas para que el usuario o acompañante pueda frenarlo.

La seguridad en el andador es importante para el usuario y sus frenos en las empuñaduras hacen que este andador con ruedas sea muy seguro.

Se seleccionó un sistema de freno con bloqueo: Si se necesita inmovilizar por completo el andador, hay que tirar de las manetas de los frenos hacia abajo y las ruedas quedarán

bloqueadas. Para desbloquear hay que tirar de las manetas hacia arriba como se muestra en la Figura 29.



*Figura 29: Sistema de frenado.*

### **3.5. Análisis estático de esfuerzos**

El modelado geométrico ha sido efectuado por el programa Solidworks Student que es una versión gratuita, el cual permitió desarrollar una simulación estática de esfuerzos con el acero ASTM A36 en la estructura, se utilizaron las medidas generales del análisis antropométrico y de la ponderación que se realizó para los diferentes andadores que existen actualmente en el mercado.

#### **3.5.1. Materiales utilizados en el análisis**

En la Tabla 17 se puede analizar las propiedades de los materiales que se utilizaron en las diferentes partes del andador como es en las llantas el caucho, en el sistema de frenos el polietileno reticulado y en toda la estructura el acero ASTM A36.

Tabla 17. Materiales de los elementos de la máquina.

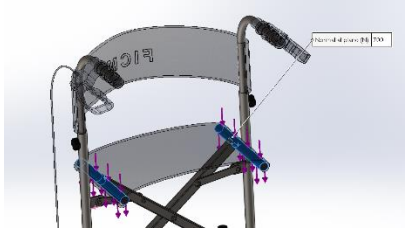
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: <b>ASTM A36</b>  <b>Acero</b>                      Tipo de modelo: <b>Isotrópico</b>  <b>elástico lineal</b>                      Criterio de error predeterminado: <b>Desconocido</b>                      Límite elástico: <b>2,5e+08</b>  <b>N/m<sup>2</sup></b>                      Límite de tracción: <b>4e+08</b>  <b>N/m<sup>2</sup></b>                      Módulo elástico: <b>2e+11</b>  <b>N/m<sup>2</sup></b>                      Coeficiente de Poisson: <b>0,26</b>                      Densidad: <b>7.850</b>  <b>kg/m<sup>3</sup></b>                      Módulo cortante: <b>7,93e+10</b>  <b>N/m<sup>2</sup></b></p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir10)(BASE RODANTE-4/BASE ROTACIONAL LLANTA-1),                      Sólido 1(Tapa en extremo2[1])(BASE RODANTE-4/Larguero-1),                      Sólido 2(Cortar-Extruir1)(BASE RODANTE-4/Larguero-1),                      Sólido 3(Combinar2)(BASE RODANTE-4/Larguero-1),                      Sólido 4(Tapa en extremo3)(BASE RODANTE-4/Larguero-1),                      Sólido 5(Cortar-</p>
	<p>Nombre: <b>Caucho</b>  <b>natural</b>                      Tipo de modelo: <b>Isotrópico</b>  <b>elástico lineal</b>                      Criterio de error predeterminado: <b>Desconocido</b>                      Límite de tracción: <b>2e+07</b>  <b>N/m<sup>2</sup></b>                      Módulo elástico: <b>10.000</b>  <b>N/m<sup>2</sup></b>                      Coeficiente de Poisson: <b>0,45</b>                      Densidad: <b>960</b>  <b>kg/m<sup>3</sup></b></p>	<p>Sólido 1(Redondeo7)(BASE RODANTE-4/RUEDA-1),                      Sólido 1(Redondeo7)(BASE RODANTE-4/RUEDA-2),                      Sólido 1(Redondeo7)(BASE RODANTE-4/RUEDA-2),                      Sólido 1(Redondeo7)(BASE RODANTE-4/RUEDA-2),                      Sólido 1(Redondeo7)(BASE RODANTE-4/RUEDA-2),                      Sólido 1(Cortar-Extruir1)(CAUCHO MANUBRIO-1),                      Sólido 1(Cortar-Extruir1)(CAUCHO MANUBRIO-2)</p>

	<p>Nombre: <b>Polietileno reticulado</b></p> <p>Tipo de modelo: <b>Isotrópico elástico lineal</b></p> <p>Criterio de error predeterminado: <b>Desconocido</b></p> <p>Límite de tracción: <b>1,8e+07 N/m<sup>2</sup></b></p> <p>Límite de compresión: <b>1,4e+07 N/m<sup>2</sup></b></p> <p>Módulo elástico: <b>6e+08 N/m<sup>2</sup></b></p> <p>Densidad: <b>950 kg/m<sup>3</sup></b></p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir4)(MANIJA FRENO-1), Sólido 1(Saliente-Extruir4)(MANIJA FRENO-2)</p>
---	---	---

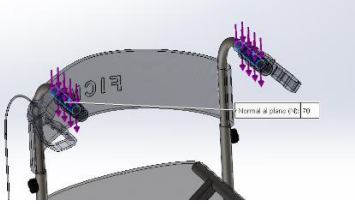
### 3.5.2. Simulación

Posteriormente en la Tabla 18 se localizan las cargas a las que estará sometido el modelo en este caso que se diseñó para una persona promedio aproximadamente de 70Kg se plantean cargas de 700N por lado y 70N para el caso de que existan un impulso externo.

**Tabla 18. Materiales de los elementos de la máquina.**



Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 2 cara(s)</p> <p>Tipo: Aplicar fuerza</p> <p>Valor: ---;---;700 N</p>



Fuerza-2		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; 70 N
----------	---	---

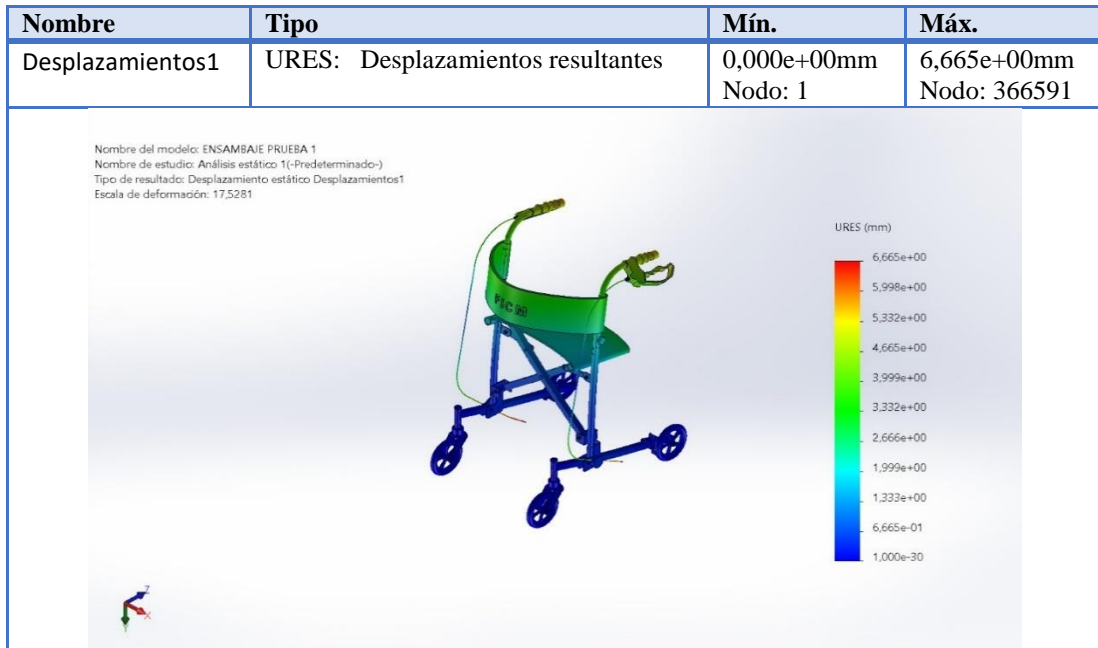
En la Tabla 19 se extrae el primer resultado de tensión de Von Mises en la cual figura como tensión máxima de  $3,83e+08$  Pa la cual se localiza en el nodo 119962, se establece que el diseño es apto y es más apropiado para que el elemento sea utilizado de forma segura.

**Tabla 19. Análisis de Von Mises.**

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de Von Mises	0,000e+00N/m <sup>2</sup> Nodo: 1	3,830e+08N/m <sup>2</sup> Nodo: 119962
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>Nombre del modelo: ENSAMBAJE PRUEBA 1  Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)  Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  Escala de deformación: 17,5281</p> </div> <div style="width: 35%; text-align: right;"> <p>von Mises (N/m<sup>2</sup>)</p>  </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div>			

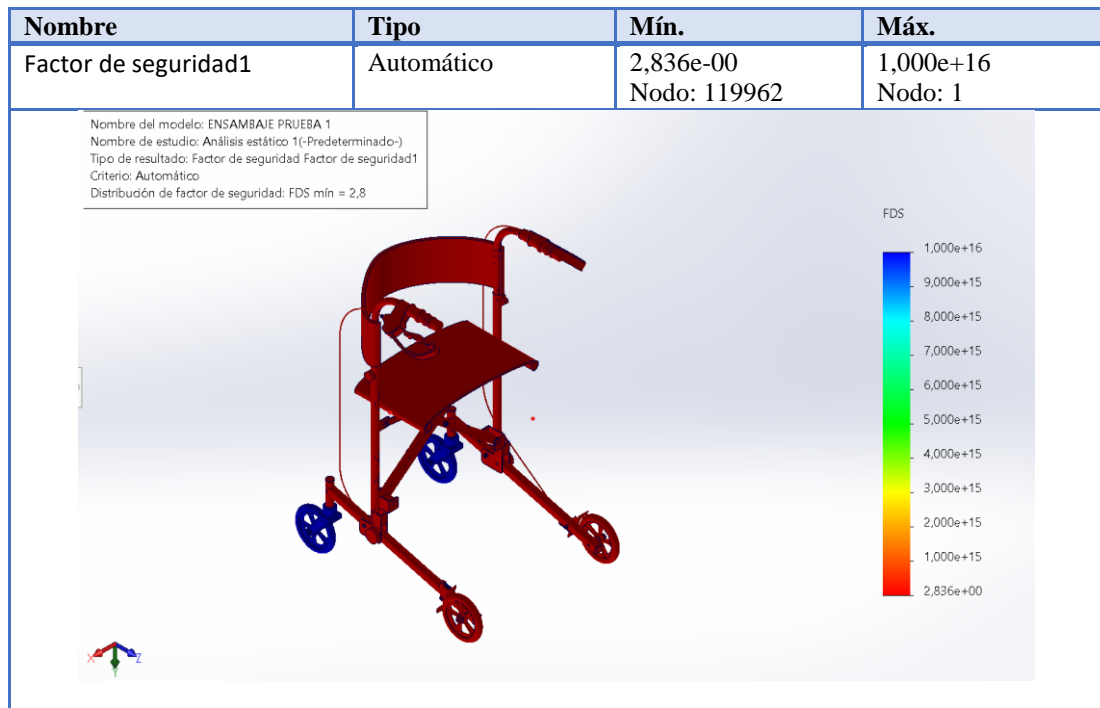
En la Tabla 20 se obtiene diferentes desplazamientos producto de una deformación máxima con una resultante de 6,665mm en el nodo 366591, se puede distinguir que existe un pandeo insignificante al momento de generar un impulso en el andador.

*Tabla 20. Análisis de Desplazamientos resultantes.*



Finalmente, en la Tabla 21 se plantea el trazado del factor de seguridad para el análisis de elementos finitos propuesto en este modelo obteniéndose un factor de seguridad mínimo de 2,8 en el nodo 119962. Este factor de seguridad al ser mayor o igual a dos permite definir el diseño como seguro.

**Tabla 21. Factor de seguridad.**



### 3.6. Estimación de costos

Los costos de fabricación para ser el primer prototipo son elevados ya que en la construcción hubo ciertas modificaciones para establecer una similitud con el diseño del software, se utilizó en toda la estructura material A36 del fabricante DIPAC como se muestra en la Tabla 22. La factibilidad del proyecto para que se pueda construir otros prototipos es alta ya que se puede trabajar con un stock de materia prima.

**Tabla 22. Costos de materiales para un andador plegable.**

MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	COSTO (\$)
Tubo redondo Ø1x 1,1mm	1,14 m	4,70	4,70
Tubo redondo Ø 7/8 x 0,95mm	1 m	4,50	4,50
Tubo cuadrado 25x2mm	1,20 m	9,40	9,40
Platina 34x3 mm	0,40 m	3,00	3,00
Cauchos tapa redondos 1 pulg	6	4,16	24,96
Cauchos tapa cuadrado 25mm	2	3,80	7,60
Teflón	1	20,00	20,00
Ruedas Giratorias 6 pulg (delanteras)	2	37,50	75,00
Ruedas 6 pulga 6 pulg (posteriores)	2	27,26	54,52
Frenos bilaterales	2	55,50	111,00
Empuñadura de bicicleta	2	11,55	23,10
Asiento, Almohadilla	1	30,00	30,00
Espaldar, Almohadilla	1	15,00	15,00
Tela	1 m	28,00	28,00
Pernos ¼ pulg	9	1,40	12,60

Bocines 1 pulg	2	2,75	5,50
Pintura Color plomo	1 litro	3,77	3,77
Pintura Color negro	½ litro	2,16	2,16
Tinier	2 litros	5,54	11,08
Lijas	5 pliegos	0,50	2,50
<b>Total</b>			<b>448,39</b>

En la tabla 23 se muestran los costos de los materiales y equipos que se utilizaron en este proyecto.

*Tabla 23. Costos de máquinas y equipos.*

PROCESO	CANTIDAD	COSTO /HORA (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Doblado	1 hora	1,00	1,00
Compresor	1 hora	6,00	6,00
Torneado	0,5 hora	4,00	2,00
Bordado	0,5 hora	8,00	4,00
Tapicero	3 horas	12,50	37,50
<b>Total</b>			<b>50.50</b>

Se establece un costo total de los materiales y equipos a utilizar de 499\$ lo que se puede reducir a un costo de 350 a 400\$ si el andador plegable se fabricará a una mayor escala.

*Tabla 24. Costos totales.*

DESCRIPCIÓN	COSTOS (\$)
Máquinas y equipos	448,39
Materiales	50,50
Valores Indirectos 10%	49.88
<b>Total</b>	<b>548.77</b>

Finalmente se establece el costo total del proyecto lo cual se analiza el valor de todo el proceso de construcción con la adquisición de materiales además se aplica un 10% de los imprevistos que se pueden dar al momento del desarrollo, como un costo total de \$548,75 dolares.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1.CONCLUSIONES**

- El diseño y construcción de un andador plegable resulto beneficioso, debido a la selección mediante cálculos estadísticos de ponderación del peso y tamaño de los 5 andadores, además la utilización del diseño concurrente ayudo a la selección del tipo de estructura empleado en el andador.
- A partir de diferentes andadores que se encuentran en el mercado se estableció por ponderación los valores del tamaño y peso de la estructura cuando se encuentra plegado y completamente abierto, se consideró restricciones para el andador lo que permite identificar las limitaciones de este como es el peso máximo que soporta, el producto resulta competitivo con otros tipos de andadores y tiene una mayor utilidad ya que sirve para descanso de los usuarios de forma cómoda y segura, siendo fácil de usar.
- El andador cumple con los parámetros y los materiales debidamente seleccionados desde los perfiles de la estructura, llantas, tipo de frenos y la regulación del tamaño para una persona en específico, el material ASTM A36 es el idóneo en este tipo de estructuras ya que es resistente y el costo es relativamente bajo, permitiendo a las personas movilizarse de forma adecuada y además permite un buen apoyo para cumplir funciones para una vida digna.
- El protocolo de prueba se estableció con 5 personas con movilidad reducida, las cuales quedaron satisfechas y se beneficiaron del producto ya que pudieron trasladarse de un lugar a otro con seguridad, según los resultados su bienestar mejoró; También respondieron algunas preguntas sobre los beneficios de usarlo, lo que muestra resultados a favor de un mecanismo de apoyo para movilizarse, ya que es fácil de manejar para la mayoría de los usuarios y no ocupa mucho espacio por lo que se puede guardar en cualquier lugar.

## **4.2.RECOMENDACIONES**

- Se recomienda que al momento de fabricar este tipo de andadores es fundamental seguir una guía de procedimientos y consideraciones de diseño tomando en cuenta el tipo de material, para una mejor optimización del andador se puede reducir el peso de este con nuevos materiales como la fibra de carbono que tiene una gran resistencia y es relativamente liviano.
- El mecanismo debe ajustarse manualmente antes de su uso, de acuerdo con la altura del adulto, para garantizar el correcto agarre de tracción y evitar cualquier deslizamiento indeseado de las ruedas.
- Se recomienda analizar el Método de Elementos Finitos (FEM) para cada elemento, lo que constituirá un nuevo proyecto de investigación, en el que se podrán parametrizar las diferentes variables utilizadas en este trabajo.
- Para futuras investigaciones al andador se le puede aplicar un sistema de control que permita a los usuarios trasladarse de forma autónoma de un lugar a otro sin la necesidad de que alguien lo empuje.

## Bibliografía

- [1] M. Proaño, «Auxilio de movilidad para personas de la tercera edad en la ciudad de Ambato,» PUCE, Ambato, 2015.
- [2] G.-C. Jeong, K. Yoeun, G. Gangyong, L. Hyun-Joo y M. B. Hong, Diseño de elementos de maquinas, Toronto, 2019.
- [3] I. Zambrano, «Memorias del I Congreso Internacional de Bioingeniería,» RIB, Quito, 2018.
- [4] J. Arguello, « Diseño y Construcción para andador posterior para adultos mayores,» *Scribd* , vol. 1, nº 1, p. 19, 2019.
- [5] C. Silva, J. Muñoz, D. Garzón , N. Landínez y O. Silva, «Diseño mecánico y cosmético de una prótesis parcial de mano,» *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, vol. XXX, nº 1, pp. 15-41, 2011.
- [6] INEC, «Informe mensual de gestión del servicio de atención y cuidado para personas adultas mayores y del estado situacional de su población objetivo,» MIESS, Quito, 2020.
- [7] G. Blarasin, «Presentaron innovadora propuesta de silla de ruedas automatizada,» Innova, Madrid, 2020.
- [8] C. Quinayás, M. Muños, Ó. Vivas y C. Gaviria, «Diseño y construcción de un andador plegable tipo 2,» *Univ. Bogotá*, vol. 14, nº 2, pp. 223-238, 2010.
- [9] J. Brito , «Silla camilla Ortopédica de tranferencia automatizada,» SEP, México, 2016.
- [10] D. Castanier, «Diseño y Construcción e implementación de una silla de ruedas plegable para una persona,» Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2018.
- [11] P. Armisen , « Diseño y Desarrollo de una silla de ruedas Infantil destinada a usuarios con discapacidad motriz,» Universidad Politécnica de Madris, Madrid, 2020.
- [12] R. Barrera, «Sillas de ruedas autónomas,» Universidad Tecnológica de Bolivar, Cartagena, 2004.
- [13] S. Melendéz, «Sistema de automatización y control para una silla-bipedestadora

- en el Centro de Rehabilitación Física Bendiciones,» UTA, Ambato, 2021.
- [14] P. Montoya , «Automatizar una silla de ruedas convencional que permita reducir costo de fabricación y mejoras en el control eléctrico.,» UTP, Perú, 2018.
- [15] L. Bedón, «Sistema de control para la movilidad y extensión de una silla de ruedas,» UTA, Ambato, 2017.
- [16] A. Hung , «Diseño y estudio técnico de un andador para ancianosplegable con mínimo volumen de almacenamiento.,» UPV, Valencia, 2021.
- [17] H. Narváez , «Implementación de un prototipo de sillas de ruedas automatizada con comandos de sonido para mejoramiento de la enseñanza en el Manejo y orientación a personas con limitaciones físicas.,» UAA, Tulcán, 2014.
- [18] F. Olmedo, «Adaptación de un sistema elevador de silla para omnibuses,» ESPE, Sangolqui, 2014.
- [19] F. Paredes, «Sistema de locomoción para discapacitados, automatizado con un procesador myRIO acoplado en una silla de ruedas,» Universidad de Lima, Lima, 2018.
- [20] Incalin, «Dispositivo para automatizar sillas de ruedas,» *UNSAM*, vol. 2, n° 1, p. 1, 2019.
- [21] J. López, «Diseño de un prototipo de silla de ruedas eléctrica, con sistema de ascenso y elevación,» UPS, Cuenca, 2014.
- [22] V. Polo, «con mínimo volumen de almacenamiento.,» Universidad del Azuay, Cuenca, 2018.
- [23] DIPAC, «Catalogo DIPAC,» DIPAC, Manta, 2022.
- [24] W. Callister, «Ingeniería en materiales,» EDBI, Mexico, 2004.
- [25] D. Askeland, Ciencias e ingeniería de materiales, Cuenca, 2016.
- [26] A. Williams , Estadísticas para administración y economía, Wachington , 2018.
- [27] W. Sampieri , Metodología de la investigación, Mexico, 2018.
- [28] R. Lescay, La antropometria, Lima: Scielo, 2015.
- [29] R. Mott, Diseño de elementos de maquinas, Mexico, 2004.
- [30] D. Tirado, «Auxiliar de movilidad para personas de tercera edad,» Universidad

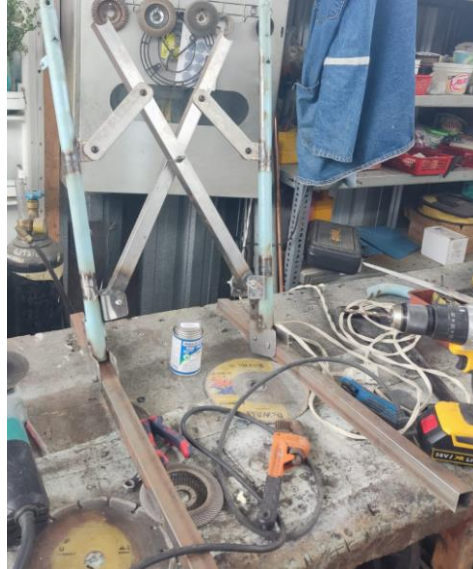


Católica del Ecuador, Ambato, 2015.

- [31] R. Diego, «Diseño de silla de ruedas con espuma de Poliuretano con fibra de vidrio y resina de poliéster,» EAFIT, Medellín, 2009.
- [32] F. Condori, «Prototipo de silla de ruedas automatizada con monitoreo cardiaco y gps,» UPA, El Alto, 2020.
- [33] P. Diez, «Silla Autopropulsada con paso de Rueda Variable,» EII, Valladolid, 2015.
- [34] R. Budynas, «Diseño de ingeniería de Shigley 8va edición,» Mexico, 2007.
- [35] M. Dereck, «Diseño e implementación de sistema de propulsión y control para silla de ruedas,» Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2014.
- [36] C. Chamba, «Desarrollo de una aplicación móvil para el control de movimientos básicos de una silla de ruedas Android,» Instituto San Gabriel, Riobamba, 2021.
- [37] SALTRA, «Manual de medidas antropométricas,» UE, Garbanzo, 2014.
- [38] AISC , «Specification for Structural Steel Buildings,» Chicago, 1989.
- [39] Catálogo Digital, «Especificaciones técnicas de pernos y tuercas,» Unidades , Lima, 2023.
- [40] C. Ñíguez, «Silla de ruedas eléctrica de transferencia automatizada para usuarios Bariátricos dependientes de hasta 200kg,» Junio, Elche, 2021.
- [41] P. Sánchez, «Diseño de ruedas en entorno SAP,» Universidad Técnica de Valencia, Valencia, 2022.
- [42] B. Sánchez , «Automatización de silla de ruedad,» ICE, Culhuacan, 2015.
- [43] O. Veloz, «Diseño de un control EOG/EMG en silla de ruedad,» Cedia, Valencia, 2016.
- [44] J. Fuentes, «Diseño de una silla de ruedas con Bipedestación para personas con movilidad reducida.,» TALCA, Curicó, 2022.
- [45] J. Zanella, «Silla de ruedas a bajo costa,» *Conecta*, vol. 1, nº 1, p. 1, 2021.
- [46] C. Osimani, «Reconocimiento de gestos faciales para el control de una silla de ruedas,» CCI, Quito, 2019.

## ANEXOS

### *Anexo 1. Construcción del mecanismo de tijera.*



### *Anexo 2. Ensamble de ruedas.*



*Anexo 3. Ensamble de partes.*



*Anexo 4. Pintura de la estructura.*



*Anexo 5. Producto final*



*Anexo 6. Pruebas de funcionamiento*



*Anexo 7. Pruebas de funcionamiento*



*Anexo 8. Toma de medidas antropométricas*



*Anexo 9 . Toma de medidas antropométricas*



*Anexo 10. Tabla de tipos de andadores.*

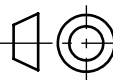
N°	ANDADORES	DESCRIPCIÓN
1		Andador con asiento de cuatro ruedas y sistema de frenado.
2		Andador tipo columnas.
3		Andador con asiento de dos ruedas y dos apoyos.

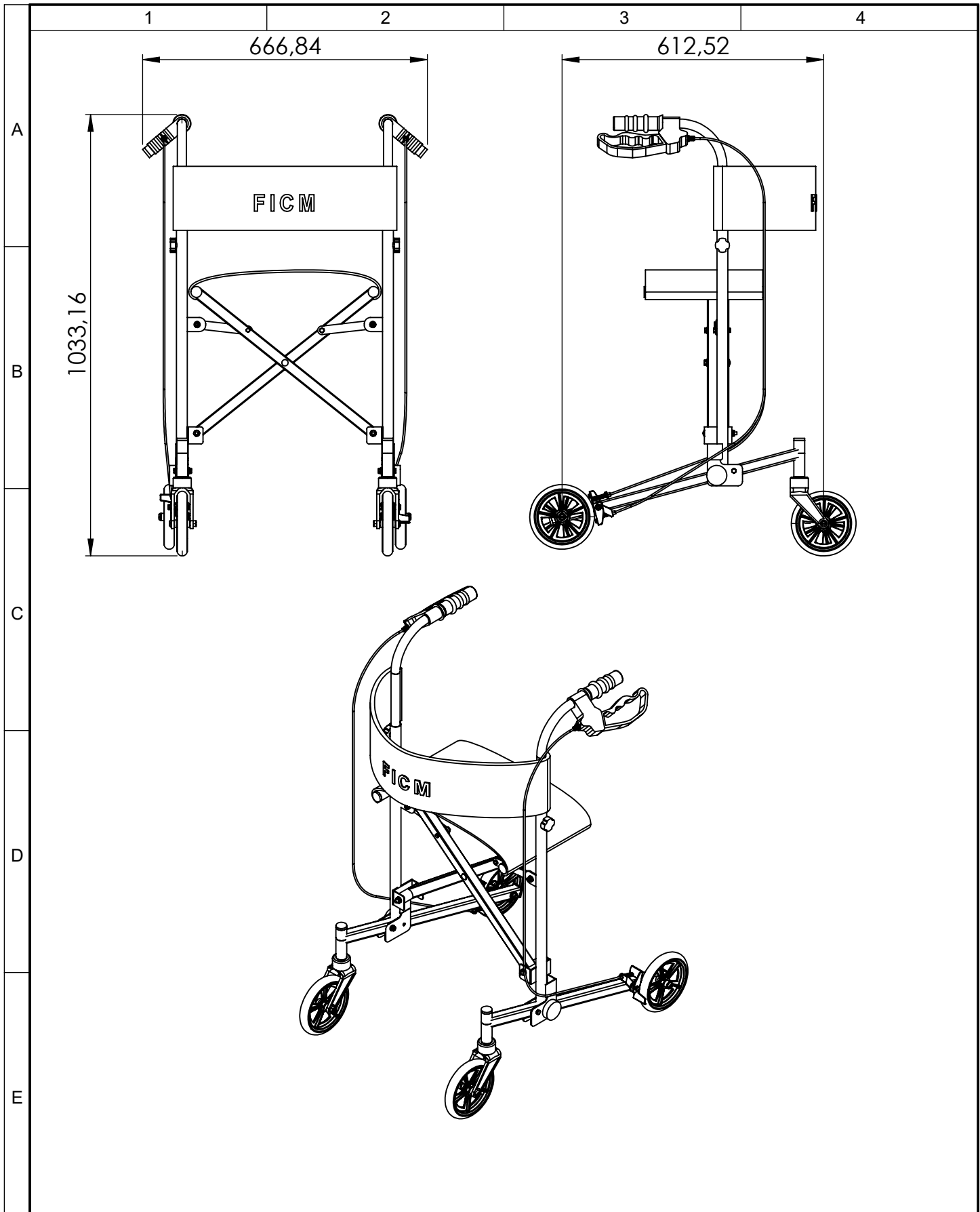
4		Andador tipo pÓrtico con cuatro apoyos.
5		Andador con cuatro ruedas sin sistema de frenado

# PLANOS

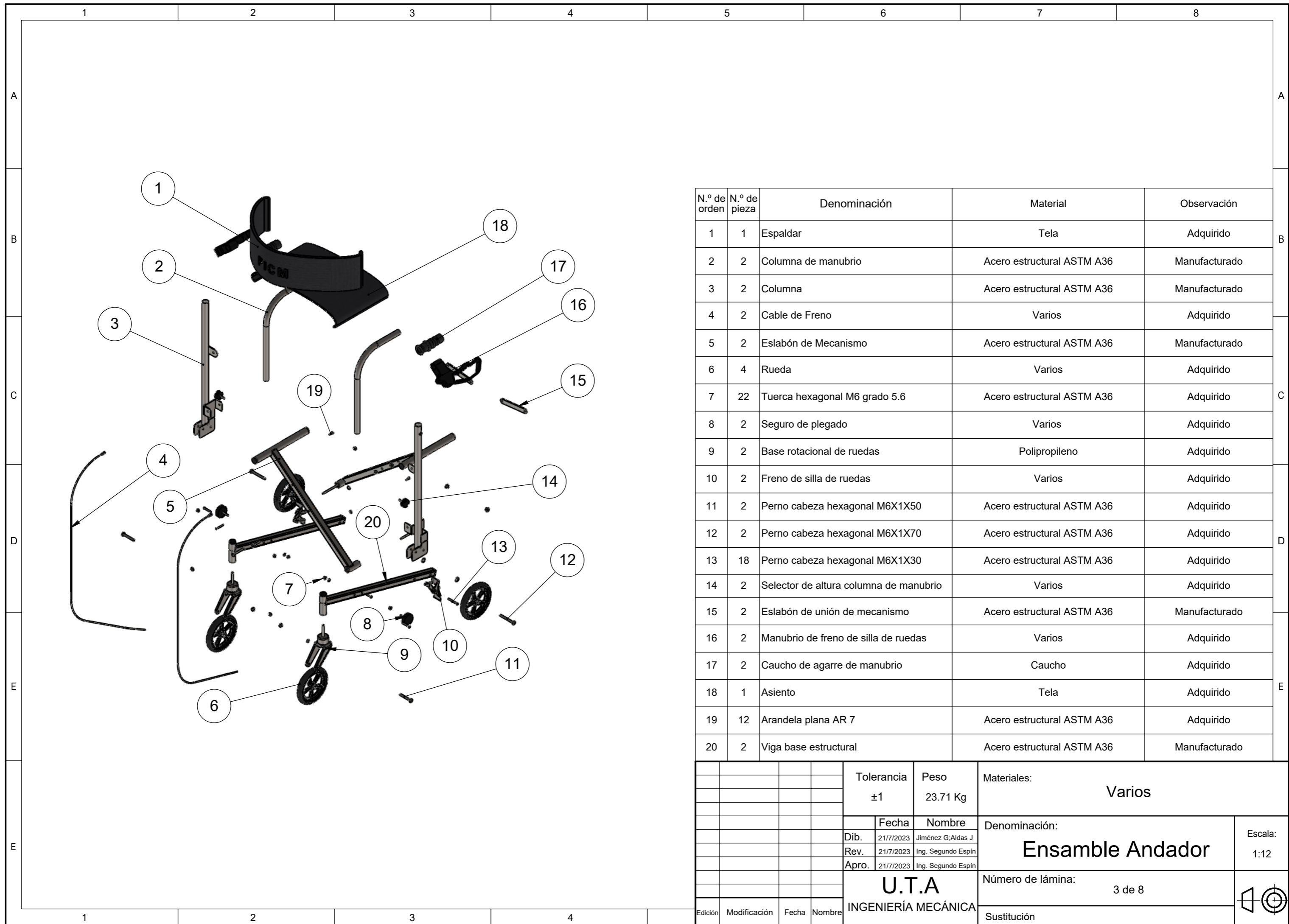




				Tolerancia	Peso	Material:			
				±1	23.71 Kg	Varios			
					Fecha	Nombre	<b>Andador</b>		Escala:
				Dibujó:	21/7/2023	Jiménez G;Aldas J			1:9
				Revisó:	21/7/2023	Ing. Segundo Espín			
				Aprobó:	21/7/2023	Ing. Segundo Espín			
				<b>U.T.A</b>		Número de lámina:		Registro:	
				<b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>		1 de 8			
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Sustitución			

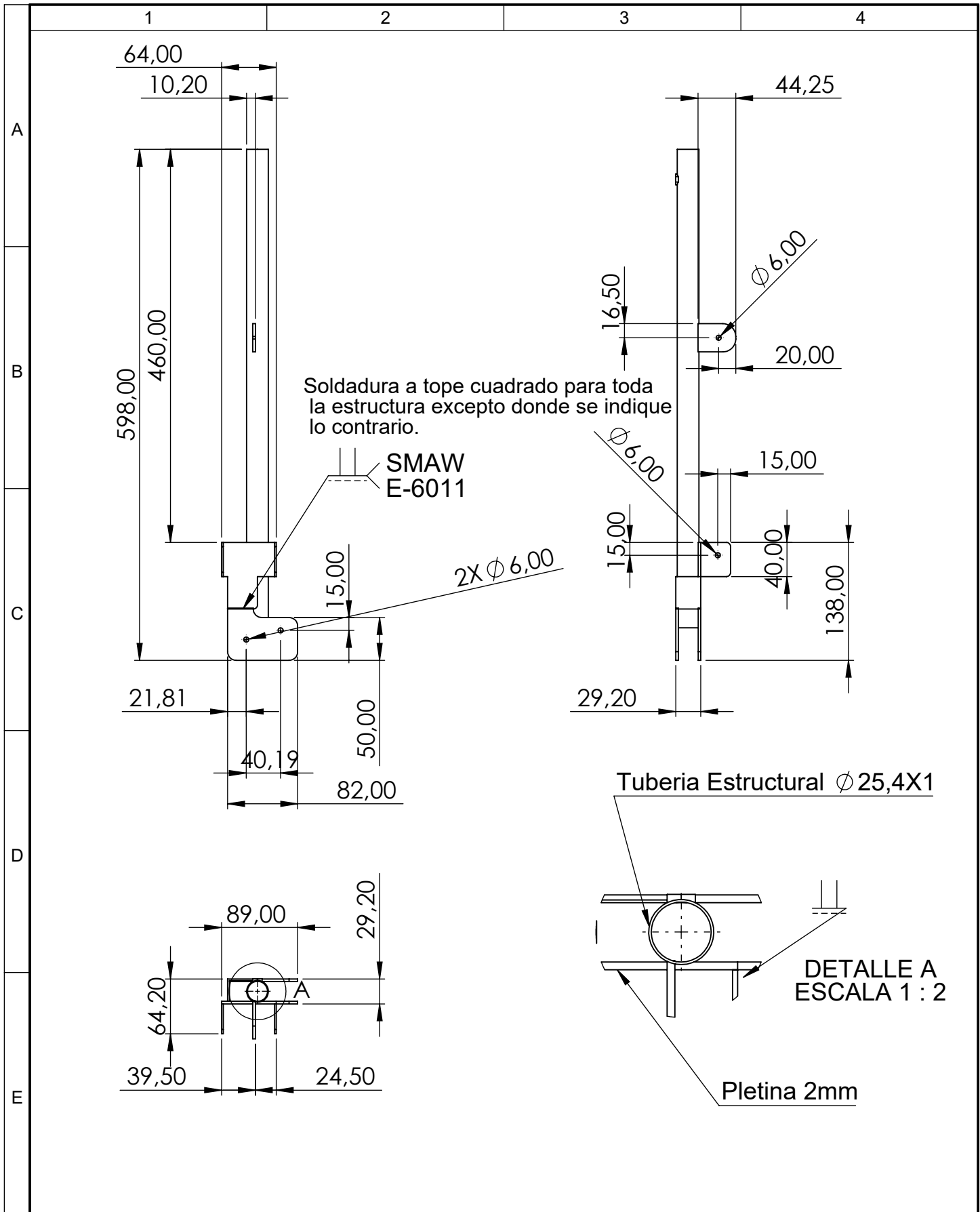


				Tolerancia	Peso	Material:			
				±1	23.71 Kg	Varios			
				Fecha	Nombre	Titulo:	Escala:		
				Dibujó: 21/7/2023	Jiménez G; Aldas J			Ensamble Andador	1:12
				Revisó: 21/7/2023	Ing. Segundo Espín				
				Aprobó: 21/7/2023	Ing. Segundo Espín				
				U.T.A		Número de lámina:	Registro:		
						INGENIERÍA MECÁNICA		2 de 8	
Edición	Modificación	Nombre	Fecha	Sustitución					

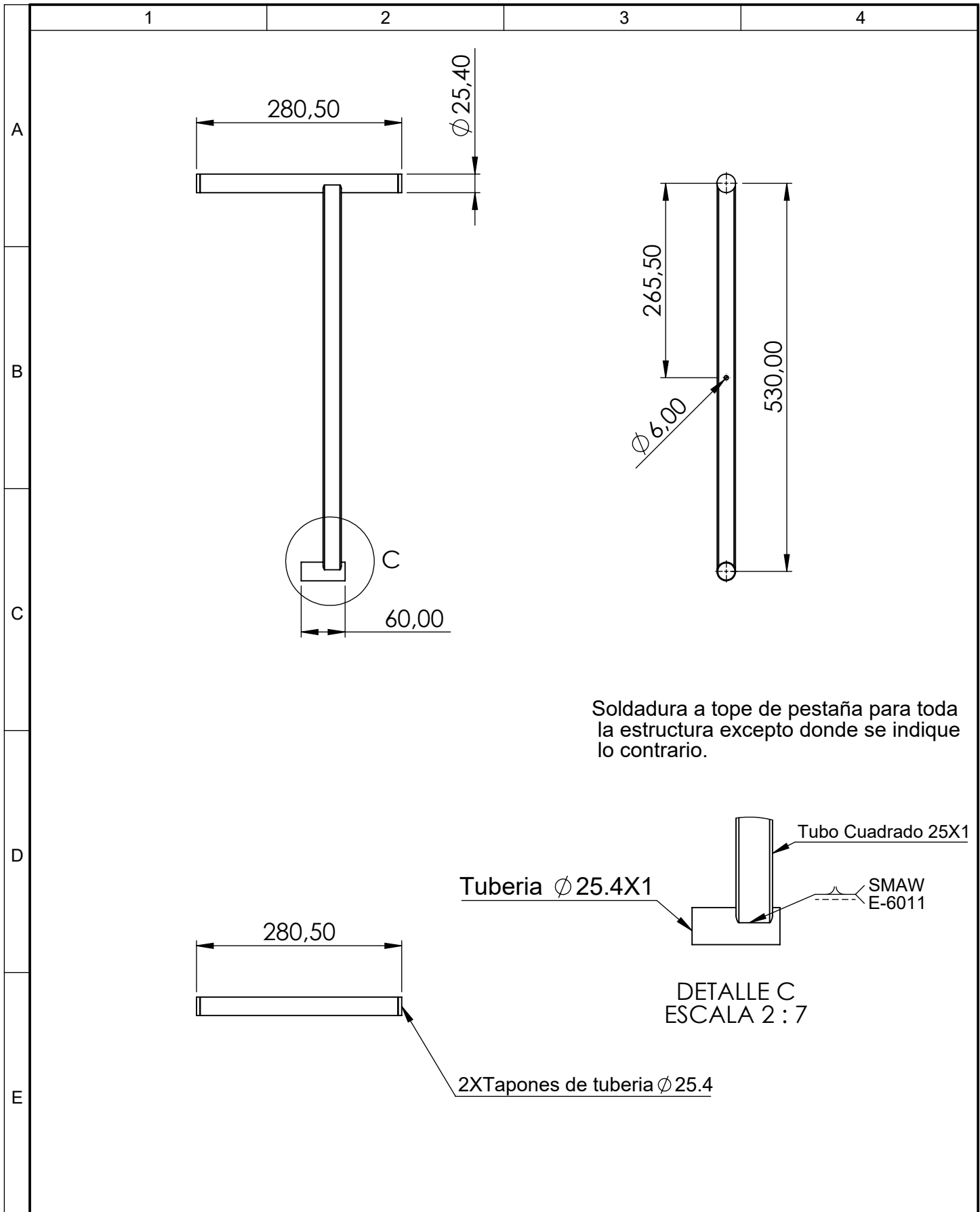


N.º de orden	N.º de pieza	Denominación	Material	Observación
1	1	Espaldar	Tela	Adquirido
2	2	Columna de manubrio	Acero estructural ASTM A36	Manufacturado
3	2	Columna	Acero estructural ASTM A36	Manufacturado
4	2	Cable de Freno	Varios	Adquirido
5	2	Eslabón de Mecanismo	Acero estructural ASTM A36	Manufacturado
6	4	Rueda	Varios	Adquirido
7	22	Tuerca hexagonal M6 grado 5.6	Acero estructural ASTM A36	Adquirido
8	2	Seguro de plegado	Varios	Adquirido
9	2	Base rotacional de ruedas	Polipropileno	Adquirido
10	2	Freno de silla de ruedas	Varios	Adquirido
11	2	Perno cabeza hexagonal M6X1X50	Acero estructural ASTM A36	Adquirido
12	2	Perno cabeza hexagonal M6X1X70	Acero estructural ASTM A36	Adquirido
13	18	Perno cabeza hexagonal M6X1X30	Acero estructural ASTM A36	Adquirido
14	2	Selector de altura columna de manubrio	Varios	Adquirido
15	2	Eslabón de unión de mecanismo	Acero estructural ASTM A36	Manufacturado
16	2	Manubrio de freno de silla de ruedas	Varios	Adquirido
17	2	Caucho de agarre de manubrio	Caucho	Adquirido
18	1	Asiento	Tela	Adquirido
19	12	Arandela plana AR 7	Acero estructural ASTM A36	Adquirido
20	2	Viga base estructural	Acero estructural ASTM A36	Manufacturado

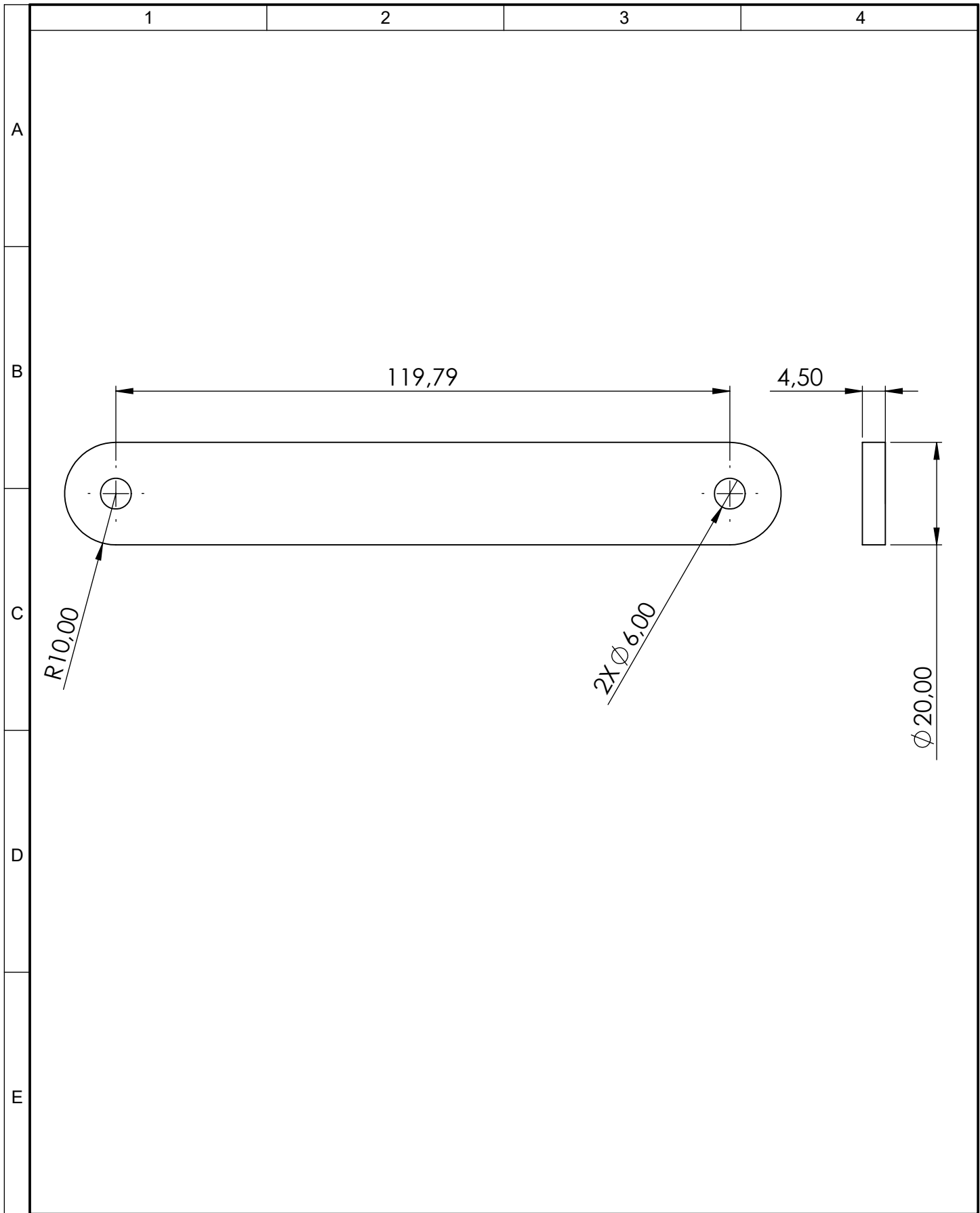
Tolerancia ±1		Peso 23.71 Kg	Materiales: Varios	
Fecha 21/7/2023		Nombre Jiménez G; Aldas J		Denominación: <b>Ensamble Andador</b>
Rev. 21/7/2023		Ing. Segundo Espin		
Apro. 21/7/2023		Ing. Segundo Espin		
U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA			Número de lámina: 3 de 8	Escala: 1:12
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustitución



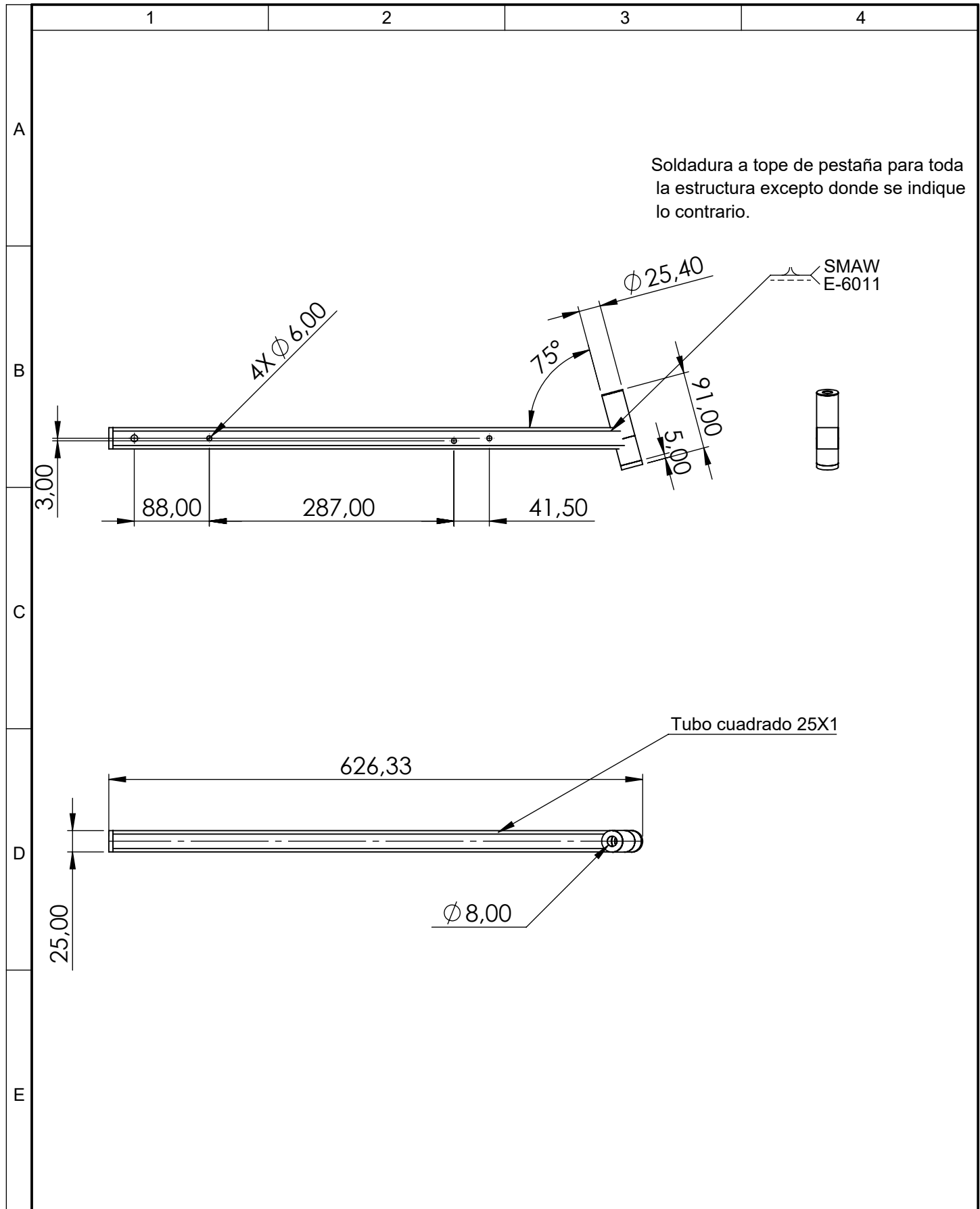
				Tolerancia $\pm 1$	Peso 733 gr	Material: Acero Estructural ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Titulo: <b>Columna de manubrio</b>	Escala: 1:6
				Dibujó: 21/7/2023	Jiménez G; Aldas J		
				Revisó: 21/7/2023	Ing. Segundo Espín		
				Aprobó: 21/7/2023	Ing. Segundo Espín		
				<b>U.T.A</b>		Número de lámina: 4 de 8	Registro: 
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			INGENIERÍA MECÁNICA	



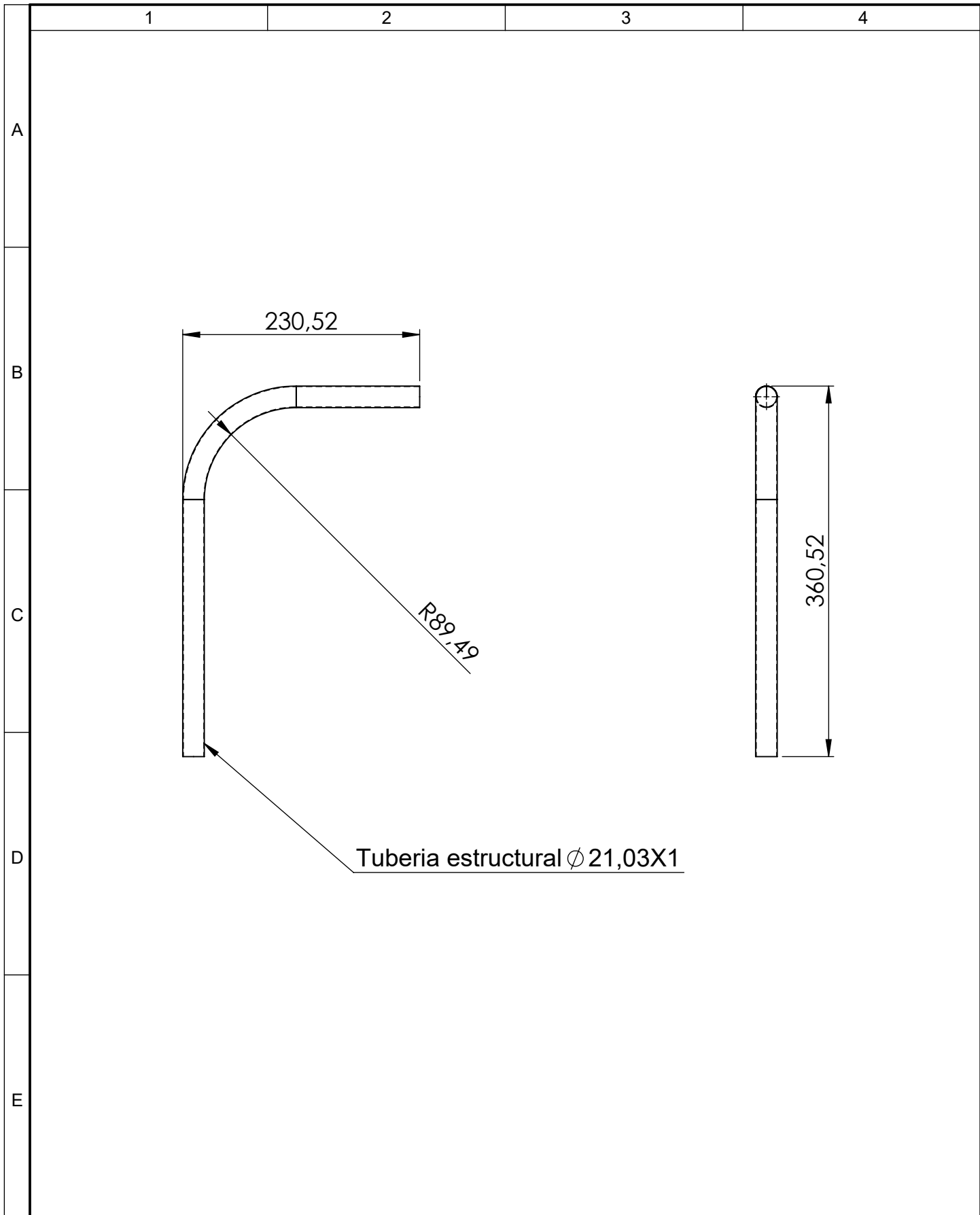
				Tolerancia	Peso	Material:	
				$\pm 1$	616.20 gr	Acero Estructural ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Titulo: Eslabón principal de mecanismo	Escala: 1:7
				Dibujó: 21/7/2023	Jiménez G;Aldas J		
				Revisó: 21/7/2023	Ing. Segundo Espín		
				Aprobó: 21/7/2023	Ing. Segundo Espín		
				U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA		Número de lámina:	Registro: 
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			5 de 8	
				Sustitución			



				Tolerancia	Peso	Material:	
				±1	93.73 gr	Acero Estructural ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Titulo:	Escala:
				Dibujó: 21/7/2023	Jiménez G;Aldas J		
				Revisó: 21/7/2023	Ing. Segundo Espín		
				Aprobó: 21/7/2023	Ing. Segundo Espín	Número de lámina:	Registro:
				U.T.A			
Edición	Modificación	Nombre	Fecha	INGENIERÍA MECÁNICA		Sustitución	



				Tolerancia ±1	Peso 904.14 gr	Material: Acero Estructural ASTM A36	
						Titulo: Eslabón base estructural	Escala: 1:6
				Fecha	Nombre		
				Dibujó: 21/7/2023	Jiménez G; Aldas J		
				Revisó: 21/7/2023	Ing. Segundo Espín		
				Aprobó: 21/7/2023	Ing. Segundo Espín		
				U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA		Número de lámina: 7 de 8	Registro: 
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Sustitución	



				Tolerancia ±1	Peso 159.43gr	Material: Acero Estructural ASTM A36	
						Titulo: <b>Columna de manubrio</b>	Escala: 1:5
				Fecha	Nombre		
				Dibujó: 21/7/2023	Jiménez G;Aldas J		
				Revisó: 21/7/2023	Ing. Segundo Espín		
				Aprobó: 21/7/2023	Ing. Segundo Espín		
				<b>U.T.A</b>		Número de lámina: 8 de 8	Registro: 
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			INGENIERÍA MECÁNICA	