



**REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE COMPONENTES MECÁNICOS PARA LA  
HABILITACIÓN DE SILLAS DE RUEDAS EN LA FUNDACIÓN CASA DE LA  
ESPERANZA (SEDE CAJICA).**

**Angie Sleth Bernal Martínez**

Código:10451428527

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Bogotá, Colombia

2022

**REDISEÑO Y COSTRUCCION DE COMPONENTES MECANICOS PARA LA  
HABILITACION DE SILLAS DE RUEDAS EN LA FUNDACION CASA DE LA  
ESPERANZA (SEDE CAJICA).**

**Angie Sleth Bernal Martínez**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero Mecánico**

Director (a):

Director (a): PhD. Juan Carlos Monroy Castro.

Línea de Investigación:

Diseño mecánico.

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Bogotá, Colombia

2022

## NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

\_\_\_\_\_.

Cumple con los requisitos para optar

Al título de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_

Firma del Tutor

\_\_\_\_\_

Firma Jurado

\_\_\_\_\_

Firma Jurado

Bogotá, 2022.

## **DEDICATORIA**

Primero le doy gracias a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto pues es la fuente de fortaleza y sabiduría. A mis padres Yolanda Martínez y Luis Bernal que, con su amor, comprensión, orientación, disciplina me formaron y me motivaron para poder finalizar esta etapa.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Universidad ya que estuvieron en mi proceso de formación y a cada profesor que me transmitió su conocimiento .

Ingeniero Juan Carlos Monroy un gran agradecimiento por acompañarme en el progreso de este proyecto .

*Tabla de contenido*

RESUMEN.....	9
ABSTRACT (actualizarlo).....	10
SIMBOLOGIA Y ABREVIATURAS .....	11
1. INTRODUCCION.....	12
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	16
3. OBJETIVOS.....	17
3.1 Objetivo general .....	17
3.2 Objetivos específicos: .....	17
4. GLOSARIO DE TERMINOS .....	18
5. VEHICULO PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA.....	19
5.1 Tipos de sillas de ruedas .....	20
5.1.1 Sillas manuales .....	20
5.1.2 Sillas eléctricas .....	21
5.1.3 Sillas de ruedas deportivas .....	21
5.1.4 Sillas bipedestadora .....	22
5.1.5 Sillas de tres ruedas.....	23
5.2 Partes de las sillas de ruedas convencional (manual o mecánica).....	23
5.3 Materiales usados en las sillas de ruedas .....	25
5.4 Normas .....	26
6. ESTRUCTURAS Y MECANISMOS.....	28
6.1 Estructura .....	28
6.1.1 Cargas en las estructuras .....	28
6.1.2 Esfuerzos en las estructuras.....	28
6.2 Mecanismo .....	32
6.3 Inclinación en las llantas o Comba .....	32
6.4 Movilidad en la silla de ruedas .....	34
6.5 Ensamble por medio de soldadura .....	35
6.5.1 Geometría:.....	35
6.5.2 Tipos de soldadura:.....	36
7. ACONDICIONAMIENTO DE LAS SILLAS DE RUEDAS MECANICAS .....	38
8. SIMULACION PROGRAMA AUTODESK INVENTOR .....	56
9. RESULTADOS DEL REDISEÑO DE LAS SILLAS DE RUEDAS .....	60
10. CONCLUSIONES .....	66
ANEXOS.....	70

## *Lista de imágenes*

<b>Imagen 1:</b> Silla de ruedas #1. (Fuente propia).....	13
<b>Imagen 2:</b> Silla de ruedas #2. (Fuente propia).....	13
<b>Imagen 3:</b> Silla de ruedas #3. (Fuente propia).....	14
<b>Imagen 4:</b> Sillas de ruedas #3 parte trasera. (Fuente propia).....	14
<b>Imagen 5:</b> Sillas de ruedas. [1] .....	19
<b>Imagen 6:</b> Silla de ruedas convencional. [2] .....	20
<b>Imagen 7:</b> Silla de ruedas eléctrica. [3].....	21
<b>Imagen 8:</b> Silla de ruedas deportiva. [4] .....	22
<b>Imagen 9:</b> Silla de ruedas bipedestadora. [5].....	22
<b>Imagen 10:</b> Silla de tres ruedas. [6].....	23
<b>Imagen 11:</b> Partes de la silla de ruedas convencional. [7].....	24
<b>Imagen 12:</b> Esfuerzo Axial. [9].....	29
<b>Imagen 13:</b> Esfuerzo de flexión. [9] .....	29
<b>Imagen 14:</b> Esfuerzo cortante. [9].....	30
<b>Imagen 15:</b> Esfuerzo de Torsión. [9] .....	30
<b>Imagen 16:</b> Impulso en una silla de ruedas. [10] .....	32
<b>Imagen 17:</b> Silla de ruedas con ruedas inclinadas (derecha). [11].....	33
<b>Imagen 18:</b> Comba. (Fuente propia) .....	34
<b>Imagen 19:</b> Tipos usuales de juntas de soldadura. [12].....	35
<b>Imagen 20:</b> Soldadura MIG/MAG. [12].....	36
<b>Imagen 21:</b> Silla de ruedas # 1 sin cambios. (Fuente propia).....	39
<b>Imagen 22:</b> Silla de ruedas # 2 sin cambios. (Fuente propia).....	39
<b>Imagen 23:</b> Silla de ruedas # 3 sin cambios. (Fuente propia).....	40
<b>Imagen 24:</b> Partes de las sillas de ruedas, eléctrica (A) y convencional (B). [13].....	40
<b>Imagen 25:</b> Parte donde se encuentran los motores sujetos. (Fuente propia) .....	41
<b>Imagen 26:</b> Silla de ruedas con distancia total de la rueda delantera a la rueda trasera y la distancia de la rueda delantera al punto donde está la carga aplicada. (Fuente propia).....	41
<b>Imagen 27:</b> Silla de ruedas con las reacciones. (Fuente propia) .....	42
<b>Imagen 28:</b> Eje. (Fuente propia) .....	43
<b>Imagen 29:</b> Triangulo para determinar la magnitud alrededor del punto a. (Fuente propia).....	44
<b>Imagen 30:</b> Diagrama de cuerpo libre. (Fuente propia) .....	46
<b>Imagen 31:</b> Diagrama de cuerpo libre corte 1. (Fuente propia).....	46

<b>Imagen 32:</b> Diagrama de cuerpo libre corte 2. (Fuente propia).....	47
<b>Imagen 33:</b> Diagrama de cortante y momento flector. (Fuente propia) .....	48
<b>Imagen 34:</b> distancia perpendicular de eje neutro. (Fuente propia) .....	50
<b>Imagen 35:</b> Diámetros de barras de acero comerciales. [14].....	51
<b>Imagen 36:</b> Tornillo con tuerca y cabeza. (Fuente propia).....	52
<b>Imagen 37:</b> Persona en la silla de ruedas con mala postura. [15] .....	53
<b>Imagen 38:</b> Uso correcto en base a la rueda trasera. [16].....	54
<b>Imagen 39:</b> Mujer que se encuentra en la Fundación utilizando una de las sillas de ruedas. (Fuente propia).....	55
<b>Imagen 40:</b> Datos del programa para la simulación. (Fuente propia) .....	56
<b>Imagen 41:</b> Ilustración análisis tensión de Von Mises del eje. (Fuente propia) .....	57
<b>Imagen 42:</b> Ilustración análisis principal tensión del eje. (Fuente propia) .....	57
<b>Imagen 43:</b> Ilustración análisis de compresión del eje. (Fuente propia) .....	58
<b>Imagen 44:</b> Ilustración análisis de desplazamiento del eje. (Fuente propia) .....	58
<b>Imagen 45:</b> Parte donde estaban los motores sujetando las ruedas traseras de las sillas de ruedas. (Fuente propia) .....	60
<b>Imagen 46:</b> Platinas realizadas con la cizalla. (Fuente propia).....	61
<b>Imagen 47:</b> Platinas macadas para hacer los huecos con el taladro. (Fuente propia).....	61
<b>Imagen 48:</b> Ruedas traseras. (Fuente propia) .....	62
<b>Imagen 49:</b> Torno y buril para ajustar las medidas de los ejes. (Fuente propia) .....	62
<b>Imagen 50:</b> Eje con el ángulo. (Fuente propia).....	63
<b>Imagen 51:</b> Platina y eje, con los pie de amigo para reforzar, con el cordón de soldadura. (Fuente propia).....	63
<b>Imagen 52:</b> Soldadura. (Fuente propia).....	64
<b>Imagen 53:</b> Eje terminado. (Fuente propia).....	64
<b>Imagen 54:</b> Las tres sillas de ruedas terminadas. (Fuente propia) .....	65
<b>Imagen 55:</b> Conjunto de las sillas de ruedas #1, #2 y #3, después de uso en la fundación. (Fuente propia).....	65

### ***Lista de tablas***

tabla 1: simbología y abreviaturas .....	11
--	----

tabla 2:materiales usados en las sillas de ruedas. ....	26
tabla 3:norma une-en 12183 .....	27
tabla 4: factores que afectan la facilidad para rodar. ....	34
tabla 5:ventajas y desventajas de la soldadura mig/mag. ....	36
tabla 6:ventajas y desventajas de la soldadura eléctrica.....	37
tabla 7:propiedades del acero aisi/sae 1020. ....	52
tabla 8:resultados importantes del análisis en el software. ....	59



## **RESUMEN.**

En el actual trabajo se presenta el diseño y reconstrucción de tres sillas de ruedas, desarmadas e incompletas, que originalmente eran eléctricas, con una serie de análisis y con ayuda del software Autodesk Inventor se garantiza que el rediseño sea fiable, teniendo en cuenta la seguridad, ergonomía y las normas actuales.

Se habilitan para su empleo tres (3) sillas de ruedas convencionales (mecánicas) en la fundación La Casa de la Esperanza en el municipio de Cajicá, Cundinamarca, cuyo propósito es atender a mujeres con discapacidad cognitiva y múltiple, en condiciones de vulnerabilidad.

La idea de estas sillas de ruedas es que están diseñadas para permitir el desplazamiento de aquellas mujeres con problemas de movilidad en sus extremidades inferiores, ya que esta fundación está destinada exclusivamente a atender y ayudar a personas de este género.

Para cambiar la forma en la que estaban habilitadas (eléctricas), se realizó un estudio de sus componentes, se utilizaron materiales que hicieran que estas sillas fueran compactas y que no tuvieran ningún riesgo de volcamiento al momento de usarlas.

Se diseñaron los ejes para el apoyo de las ruedas principales, siendo iguales en las tres sillas de ruedas, en total (6) ejes implementados en las ruedas traseras, para que así cumplieran con las características técnicas y mecánicas determinadas para garantizar una movilidad segura, también que cumplan su función con el fin de que tengan durabilidad y resistencia.

### **Palabras clave:**

discapacidad intelectual y múltiple, compacta, ergonomía, fiable, sillas de ruedas.

## **ABSTRACT.**

In the current work, the design and reconstruction of three wheelchairs, disassembled and incomplete, which were originally electric, is presented with a series of analyzes and with the help of Autodesk Inventor software, it is guaranteed that the redesign is reliable, taking safety into account, ergonomics and current standards.

Three (3) conventional (mechanical) wheelchairs are enabled for use at the foundation (The house of hope) It is located in the town of Cajica Cundinamarca, whose purpose is to care for women with cognitive and multiple disabilities, in conditions of vulnerability.

The idea of these wheelchairs is that they are designed to allow the movement of women with mobility problems in their lower extremities, since this foundation is exclusively intended to care for and help people of this gender.

To change the way in which they were enabled (electric), a study of their components was carried out, materials were used that made these chairs compact and did not have any risk of overturning when using them.

The axes for the support of the main wheels were designed, being the same in the three wheelchairs, in total (6) axes implemented in the rear wheels, so that they comply with the technical and mechanical characteristics determined to guarantee safe mobility, also that they fulfill their function in order to have durability and resistance.

### **Keywords:**

Intellectual and multiple disabilities, Compact, Reliable, Wheelchairs.

## SIMBOLOGÍA Y ABREVIATURAS.

Los símbolos y abreviaturas usados en el actual trabajo son los que se visualizan en la tabla siguiente:

*Tabla 1: Simbología y abreviaturas*

Símbolo y Abreviatura	Nombre
A	Área
P	Fuerza
L	Longitud
V	Fuerza cortante
M	Momento flector.
R	Reacciones
N	Newton
mm	Milímetros
MPa	Mega Pascales
KN	Kilo Newton
Kg/m	Kilogramo por metro
N.m	Newton por metro
N/m <sup>2</sup>	Newton por metro cuadrado
$\sigma$	Esfuerzo Flexionante
I	Momento de inercia
c	Distancia perpendicular

# 1. INTRODUCCIÓN.

Nos encontramos con variedad de personas que, por diferentes circunstancias, están en condiciones de discapacidad y tienen, por necesidad, que usar una silla de ruedas para poderse movilizar adecuadamente, ya sea con ayuda o de forma independiente y que, por falta de recursos, muchas personas que las requieren, no las pueden adquirir.

Es por eso, que este proyecto está dirigido hacia la necesidad de movilidad que tienen, particularmente las personas de la tercera edad, habilitando algunas sillas a una organización sin ánimo de lucro, las cuales cumplen los requerimientos básicos.

Se lleva a cabo a partir del rediseño de tres sillas de ruedas que funcionaban de forma eléctrica. Tiene como objetivo beneficiar a 15 mujeres de avanzada edad (edades de 65 a 100 años), que las requieren y que se encuentran en la fundación “La Casa de la Esperanza” en el municipio de Cajicá, Cundinamarca.

Debido a que las que actualmente tienen disponibles, deben turnárselas y dependen de estos equipos para su movilidad, ya que estas sillas de ruedas aportan importantes ventajas como confiabilidad, practicidad y ergonomía.

El diseño del mecanismo de la silla de ruedas convencional o mecánica, ayuda a reducir los esfuerzos físicos de las personas, en este caso las mujeres de esa fundación, así como tener un mayor grado de movilidad y poder mejorar su calidad de vida.

A continuación, se muestran algunas imágenes que muestran las condiciones en las que se encontraron algunas sillas de ruedas donadas por instituciones privadas y que no han podido ser puestas en funcionamiento.

***Imagen 1: Silla de ruedas #1. (Fuente propia)***



***Imagen 2: Silla de ruedas #2. (Fuente propia)***



**Imagen 3:** Silla de ruedas #3. (Fuente propia)



**Imagen 4:** Sillas de ruedas #3 parte trasera. (Fuente propia)



*Nota.* En las imágenes se aprecian las sillas de ruedas en el estado que se encontraron en la fundación, que fueron donadas, con todas sus partes, solo que al ser eléctricas no funcionaban los motores, las baterías ni el control de mando.

Apoyado de un software llamado Autodesk Inventor para el rediseño de los vehículos, estas sillas se sometieron a un cambio en los apoyos de sus llantas. Por medio de este programa se creó un diseño adecuado, que cumpliera las normas que se deben implementar según la

ISO 7176-7, donde se describen básicamente las dimensiones del soporte del cuerpo y de las ruedas que deberían implementarse en una silla de ruedas.

Con este software lo que se quiere realizar, aparte de un diseño adecuado, es también implementar los materiales apropiados, realizándoles un estudio de resistencia en los elementos acondicionados, en función de la carga que se vaya a ejercer sobre la silla cuando se emplee, con lo que buscaremos un diseño en su estructura eficaz, duradero y resistente.

Adicionalmente, se emplearon diferentes términos, como la ergonomía, para poder adoptar una postura anatómica de la mano adecuada, en el momento de maniobrar la silla, para que la muñeca tenga una posición más neutral y así evitar diferentes enfermedades que se producen en la parte de la mano, como tendinitis, etc.

Estas sillas de ruedas están acondicionadas para personas de la tercera edad, para que se puedan movilizar en ambientes exteriores, como por ejemplo parques, porque tienen ruedas traseras grandes; esto reducirá el esfuerzo para impulsar la silla.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

Actualmente esta fundación no cuenta con las sillas de ruedas suficientes para las mujeres que se encuentran allí, pues de la donación de unas sillas de ruedas por parte de una entidad privada, no se encuentra ninguna en condiciones funcionales y es allí donde la Universidad Antonio Nariño, decide hacer un aporte con este proyecto de grado.

La fundación cuenta con 15 mujeres de avanzada edad (edades de 65 a 100 años), miembros de La fundación Casa de la Esperanza (sede Cajicá), que requieren de las sillas, pues las pocas (tres o cuatro) que funcionan deben rotarlas para que presten servicio a todos los miembros que las requieren.

Por lo tanto, las señoras no cuentan con suficientes equipos de movilidad, ya que es una de las primordiales herramientas que ellas tienen para desplazarse y más aún, cuando presentan algún tipo de discapacidad o simplemente el hecho de que con la edad, aparece la pérdida o dificultad de movilidad en las extremidades. Esta situación de salud las obliga a emplear algún tipo de soporte; entonces, estas sillas les van a servir para mejorar la operatividad, comodidad y seguridad en sus desplazamientos.

¿Las sillas de ruedas mecánicas (convencionales) serán un elemento útil, dando una ayuda de movilidad para las personas que necesitan de este implemento?

La respuesta es afirmativa, es por ello que se decide rediseñar y construir componentes mecánicos para la habilitación de las sillas de ruedas en esta fundación, ya que originalmente son eléctricas, pero no cuentan ni con los elementos para habilitarse como corresponden de fábrica, ni están disponibles para su empleo como unas sillas convencionales.



## **3. OBJETIVOS.**

### **3.1 Objetivo general**

Rediseñar y construir los componentes mecánicos con la ayuda del software Autodesk Inventor ya que sus productos ofrecen la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar datos de procesos de diseño. Para la habilitación de tres sillas de ruedas defectuosas para la Fundación Casa la esperanza (sede Cajicá).

### **3.2 Objetivos específicos:**

- Identificar los elementos que deben ser sustituidos para que se puedan habilitar las tres sillas de ruedas seleccionadas, que originalmente eran eléctricas, y en adelante serán mecánicas.
- Rediseñar los componentes necesarios para habilitar las sillas de ruedas mecánicas y que cumpla con las condiciones de estabilidad, maniobrabilidad, seguridad y eficiencia para movilizar el usuario.
- Diseñar e implementar una base nueva para las ruedas de la silla con el fin de que queden con una estructura fácil de manejar ya que van destinadas a señoras de la tercera edad.
- Implementar un mecanismo para que las llantas sean adecuadas para la estabilidad y el manejo que se acoplen a la medida.
- Determinar los materiales adecuados según el análisis y el rediseño planteado.
- Realizar los planos mecánicos de las piezas a acondicionar
- Hacer pruebas para garantizar el funcionamiento seguro de las sillas de ruedas.

## 4. GLOSARIO DE TERMINOS.

**Cinemática rotacional:** Se refiere a la energía cinética que tiene un cuerpo que es rígido, que gira alrededor de un eje que es fijo, esta se utiliza como por ejemplo en generadores, ruedas, turbinas, ejes etc.

**Condición de equilibrio:** Se conoce cuando la sumatoria de fuerzas es igual a cero.

**Ergonomía:** Los factores ergonómicos buscan, crear o adaptar elementos de uso cotidiano, para que sean eficientes en su uso, seguros y que ayuden a mejorar la productividad, utiliza técnicas en la planificación como diseño, análisis y evaluación.

**Esfuerzo de fluencia:** Indicación del esfuerzo máximo del material sin causar deformación plástica.

**Estática:** Analiza cuerpos que están en reposo (momento, fuerza), también el equilibrio de las fuerzas en los métodos físicos en equilibrio estático.

**Momento:** Resultado de la aplicación de una fuerza ejercida sobre un punto del cuerpo que se encuentra a cierta distancia del punto de apoyo.

**Tensión:** Es cuando un cuerpo está sometido al trabajo de fuerzas diferentes que lo atraen.

**Viga en voladizo:** Es una estructura que tiene un solo punto de apoyo, con un soporte fijo.

## **5. VEHÍCULO PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA.**

La silla de ruedas es un dispositivo que ayuda a una persona a moverse, este se maneja manualmente, utilizando la fuerza, tiene unos aros ubicados a unos milímetros de las ruedas traseras, esto permite que se pueda impulsar a sí mismo, esto cuando la silla es mecánica, ya que existen diferentes tipos de sillas para necesidades diferentes (enfermedad o limitación física).

Este es un vehículo que proporciona el traslado de personas, admite o mejora la movilidad, la silla de ruedas debe ser adecuada para el grado de discapacidad que se tenga, por eso existen varios tipos para cada necesidad.

*Imagen 5: Sillas de ruedas. [1]*



## **5.1 Tipos de sillas de ruedas**

Las sillas de ruedas ayudan a las personas con dificultades de movilidad a trasladarse de un lugar a otro y para esto, encontramos diferentes tipos de sillas, según la necesidad de cada usuario. Allí es necesaria la intervención de un profesional (ortopedista u otro) para indicar cuál es la silla más adecuada, de acuerdo al diagnóstico de la persona y de esta manera, después no tener consecuencias médicas por el uso de una silla de ruedas incorrecta.

### **5.1.1 Sillas manuales**

Son las convencionales que se ven comúnmente por la calle. Son recomendables para personas de la tercera edad, que tengan inmovilizaciones temporales, debilidad muscular, secuelas leves de movilidad, procesos post operatorios, entre otros. Existen:

- Sillas de ruedas en acero: estas sillas son resistentes, económicas y estables.
- Sillas de ruedas en aluminio: son más livianas y maniobrables.
- Fibra de carbono: ideales para usuarios que son muy activos.

*Imagen 6: Silla de ruedas convencional. [2]*



### 5.1.2 Sillas eléctricas

Una silla de ruedas eléctrica es la que dispone de un motor y una batería que le provee energía para que la persona o el acompañante consiga llevarla sin necesidad de empujarla, están propuestas en principio para aquellas personas que no pueden manejar una silla manual, como:

- Personas con lesiones medulares a las que se les imposibilita el impulso de una silla de ruedas manual
- Personas que por la edad no son capaces de manejar una silla de ruedas manual
- Personas que tienen enfermedades respiratorias arduas o también cardíacas
- Personas con lesiones medulares altas y con patologías o secuelas neurológicas que afecten la movilidad total o parcial del cuerpo.

*Imagen 7: Silla de ruedas eléctrica. [3]*



### 5.1.3 Sillas de ruedas deportivas

Estas sillas de ruedas están diseñadas para ser usadas en actividades deportivas. Existen inquietudes de diseño que deben tenerse en cuenta para desarrollarla, como al maniobrarla, el centro de gravedad y también el bienestar para el atleta. Se pueden practicar deportes

como el baloncesto o tenis, la personas que las utilizan también participan en deportes extremos y existen casos en los que se requieren diseños especiales.

*Imagen 8: Silla de ruedas deportiva. [4]*



#### **5.1.4 Sillas bipedestadora**

Se definen principalmente por admitir a la persona colocarse de pie, trasladarse y realizar algunas tareas en esa posición, algo que es práctico para una persona con dificultades de movilidad. Tienen los siguientes beneficios:

- Mejorar la circulación sanguínea.
- Menor rigidez en los músculos.
- Más libertad para la persona que la utiliza.

*Imagen 9: Silla de ruedas bipedestadora. [5]*



### **5.1.5 Sillas de tres ruedas**

Se utilizan principalmente en sillas de ruedas para carreras o deportes, también en las sillas que se usan cotidianamente. Son más firmes y maniobrables en terrenos de difícil acceso, en comparación con una silla de ruedas convencional que tienen 4 ruedas. A estas sillas también se les pueden incorporar la opción de subir las escaleras.

*Imagen 10: Silla de tres ruedas. [6]*



### **5.2 Partes de las sillas de ruedas convencional (manual o mecánica)**

En la siguiente figura vemos las principales partes de la silla de ruedas convencional, la cuales es necesario reconocer para identificar que es posible acondicionar otro tipo de silla de ruedas a esta tipología.

**Imagen 11:**Partes de la silla de ruedas convencional. [7]



La descripción funcional de cada parte de la silla de ruedas manual y de acuerdo a la imagen 8, es como sigue:

A) Asiento: Este permite que el cuerpo este apoyado, de tal manera que influye en el reparto de presiones, en el control de la postura, en la estabilidad y sirve como soporte pélvico.

B) Respaldo: Es el soporte de la columna también brinda descanso, la altura varía según la necesidad que tenga cada persona, debe brindar a la espalda una buena posición.

C) Reposapiés: Brindan una buena posición de los pies, resiste el peso de las partes inferiores, ayuda al buen posicionamiento.

D) Reposabrazos: Ayudan a dar estabilidad, disminuye la presión, también para desplazar el peso de la persona de un lado a otro.

E) Reposa piernas: Mayor comodidad y ergonomía.



- F) Mangos de empuje: Permite que se puedan impulsar la silla de ruedas (conjunto direccional).
- G) Ruedas delanteras o giratorias: Tienen varios tamaños desde 75 mm a 200 mm de diámetro, las ruedas más grandes son para terrenos disparejo, las pequeñas para suelos duros y lisos.
- H) Ruedas traseras o propulsoras: Van en la parte de atrás, son grandes para permitir que con la propia fuerza empuje la silla (propulsión), la diferencia entre las ruedas es el eje, los radios de la llanta y la cubierta.
- I) Aros propulsores: Están montados sobre las ruedas grandes y esto permite la autopropulsión.
- J) Barras de cruceta: Es la que permite plegar la silla de ruedas.
- K) Barras de inclinación: Estas impiden la caída hacia atrás por traslado del centro de gravedad, son como una medida de seguridad.

### **5.3 Materiales usados en las sillas de ruedas**

Los materiales con los que se producen las sillas de ruedas deben ser resistentes y también livianos. Cuando se desea obtener este artefacto es muy importante tener en cuenta el tipo material, porque esto establecerá el peso que aguantará y la facilidad para ser impulsada

Los materiales que son más utilizados para la elaboración de las sillas son:

**Tabla 2: Materiales usados en las sillas de ruedas.**

Material	Propiedades
Aluminio	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ligereza: a mismo volumen, pesa alrededor de la tercera parte del acero y del cobre</li> <li>-Es resistente a la corrosión</li> <li>-Tiene durabilidad</li> <li>-Capacidad de transportar calor y electricidad</li> <li>-No es tóxico</li> <li>-No solicita de numerosas precauciones para conservarlo.</li> <li>- Su valor es un poco alto.</li> </ul> <p>Estas sillas de Aluminio estarían pesando entre 8 y 12 kg fáciles de trasladar.</p>
Acero	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Densidad es de 7850 kg/m<sup>3</sup> (media).</li> <li>-Corrosión: el clima (sol o lluvia) alteran la composición eléctrica de este metal, entonces se desgastan</li> <li>-Conductividad: tiene gran conductividad eléctrica, pero esta depende de la composición.</li> </ul> <p>Estas sillas en acero estarían pesando entre 18 y 20 kg tienen una resistencia con pesos mayores a 80 kg y son económicas.</p>
Acero ligero	<p>Este brinda igual resistencia como las sillas de ruedas de acero tradicionales, solo que los tubos con que se elaboran son de menor grosor, así que su peso disminuye. Estas sillas de acero ligero estarán pesando entre 15 y 18 kg.</p>

## 5.4 Normas

Dentro de los requisitos específicos que se aplican en las sillas de ruedas convencionales, según las normas europeas, se tiene que la carga máxima soportada no deberá ser superior a los 250 kg.

**Tabla 3: NORMA UNE-EN 12183**

ISO 7176-15
Se hace una inspección del producto y así se examina si este tiene la documentación necesaria mínima.
ISO 7176-5
Se hacen mediciones de las diferentes magnitudes globalmente siguiendo el protocolo estándar.
ISO 7176-7
Se hacen mediciones relativas para el soporte del cuerpo y también de las ruedas.
ISO 7176-1
Se determinan los ángulos y ajustes de máxima y mínima estabilidad estática.

Las características funcionales a tener en cuenta en las sillas de ruedas son:

Estabilidad: Que no se vaya la silla de ruedas de un lado a otro, que mantenga su posición vertical, que se encuentre en equilibrio.

Comodidad: Que se adopte a sus necesidades, expectativas de la persona que la use

Facilidad en el momento de la propulsión: Para que sea el recorrido de propulsión óptimo, la persona debe tener una posición adecuada para no lastimarse y poder andar eficazmente.

## 6. ESTRUCTURAS Y MECANISMOS.

### 6.1 Estructura

Una estructura es un conjunto de elementos con un propósito para que sea eficaz, está diseñada para desempeñar una función además hace que todos los elementos estén unidos entre sí y soporta el peso.

La estructura material es la que tiene una entidad física, ya que es construido por el hombre, esto garantiza el orden y funcionamiento con la misión de soportar fuerzas que operan sobre ellos.

La fuerza es capaz de deformar un cuerpo (efecto estático) o de modificar su estado de movimiento o reposo (efecto dinámico) el peso es una fuerza también.

#### 6.1.1 Cargas en las estructuras

Hay dos tipos de cargas en las estructuras, las cargas son las fuerzas que tienen que resistir, que son las cargas fijas estas no cambian sobre la estructura entonces siempre tienen el mismo valor y las cargas variables que son las que cambian sobre la estructura como por ejemplo el peso de las personas, la fuerza de aire etc.

#### 6.1.2 Esfuerzos en las estructuras

El esfuerzo se define como la relación de la fuerza interna sobre un plano específico asociada a un punto sobre un cuerpo, en otras palabras, es la relación entre la fuerza aplicada y la superficie en la cual actúa.

De acuerdo a su definición, existen estos tipos de esfuerzos:

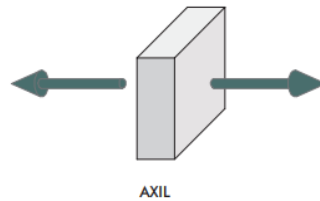
- **Esfuerzo normal:** El esfuerzo se define como la magnitud de la carga aplicada sobre el área transversal. Este esfuerzo se halla así:

*Ecuación 1. Esfuerzo normal. [8]*

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

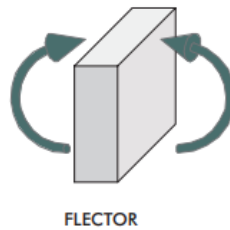
donde  $N$  representa la componente de la carga o fuerza que se aplica sobre la superficie  $A$  normal (perpendicular). Pueden ser de Tracción o de Compresión y se diferencian por la forma como actúa la carga sobre elemento.

*Imagen 12: Esfuerzo axial de tracción. [9]*



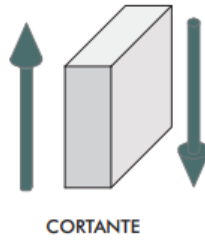
- **Esfuerzo de Flexión:** Se refiere a que las fuerzas que actúan sobre el elemento, provocan en él una tendencia a curvarlo, se puede apreciar que las fibras superiores se comprimen y las inferiores están sometidas a tensión (tracción).

*Imagen 13: Esfuerzo de flexión. [9]*



- **Esfuerzo cortante:** Se refiere a que las fuerzas que actúan sobre el cuerpo, tienden a cortarlo o rasgarlo.

**Imagen 14:** Esfuerzo cortante. [9]



El esfuerzo cortante está también relacionado con el área transversal del elemento que está sujeto a un par de fuerzas que apuntan en direcciones opuestas y que están aplicadas en el mismo punto de la estructura, que es perpendicular al eje de carga principal de la estructura,

El esfuerzo cortante se halla así:

**Ecuación 2.** Esfuerzo cortante. [8]

$$\tau = \frac{V}{A}$$

donde  $V$  es la que representa la componente de la fuerza resultante que se encuentra tangente al área transversal de la pieza que está siendo analizada

- **Esfuerzo de Torsión:** Se refiere a que las fuerzas que actúan sobre el cuerpo tienden a retorcerlo.

**Imagen 15:** Esfuerzo de Torsión. [9]



En el proceso de diseño se suelen emplear diversos valores para permitir un margen de seguridad en el desarrollo de las piezas y mecanismos. A continuación, algunas definiciones relacionadas:

- **El esfuerzo permisible o admisible:**

Es aquel que restringe la carga aplicada a una que sea menor que el componente pueda soportar plenamente. O sea, cuando se aplica la carga al elemento este no debe exceder la carga máxima, para que este elemento conserve el nivel de seguridad, para este esfuerzo se debe tener en cuenta el (FS):

*Ecuación 3. Esfuerzo permisible [8]*

$$F.S. = \frac{\sigma_{falla}}{\sigma_{permisible}}$$

$$F.S. = \frac{\tau_{falla}}{\tau_{permisible}}$$

- **Factor de seguridad (FS):**

En tanto mayor sea el número de FS, será más segura la estructura, si es 1 este quiere decir que la estructura fallara de inmediato cuando este alcance la carga que se diseñó y no podrá soportar carga adicional, no se admite que las estructuras tengan un FS menor a 1. Para escoger un factor de seguridad debemos tener en cuenta:

1. Para un uso con materiales de alta fiabilidad en que las condiciones de carga y ambientales no son rígidas y en el que el peso es una consideración significativa (1.3 – 1.5)
2. Para un uso con materiales fiables cuando las condiciones de carga y los escenarios ambientales no son severos (1.5 – 2)

3. Para un uso con materiales que son ordinarios cuando las condiciones de carga y los ambientales no son severos (2 – 2.5)

## 6.2 Mecanismo

Un mecanismo es un conjunto de elementos o piezas que son precisos entre sí, emplean energía mecánica para cumplir con alguna función. Este conjunto de sólidos resistentes, está diseñado para transformar fuerzas o movimientos, con la función de permitir a los usuarios, realizar determinados trabajos, con una mayor comodidad y también con menor esfuerzo.

Por ejemplo, el aro con el que el usuario impulsa la silla es un mecanismo llamado (palanca), para un buen impulso, es primordial estar bien sentado, para llegar debidamente a los aros con que se le va a dar empuje a la silla de ruedas, con esto se realiza completo el movimiento del brazo, así se inicia la propulsión desde atrás empleando la fuerza en todo el trayecto.

*Imagen 16: Impulso en una silla de ruedas. [10]*



## 6.3 Inclinación en las llantas o Comba



Es la inclinación de las llantas traseras es algo importante para tener en cuenta es que tenga una regulación óptima en las sillas. A lo que se le dice comba es el ángulo de las llantas traseras, en relación a la vertical, la distancia entre los puntos de arriba de las llantas es menor que la de los puntos de abajo y su medición es indicada en grados.

**Imagen 17:** Silla de ruedas con ruedas inclinadas (derecha). [11]



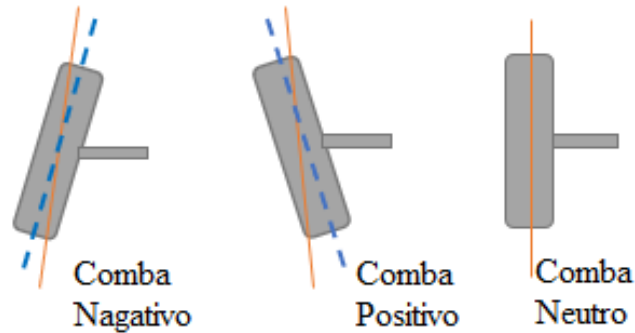
Esto dará una mejora de la actividad mecánica en angulaciones mayores, aunque, también se explicó que angulaciones extremas de comba a ( $24^\circ$ ) esto lo que logra es llevar a un mayor consumo energético, pues se debe realizar un mayor esfuerzo físico para impulsar la silla. Por otra parte, se ha verificado que las angulaciones de  $20^\circ$  y  $15^\circ$  mejoran la capacidad de maniobra.

Supongamos que dibujamos una línea de 90 grados en relación a la superficie o suelo y que pasa por el centro de la llanta. Dependiendo del ángulo que la llanta tome en relación al eje será:

- Comba neutro (ángulo cero): Lo que quiere decir es que la llanta está excelentemente alineada con el eje vertical.

- Comba positivo: La llanta está inclinada respecto al eje vertical de modo que la parte de abajo, la que va en contacto con la superficie, se mete hacia el interior.
- Comba negativo: Al contrario que la del positivo, por tanto, la parte en contacto con el suelo va hacia fuera.

*Imagen 18: Comba. (Fuente propia)*



## 6.4 Movilidad en la silla de ruedas

Mientras el rozamiento o fricción sobre las ruedas sea mayor, la resistencia de la silla cuando se mueve será superior y la persona que la está usando necesitará de más energía para la propulsión de la misma.

*Tabla 4: Factores que afectan la facilidad para rodar.*

Como se distribuye el peso de las ruedas delanteras y traseras	Si tiene mayor peso en las ruedas delanteras, estas tienen más rozamiento, y hace que la silla sea mucho más estable.
Terreno donde se va a utilizar la silla	El rozamiento es mínimo en superficies duras, si el terreno es blando habría un mayor rozamiento y requeriría un mayor esfuerzo para desplazar la silla de ruedas.
Tamaño y estructura de las ruedas	Lo ideal es que tenga unas ruedas grandes ya que tienen mejor agarre y también provoca un mayor rozamiento. Si son neumáticas tienen un mejor amortiguamiento, pero son más difíciles para que rueden por ser blandas.

Angulo de las ruedas traseras	Si se tiene una mayor anchura en la parte de la base (ángulo positivo) la silla tendrá mayor estabilidad, la postura de los brazos (están pegados hacia el cuerpo) habrá mejor postura de hombros, con una mala postura hace que sea la silla insegura y también inestable
Distancia entre ejes	La distancia larga entre los ejes hace que se mantenga el rumbo, en cambio si la distancia entre los ejes es corta es más suave y cómoda de manejar.
Angulo de las ruedas delanteras	Comprobar que siempre las ruedas estén a 90 °, si es inferior a este ángulo se dificulta el giro la parte de adelante de la silla queda más baja que la parte de atrás, si el ángulo es superior la silla gira rápido, pero si se detiene tiene que irse para atrás y la parte de adelante queda más elevada.

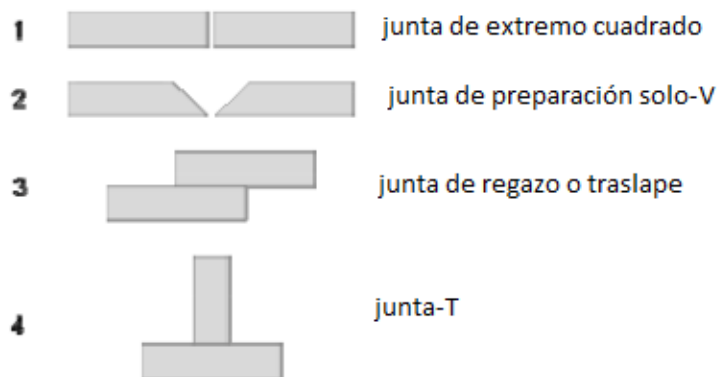
## 6.5 Ensamble por medio de soldadura

Cuando se habla de soldadura, quiere decir que es un desarrollo de fabricación que va a permitir que se unan dos o más materiales para que queden ensamblados y quedara adherido perfectamente cualquier elemento a otro.

### 6.5.1 Geometría:

Se encuentran diferentes maneras geométricas en las soldaduras, las más usadas son las siguientes:

*Imagen 19: Tipos usuales de juntas de soldadura. [12]*

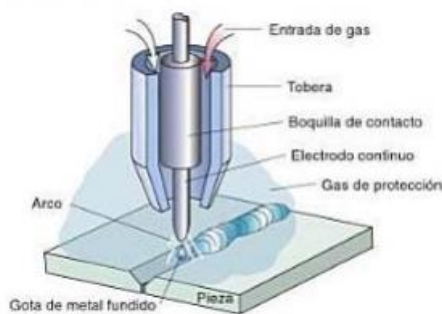


## 6.5.2 Tipos de soldadura:

- La soldadura MIG/MAG

Se utiliza usualmente con grosores delgados y medios, en elaboraciones de acero y estructuras de fusiones de aluminio. La soldadura MIG (Metal Inert Gas), es un gas inerte, que su principal función es proteger la zona de la soldadura de que se oxide o también de las impurezas del exterior y la soldadura MAG (Metal Active Gas) el gas es usado activamente en la soldadura, solo se puede usar para el acero.

*Imagen 20: Soldadura MIG/MAG. [12]*



*Tabla 5: Ventajas y desventajas de la soldadura MIG/MAG.*

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- No da ninguna dificultad al momento de realizar un trabajo para ensamblar en la posición deseada.</li> <li>- Se puede ver bien el trabajo realizado después de acabarlo así ayudará a darse cuenta de la eficacia del acabado.</li> <li>- Se pueden ejecutar las tareas en diferentes espesores: como en los 0,7 y 6 mm, sin tener la obligación de tomar medidas a los bordes.</li> <li>- Alcanza una mínima emisión de gases para la atmósfera que sean contaminantes o tóxicos.</li> <li>- Los acabados son agradables estéticamente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto costo: como la forma de manejarla es simple, el precio del dispositivo puede ser alto.</li> <li>- Enfriamiento: el método del enfriamiento es rápido en base a las otras técnicas de trabajo.</li> <li>- Los materiales que se pueden soldar son restringidos: es frágil para el hierro fundido y muy fuerte para el aluminio de escaso espesor.</li> <li>- No puede ser utilizada en aquellos materiales si están sucios o si están oxidados.</li> <li>- Es un procedimiento delicado entonces no se puede usar en escenarios húmedos.</li> </ul>

- La soldadura eléctrica

Esta práctica es muy habitual y usual, es la más manejada en la actualidad. También es conocida por soldadura de resistencia. La corriente que genera (eléctrica) pasa a través de las piezas que se quieren acoplar y estas se calientan hasta que se unen, entonces cuando se retira el foco de corriente, las piezas que se están siendo utilizada se enfrían, también se solidifican y es así que quedan juntas.

**Tabla 6:** *Ventajas y desventajas de la soldadura eléctrica.*

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impregnación de la soldadura.</li> <li>- Se realizan fácilmente soldaduras robustas (con un buen proceso de diseño y control).</li> <li>- Profundidad.</li> <li>-El humo y la radiación ultravioleta emitidos son pequeños.</li> <li>-El arco está cubierto, entonces no hay riesgo de salpicaduras de la soldadura.</li> <li>-Este proceso es apropiado para los trabajos en el interior o cuando es aire libre.</li> <li>- Es más fácil de automatizar y de usar en procesos simples de fabricación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Restringido a materiales como acero y en aleaciones de base níquel (algunas).</li> <li>-Únicamente se puede utilizar para unir dos pedazos sobrepuestos de metal, esto hace que sea limitada.</li> <li>-La escoria puede ser un problema para la salud.</li> <li>-Solicita eliminar impurezas en todo momento tras la operación.</li> <li>-Tiene relativas molestias en la conducción del flujo.</li> </ul>

La soldadura que se emplea en este trabajo, en la construcción de las sillas de ruedas es eléctrica ya que su uso genera un aspecto uniforme, las uniones que se hacen son permanentes, con esta soldadura la pieza que se crea es estable y fija, además es económica y eficiente (Soldadura a tope de piezas de distinta sección).

## **7. ACONDICIONAMIENTO DE LAS SILLAS DE RUEDAS MECÁNICAS.**

En las *imágenes 21, 22 y 23* se muestran las sillas que se acogieron para el proceso de adaptación, porque venían con motor eléctrico que no era funcional, no tenían baterías, no incluían los circuitos de control y la facilidad de que constructivamente son similares a las sillas mecánicas (convencionales).

Se realiza un reacondicionamiento a las sillas, diseñando los soportes y ejes para que estas, que originalmente son eléctricas queden funcionalmente como mecánicas; ya que es complicado obtener los insumos para complementar las sillas de ruedas y habilitarlas de la forma como originalmente fueron concebidas.

Se han escogido las siguientes tres sillas de ruedas entre las que están en la Fundación que fueron donadas:

- Silla número 1: Se muestran tres fotografías de la silla de ruedas con motor, se supone que debe tener uno en cada lado, esta silla solo tiene un motor, que no sirve, la batería tampoco, esta sin ruedas y carece de los elementos del sistema de control, como lo es el joystick o la palanca de mando.

**Imagen 21:** Silla de ruedas # 1 sin cambios. (Fuente propia)



- Silla número 2: Se muestra la silla de ruedas que está incompleta, con sus motores, estos son los que van a dirigir la velocidad y también la dirección, tiene uno a cada lado, no están sujetos, no sirven, la batería tampoco y no tiene el sistema de control, como lo es el joystick.

**Imagen 22:** Silla de ruedas # 2 sin cambios. (Fuente propia)



- Silla número 3: Se muestra la silla de ruedas con motor, tiene uno en cada lado, que estos son los que van a dirigir la velocidad y también la dirección, en este caso no sirven, así como la batería tampoco, carece de los elementos del sistema de control, como lo es el joystick o la palanca de mando.

**Imagen 23:** Silla de ruedas # 3 sin cambios. (Fuente propia)



Al diseñar los ejes para su adaptación a las ruedas traseras se logra transformar las tres sillas de ruedas que originalmente eran eléctricas, a tres sillas de ruedas mecánicas (convencionales), ya que, los dos tipos de sillas, tienen partes y configuración similares, como los son: el chasis, plegado, asiento, reposapiés, reposabrazos, ruedas traseras, ruedas delanteras, empuñaduras; por lo tanto, no se verá afectada ninguna parte de la estructura al momento de realizar la intervención.

**Imagen 24:** Partes de las sillas de ruedas, eléctrica (A) y convencional (B). [13]



En la imagen 24 muestran, la silla de ruedas eléctrica y la silla de ruedas mecánica o convencional, cada una con sus partes y en las que se logra apreciar su similitud.



Teniendo esta parte (Imagen 25) donde están las barras y placas donde estaban sujetos los motores, se interviene la zona de las llantas traseras. Se tiene previsto modificar esa parte, diseñando los soportes y los ejes donde se van a montar las ruedas traseras; esos ejes van a soportar una carga que será equivalente al peso de una persona y que no sobrepase los 80 kg (800 N aproximadamente).

**Imagen 25:** Parte donde se encuentran los motores sujetos. (Fuente propia)



La distancia total que tiene desde la rueda delantera a la rueda trasera que es de 490,1 mm, también la distancia que hay desde la rueda delantera al punto donde se considera la carga aplicada, que es de 359,8 mm entonces la parte que falta que es la distancia entre la parte aplicada y la rueda trasera es de 130,3 mm (ver *Imagen 26*).

**Imagen 26:** Silla de ruedas con distancia total de la rueda delantera a la rueda trasera y la distancia de la rueda delantera al punto donde está la carga aplicada. (Fuente propia)



*Nota.* La carga aplicada que se aprecia en la imagen, será equivalente al peso de una persona, que no sobrepasa los 80 kg (800 N aproximadamente), con sus respectivas distancias.

Se calculan las reacciones que se encuentran en cada uno de los apoyos de la silla de ruedas.

**Imagen 27:** Silla de ruedas con las reacciones. (Fuente propia)



Con estos datos (carga y distancias) se obtienen las reacciones en función del peso  $W$

$$R_A = W \left( \frac{130,3}{490,1} \right) = 0,266 W$$

$$R_B = W \left( \frac{359,8}{490,1} \right) = 0,734 W$$

Quedando las reacciones de la siguiente manera:

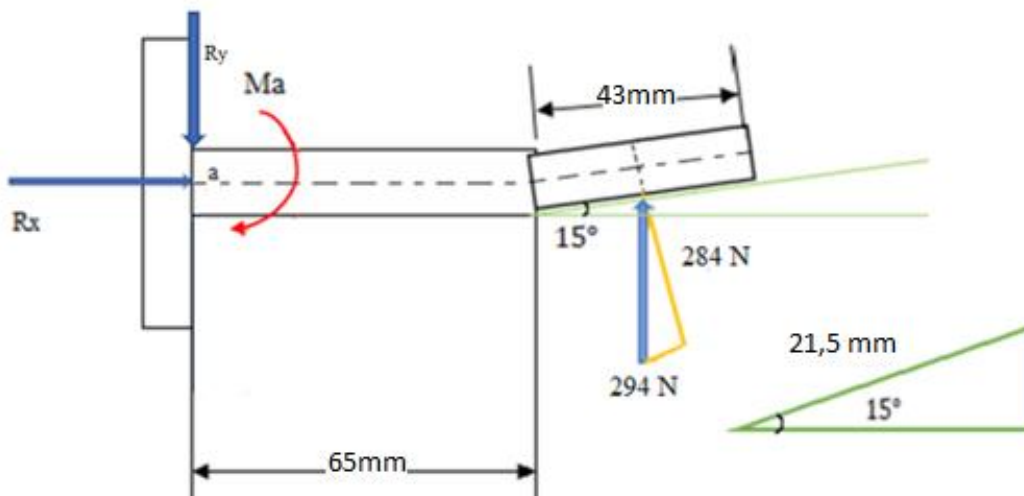
$$R_A = 0,734 (800) = 212.8 \text{ N}$$

$$R_B = 0,266 (800) = 587.2 \text{ N}$$

Lo que se va a fabricar es una viga en voladizo o eje que se caracteriza por que tiene un solo apoyo en un extremo, mediante un empotramiento y el otro lado está libre sin apoyo aprovechando la parte antes mencionada (*Imagen 25*).

El diseño que se plantea está sometido a unas cargas, la carga general es de 587.2 N, entonces como son dos ejes será la mitad de la carga a soportar que es 293.6 N para cada lado, el cual consideraremos para efectos del cálculo como 294 N, así como se puede ver en la figura:

**Imagen 28:** Eje. (*Fuente propia*)



Se considera realizar el eje inclinado, porque la inclinación de las llantas traseras es algo importante para que se tenga una regulación óptima en las sillas. Esta inclinación de  $15^\circ$  dará una mejora de la actividad mecánica y la capacidad de maniobrar la silla de ruedas.

Componente de la fuerza proyectada perpendicularmente a la línea de eje, esta provoca una fuerza cortante:

$$\cos\alpha = \frac{ca}{h}$$

$$ca = 294 \text{ N} \cdot \cos 15^\circ = 284 \text{ N}$$

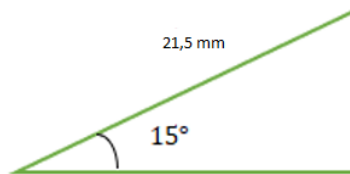
Se determina la distancia horizontal desde la línea de acción hasta el punto de donde se está hallando el momento, entonces se pasa a metros.

Se halla el cateto adyacente del triángulo:

$$\cos\alpha = \frac{ca}{h}$$

$$ca = 21,5 \text{ mm} \cdot \cos 15^\circ = 20,7 \text{ mm}$$

**Imagen 29:** Triangulo para determinar la magnitud alrededor del punto a. (Fuente propia)



Por lo tanto, la distancia necesaria para determinar la magnitud del momento asociado a la reacción de  $294 \text{ N}$ , alrededor del punto a, es:

$$20,7 \text{ mm} + 65 \text{ mm} = 85,7 \text{ mm}$$

- **Cálculo de las reacciones**

Con las dos ecuaciones de equilibrio:

Esta sirve para determinar el momento  $Ma$ , se realiza  $\Sigma M$  alrededor del punto a:

$$\Sigma M_a = 0$$

Esta para determinar las reacciones en a en el eje y

$$\Sigma F_y = 0$$

En el eje X, Queda en 0 para que se conserve el equilibrio

$$\Sigma F_x = 0$$

$$R_x = 0$$

Cálculo de las reacciones de apoyo:

Reacciones de apoyo

$$\Sigma M_a = 0$$

$$-Ma + 294 N (0,0857 m) = 0$$

$$Ma = 294 N (0,0857 m)$$

$$Ma = 25,2 N.m$$

Reacción en a del eje y

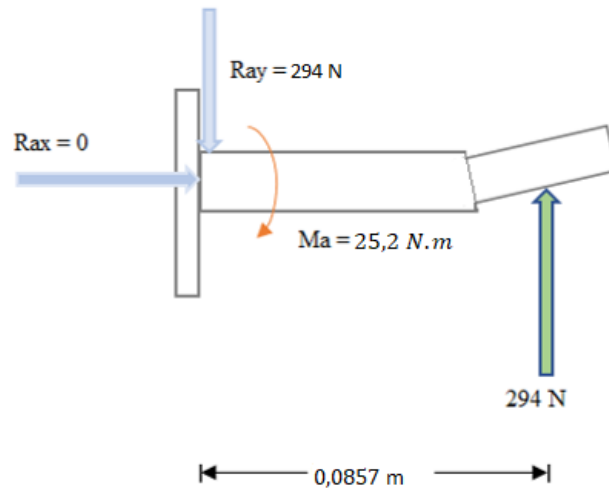
$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{ay} + 294 N = 0$$

$$R_{ay} = -294 N$$

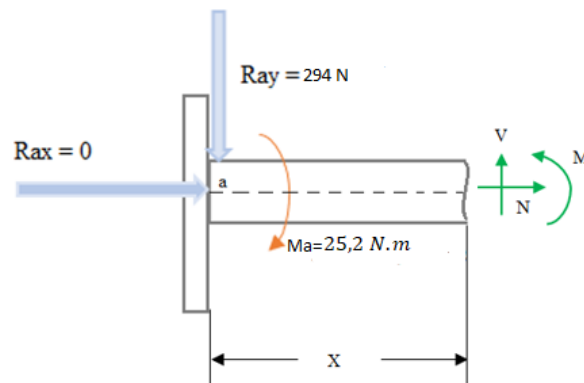
Se hace un diagrama de cuerpo libre para ver todas las cargas de la estructura incluyendo las reacciones.

**Imagen 30:** Diagrama de cuerpo libre. (Fuente propia)



Para realizar los diagramas de fuerza cortante y momento flector utilizamos el método de las secciones:

**Imagen 31:** Diagrama de cuerpo libre corte 1. (Fuente propia)



$$0 < x \leq 0,0857 \text{ m}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$-294 + V_1 = 0$$

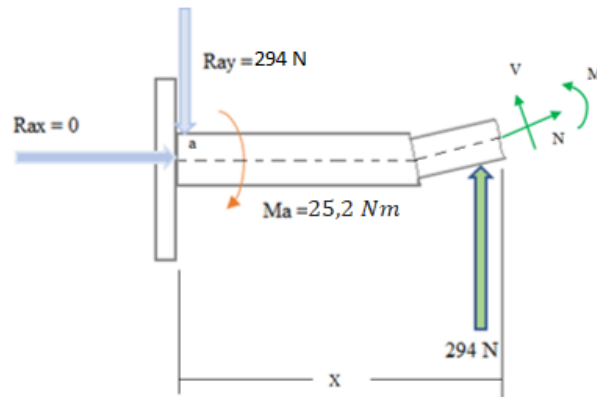
$$V_1 = 294 \text{ N}$$

$$\Sigma M_0 = 0$$

$$- 25,2 \text{ Nm} + 294 \text{ N}(x) + M_1 = 0$$

$$M_1 = -294 N (x) + 25,2 Nm$$

*Imagen 32: Diagrama de cuerpo libre corte 2. (Fuente propia)*



$$0,0857 \text{ m} < x \leq 0,108 \text{ m}$$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$-294 + 294 N + V_2 \cos 15^\circ = 0$$

$$V_2 = 0 N$$

$$\Sigma Ma = 0$$

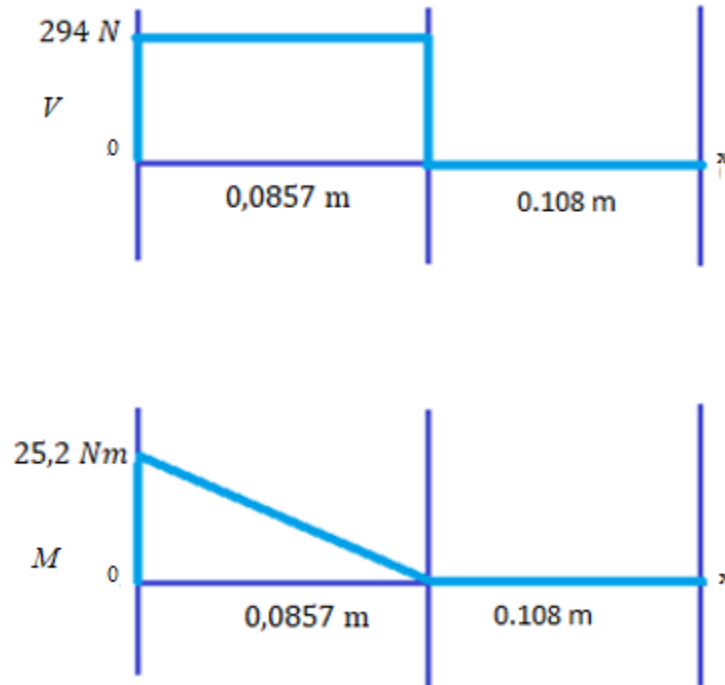
$$-25,2 Nm + 294 N (x) - 294 N (x - 0,0857 \text{ m}) + M_2 = 0$$

$$M_2 = 25,2 Nm + 294 N (x) - 294 N (x) - 25,2 Nm$$

$$M_2 = 0 Nm - 0 N (x)$$

$$M_2 = 0$$

**Imagen 33:** Diagrama de cortante y momento flector. (Fuente propia)



Ahora procederemos a evaluar el diámetro mínimo del eje, considerando el empleo de un acero bastante comercial, como el AISI 1020 (ver Tabla 7 e Imagen 10), de acuerdo a los materiales empleados en la fabricación de las sillas de ruedas (ver Tabla 2) y evaluando los esfuerzos asociados a las cargas a las que se está sometida esta pieza.

- Con esta ecuación se halla el esfuerzo cortante sobre la viga, en la zona comprendida entre 0 y 0,0857 m:

$$\tau = \frac{V}{A}$$

En el que:

$\tau$  = el esfuerzo cortante (Pa = N/m<sup>2</sup>).

V = la fuerza cortante perpendicular (N).

A = el área de la sección transversal (m<sup>2</sup>).



Conocido el valor de la fuerza cortante a la que estará sometido el eje de apoyo de la rueda y considerando el empleo de acero AISI 1020 para su elaboración, al realizar la consulta de las características de este acero, mediante el empleo esfuerzo cortante permisible (77,8195 GPa) y el factor de seguridad (1.3), se halla el esfuerzo último.

**Ecuación 4:** *esfuerzo ultimo.* [8]

$$\tau_{ult} = FS \cdot \tau_{perm}$$

$$\tau_{perm} = \tau_{ult} / FS$$

$$\tau_{perm} = (77.8195 \text{ GPa}) / 1.3$$

$$\tau_{perm} = 59.86 \text{ GPa}$$

Para calcular el diámetro:

$$\tau = \frac{V}{\frac{\pi}{4} d^2}$$

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi \tau_{perm}}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 (294 \text{ N})}{\pi (59.86 \times 10^9)}}$$

$$d = 0.0791 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$d \approx 0.08 \text{ mm}$$

Este valor es bastante reducido, por lo que el esfuerzo cortante no es considerable.

- Con la siguiente ecuación empleada en la determinación del esfuerzo flexionante sobre el eje, apoyo de la rueda, en la zona comprendida entre 0 y 0.108 m que es el punto extremo:

**Ecuación 5:** *Formula de flexión.* [16]

$$\sigma_{max} = \frac{M \cdot c}{I}$$

En el que:

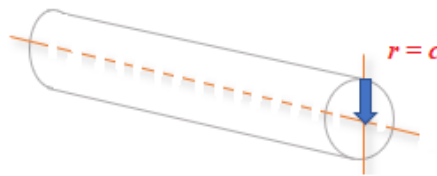
$\sigma_{max}$  = el esfuerzo normal máximo en el eje (Pa = N/m<sup>2</sup>).

$M$  = momento interno resultante, determinado mediante el método de secciones y las ecuaciones de equilibrio (Nm).

$I$  = momento de inercia del área de la sección transversal (m<sup>4</sup>).

$c$  = distancia perpendicular del eje neutro a un punto extremo (m).

**Imagen 34:** distancia perpendicular de eje neutro. (Fuente propia)



Conocido el valor del momento interno resultante y considerando el empleo de acero AISI 1020 para su elaboración, al realizar la consulta de las características de este acero, para mediante el uso de la resistencia máxima a la tracción (441 MPa) y el factor de seguridad (1.3), se halla el esfuerzo último.

$$\sigma_{max} = FS \cdot \sigma_{perm}$$

$$\sigma_{perm} = \sigma_{max} / FS$$

$$\sigma_{perm} = (441 \text{ MPa}) / 1.3$$

$$\sigma_{perm} = 339.2 \text{ MPa}$$

Para calcular el diámetro:

$$\sigma_{max} = \frac{M \cdot r}{\frac{1}{4} \pi r^4}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M}{\frac{1}{4}\pi r^3}$$

$$r^3 = \frac{M}{\frac{1}{4}\pi \sigma_{max}}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{M}{\frac{1}{4}\pi \sigma_{max}}}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{25.2 Nm}{\frac{1}{4}\pi (339.2 \times 10^6)}}$$

$$r = 0.004556 m$$

$$r \approx 4.56 mm$$

Por lo tanto el diámetro es  $D = 9.12 mm$ , por lo que de manera práctica se decide emplear un diámetro de  $\frac{1}{2}$  pulgada, aproximadamente  $12.7 mm$ , de acuerdo a las designaciones de la siguiente tabla.

*Imagen 35: Diámetros de barras de acero comerciales. [14]*

Designación de la barra	Diámetro en Pulgadas	Diámetro en mm
N° 2	1/4"	6.4
N° 3	3/8"	9.5
N° 4	1/2"	12.7
N° 5	5/8"	15.9
N° 6	3/4"	19.1
N° 7	7/8"	22.2
N° 8	1"	25.4
N° 9	1 - 1/8"	28.7
N° 10	1 - 1/4"	32.3
N° 11	1 - 3/8"	35.8
N° 14	1 - 3/4"	43
N° 18	2 - 1/4"	57.3

- **Material:**

El material que se quiere usar para estos ejes es ACERO SAE 1020 se trata de un acero comercial, que tiene bajo contenido de carbono, fácil mecanizado, buena soldabilidad y se utilizan para fabricar piezas estructurales (ejes, eslabones, pasadores, tornillería).

## Propiedades Mecánicas del Acero AISI/SAE 1020

**Tabla 7:** Propiedades del Acero AISI/SAE 1020.

Módulo de Elasticidad (E)	210000 Mpa= 210 GPa
Módulo de Poisson ( $\nu$ )	0.30
Límite Elástico ( $\sigma_e$ )	234 MPa
Límite Plástico ( $\sigma_p$ )	379 MPa
Coef. de Dilatación Térmica ( $\alpha$ )	$12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
Temperatura de referencia ( $T_r$ )	20 $^\circ\text{C}$
Conductividad Térmica (K)	50 W/ ( $^\circ\text{C} \times \text{m}$ )
Peso específico ( $\gamma$ )	78.50 KN/m <sup>3</sup>
Resistencia a la Fluencia	250 Mpa
Resistencia a la tensión	483 Mpa

El Acero AISI 1020 tiene un esfuerzo de fluencia de 250 MPa (36 ksi), con límite de fluencia mínimo de 290 MPa (2 950 kg/cm<sup>2</sup>) y un esfuerzo mínimo de ruptura en tensión de 400 a 550 MPa (58 a 80 ksi), este material se crea hace muchos años atrás para la fabricación de estructuras que son atornilladas, remachadas y soldadas. [14]

- **Tornillos:**

Los tornillos usados para este diseño:

**Imagen 36:** Tornillo con tuerca y cabeza. (Fuente propia)



Material: Acero Inoxidable (T-304)

Longitud: 30 mm

Rosca : Metrica DIN-985

Cabeza : Allen

Diametro de la rosca: 6 mm

Marca de 10. 9 : indica un valor de tensión de 1000 MPa (resistencia a la rotura)

La resistencia a punto cedente de 900 MPa (límite elástico), 90 % de resistencia de tensión.

El diseño de la cabeza del tornillo aumenta la superficie de contacto con la punta, esto proporciona una gran fuerza, es de rosca redonda ,eso quiere decir que su uso se verá sometida a exigencias mecánicas, también a fuertes desgastes , es usado principalmente en el acero, por la terminación del tornillo, vienen con una capa de zinc, esta protege de la corrosión y también de la oxidación por último la tuerca que se escogió es una de seguridad ya que es un tipo de sujetador, entonces asegura más las uniones, no se afloja fácil bajo las vibraciones y el torque.

- **Factores para una ergonomía correcta en el uso de la silla de ruedas:**

*Imagen 37: Persona en la silla de ruedas con mala postura. [15]*



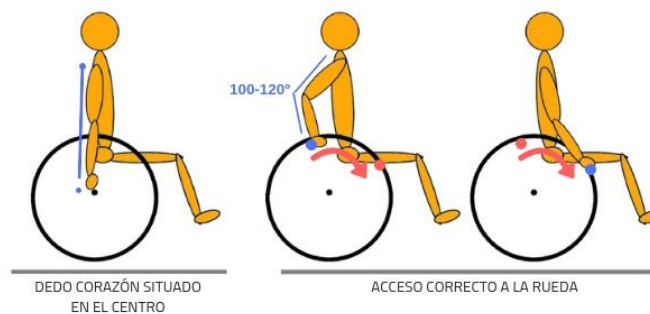
*Nota.* En la figura se aprecia una persona con una postura inadecuada, sin ergonomía, de esta manera, llegaría a tener lesiones, contracturas musculares o entumecimientos.

- Pelvis con una leve inclinación hacia adelante y sin inclinaciones laterales para tener un mayor movimiento

- Rodillas y caderas en un ángulo correcto y equitativo
- Glúteos apoyados al asiento y centrados
- Hombros relajados
- Brazos libres
- Pies libres, paralelos al piso y sobre el reposapiés

Una silla de ruedas correcta, debe permitir al usuario alcanzar el eje de la rueda con la punta del dedo corazón. Lo cual hace que el centro de gravedad se ubique sobre el eje de la rueda y admite que los codos establezcan un ángulo de entre 100-120° entre la parte superior del brazo y el antebrazo cuando se coloquen en la parte superior del aro de las ruedas.

**Imagen 38:** Uso correcto en base a la rueda trasera. [16]



**Imagen 39:** *Mujer que se encuentra en la Fundación utilizando una de las sillas de ruedas. (Fuente propia)*



*Nota.* En la imagen se estima como una mujer de la fundación La Casa de la Esperanza, está usando la silla de ruedas, con alguien ayudándola a impulsarla, que perfectamente, si ella quisiera podría hacerlo sola, porque es estable ante el vuelco y debe soportar el peso del usuario.

## 8. SIMULACIÓN PROGRAMA AUTODESK INVENTOR.

Para el software Autodesk Inventor, se solicita la elección del material de la pieza que se va a modelar, esto es bajo la norma de AISI SAE, el acero que fue seleccionado es el 1020, ya que es el material comúnmente utilizado para crear estructuras que tienen que ser soldadas, atornilladas o que tienen fines para construcción o industriales.

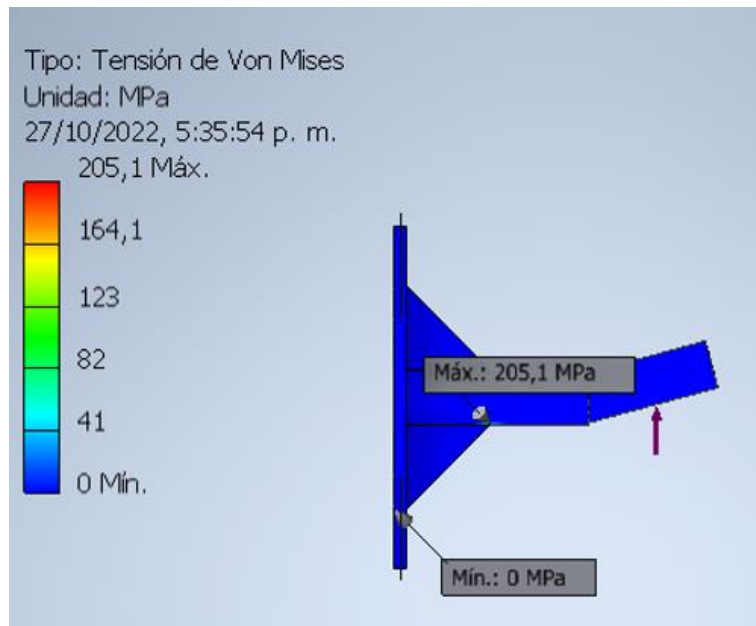
*Imagen 40: Datos del programa para la simulación. (Fuente propia)*

Nombre	Acero AISI 1020 107 LC	
General	Densidad de masa	7,87 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	260 MPa
	Resistencia máxima a tracción	441 MPa
Tensión	Módulo de Young	207 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,33 su
	Módulo cortante	77,8195 GPa

Con la teoría Von Mises que dice que el esfuerzo prima dividido por la mitad tiene que ser menor al esfuerzo de fluencia, este esfuerzo del material usado que es Acero AISI 1020 es de 250 MPa [14], en la imagen dice que el máximo en este caso es de 205,073 MPa = 205,1 MPa

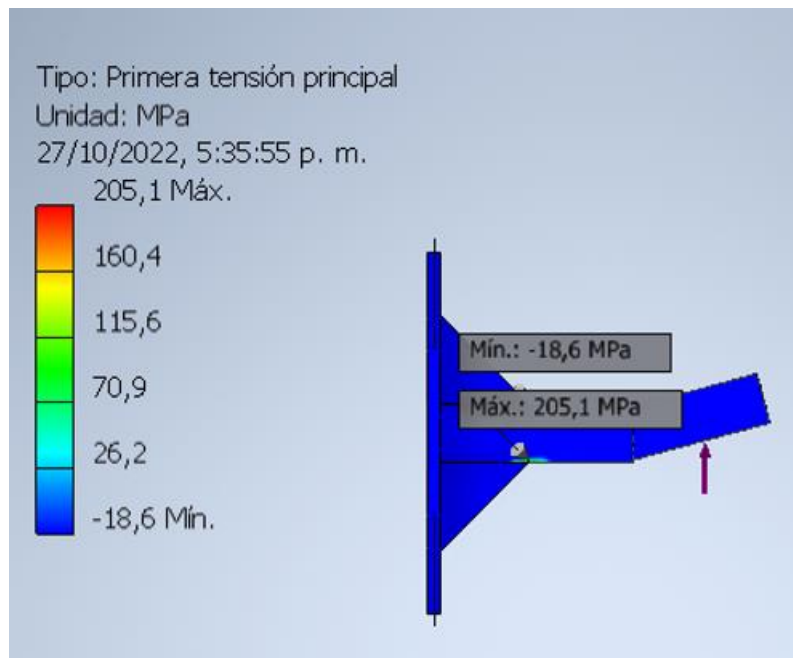


**Imagen 41:** Ilustración análisis tensión de Von Mises del eje. (Fuente propia)



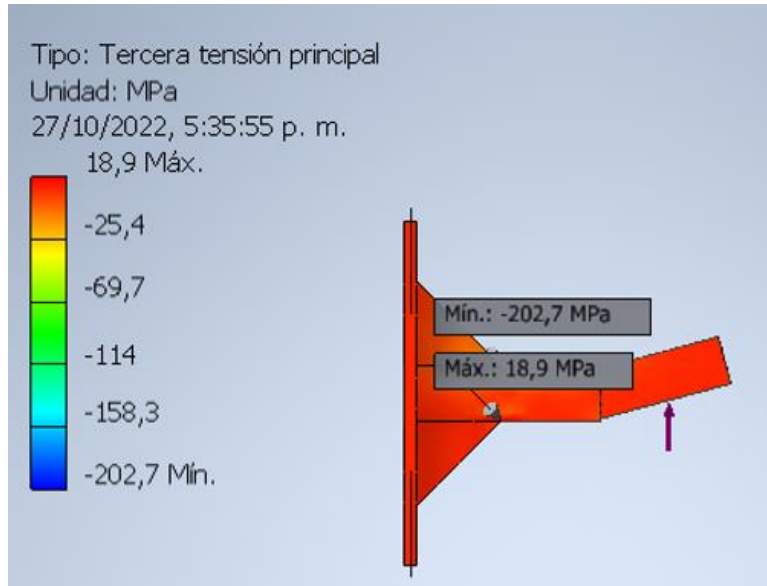
La principal tensión que se ve, se refiere al valor máximo de esfuerzo que en este caso es de 205,1 MPa

**Imagen 42:** Ilustración análisis principal tensión del eje. (Fuente propia)



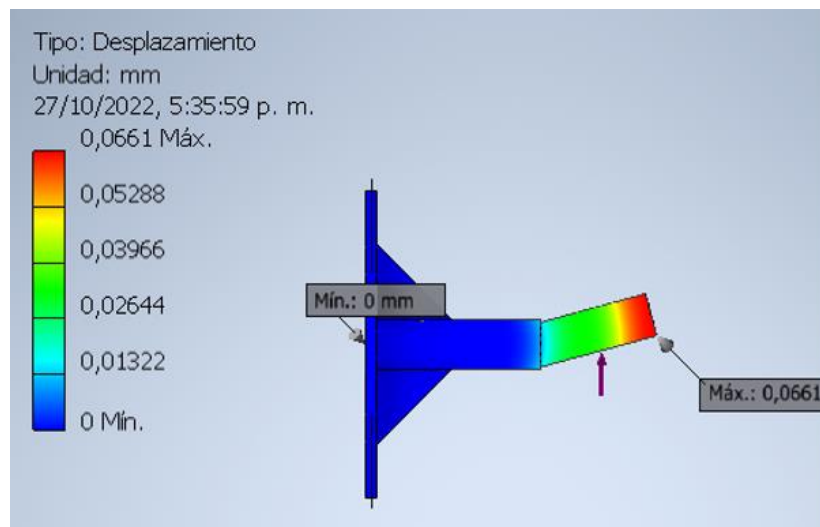
En la siguiente imagen se puede apreciar el valor mínimo de esfuerzo o sea el esfuerzo máximo, pero en compresión que es 18,9 MPa.

**Imagen 43:** Ilustración análisis de compresión del eje. (Fuente propia)



En la siguiente figura se observa el valor máximo de desplazamiento es 0,0661 mm, que es lo que está marcado en rojo

**Imagen 44:** Ilustración análisis de desplazamiento del eje. (Fuente propia)



Con el análisis en Inventor en la siguiente tabla se puede observar los valores más relevantes que se obtuvieron, estos son para guiar y saber si el diseño está correcto.

**Tabla 8:** Resultados importantes del análisis en el software. (Fuente propia)

Nombre	Mínimo	Máximo
Tensión de Von Mises	0,000233876 MPa	205,073 MPa
Primera tensión principal	-18,5828 MPa	205,108 MPa
Desplazamiento Y	-0,000139563 mm	0,0660393 mm
Esfuerzo de compresión	-202,657 MPa	18,9205 MPa
Coefficiente de seguridad	1,26784 su	

## 9. RESULTADOS DEL REDISEÑO DE LAS SILLAS DE RUEDAS.

Lo que se hizo fue implementar la silla de ruedas para que funcione de forma convencional de tal manera que facilite a la persona su movilidad.

En el procedimiento para la reconstrucción, se tomó la parte donde estaban los motores, como se puede ver en la figura, ya que de este modo estaban las sillas de manea eléctrica que no funcionaban, el mismo diseño se hizo para las tres sillas de ruedas escogidas.

*Imagen 45: Parte donde estaban los motores sujetando las ruedas traseras de las sillas de ruedas. (Fuente propia)*



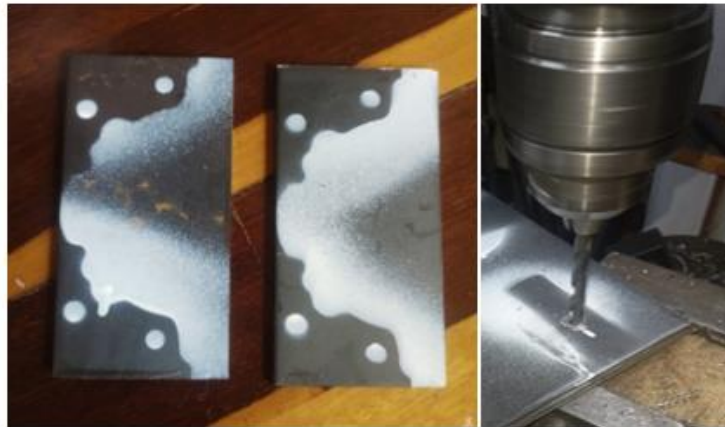
Para las platinas se cortan con una maquina llamada cizalla, con un espesor de 3/16, las medidas de 12 cm por 6 cm

**Imagen 46:** *Platinas realizadas con la cizalla. (Fuente propia)*



Con un taladro se perforan las platinas con broca de  $\frac{1}{4}$  para que case en la base y queden en la parte donde iba sujeto el motor.

**Imagen 47:** *Platinas macadas para hacer los huecos con el taladro. (Fuente propia)*



Teniendo las platinas cortadas y con sus huecos definidos, se procede a hacer el eje o la viga en voladizo (tubo en acero) adecuado con las medidas exactas que encajara en las bases de las ruedas, que tienen un diámetro en el cuerpo de 19 mm y la base donde entra en la manzana de las ruedas con las siguientes mediadas medidas:

Ruedas traseras macizas rin radio 24 in con un diámetro de 12 mm, no fueron cambiadas, venían con los aros impulsores se acoplaron las mismas que se encontraron en la fundación, de las sillas de ruedas donadas.

**Imagen 48:** Ruedas traseras. (Fuente propia)



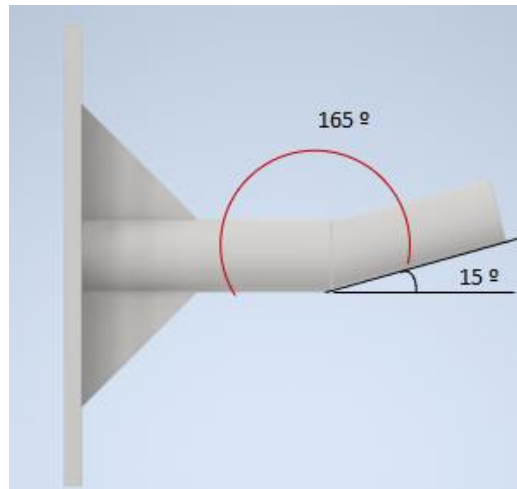
Para ajustar las medidas de los ejes o la viga en voladizo (tubos en acero) que entran a las manzanas de las ruedas, se recurrió a usar un torno con ayuda de un buril para hacer los respectivos desbastes de diámetro

**Imagen 49:** Torno y buril para ajustar las medidas de los ejes. (Fuente propia)



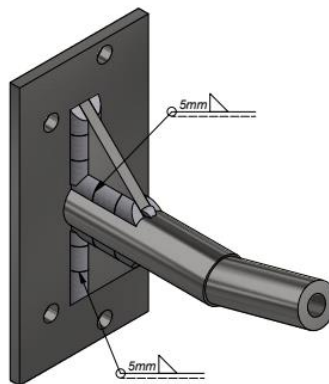
Cuando los ejes ya están listos se les da una inclinación de  $15^\circ$  con un goniómetro este es un instrumento que es usado para medir o construir ángulos, se construyen los pie de amigo para colocarle arriba y abajo del eje de 30 mm por 30 mm para darle un mayor refuerzo al eje para que queden de la siguiente manera:

**Imagen 50:** Eje con el ángulo. (Fuente propia)



En esta imagen se puede observar la platina y el eje con el cordón de soldadura ya que fue añadido el pie de amigo de la parte superior e inferior.

**Imagen 51:** Platina y eje, con los pie de amigo para reforzar, con el cordón de soldadura. (Fuente propia)



Por último, se procede a pegar los ejes a las platinas con soldadura eléctrica añadiendo a cada uno pie de amigo uno en la parte de arriba y otro en la parte de abajo, en forma de triángulos como se observa en la figura, esto con el fin de que tenga una mayor resistencia a la hora de ejercerle fuerza en el momento en que una persona se sienta a usar la silla de ruedas. Se soldó de tal manera que el eje quedara en ángulo recto con el espaldar del asiento de la silla de ruedas.

**Imagen 52:** Soldadura. (Fuente propia)



Quedando, así como resultado con pintura atornillada la placa y puesta la llanta:

**Imagen 53:** Eje terminado. (Fuente propia)



Ya con los ejes terminados, los tornillos bien ajustados y limpias las tres sillas de ruedas, quedan de esta manera finalizadas, para poder darles uso:



**Imagen 54:** Las tres sillas de ruedas terminadas. (Fuente propia)



Después de varios días de que en la Fundación pusieran las sillas en funcionamiento se encuentran de esta manera, quedando bien el diseño que se fabricó:

**Imagen 55:** Conjunto de las sillas de ruedas #1, #2 y #3, después de uso en la fundación. (Fuente propia)



## 10. CONCLUSIONES.

- Se ha fabricado un eje funcional y para lograrlo, se ha seleccionado, el prototipo que más se adecúa a los requisitos de diseño. A lo largo de este proceso se ha realizado un estudio de los esfuerzos que sufre la silla de ruedas cuando una persona está en ella, que permite comprobar que la estructura es resistente.
- El eje de la rueda que se asemeja a una viga en voladizo, resultó evaluada analíticamente y mediante simulación. Considerando el material empleado que es Acero AISI 1020 y haciendo uso del software Autodesk Inventor, el análisis dice que tiene un esfuerzo máximo que es de 205,073 MPa, al compararlo es inferior que el esfuerzo de fluencia del material que es de 250 MPa, entonces no pasa de la zona elástica, lo que significaría que habría algún riesgo de deformación plástica, así se determinó que los materiales fueron adecuados.
- En cuanto a la base del eje (placa), permite mediante soldadura reforzada que el ángulo del eje sea de 15° respecto a la horizontal, esto hace que el desplazamiento sea más sencillo y seguro (de acuerdo a las características de sillas deportivas), permitiendo al usuario gran estabilidad y maniobrabilidad.
- Se ha llegado al diseño de un eje de ½” de diámetro (12.7 mm aprox) que se muestra en los planos de fabricación y el proceso completo de la adaptación del mismo, siendo igual para las tres sillas de ruedas intervenidas. Cumpliendo el objetivo primordial del proyecto
- Por último, con este trabajo de rediseñar y construir componentes mecánicos para la habilitación de tres sillas de ruedas defectuosas para la Fundación, se

consigue ayudar a estas señoras de la tercera edad, para que puedan moverse,  
concluido con éxito.

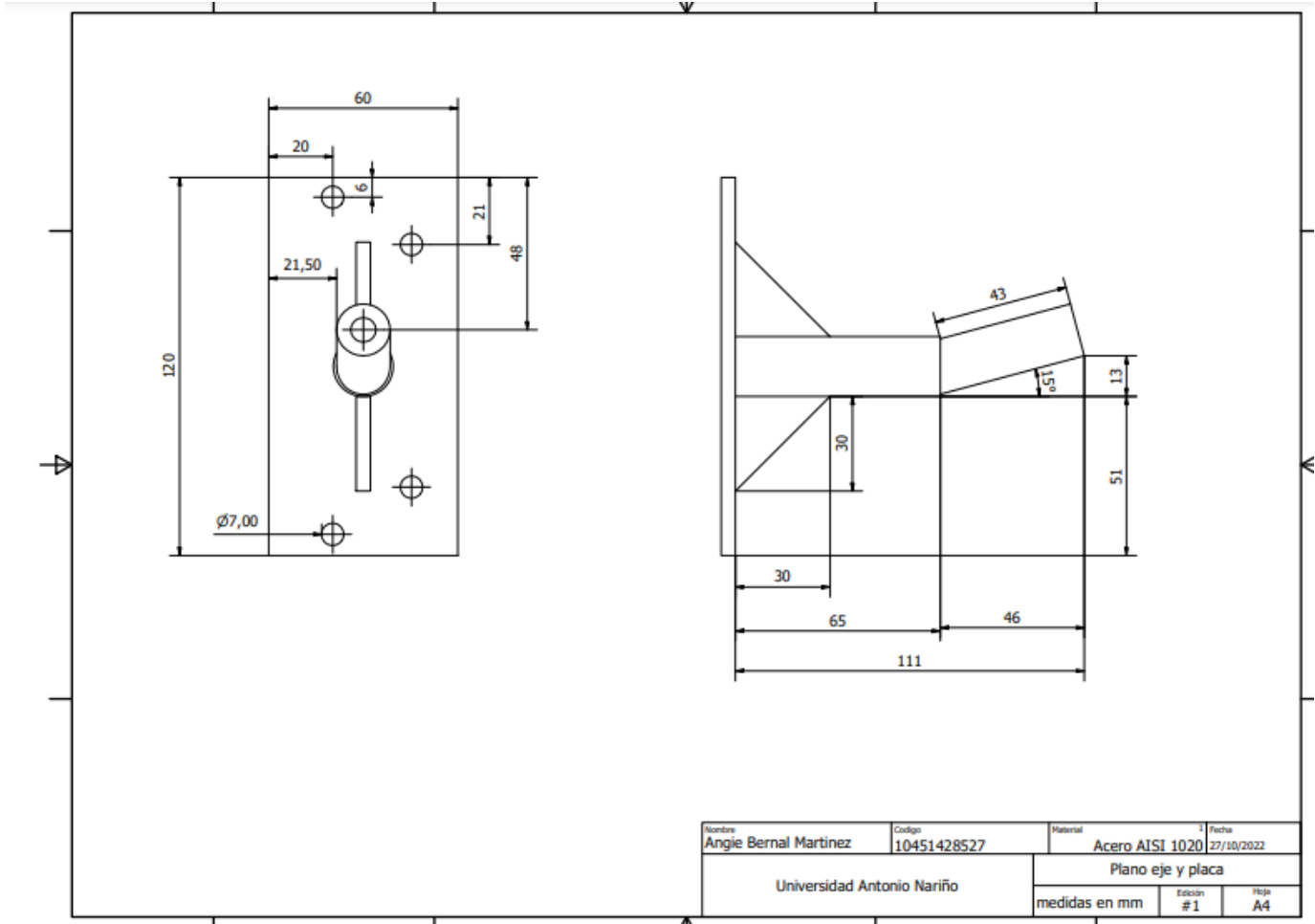
## REFERENCIAS.

- [1] Ortopedia Mimas, «Partes de una Silla de Ruedas,» Sevilla, España, 2019.
- [2] J. Gorgues, «Selección y adaptación de sillas de ruedas convencionales,» Vol. 24. Núm. 8.,pp. 148-152, 2005.
- [3] La Boutique de la Salud, S.C.I, S.L, «Sillas de ruedas eléctricas o motorizadas,» Madrid, España, 2018.
- [4] Ortopedia Garo SL, «Sillas de ruedas deportivas,» España, 2018.
- [5] Td, R, «Sillas de ruedas bipedestadora,» España, 2016.
- [6] Td, R, «Sillas de ruedas: Información y diferencias. Noticias sobre discapacidad, turismo, sociedad y economía,» España, 2020.
- [7] P. Roncancio, «Uso correcto de la silla de ruedas manual. parte 1,» Bogotá, Colombia, 2022.
- [8] H. Yépez, «Resistencia de materiales 1A,» 2015.
- [9] A. Delgado, E. De Justo, J. Lozano y M. Bascón, «Tema 4: esfuerzos y sollicitaciones estructuras 1,» Departamento de Mecánica de Medios Continuos, E. T. S. de Arquitectura. Universidad de Sevilla, 2016.
- [10] B. Bernal y N. Martínez, «Uso y manejo de sillas de ruedas,» Universidad Autónoma del Estado de México, 2012.
- [11] W. Armstrong, J. Borg, M. Krizack, A. Lindsley, K. Mines, J. Pearlman, S. Sheldon y K. Reisinger, «Pautas para el suministro de sillas de ruedas manuales en entornos de menores recursos,» Suiza, 2008.

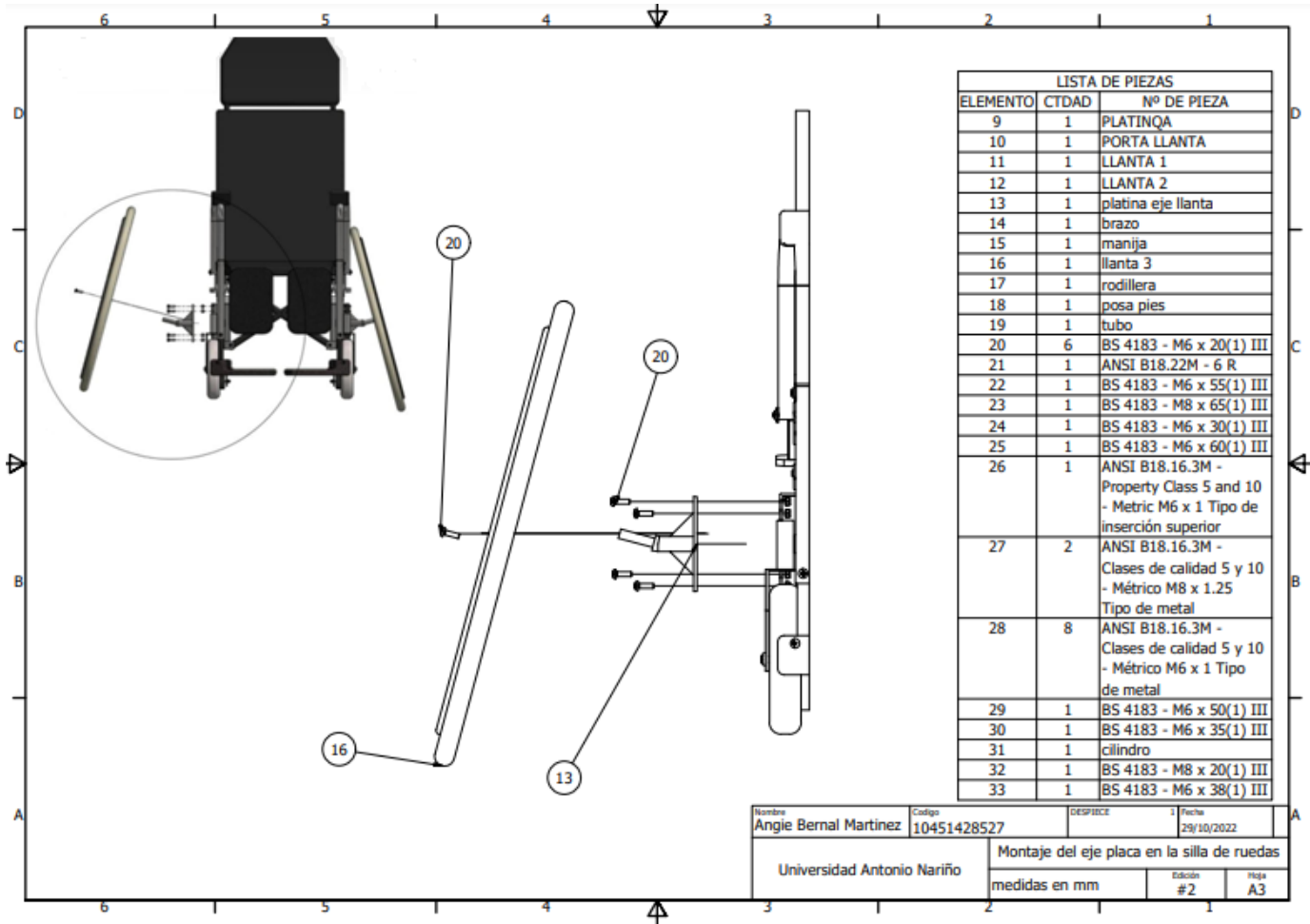
- [12] F. Fraile, «Diseño, calculo y comprobación de unión soldada es viga de puente grúa de alma doble,» Universidad politécnica de Madrid e. t. s de ingenieros de caminos, canales y puertos, 2020.
- [13] Organización de Consumidores y Usuarios (Ocu), «En qué fijarse al elegir una silla de ruedas,» 2020.
- [14] C. Reyes, «Cuántas varillas trae una tonelada de acero,» España, 2020.
- [15] Theramart, «Postura correcta en la silla de ruedas,» 2018.
- [16] Sunrise Medical, «La posición ideal de tus ruedas traseras,» España, Almería, 2020.
- [17] R. Hibbeler, «Mecánica de materiales,» Continental. S.A de C.V México, pp. 261-339, 1995.
- [18] Altos hornos de México, «Manual de Diseño para la Construcción con Acero,» AHMSA, México, 2019.
- [19] F. Beer, E. Johnston, J. Dewolf y D. Mazurek «Mecánica de materiales,» 5ª. Ed. México: mcgraw-hill interamericana, 2008.
- [20] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, «Diseño de ingeniería mecánica,» 8ª. Ed. México: mcgraw-hill interamericana, pp. 457-497, 2008.
- [21] S. Briones, A. Mejía y M. Gonzalo, «Diseño y construcción de sillas de ruedas de bajo costo,» EPN, Quito, 2008.
- [22] V. Vargas, «Sillas de ruedas, elegir adecuadamente,» Cuidum España, 2018.
- [23] Artesanía, «Soldadura eléctrica: que es y cómo puedes trabajarla,» España, 2019.
- [24] Efimy, «Ventajas y Desventajas de las Soldadoras MIG/MAG - Soldar,» 2017.
- [25] L. Contreras y W. Granados, «Diseño de un dispositivo para la movilidad de personas con discapacidad motriz usando el método función de calidad,» Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, 2014.

# ANEXOS.

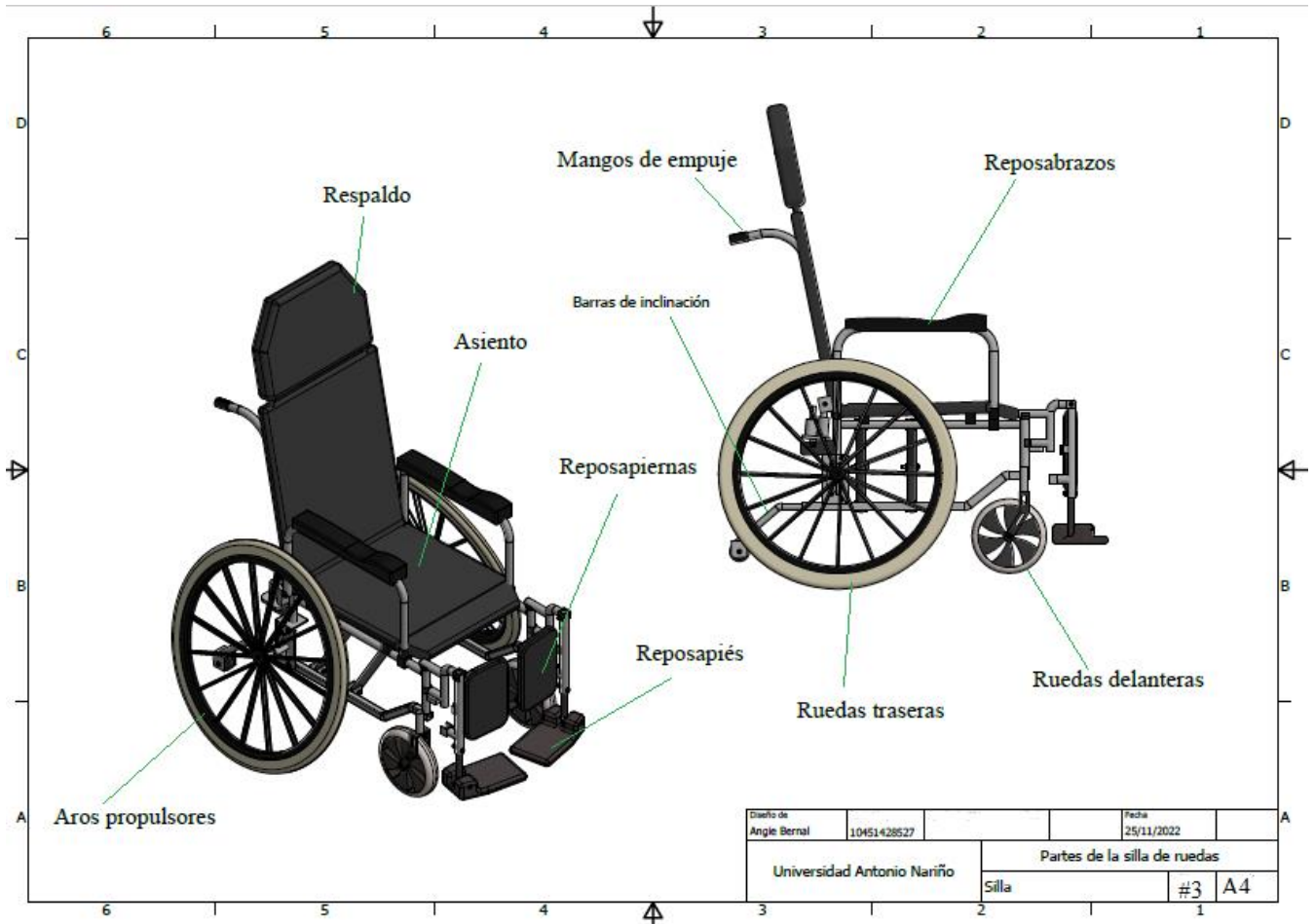
## 1. Plano eje y placa



## 2. Plano montaje eje placa en la silla de ruedas

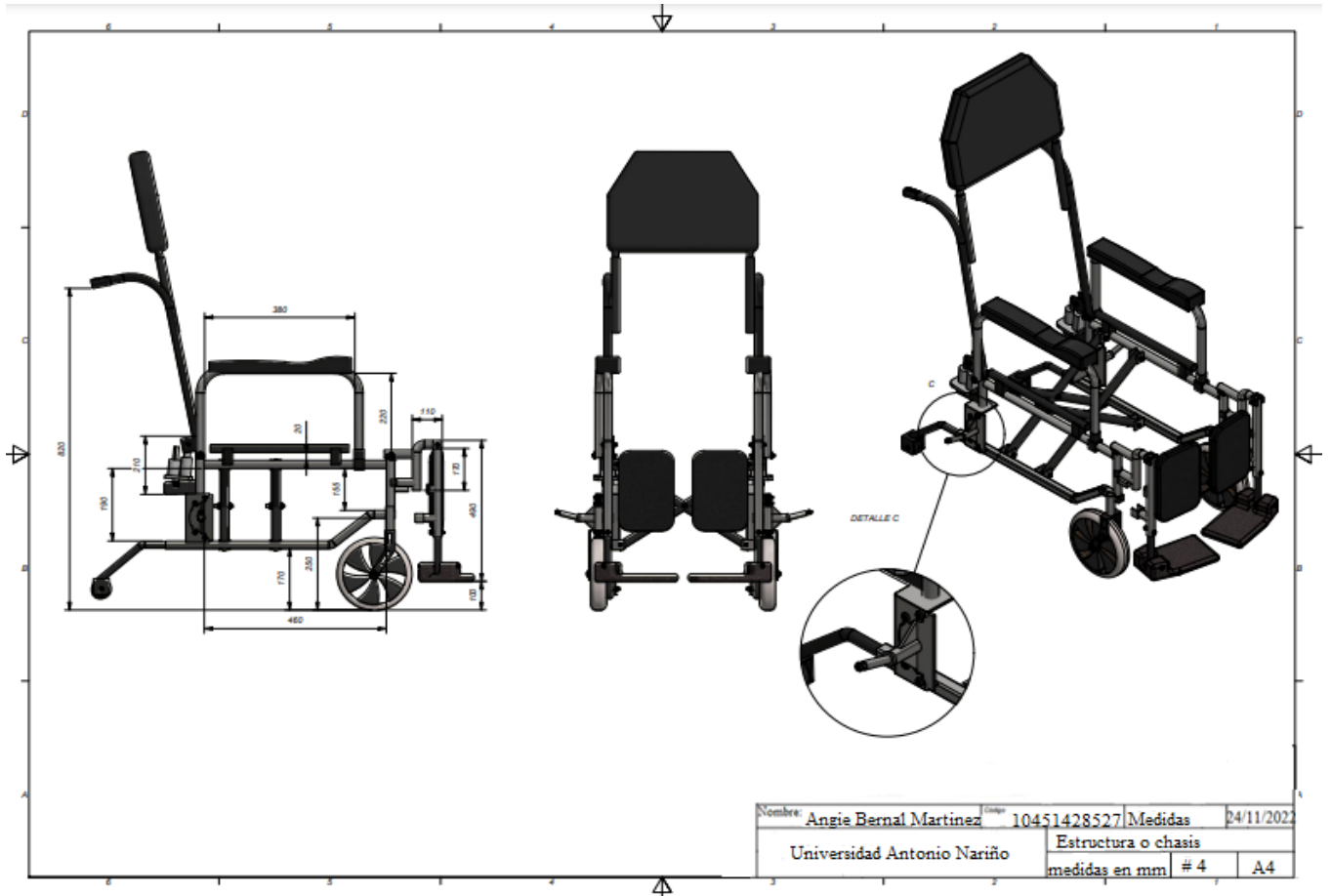


### 3. Partes de la silla de ruedas





#### 4. Medidas del chasis



Bogotá D.C. 20 de octubre de 2022

Asunto: Entrega desarrollo de Proyecto de grado

Señores:

Hogar Clarita Santos- Casa La Esperanza  
Cajicá - Cundinamarca


Cordial Saludo.

La presente tiene por objeto dar como terminado y entregado el proyecto de grado **"Rediseño y construcción de componentes mecánicos para habilitación de sillas de ruedas en la fundación Casa de la esperanza (Cajicá)"**, propuesto por la estudiante **ANGIE SLETH BERNAL MARTINEZ** de ingeniería mecánica de la Universidad Antonio Nariño, identificada con código estudiantil Nro. **10451428527**.

Cumpliendo con los requisitos y objetivos establecidos que desde un principio eran identificar, diseñar e implementar un mecanismo para que las tres sillas de ruedas originalmente eléctricas quedaran de accionamiento mecánico, adecuadas para su empleo de manera segura en la Fundación.

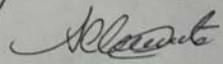
Agradezco la atención prestada.

Cordialmente,



Angie Sleth Bernal Martínez

c.c: 1013643598

Recibo  
Apolinaria Clemente  
  
20 octubre 2022