



Universidad  
**Mariana**

Prototipo de Silla de Ruedas Híbrida con Etapa de Toma de Signos Vitales

Cristhian Mueses Santacruz  
Miguel Ángel Villarreal Benavides

Universidad Mariana  
Facultad De Ingeniería  
Programa Ingeniería Mecatrónica  
San Juan De Pasto  
2024

Prototipo de Silla de Ruedas Híbrida con Etapa de Toma de Signos Vitales

Cristhian Mueses Santacruz  
Miguel Ángel Villarreal Benavides

Informe de investigación para optar al título de Ingeniero Mecatrónico

MSc. Jorge Andrés Chamorro Enríquez  
Asesor

Universidad Mariana  
Facultad de Ingeniería  
Programa Ingeniería Mecatrónica  
San Juan de Pasto  
2024

Artículo 71: los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el Trabajo de Grado son responsabilidad única y exclusiva del (los) Educando (s)

Reglamento de Investigaciones y Publicaciones, 2007  
Universidad Mariana

## **Agradecimientos**

Queremos expresar nuestros sinceros agradecimientos a todos aquellos que han contribuido a la finalización de este proyecto de grado. En primer lugar, estoy profundamente agradecido con mi asesor de tesis, Jorge Andrés Chamorro, por su inestimable orientación, apoyo y estímulo a lo largo de todo el proceso de investigación. Su experiencia y conocimientos han sido fundamentales para dar forma a este proyecto y llevarlo a una conclusión exitosa.

Agradecimientos especiales a Thingcats tech y Jorge España quienes han sido claves en la culminación de este proyecto.

También estamos agradecidos con la docente del programa de terapia ocupacional, Ginna Marcela Ardila, y la estudiante Claudia Herrera por sus comentarios, aportes y sugerencias constructivas, las cuales han contribuido a refinar y mejorar la calidad de este trabajo.

Además, extiendo mi agradecimiento a nuestros padres y hermanas por su apoyo incondicional, comprensión y paciencia durante esta jornada desafiante. Su confianza en nosotros ha sido una fuente constante de motivación.

Gracias a todos por ser parte de este camino y por sus contribuciones a la realización de este proyecto.

## **Dedicatoria**

Este proyecto de grado se lo dedico a Dios quién pudo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no rendirme ante los problemas que se presentaban.

A mis padres, Servio y Ana, y hermana Marilyn cuyo amor incondicional, apoyo constante y sacrificios han sido la fuerza impulsora detrás de cada logro en mi vida académica. Su dedicación y ejemplo han sido mi inspiración para alcanzar mis metas y perseguir mis sueños.

A mi pareja, Claudia por sus conocimientos que fueron grandes aportes en este proyecto, por su ánimo y palabras de aliento que han sido un sostén durante este proceso de aprendizaje y crecimiento personal.

A todas las personas que de una forma u otra han sido parte de mi camino académico, les dedico este trabajo como un testimonio de gratitud y reconocimiento por su impacto en mi vida y desarrollo profesional.

Gracias a todos por su apoyo y contribuciones, este logro es también suyo.

Cristhian Mueses Santacruz

## **Dedicatoria**

Este proyecto va dedicado primeramente a Dios quien me guía paso a paso y bendice mi camino día a día desde que nací, a mis padres, Glodman y Martha, quienes han sido un ejemplo de vida e inspiración para mí, gracias a su apoyo, cariño, esfuerzo, sacrificio y amor incondicional. Cada desafío que enfrente, cada obstáculo que superé fue impulsado por el deseo de hacerlos sentir orgullosos y demostrar como ustedes me han enseñado que con perseverancia y dedicación las metas y los sueños se pueden alcanzar. Espero que este proyecto no solo sea un reflejo de mi esfuerzo, sino también un gran reconocimiento a su inmensa contribución que han hecho en mi vida académica y personal.

A mi hermana, Diana por su apoyo constante, por sus sabios consejos. Espero que este trabajo sirva como una pequeña muestra de mi profundo agradecimiento. No sólo por ser mi hermana, sino por ser esa persona en la que siempre puedo confiar, esa persona que siempre está a mi lado, sin importar las circunstancias. Con todo mi amor y gratitud, dedico este proyecto a también a ella.

A todas las personas que de una u otra forma han aportado a lo largo de mi camino y formación académica, les dedico este trabajo como una muestra de aprecio a todos ustedes y dándoles un reconocimiento por su impacto en mi vida y desarrollo como profesional.

Con mucho orgullo y gratitud, dedico este trabajo a ustedes mi familia, amigos y todos aquellos que siempre me han motivado para que culmine con éxito esta etapa en mi vida. Simplemente muchas gracias por absolutamente todo su apoyo y contribución.

Miguel Ángel Villarreal Benavides

## Contenido

<b>Introducción</b> .....	16
1 Resumen del proyecto .....	17
1.1 Descripción Del Problema .....	18
1.2 Formulación Del Problema .....	19
1.3 Justificación.....	20
1.3.1 Importancia y alcance del proyecto .....	21
1.4 Objetivos .....	23
1.4.1 Objetivo General.....	23
1.4.2 Objetivos Específicos .....	23
1.5 Marco Referencial.....	24
1.5.1 Marco De Antecedentes.....	24
1.5.1.1 Nivel Internacional.....	24
1.5.1.2 Nivel Nacional.....	25
1.5.1.3 Criterios de búsqueda y bases de datos .....	26
1.5.1.4 Descripción De Búsqueda.....	27
1.5.1.4.1 Búsqueda Sin Filtros .....	27
1.5.1.4.2 Búsqueda Con Filtros.....	27
1.5.2 Vigencia de la temática.....	28
1.5.2.1 Descripción De Los Artículos .....	29
1.5.2.1.1 Top 5 Más Citados En La Historia.....	29
1.5.3 Marco Teórico.....	32
1.5.3.1 Tipos de silla de ruedas .....	33
1.5.3.1.1 Sillas de ruedas manuales.....	33
1.5.3.1.2 Silla de ruedas eléctricas. ....	33
1.5.3.1.3 Silla de ruedas deportiva. ....	33

1.5.3.1.4	Silla de ruedas plegable.....	34
1.5.3.1.5	Silla de ruedas de transporte.....	34
1.5.3.1.6	Silla de ruedas modular. ....	34
1.5.3.2	Consideraciones de diseño para sillas de ruedas .....	34
1.5.3.2.1	Silla de ruedas adecuada. ....	34
1.5.3.2.2	Condiciones adversas. ....	35
1.5.3.2.3	Necesidades del usuario. ....	35
1.5.3.2.4	Consideraciones Ergonómicas. ....	36
1.5.3.2.5	Traslado. ....	37
1.5.3.2.6	Dimensiones totales.....	37
1.5.3.2.7	Capacidad de auto propulsión. ....	37
1.5.3.2.8	Soporte de postura.....	38
1.5.3.2.9	Marco. ....	39
1.5.3.2.10	Función.....	40
1.5.3.2.11	Marco rígido vs Marco plegable .....	42
1.5.3.3	Posicionamiento del usuario en la silla de ruedas .....	44
1.5.3.3.1	Base del asiento .....	44
1.5.3.4	Técnicas de manejo de la silla de ruedas.....	47
1.5.3.4.1	Manejo dependiente. ....	47
1.5.3.4.2	Manejo independiente. ....	47
1.5.4	Marco Conceptual.....	48
1.5.4.1	Historia De La Silla De Ruedas. ....	48
1.5.4.2	Discapacidad Motriz. ....	49
1.5.4.2.1	Clasificación De La Discapacidad Motriz .....	49
1.5.4.3	Equipos que mejoran la movilidad de la gente con discapacidad motriz.....	51

1.5.4.3.1	Scooter Eléctricos.....	51
1.5.4.3.2	Silla de Ruedas Motorizada.....	52
1.5.4.3.3	Andador Ortopédico Portable.....	52
1.5.4.4	Oximetría de pulso. ....	53
1.5.4.5	Frecuencia Cardíaca. ....	54
1.5.4.5.1	Rangos de frecuencia cardíaca .....	54
1.5.4.5.2	Mediciones Cuantificables. ....	55
1.5.4.6	Oxímetro de pulso .....	55
1.5.4.7	Tensiómetro Digital.....	56
1.5.4.8	Termómetro .....	57
1.5.4.9	Partes de una silla de ruedas.....	57
1.5.5	Marco Contextual .....	60
1.5.6	Marco Legal.....	62
1.6	Metodología .....	63
1.6.1	Marco Metodológico.....	64
1.6.1.1	Métodos de recolección de información .....	65
1.6.1.1.1	Encuesta. ....	66
1.6.1.1.2	Observación.....	66
1.6.1.1.3	Cálculo del sistema.....	66
1.6.1.1.4	Análisis de fuerza. ....	67
1.6.1.1.5	Panel Solar.....	71
1.6.1.1.6	Batería 24V – 100Ah.....	71
1.6.2	Materiales.....	72
1.6.2.1	Aluminio 6063 T-5.....	72
1.6.2.1.1	Comportamiento del aluminio.....	73

1.6.2.1.2	Lámina de aluminio 3003 H14.....	74
1.6.2.1.3	Filamento Impresión 3D.....	74
1.6.2.1.4	Espumas. ....	75
1.6.2.1.5	Panel Solar.....	76
1.6.2.1.6	Controlador de carga solar MPPT 25 Ah 600w.....	77
1.6.3	Línea De Investigación .....	78
1.6.4	Tipo De Investigación.....	78
1.6.5	Enfoque De La Investigación .....	78
1.6.6	Hipótesis .....	79
1.6.7	Descripción Metodológica.....	80
1.6.7.1	Fase 1.....	81
1.6.7.2	Fase 2.....	81
1.6.7.3	Fase 3.....	81
1.6.7.4	Fase 4.....	82
1.6.8	Descripción del diseño de la silla de ruedas .....	82
1.6.8.1	Renders del modelo en software Rhinoceros 3D .....	84
1.6.9	Validez de la Investigación.....	84
2	Presentación De Resultados .....	86
2.1	Resultados De Acuerdo Con Los Objetivos.....	86
2.1.1	Resultados Objetivo 1 .....	86
2.1.1.1	Buscar información en fuentes primarias.....	86
2.1.1.2	Visitas a zonas hospitalarias.....	87
2.1.1.3	Investigación de variedad de sillas de ruedas.....	87
2.1.1.4	Análisis de silla de ruedas convencional.....	88
2.1.1.5	Charlas con personal de salud .....	88
2.1.1.6	Entrevistas a la población afectada .....	89

2.1.1.7	Estudio entorno diario .....	89
2.1.1.8	Encuestas o cuestionarios.....	90
2.1.1.9	Cotización de materiales .....	91
2.1.1.10	Bosquejo.....	92
2.1.2	Resultados Objetivo 2.....	92
2.1.2.1	Adquisición de materiales .....	93
2.1.2.2	Construcción de la estructura .....	93
2.1.2.3	Impresión y ensamble de la estructura .....	94
2.1.2.4	Simulación de sistema de elevación de asiento.....	94
2.1.2.5	Motor Lineal Calculo de potencia y montaje.....	95
2.1.2.6	Sistema transmisión de la silla y llantas.....	95
2.1.3	Resultados Objetivo 3.....	96
2.1.4	Resultados Objetivo 4.....	96
2.2	Análisis e interpretación de resultados.....	97
2.2.1	Discusión técnica .....	97
3	Conclusiones .....	100
4	Recomendaciones.....	101
	Referencias bibliográficas .....	100
	Anexos.....	101

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Búsqueda de palabras claves sin filtros</i> .....	27
<b>Figura 2</b> <i>Búsqueda de palabras con filtros</i> .....	28
<b>Figura 3</b> <i>Vigencia del tema sin filtros</i> .....	28
<b>Figura 4</b> <i>Vigencia del tema con filtros</i> .....	29
<b>Figura 5</b> <i>Capacidad Autopropulsión</i> .....	38
<b>Figura 6</b> <i>Esquema de segmentos del cuerpo</i> .....	39
<b>Figura 7</b> <i>Medidas antropométricas fundamentales</i> .....	46
<b>Figura 8</b> <i>Resumen de medidas población colombiana</i> .....	46
<b>Figura 9</b> <i>Historia silla de ruedas</i> .....	49
<b>Figura 10</b> <i>Scooter desmontable Libercar Litium</i> .....	51
<b>Figura 11</b> <i>Silla de ruedas eléctrica</i> .....	52
<b>Figura 12</b> <i>Andador ortopédico portable</i> .....	52
<b>Figura 13</b> <i>Oxímetros o pulsioxímetros digital</i> .....	56
<b>Figura 14</b> <i>Tensiómetro digital</i> .....	56
<b>Figura 15</b> <i>Termómetros de mercurio y digital</i> .....	57
<b>Figura 16</b> <i>Partes de una silla de ruedas</i> .....	57
<b>Figura 17</b> <i>Sensor de ritmo cardiaco y concentración de oxígeno MAX30102</i> .....	61
<b>Figura 18</b> <i>Fuerzas de contacto</i> .....	67
<b>Figura 19</b> <i>Análisis estructural</i> .....	69
<b>Figura 20</b> <i>Análisis elementos finitos</i> .....	70
<b>Figura 21</b> <i>Factor de seguridad</i> .....	70
<b>Figura 22</b> <i>Composición química más generalizada aleación 6063</i> .....	72
<b>Figura 23</b> <i>Principales características física de aleación 6063</i> .....	73
<b>Figura 24</b> <i>Ficha técnica lámina de aluminio 3003 H14</i> .....	74
<b>Figura 25</b> <i>Filamento PC Policarbonato</i> .....	75
<b>Figura 26</b> <i>Cojín En Gel Poliuretano Para Silla De Ruedas</i> .....	76
<b>Figura 27</b> <i>Tipos de paneles solares</i> .....	77
<b>Figura 28</b> <i>Controlador de carga MPPT</i> .....	78
<b>Figura 29</b> <i>Diagrama de flujo proceso de manufactura silla</i> .....	83

<b>Figura 30</b> <i>Prototipo silla de ruedas</i> .....	84
<b>Figura 31</b> <i>Planos percentil 95</i> .....	84
<b>Figura 32</b> <i>Resultado de documentos en Scopus</i> .....	86
<b>Figura 33</b> <i>Visitas zonas hospitalarias</i> .....	87
<b>Figura 34</b> <i>Variedad sillas de ruedas</i> .....	87
<b>Figura 35</b> <i>Análisis y medidas silla de ruedas</i> .....	88
<b>Figura 36</b> <i>Charlas con personal de salud</i> .....	88
<b>Figura 37</b> <i>Entrevistas</i> .....	89
<b>Figura 38</b> <i>Tipos de terrenos</i> .....	89
<b>Figura 39</b> <i>Resultados encuesta</i> .....	90
<b>Figura 40</b> <i>Componentes electrónicos</i> .....	91
<b>Figura 41</b> <i>Materiales de impresión</i> .....	91
<b>Figura 42</b> <i>Materiales</i> .....	92
<b>Figura 43</b> <i>Bosquejo del diseño</i> .....	92
<b>Figura 44</b> <i>Adquisición materiales</i> .....	93
<b>Figura 45</b> <i>Construcción de estructura</i> .....	93
<b>Figura 46</b> <i>Impresión 3D prototipo</i> .....	94
<b>Figura 47</b> <i>Actuador lineal</i> .....	94
<b>Figura 48</b> <i>Cálculos y ensamble motor lineal</i> .....	95
<b>Figura 49</b> <i>Sistema transmisión del prototipo</i> .....	95
<b>Figura 50</b> <i>Pruebas panel solar</i> .....	96
<b>Figura 51</b> <i>Prueba piloto</i> .....	97

## **Índice de Tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Criterios de búsqueda enfocada a artículos referentes a silla de ruedas</i> .....	26
<b>Tabla 2</b> <i>Citaciones realizadas para el top 5 más citados</i> .....	30
<b>Tabla 3</b> <i>Determinación de carga</i> .....	67
<b>Tabla 4</b> <i>Descripción metodológica</i> .....	80

## **Índice de Anexos**

<b>Anexo 1.</b> Consentimiento informado para realizar encuestas a usuarios .....	107
<b>Anexo 2.</b> Diseño final de silla de ruedas con ocupante percentil 50.....	108
<b>Anexo 3.</b> Sistema de amortiguación trasero de la silla de ruedas .....	109
<b>Anexo 4.</b> Ubicación de motor lineal para elevación de asiento .....	110
<b>Anexo 5.</b> Diseño de chasis de silla de ruedas en Rhinoceros.....	111
<b>Anexo 6.</b> Diseño de chasis de la silla de ruedas en SolidWorks con vista lateral.....	112
<b>Anexo 7.</b> Diseño de chasis de la silla de ruedas en SolidWorks con vista superior .....	113
<b>Anexo 8.</b> Diseño de chasis de la silla de ruedas en SolidWorks con vista perspectiva .....	114
<b>Anexo 9.</b> Diseño de llantas delanteras de silla de ruedas tipo omnidireccionales .....	115
<b>Anexo 10.</b> Silla de ruedas en SolidWorks con vista lateral.....	116
<b>Anexo 11.</b> Silla de ruedas en SolidWorks con vista frontal.....	117
<b>Anexo 12.</b> Silla de ruedas en SolidWorks con vista inferior.....	118
<b>Anexo 13.</b> Estructura de la silla de ruedas en Rhinoceros con vista inferior .....	119
<b>Anexo 14.</b> Estructura de la silla de ruedas en Rhinoceros con vista frontal .....	120
<b>Anexo 15.</b> Diseño de llantas traseras en Rhinoceros.....	121
<b>Anexo 16.</b> Simulación de los percentiles 5, 50 y 95 en Rhinoceros .....	122
<b>Anexo 17.</b> Pruebas de eficiencia energética.....	123
<b>Anexo 18.</b> Carga de baterías mediante panel solar y controlador de carga solar.....	124
<b>Anexo 19.</b> Monitoreo de signos vitales mediante sensor Max30102 y DS18B20.....	125
<b>Anexo 20.</b> Visualización de signos vitales mediante pantalla TFT .....	126
<b>Anexo 21.</b> Diseño del circuito del sistema de elevación de asiento con motor lineal.....	127
<b>Anexo 22.</b> Construcción de motor lineal.....	128

## **Introducción**

El proyecto de grado tiene como tema: “Prototipo de silla de ruedas híbrida con etapa de toma de signos vitales”. Su importancia se establece en servir como referente para el diseño y construcción de estos tipos de sillas de ruedas.

Esta investigación se enfocó en proponer una solución para aquellas personas que tienen una movilidad reducida, siendo una discapacidad que se puede ocasionar por enfermedades e incluso por accidentes o atrofas musculares, entre otras causas o razones.

Este proyecto surgió de la necesidad para dar soporte a la escasa o reducida movilidad de cierto tipo de personas, así como también, para brindar una alternativa en la confortabilidad de la población que padece de algún tipo de discapacidad motriz, por lo cual se ha diseñado un prototipo de silla de ruedas híbrida, ajustable en altura para facilitar el traslado desde la silla hacia otra superficie e incluyendo una etapa de toma de signos vitales para un mejor control y atención del estado de salud del paciente, logrando una reducción en los costos para aquellas personas que no poseen los suficientes recursos económicos para la adquisición de un sistema de esta complejidad y así mismo facilitar los desplazamientos y la seguridad de los pacientes.

El prototipo construido posee características especiales y un diseño mejorado y funcional, que cumple bien con los requerimientos para los que está orientado, como son, mejorar la comodidad, satisfacer la necesidad en la movilidad de las personas que tienen alguna discapacidad y mantener una adecuada relación entre costo – beneficio, a través del uso de materiales de buena calidad y más económicos, que brinden unas alternativas accesibles y cómodas para los pacientes y de igual forma, para las personas que están al tanto de su cuidado.

El asiento del prototipo en mención cuenta con la función de ser ajustable en cuanto a la altura, lo cual facilita el traslado desde la silla hasta otra superficie, aumentando así la eficiencia de su funcionamiento y la minimización de los riesgos de la manipulación y la ubicación de los usuarios con un mínimo apoyo técnico.

## **1 Resumen del proyecto**

En la actualidad la tecnología y la ciencia han evolucionado rápidamente, dando a conocer distintas maneras de ayudar para facilitar la vida de personas que sufren algún tipo de discapacidad. Gracias a esas tecnologías, se permite a la población discapacitada mejorar su calidad de vida, les posibilita el que puedan usar sus potencialidades en el ámbito laboral. El proyecto desarrolló un prototipo de silla de ruedas híbrida, que incluye la modificación de una silla de ruedas tradicional, favoreciendo la movilidad de personas pertenecientes al grupo de gente en mención.

A las personas que deben usar algún tipo de apoyo para la realización de actividades en su vida cotidiana, se les puede brindar variedad de ayudas, con las cuales, a pesar de su limitación, podrían ser capaces de realizar sus respectivos desplazamientos a otros lugares de una manera autónoma e independiente, surgiendo la necesidad de realizar un proyecto con el cuál se sientan cómodos y seguros al momento de transportarse, por tal motivo se elaboró una silla de ruedas híbrida, con un sistema de alerta de signos vitales del usuario, para que alerte a la persona encargada sobre el estado actual del paciente y así les sea más fácil llevar un buen control y monitoreo sobre el estado de salud de este. El prototipo de silla de ruedas logró satisfacer y cubrir las necesidades potenciales de personas con algún tipo de discapacidad motora, siempre pensando en no afectar el medio ambiente, por lo que se implementó como fuente de alimentación suplementaria a las fuentes de energía no convencional.

Con este proyecto se buscó mejorar la calidad de vida a personas que tienen algún tipo de discapacidad motora, población que debe enfrentarse a diferentes tipos de contextos, adaptándose a esta nueva forma de vida; en la población colombiana el 12% tienen alguna discapacidad motora, el 4% se produce por enfermedades neuromusculares, el 5% por accidentabilidad y el 3% por algún otro motivo, por lo cual, deben hacer uso de aparatos para realizar actividades. En la actualidad, se han diseñado variedad de productos con los que se pretende facilitar estas acciones, lo cual ha motivado a la propuesta de un prototipo que brinde mayor seguridad, eficiencia y confort, utilizando algún tipo de fuente de energía no convencional, de tal manera que sea amigable con el medio ambiente, disminuyendo la emisión de sustancias

contaminantes; se logró utilizar herramientas habituales que se acondicionen en la silla de ruedas, teniendo en cuenta procedimientos que evitaran un mal funcionamiento en el prototipo, ya que consta de dos motores eléctricos aproximadamente de 350 watts de potencia, instalados en el lugar menos incómodo para la persona como son las llantas del prototipo. Se realizaron análisis, con el fin de considerar cómo se encuentra la contaminación y que beneficios tiene en el medio ambiente con este tipo de energías no convencionales.

En el prototipo, se implementó un actuador lineal que se ajusta el asiento de la silla a las diferentes alturas para facilitar el traslado de los usuarios a las diferentes superficies, con el propósito de mejorar la comodidad de los usuarios y facilitar el manejo y su respectivo desplazamiento, para favorecer la conducción de la silla de ruedas, se implementó un sistema de manejo inalámbrico basado en un joystick portátil. Las ideas previamente expuestas se basan en la información recolectada sobre la inconformidad de algunos pacientes en el momento de desplazarse en la silla ruedas tradicional, debido a que en las diferentes circunstancias a las que están expuestas, provoca incomodidades, generando dificultad para el manejo de estas sillas, por lo cual se realizó adaptaciones utilizando mecanismos extras para ofrecer una mejor sensación en el momento de hacer uso de la silla de ruedas híbrida.

## **1.1 Descripción Del Problema**

En Colombia, de acuerdo con las proyecciones del Departamento Nacional de Estadística (DANE), el 12% de la población posee algún tipo de discapacidad física, sensorial o cognitiva, lo que se estima en 5.435.394 personas. Esta cifra se encuentra en constante aumento debido a factores como la accidentalidad, enfermedades crónico-degenerativas, la violencia intrafamiliar, el conflicto armado interno, entre otros. Así, por una parte, en el caso de la discapacidad física en malestares musculoesqueléticos se reporta alrededor del 13% en estudios comunitarios. Por otra parte, en artritis reumatoide (AR) específicamente la discapacidad se reporta en el 35,3% comparado con el 8% de la población general. Para el caso de la espondilitis anquilosante (EA), la capacidad funcional se encuentra disminuida en 30 puntos comparada con la población libre de enfermedad. (Herrera, Pelaez, Ramos, Sánchez, & Burgos, 2013)

En el año 2011, en un informe de la Organización Panamericana de la Salud se da a conocer sobre el gran problema al que se convierte la accesibilidad, movilidad que deben enfrentarse la población que sufren de discapacidades, esto se debe a los obstáculos arquitectónicos y urbanísticos que dificultan el ingreso a diferentes lugares en los que realizarán sus actividades cotidianas (Chan & Zoellick, 2011). Existen diferentes problemas de salud que pueden causar un tipo de discapacidad, como pueden ser las enfermedades reumáticas. Además, se debe tener en cuenta otras discapacidades secundarias, como son las que implican una amputación o un accidente. Las investigaciones realizadas se basan en la ergonomía y en las necesidades específicas del uso de una silla de ruedas eléctrica, así como en los principios del diseño y la medición de los signos vitales, todo esto centrado en la comodidad y beneficio de los usuarios. (Herrera y otros, 2013)

En base a las investigaciones realizadas, se desarrolló un prototipo de silla de ruedas híbrida que realice funciones, las cuales benefician a los usuarios de una forma en la que se hace monitoreo de los diferentes estados de salud del mismo, esto se debe gracias a la creación e implementación de un sistema de mediciones de signos vitales, de igual manera esto también beneficia al personal encargado de los pacientes, ya que les facilita la obtención de la toma de sus signos vitales y así se logra una mayor atención sobre el paciente. Se realizan modificaciones de un sistema de amortiguación beneficiando la comodidad y seguridad de las personas para que ellos puedan lograr desplazarse de una manera más práctica y accesible.

## **1.2 Formulación Del Problema**

¿Cómo desarrollar un prototipo de silla de ruedas híbrida, capaz de realizar un diagnóstico sobre los signos vitales, teniendo en cuenta variables como presión arterial, temperatura corporal, frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno de los usuarios, incluyendo mejoras en la confortabilidad, acceso y movilidad?

### **1.3 Justificación**

La silla de ruedas facilita la movilidad a pacientes que no pueden caminar ni desplazarse por sí mismos con otros dispositivos, facilitando así su autonomía e integración social. En la investigación desarrollada se dió a conocer el problema que existen en diferentes zonas hospitalarias y/o también que suceden en la vida cotidiana de la población con diferentes discapacidades, como la problemática en cuanto a movilización de personas con enfermedades que les impida un fácil desplazamiento o que hayan sufrido algún tipo de accidente, dando a conocer sobre la falta de equipos ágiles para una fácil accesibilidad a los diferentes lugares, durante el transcurso del proyecto. Así, se buscó aumentar la información para lograr ideas de un diseño ergonómico y la construcción de una silla de ruedas que se caracterizará por beneficiar a las personas que necesitan de ayudas para realizar sus respectivos traslados, gracias a la creación y elaboración de este proyecto se pueden beneficiar muchas instituciones u organizaciones que trabajan con personas que presentan diferentes tipos de discapacidades.

El tipo de sillas de ruedas convencionales o tradicionales generan incomodidades físicas que afectan a las personas en cuanto a la postura, también provocando la pérdida de función muscular y úlceras en las mismas, en varias ocasiones resultarían inconformidades en los encargados de los pacientes al momento de ayudarlo en su desplazamiento. Pero por otro lado existen las sillas de ruedas eléctricas las cuales eliminan la labor o el trabajo que realiza el encargado de llevar al paciente, cabe destacar que estas tienen costos elevados, variando, dependiendo el material y accesorios que pueden tener, lo que trae como consecuencia y desventaja para aquellas personas que no poseen los suficientes recursos económicos y les sea difícil adquirirla. El costo de una silla de ruedas en Colombia tiene un rango desde los \$3.700.000 hasta valores tan elevados como \$50.000.000. En muchos hospitales las sillas de ruedas provienen de donaciones de grandes empresas; sin embargo, no todas son utilizadas debido a lo costoso que resultan las refacciones y el mantenimiento.

En el presente proyecto se pretendió responder a esas demandas que presentan las personas con discapacidad, asegurando una forma fácil de manejo así como también, facilitando la

adquisición del prototipo a un costo no razonable, sin que este último sea un factor que le reste calidad al producto.

En el desarrollo del proyecto, como siguiente paso, se implementó un sistema de medición de signos vitales, elaborado para un mayor monitoreo y registro del estado de salud de los pacientes al momento de usarlo. Con las investigaciones y visitas realizadas se logró aumentar conocimientos para obtener un buen prototipo funcional y adecuado a las necesidades de la población, brindándoles facilidades para poder realizar actividades de una manera más fácil y eficaz.

### ***1.3.1 Importancia y alcance del proyecto***

En el presente proyecto de investigación, se logró un diseño y construcción de un prototipo de silla de ruedas híbrida, el cual tiene como finalidad ayudar a que las personas con algún tipo de discapacidad motriz puedan realizar sus actividades diarias de una manera más independiente, reduciendo así la asistencia que puede brindarle un tercero.

Dentro de las ventajas que se presentan en este proyecto innovador, está el favorecimiento al sector salud, las instituciones médicas, ancianatos e incluso familias que tengan algún miembro con movilidad reducida. Otra virtud que presenta este prototipo es que se puede ajustar su altura para una mayor comodidad según las exigencias del paciente, favoreciendo que los traslados del paciente desde la silla hacia otro lugar, se pueda hacer reduciendo el esfuerzo que previamente se aplicaba, con más de una persona. Se desea mantener el confort, sin descuidar la atención a los pacientes, por lo que se desarrolló un sistema capaz de medir los signos vitales del paciente tales como la saturación de oxígeno, frecuencia cardíaca y la temperatura corporal, de esta manera el encargado de cuidar al paciente podrá estar al tanto del estado de salud actual del paciente y de las potenciales alertas que se pueden generar por cambios súbitos en las variables vitales evaluadas.

Otro punto a tener en cuenta habla sobre que para la obtención de este tipo de silla de ruedas suele ser muy costoso para la mayoría de los casos, dependiendo de las prestaciones que se

necesite, inclusive si no es nueva, su precio no deja de ser elevado, debido a esto, es de vital importancia presentar una opción alternativa o de respaldo la cual pueda ser asequible para la población anteriormente mencionada, brindando similares prestaciones o incluso características adicionales a las que ofrecen las demás sillas de ruedas que se encuentran en el mercado. La mayoría de los materiales para la construcción de una silla de ruedas se los puede encontrar en el mercado nacional, siendo esto una ventaja, ya que se disminuyen los costos y el mantenimiento de estas. En algunas ocasiones la adquisición de los componentes puede ser más complicada y es necesario realizar una compra internacional, lo cual incrementa el tiempo de espera. Por lo descrito anteriormente, se espera que, con el desarrollo de este proyecto, aquellas personas que no poseen los suficientes recursos económicos puedan adquirirla y acceder a esta alternativa tecnológica en la región.

Uno de los propósitos más destacables en la creación de un prototipo de silla de ruedas híbrida con etapa de toma de signos vitales, además de probar su viabilidad y funcionalidad, es ofrecer una mejor calidad de vida para aquellas personas con algún tipo de discapacidad motora, quienes tienen que pasar la mayor parte de su tiempo sentados en una silla de ruedas y depender de que otras personas les ayuden en sus actividades diarias. Con este proyecto se ha logrado que el paciente pueda acomodarse plácidamente en la silla y descansar de una manera cómoda, realice sus actividades diarias de manera autónoma garantizando que durante el tiempo en que se encuentren en la silla de ruedas, puedan realizar su respectiva recuperación, con el fin de mejorar sus condiciones de vida.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo General:***

Desarrollar un prototipo de silla de ruedas híbrida, que integre energías renovables y que implemente un sistema para la medición de signos vitales.

### ***1.4.2 Objetivos Específicos:***

- Levantar requerimientos referentes al desarrollo de un prototipo para el monitoreo de variables vitales en humanos y del funcionamiento de este.
- Construir un sistema para la adquisición, procesamiento y monitoreo de señales vitales y variables físicas de la silla de ruedas.
- Construir un sistema de alimentación para una silla de ruedas convencional utilizando fuentes de energía tradicionales y renovables.
- Validar el funcionamiento del prototipo mediante una prueba piloto realizada a una población específica.

## **1.5 Marco Referencial**

### **1.5.1 Marco De Antecedentes:**

**1.5.1.1 Nivel Internacional.** A nivel internacional se encuentran diferentes proyectos y propuestas que buscan facilitar la movilidad de la población que sufre de diferentes tipos de discapacidad motriz, se han realizado bastantes investigaciones acerca de prototipos sobre sillas de ruedas para beneficiar a estas personas, tal y como se desarrolló en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, con su proyecto de investigación llamado Diseño y fabricación de un automóvil de energía solar para personas con discapacidades diferentes el huasteco. De esta investigación se logra obtener diferentes métodos que se utilizan para fabricar y diseñar un prototipo automovilístico con un generador fotovoltaico, exigiendo una configuración física y eléctrica para optimizar su instalación en el vehículo. (Valdez, 2008)

En Paraguay se logra encontrar un proyecto que se basa en optimizar el rendimiento de los paneles fotovoltaicos, basándose en diseñar un programa que funcione como seguidor solar, haciendo que los paneles sigan las trayectorias del sol y se posicionen hacia este de forma perpendicular a los rayos del sol, este proyecto es denominado Automatización de panel solar. Los autores de este proyecto buscan lograr el mayor rendimiento de los paneles fotovoltaicos, haciendo que estos busquen mediante sensores las diferentes trayectorias de la ubicación del sol, para estar en funcionamiento el mayor tiempo posible, siendo un prototipo creado a base de materiales reciclados y logrando una gran precisión en sus movimientos. (Cardozo y Martínez, 2009)

En México se desarrolló un proyecto sobre un vehículo que sigue una dirección establecida, y así poder controlar la dirección y la velocidad a la que se maneja el vehículo, la trayectoria al ser realizada por la persona, se denomina el vehículo como semiautónomo, se hicieron el uso de sensores, desde microcontroladores, puente H, potenciómetro para usarlo como sensor de dirección, se calculan datos en base a la posición del vehículo para poder obtener el control de la trayectoria, este proyecto es nombrado Control de dirección de un vehículo autónomo, sus autores con este proyecto pretenden generar un método para automatizar un vehículo y que

realice de una manera autónoma tareas especializadas, el vehículo planificaría sus movimientos en el sitio de operación siendo navegado por sensores para posicionarse. (Palacios, 2000)

**1.5.1.2 Nivel Nacional.** A nivel nacional se han realizado numerosas investigaciones con la finalidad de proponer una solución al desplazamiento para las personas con algún tipo de discapacidad, se han presentado muchas propuestas sobre el desarrollo de sillas de ruedas que van enfocadas a esta población en específico, como se ha desarrollado en Colombia por la Universidad de Córdoba con su trabajo de investigación denominado Crear una silla de ruedas eléctrica de bajo costo para personas con discapacidad motriz controlada por un dispositivo manual y móvil con sistema operativo Android, de la cual realiza un estudio sobre esta población la cual es muy vulnerable y sus estilos de vida resultan ser bastante difícil, y lo que busca con esta idea es que la persona pueda desarrollarse y a la hora de realizar sus respectivas actividades lo haga de una manera mucho más independiente. . Lo que se busca con este proyecto es dar solución al problema de movilidad o desplazamiento de personas con discapacidad motriz a través de la creación de una silla de ruedas eléctrica de bajo costo, controlada por medio manual y móvil con sistema operativo Android, garantizando el acceso económico y mejorando calidad de vida. De esta propuesta se obtiene unos buenos parámetros para llevar a cabo la construcción de la silla de ruedas eléctrica que se propone en el documento. Obteniendo así un prototipo muy útil para esta población (Hernández, 2015)

Por otra parte, se realizó un trabajo que se basa en un diseño conceptual de una silla bipedestadora para baño la cual se basa en facilitar a las personas que sufren de una discapacidad motriz, la realización de sus actividades al momento de la higiene personal, y que sea una forma más independiente y privada para hacerlo. Se usaron diseños para definir cada componente, y lograr la validación mecánica del proyecto, el cuál es nombrado Diseño de silla bipedestadora de baño para pacientes con discapacidad de miembro inferior. Con los resultados obtenidos se permite la presentación del diseño, con fácil acceso a un baño con muebles estándar. (Giraldo, 2012)

En la ciudad de Pereira se llevó a cabo un proyecto en el cual se implementa un sistema de seguridad vehicular por redes, ofreciendo un sistema completo para vehículos automotores, más

eficaz, económico y funcional, además de ser completamente adaptable a las necesidades de cada usuario, este proyecto se denomina Implementación, control y monitoreo de un sistema de seguridad vehicular por redes gsm/gprs. El proyecto fue diseñado con normas internacionales y redes de comunicación, también da un aporte al medio ambiente, gracias a la disminución de la contaminación electrónica y la reutilización de algunos componentes electrónicos. (Bedoya, Salazar y Muñoz, 2013)

### 1.5.1.3 Criterios de búsqueda y bases de datos

En esta ocasión se usa la base de datos Scopus, en donde se aplican unos filtros para poder encontrar artículos más citados y los más relevados durante los últimos 6 años.

**Tabla 1**

*Criterios de búsqueda enfocada a artículos referentes a silla de ruedas*

<b>Tipo de búsqueda</b>	<b>Artículo</b>
<i>Criterios de búsqueda</i>	<i>“ELECTRIC WHEELCHAIR” OR “VITAL SIGNS” OR “MONITORING” OR “RENEWABLE ENERGY”</i>
<i>Período de búsqueda</i>	<i>2016 – 2022</i>
<i>Número de documentos encontrados sin filtro</i>	<i>750</i>
<i>Idioma</i>	<i>Solo artículos en inglés</i>
<i>Filtro por área temática</i>	<i>Ciencias de la computación Ingeniería Medicina</i>
<i>Tipo de documentos</i>	<i>Artículos</i>
<i>Número de documentos encontrados con filtros</i>	<i>465</i>

## 1.5.1.4 Descripción De Búsqueda

### 1.5.1.4.1 Búsqueda Sin Filtros:

A continuación, se indica la Figura 1 con los resultados de búsqueda y palabras claves sin hacer uso de filtros.

**Figura 1**

*Búsqueda de palabras claves sin filtros*

The screenshot shows a search interface with the following elements:

- Search Bar:** Search within: Article title, Abstract, Keywords. Search documents\*: electric AND wheelchair.
- Buttons:** Save search, Set search alert, Add search field, Reset, Search.
- Document Types:** Documents, Patents, Secondary documents, Research data (106).
- Results Summary:** 750 documents found.
- Filters:** Clear all, Year, Author name, Subject area (Engineering: 350, Medicine: 349, Health Professions: 179, Computer Science: 166).
- Document List:**

Document title	Authors	Source	Year	Citations
91 Hybrid solar-RF energy harvesting systems for electric operated wheelchairs Article • Open access	Nguyen, C.V., Nguyen, M.T., Quyen, T.V., ... Nguyen, H.T., Nguyen, V.Q.	Electronics (Switzerland), 9(5), 752	2020	7
92 A condensed wheelchair skills training 'bootcamp' improves students' self-efficacy for assessing, training, spotting, and documenting manual and power wheelchair skills Article	Smith, E.M., Best, K.L., Miller, W.C.	Disability and rehabilitation. Assistive technology, 15(4), pp. 418-420	2020	8

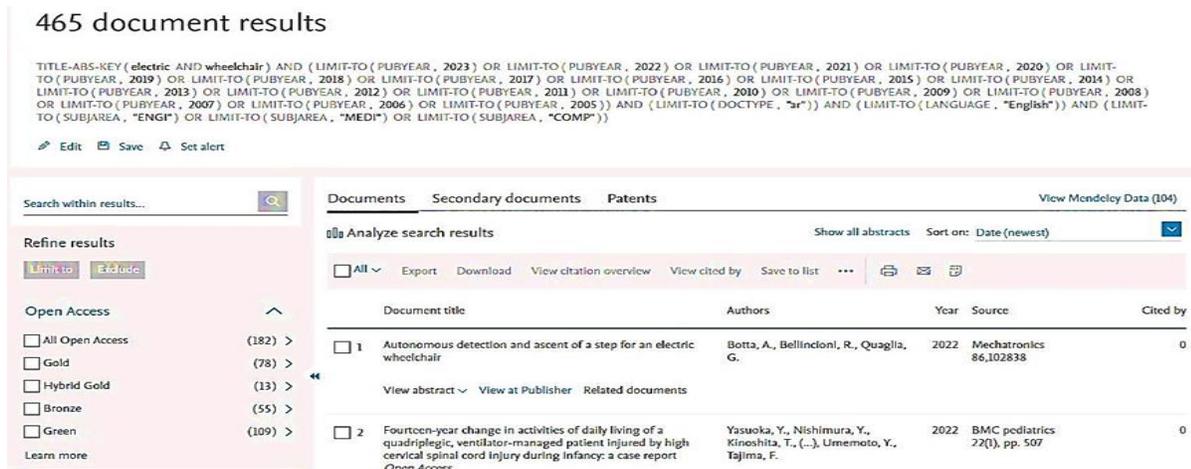
Fuente: (Autoría propia, 2022)

### 1.5.1.4.2 Búsqueda Con Filtros: (Artículo, inglés y años).

Como se observa con anterioridad al momento de realizar la búsqueda sin filtros se generan una gran cantidad de investigaciones (ver Figura 1), se considera hacer el uso de filtros siendo de tipo de artículo, inglés y años para que la búsqueda sea menor y más enfocada. A continuación, se observa La Figura 2 sobre los resultados de la búsqueda aplicando los filtros.

**Figura 2**

*Búsqueda de palabras con filtros*



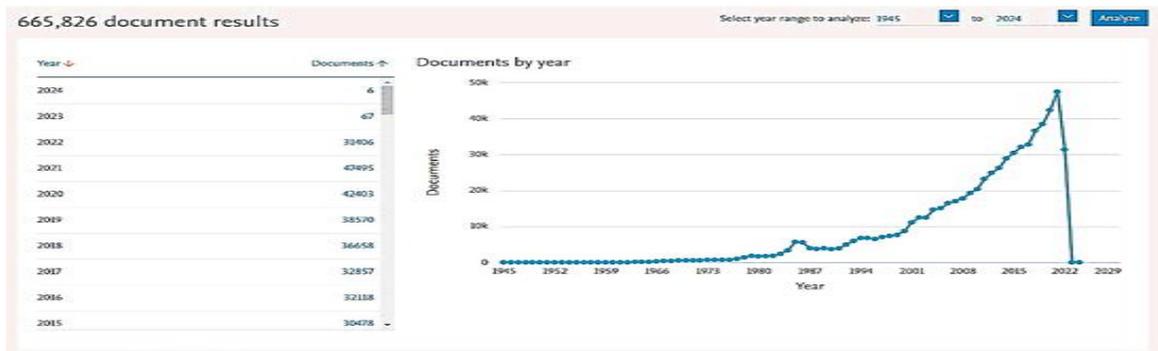
Fuente: (Autoría propia, 2022)

**1.5.2 Vigencia de la temática**

En la siguiente gráfica Figura 3, observamos sobre el tema investigado a partir del año 2005 hasta el 2023, en los cuales se ha tenido un incremento en las publicaciones de sus documentos, se debe tener en cuenta que, en los últimos 2 años estas búsquedas sobre este tipo de documentos disminuyeron significativamente hasta el año actual.

**Figura 3**

*Vigencia del tema sin filtros*



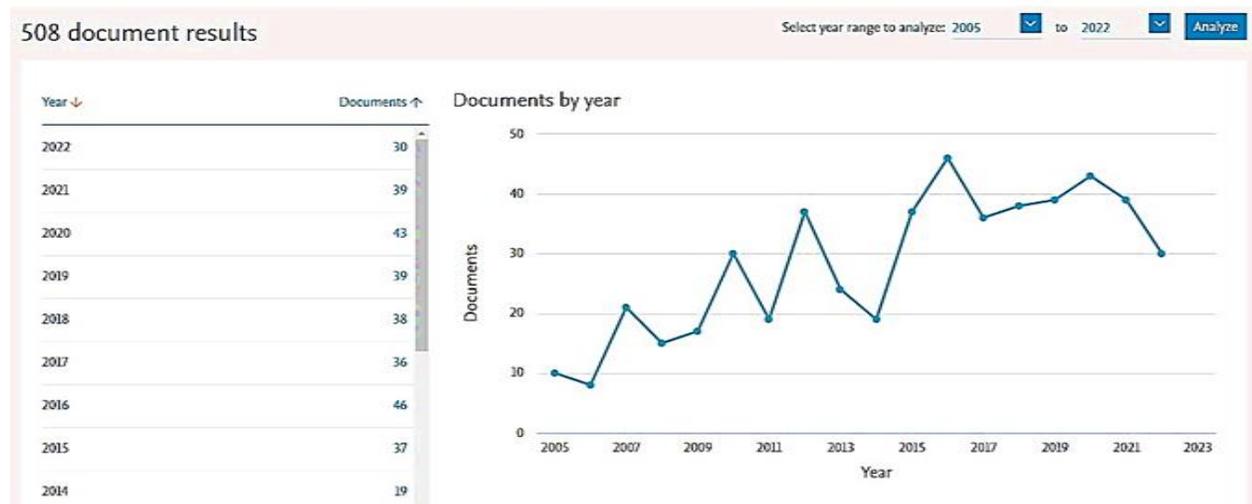
Fuente: (Autoría propia, 2022)

A continuación, se indica la Figura 4, se logra apreciar el número de publicaciones al hacer el uso de los filtros tipo (artículo, inglés y años), dando a conocer sobre el número de publicaciones más alto se da entre los años 2015 hasta el año 2021, al siguiente año la cantidad de publicaciones tuvo un decrecimiento hasta la fecha actual y siguientes años.

## Figura 4

### Vigencia del tema con filtros

TITLE-ABS-KEY (electric AND wheelchair) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2023) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2015) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2014) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2013) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2012) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2011) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2010) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2009) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2008) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2007) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2006) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2005)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English"))



Fuente: (Autoría propia, 2022)

### 1.5.2.1 Descripción De Los Artículos

1.5.2.1.1 *Top 5 Más Citados En La Historia* Diversos aspectos con respecto a los artículos tomados se muestran en la Tabla 2, teniendo en cuenta las citaciones realizadas para los artículos más citados.

**Tabla 2**

*Citaciones realizadas para el top 5 más citados*

<b>No.</b>	<b>Autores y año</b>	<b>Número de citaciones</b>	<b>Área temática</b>
<b>1</b>	<i>Barea, R., Boquete, L. (2002)</i>	<i>374</i>	<i>IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering</i>
<b>2</b>	<i>Tanaka, K, Matsunaga, K. (2005)</i>	<i>273</i>	<i>IEEE Transactions on Robotics</i>
<b>3</b>	<i>Aylor, JH, Thieme, A. (1992)</i>	<i>195</i>	<i>IEEE Transactions on Industrial Electronics</i>
<b>4</b>	<i>Simpson, Lopresti (2008)</i>	<i>166</i>	<i>Jornal of Rehabilitation Research and Development</i>
<b>5</b>	<i>Barea R, Boquete, L. (2002)</i>	<i>163</i>	<i>Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications</i>

Gracias a todos los avances que se logran día a día en los diseños de las sillas de ruedas eléctricas, las personas que sufren enfermedades de discapacidad motriz, como podrían ser esclerosis lateral amiotrófica (ELA), les brinda gran cantidad de beneficios y herramientas para que las personas a usarlas sean más independientes y logren una mejor movilización, de igual manera para darle uso a este tipo de sillas de ruedas se debe ser hábil en unos aspectos y así lograr aprender a usarla y operarla, se sabe que algunas personas que sufren alguna discapacidad motora no pueden manejar una silla de ruedas eléctrica manualmente, incluso aunque tenga el mando del joystick, porque desafortunadamente estas personas carecen de ciertas capacidad físicas que les impide el poder controlar los movimiento en sus manos, como podría ser el caso antes indicado (ELA), actualmente los diseños de sillas de ruedas eléctricas inteligentes aumenta, hasta poder dar soluciones para que todas las personas a usarlas no tengan dificultad de hacerlo, existen sillas inteligentes capaz de que las puedan controlar a través de la mirada y poder proporcionar la navegación continua y en tiempo real en los recorridos o entornos a los que se someterá el usuario, para estás sillas es necesario el uso de gafas con seguimiento ocular, en las que deben verificar la geometría de las zonas, varios sensores ya sean de ultrasonido, infrarrojos

que puedan detectar y poder evitar los obstáculos que se presentan, y demás componentes para una mayor seguridad, comodidad y eficacia de los usuarios; hoy en día las sillas de ruedas se utilizan para la movilización de personas discapacitadas, pero se presentan algunos casos en donde el paciente no puede controlar la silla de ruedas por sí mismo ya que sus funciones motoras están deshabilitadas y para recuperar la movilidad se propone diseñar una silla de ruedas controlada por el cerebro la cual se caracteriza por permitir y darle la oportunidad al paciente de controlar la silla de ruedas con sus pensamientos, P300 es una señal eléctrica cerebral confiable que se caracteriza por su alta sensibilidad para detectar alteraciones en el funcionamiento cognitivo, lo que permite objetivar aquellos déficits cognitivos antes de que puedan valorarse con los estudios neuropsicológicos convencionales, el potencial evocado P300 es de gran utilidad en la valoración de funciones cognitivas en gran número de trastornos, en estos casos para estos tipos de proyectos podría usarse para interpretar los comandos del paciente y en esta investigación tiene como objetivo proponer un prototipo que le permita al paciente que presente algún tipo discapacidad motriz controlar su herramienta de movilización en este caso la silla de ruedas y de esta manera adaptarla para poder hacer las tareas que realiza comúnmente en su diario entorno; este prototipo presenta cuatro comandos direccionales (girar a la derecha o a la izquierda, atrás y adelante) esto en el modo de control compartido, siendo para esto es de vital importancia garantizar la seguridad del paciente durante el tiempo en que este se encuentre operando o maniobrando la silla, pero gracias a las funciones que se incluyeron de detección y evitar obstáculos se realizó de una manera correcta, finalmente en esta investigación se desarrolló tres módulos de entrada alternativos: primero un módulo de seguimiento ocular, segundo un módulo de control de mentón y por último un módulo para la mano, de esta manera el paciente tendrá la libertad de seleccionar que tecnología de asistencia desea emplear todo esto basándose en función de su nivel de discapacidad (Puanhvuan 2017).

En la actualidad se encuentran una gran variedad de artículos que proponen un sistema novedoso que permite a una persona con discapacidad motora controlar una silla de ruedas a través de la mirada y proporcionar una navegación continua y en tiempo real en entornos desconocidos. El sistema consta de una silla de ruedas Permibile M400, gafas de seguimiento ocular, una cámara de profundidad para capturar la geometría del espacio ambiental. un conjunto

de sensores de ultrasonido e infrarrojos para detectar obstáculos con poca proximidad que están fuera del campo de visión de la cámara de profundidad.

Existen tecnologías para el almacenamiento de energía las dos más principales que podemos encontrar son las baterías y los condensadores electroquímicos de doble capa, los cuales son más conocidos como ultra condensadores. Las baterías son usadas para una densidad de energía más alta y los ultra condensadores aunque tienen una densidad de energía alta incluso siendo superior a la de las baterías son comúnmente más utilizados para lograr manejar picos de tensión de corta duración haciéndolos más eficientes que las baterías y también nos brindan una mayor vida útil en la carga y descarga.

Para la medición de la energía se debe tener en cuenta la administración de energía consientes de la recolección por lo cual el módulo de recolección debe tener capacidades de recolección de energía, este módulo puede aprender sobre el patrón de disponibilidad de energía solar, la recolección de las energías ambientales, sin una opción viable, sin embargo el hacer un diseño de un sistema de captación solar eficiente, implica la comprensión de diferentes factores, por lo general se hace el análisis para los diversos componentes, como opciones de diseño y compensaciones que se encuentran en el módulo de recolección de la energía solar y su impacto en su eficiencia.

### ***1.5.3 Marco Teórico***

La silla de ruedas es una herramienta de movilidad la cual está diseñada con el objetivo de proporcionar independencia y autonomía a las personas con algún tipo de discapacidad. Una silla de ruedas funciona como un sistema que resuelve requisitos múltiples y a menudo contradictorios, agrupados libremente en torno a la movilidad y el apoyo postural. Un usuario de silla de ruedas a menudo debe utilizar una sola silla de ruedas para una amplia gama de actividades en una amplia gama de entornos interiores y exteriores. Además, los diseños de sillas de ruedas normalmente deben servir a un número diverso de personas, cada una de las cuales tiene necesidades posturales, ambientales y de movilidad únicas. Como tal, es importante tener en cuenta que diseñar una silla de ruedas implica afrontar un enorme número de compromisos

interrelacionados, y que las decisiones sobre un aspecto del rendimiento de una silla de ruedas normalmente afectan a otros aspectos. La silla de ruedas no solo proporciona movilidad, también se brinda una mayor independencia dependiendo de la discapacidad del usuario le y brinda más bienestar, lo que se obtiene es que la silla de ruedas es un componente esencial el cual puede mejorar la calidad de vida de los usuarios.

### **1.5.3.1 Tipos de silla de ruedas**

Existen varios tipos de sillas de ruedas diseñadas para satisfacer las distintas y específicas necesidades de cada uno de los usuarios.

1.5.3.1.1 ***Sillas de ruedas manuales:*** Las sillas de ruedas manuales son versátiles y adecuadas para su uso tanto en interiores como en exteriores. Tienen la ventaja de poder maniobrar con facilidad en aquellos espacios reducidos y evadir obstáculos.

1.5.3.1.2 ***Silla de ruedas eléctrica:*** Está equipada con un motor eléctrico el cual impulsa las ruedas traseras. Este motor es controlado por el usuario mediante de un joystick u otra interfaz de control similar. Su principal mérito es que no se requiere esfuerzo físico para moverse, lo que es especialmente beneficioso para personas con debilidad muscular o limitaciones en la función de algunas de sus extremidades.

1.5.3.1.3 ***Silla de ruedas deportiva:*** Una silla de ruedas deportiva es una silla de ruedas diseñada para actividades deportivas y recreativas, diseñadas para proporcionar movilidad a personas con discapacidad mientras participan en deportes y actividades al aire libre. Estas sillas son generalmente más livianas, más flexibles y aerodinámicas que las sillas de ruedas estándar.

1.5.3.1.4 **Silla de ruedas plegable:** Una silla de ruedas plegable es una silla de ruedas fácil de transportar y almacenar. Estas sillas son ideales para personas con movilidad limitada que necesitan una silla de ruedas, pero desean la flexibilidad de plegarla y llevarla consigo cuando viajan o salen de casa. Es importante destacar que, aunque las sillas de ruedas plegables son muy prácticas, es muy importante elegir la silla que mejor se adapte a las necesidades individuales del usuario en cuanto a tamaño, comodidad y capacidad de peso,

1.5.3.1.5 **Silla de ruedas de transporte:** Es un tipo especial de silla de ruedas diseñada para el transporte ocasional de personas con movilidad reducida. A diferencia de las sillas de ruedas estándar o deportivas, estas sillas están diseñadas principalmente para ser empujadas por un cuidador o acompañante y no por el usuario. Es importante tener en cuenta que las sillas de ruedas de transporte no están diseñadas para que el usuario las utilice de forma autopropulsada o a largo plazo. Su objetivo principal es proporcionar movilidad a personas que tienen dificultades para caminar en determinadas condiciones, o transportar pacientes en hospitales o centros médicos.

1.5.3.1.6 **Silla de ruedas modular:** Es una silla de ruedas que tiene un diseño personalizado que se puede adaptar a las necesidades específicas del usuario. Estas sillas ofrecen una flexibilidad excepcional y permiten ajustar y reconfigurar los distintos componentes para lograr una comodidad, funcionalidad y movilidad óptimas. Estas sillas son ideales para personas con discapacidades que necesitan una silla de ruedas para adaptarse a sus necesidades cambiantes o específicas.

## 1.5.3.2 Consideraciones de diseño para sillas de ruedas

1.5.3.2.1 **Silla de ruedas adecuada.** Según la OMS se define como una silla de ruedas apropiada aquella que proporciona un ajuste adecuado y soporte postural, también debe de satisfacer las necesidades del usuario, debe de brindar seguridad y ser duradero con el pasar, aquella que se pueden adquirir y mantener los servicios de manera sostenible en el país a un costo económico y accesible.

Cabe resaltar que una silla de ruedas interactúa y a su vez se puede ver afectada tanto como por el usuario como por el mismo entorno que se encuentra. Una silla de ruedas adecuada debe de ser capaz de adaptarse a ambos elementos, además una silla de ruedas bien diseñada debe ser lo suficientemente duradera y versátil para adaptarse al entorno y al estilo de vida del usuario, y se debe tener en cuenta que la silla de ruedas no solo debe de ayudar al usuario a realizar sus actividades diarias sino que también debe de brindar un apoyo en cuanto a la postura del usuario, siempre en pro y beneficio de quien la usa, esto sin que tenga como consecuencia efecto negativo en la salud y la seguridad del usuario.

1.5.3.2.2 **Condiciones adversas** Condiciones adversas es un término que se emplea para describir un entorno que presenta desafíos inusuales para el uso de una silla de ruedas o para empujarla. Estas condiciones pueden incluir, entre otras: Exceso de humedad, altas temperaturas, terrenos irregulares, como suelos blandos, grava o superficies accidentadas, la presencia de obstáculos baches u otros impedimentos en el camino, la necesidad de proporcionar un ajuste adecuado y soporte postural, requisitos de seguridad y durabilidad, disponibilidad local de servicios y repuestos y finalmente la necesidad de realizar desplazamientos largos por parte del usuario.

1.5.3.2.3 **Necesidades del usuario.** Para obtener un buen diseño de la silla de ruedas, los diseñadores deben de definir bien la población o el público en específico al que va dirigido este producto óseo para quien están diseñando la silla de ruedas. Aquellas sillas de ruedas de uso permanente no son dispositivos genéricos que pueden ser utilizados por cualquier persona que necesite hacer uso de la silla de ruedas. Los usuarios de estas sillas de ruedas varían de acuerdo con:

- Edad
- Tamaño
- Necesidades funcionales
- Requisitos posturales
- Entorno geográfico o del hogar
- Necesidades en constante evolución (niños en crecimiento)

- Capacidad para impulsar la silla de ruedas de forma independiente

Así mismo los diseñadores de las sillas de ruedas deben de definir el grupo de usuarios para el cual están diseñando, ya que esos factores se deben de tener muy presentes, esos factores o puntos a tener en cuenta pueden ser: usuarios mayores que tengan baja actividad, usuarios activos con buena fuerza en sus miembros superiores, usuarios pediátricos con parálisis cerebral con necesidades posturales más complejas, usuarios que utilizan principalmente el producto al aire libre en terrenos accidentados e irregulares y recorren largas distancias; y usuarios que viven en climas muy cálidos o muy húmedos donde la corrosión de piezas o la descomposición de tejidos son problemas constantes.

1.5.3.2.4 ***Consideraciones Ergonómicas.*** Un diseño ergonómico en la silla de ruedas se usa para evitar trastornos musculoesqueléticos, lesiones y/o accidentes a su vez esto permitirá al usuario comodidad para realizar sus actividades diarias sin ningún problema, generando una independencia en los usuarios para estas personas ya que todo se realiza de una manera más autónoma. Los requisitos funcionales de una silla de ruedas varían según las capacidades funcionales, el entorno y los deseos del usuario. Para un usuario de silla de ruedas que se encuentra predominantemente en interiores.

Es ideal que el lugar de trabajo cuente con una correcta accesibilidad para que el usuario pueda ingresar de una forma cómoda y versátil con la silla y que el puesto de trabajo cuente con las medidas correspondientes para que el paciente pueda ubicarse de manera cómoda sin generar molestias ni puntos de presión en las piernas; el diseño plegable en la silla facilita al usuario transportarla en los diferentes tipos de transporte, el diseño se verá adecuado según el contexto en el que se encuentre el usuario (rural o urbano).

1.5.3.2.5 **Traslado.** La acción de traslado tiene como objetivo lograr la mayor independencia en el usuario favoreciendo su movilidad funcional, logrando así que realice traslado desde la silla a cualquier otra superficie por sí mismo, por tal motivo se requiere presentar al público una silla de ruedas con asiento ajustable a la altura. La silla no debe ejercer puntos de presión al contacto con el usuario, los reposabrazos y reposapiés deben ser ajustables para facilidad al momento de realizar la acción.

1.5.3.2.6 **Dimensiones totales** El ancho de la silla de ruedas también es un factor importante. Una silla de ruedas bien equipada es vital para funcionar y proporcionar un soporte postural adecuado. La mayoría de las sillas de ruedas para adultos están disponibles en una gama de productos en incrementos de 2". Esto sólo es posible si la parte más ancha de la silla de ruedas es más pequeña que el ancho de una puerta estándar. Una longitud total más corta mejora la maniobrabilidad en la casa, pero tiene como consecuencia que disminuye su estabilidad en terrenos (difíciles) accidentados, según el diseño que se tenga.

1.5.3.2.7 **Capacidad de auto propulsión.** Teniendo en cuenta que generalmente los usuarios de sillas de ruedas poseen dificultad en la capacidad de auto propulsarse, tomamos una población en específico (usuarios con lesión raquímedular) ya que con este tipo de población podemos realizar un entrenamiento previo al uso de la silla y así lograr un nivel de independencia en la movilidad funcional. Por ende, es importante asegurarse de que las sillas de ruedas tengan asas de empuje situadas a una altura adecuada para garantizar un fácil y seguro manejo. Esto también afecta las tensiones que sufre el armazón de la silla de ruedas y ejerce una presión adicional sobre los postes traseros.

## Figura 5

### Capacidad Autopropulsión



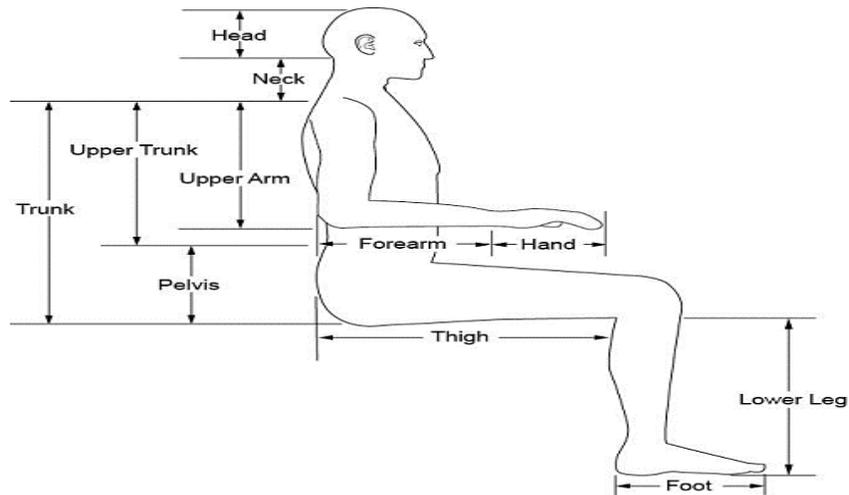
Fuente: (Autoría propia, 2022)

1.5.3.2.8 ***Soporte de postura.*** Un correcto diseño ergonómico en soporte de postura se utiliza para evitar trastornos musculoesqueléticos, lesiones y/o accidentes, también para generar comodidad en el usuario, una postura adecuada garantiza en los usuarios mantener el nivel ocupacional, por lo tanto, el soporte de postura es un elemento fundamental en la silla de ruedas.

Los componentes de los soportes en el asiento de las sillas de ruedas están diseñados para que hagan contacto y sirvan de apoyo en unas zonas específicas del cuerpo. Para poder realizar un análisis sobre la postura y relacionarla con la orientación de la superficie de apoyo, se debe dividir el cuerpo en los siguientes segmentos: cabeza, cuello, tronco, muslo, parte inferior de la pierna, pie, parte superior del brazo, antebrazo y mano.

**Figura 6**

*Esquema de segmentos del cuerpo*



Fuente: Ncart, 2019.

1.5.3.2.9 **Marco.** La estructura de la silla de ruedas es la pieza central del producto y se tiene en cuenta múltiples factores que pueden afectar la usabilidad del producto para personas con una amplia variedad de necesidades. La característica más importante para un grupo de usuarios en particular puede tener prioridad sobre otras características. Por ejemplo, Para algunos usuarios puede ser más importante la necesidad de transportar la silla de ruedas que la misma estabilidad. El primer paso en el diseño de una silla de ruedas es comprender cómo se utilizará la silla y en qué entorno se utilizará. Se debe realizar un estudio previo para comprender las necesidades de la población para la que diseñará. No hagas suposiciones. Busque la opinión de las personas que utilizarán el producto. Una vez que haya escuchado todas las opiniones de los usuarios, priorice sus deseos en la especificación de una silla de ruedas teniendo en cuenta aquellas características que puedan tener una relación negativa. Por ejemplo, un usuario puede pedir una silla de ruedas súper liviana y muy duradera, y esos dos deseos pueden ser difíciles de lograr con el mismo diseño de silla de ruedas. No es imposible, pero pueden entrar en conflicto entre sí.

Existen tantas variaciones de sillas de ruedas en el mundo hoy en día para usuarios con necesidades complejas. Ninguna silla es adecuada para todos los usuarios de sillas de ruedas.

Comprenda para quién está diseñando la silla. Los diseños de armazones para usuarios de sillas de ruedas básicas se pueden clasificar en varias categorías:

- Marco plegable
- Marco rígido
- Vehículo de tres ruedas
- Vehículo de cuatro ruedas
- Silla de ruedas motorizada

1.5.3.2.10 **Función** Los individuos eligen sillas de ruedas en base a su capacidad para ofrecer autonomía y permitirles participar activamente en sus actividades diarias. Estas decisiones pueden ser influenciadas por diversos factores, tales como, el grado de habilidad, la formación, el respaldo de cuidadores, el trabajo, la educación, el entorno hogareño, las condiciones climáticas o las restricciones sociales que a menudo enfrentan las personas con discapacidades. Estos factores pueden desempeñar un papel significativo en la toma de decisiones relacionadas con las sillas de ruedas:

Transportabilidad. Las sillas de ruedas que tienen una estructura rígida, es decir, que no se pliegan, a menudo están diseñadas de manera que el respaldo se pueda plegar hacia abajo sobre el asiento, y cuentan con ruedas traseras de liberación rápida para reducir su tamaño total cuando se necesita transportarlas.

Asientos con apoyo (usuarios intermedios). Las sillas de ruedas pueden ser diseñadas de modo que la instalación de asientos de apoyo, como respaldos y asientos sólidos y acolchados, sea más sencilla. Esto implica a menudo la incorporación de soportes traseros y rieles de asiento con diámetros de tubo que se ajusten a los accesorios al asiento de la silla de ruedas y que no presenten obstáculos.

Angulo del asiento. Frecuentemente, los marcos de las sillas de ruedas se diseñan de manera que el asiento tenga un ángulo de inclinación de 4 a 5 grados con respecto al suelo. Esta inclinación contribuye a prevenir que los usuarios se deslicen hacia adelante en la silla, lo que

garantiza una mayor estabilidad. En algunas sillas de ruedas, se incorpora un ángulo más pronunciado para mejorar la estabilidad aún más, aunque esto puede dificultar la entrada y salida de la silla para el usuario.

Altura del asiento. La altura desde el suelo hasta el asiento en el diseño de una silla de ruedas puede tener un efecto en la capacidad del usuario para impulsar la silla de ruedas utilizando tanto sus pies como sus brazos. Además, la altura del asiento al suelo puede marcar la diferencia en la facilidad o dificultad de entrar y salir de la silla de ruedas.

Limitaciones ambientales y de recursos. El entorno en el que se encuentra el usuario en gran parte puede afectar en el diseño o la elección de una silla de ruedas en particular, que trabaje bien en un entorno no garantiza que funcione de la misma manera en otras condiciones. Lo que se debe tener en cuenta es:

Bordillos altos. Cuando se enfrentan alturas de acera mayores que las comunes en países con más recursos, es posible que se necesite una silla de ruedas con una distancia entre ejes más amplia o diseñada de manera que los reposapiés sean una parte permanente del marco y estén posicionados sobre las ruedas, evitando que toquen el suelo al descender una acera. Algunos usuarios de sillas de ruedas pueden sortear estas situaciones descendiendo las aceras en una posición llamada "caballito", pero esto a menudo no es una opción viable cuando las aceras tienen una altura de 6 pulgadas o cuando el usuario carece de la fuerza o habilidades adecuadas en sillas de ruedas.

Terreno irregular. Tener que impulsar una silla de ruedas largas distancias sobre terreno irregular puede llevar al usuario a elegir una silla con una distancia entre ejes más larga para mayor estabilidad y puede disminuir el peso sobre las ruedas delanteras.

Hogares pequeños. Los usuarios que necesiten utilizar su silla de ruedas dentro de su hogar y residan en una casa pequeña pueden elegir una silla de ruedas con una distancia entre ejes más corta para mejorar la maniobrabilidad, sacrificando la estabilidad al aire libre.

Ajustabilidad. Los marcos de las sillas de ruedas pueden ser configurados con ajustes en el centro de gravedad para facilitar el acceso del usuario a las ruedas traseras y lograr una postura ergonómica óptima. También se pueden ofrecer opciones de ajuste en la altura del asiento con respecto al suelo. Estos ajustes pueden comprender la altura del respaldo, el ancho del asiento y la profundidad del asiento para acomodar a usuarios de diferentes tallas o necesidades cambiantes, como el crecimiento de los niños. Si bien la adaptabilidad puede aumentar la complejidad del diseño y generar costos adicionales, puede ser esencial para satisfacer las necesidades de usuarios activos de sillas de ruedas o aquellos con discapacidades físicas complejas.

1.5.3.2.11 ***Marco rígido vs Marco plegable.*** Los marcos rígidos y plegables son dos tipos comunes de estructuras utilizadas en sillas de ruedas, y cada uno tiene sus propias características y ventajas. A continuación, se describen las principales diferencias y características de ambos tipos de marcos, junto con su importancia y cómo pueden beneficiar a los usuarios:

- Marco Rígido:
  - a. Características: Estructura sólida y resistente sin mecanismos de plegado. Menos partes móviles, lo que puede resultar en mayor durabilidad. Diseñado para una máxima eficiencia de propulsión y rendimiento. Menor peso en comparación con las sillas de ruedas plegables, lo que facilita su manejo.
  - b. Importancia: Ofrece una movilidad más eficiente y un mejor rendimiento, ideal para usuarios activos. Proporciona una mayor estabilidad y rigidez, lo que puede ser beneficioso para usuarios con discapacidades que requieren un soporte postural específico.
  - c. Beneficios para el usuario: Mejora la independencia del usuario al facilitar la autopropulsión. Ofrece una conducción más suave y una mayor comodidad durante trayectos largos. Es ideal para deportistas o personas con movilidad independiente.

- Marco Plegable:
  - a. Características: Diseñado con mecanismos de plegado para facilitar el almacenamiento y el transporte. Mayor versatilidad en términos de portabilidad y adaptación a diferentes entornos. Puede tener un peso ligeramente superior debido a la inclusión de las partes de plegado.
  - b. Importancia: Permite una mayor facilidad de transporte y almacenamiento en espacios reducidos. Se adapta a la vida cotidiana de las personas que necesitan llevar su silla de ruedas en automóvil o en lugares públicos.
  - c. Beneficios para el usuario: Facilita la movilidad en situaciones de la vida diaria, como viajes, compras y salidas. Ofrece flexibilidad en términos de transporte y almacenamiento, lo que es especialmente útil para usuarios que no desean llevar su silla de ruedas rígida en todo momento.

Para concluir, la elección entre un marco rígido y uno plegable depende de las necesidades y preferencias individuales de cada usuario. Un marco rígido es ideal para una movilidad eficiente y un mejor rendimiento, mientras que un marco plegable es más versátil y adecuado para situaciones de transporte y almacenamiento. Ambos tipos de marcos desempeñan un papel importante en la mejora de la calidad de vida y la independencia de las personas con discapacidad.

**1.5.3.3 Posicionamiento del usuario en la silla de ruedas.** Para el cuerpo humano es complicado mantener una posición sedente (sentado) y que está sea simétrica durante largos periodos de tiempo y para realizar tareas diferentes, aunque se considera que una postura con cadera, rodilla y tobillos en ángulos de 90 grados es la posición ideal, es difícil de lograr y mantener. El cuerpo humano tiende a adoptar posturas que le brinden estabilidad, comodidad o funcionalidad, como la pelvis hacia adelante y descansar los brazos en una superficie, la posición óptima para la mayoría de los usuarios de sillas de ruedas es un respaldo inclinado entre 90 y 100 grados y un ángulo de la rodilla entre 90 y 120 grados, es muy importante adaptar la posición del cuerpo para lograr comodidad y funcionalidad, especialmente en el caso de usuarios de sillas de ruedas.

**1.5.3.3.1 Base del asiento.** Debe ser reclinable y ajustable a la altura, debe ser cómodo y estable permitiendo una postura funcional, con esto buscamos conseguir máxima capacidad funcional, mínimo gasto de energía, y reducir la presión generada en muslos y glúteos.

Tamaño del asiento, la profundidad de este proporcionará la cantidad correcta de apoyo en los muslos, la distancia aproximada entre el asiento y la parte dorsal de la rodilla es de 3cm y el ancho del asiento debe considerar 2,5 cm de distancia entre los muslos y el lateral de la silla para evitar incomodidad y puntos de presión.

Una correcta posición sedente es favorecedora en los siguientes factores

1. Físicos

- Evita contracturas y lesiones
- Favorece respiración
- Favorece sistema digestivo
- Evita dolores lumbares
- Normaliza tono muscular

## 2. Psicosociales

- Facilita contacto visual
- Favorece el recibimiento de estímulos
- Optimiza funcionalidad
- Favorece la independencia (AVD)

Cojín, su función principal es mantener un correcto control postural, estabilidad y comodidad, al momento de su elección se debe tener en cuenta: densidad, rigidez, material, características.

Soporte para pies, el reposapiés de ser de 90° el asiento debe ser lo suficientemente alto para que los reposapiés eviten obstáculos y lo suficientemente bajos para que las rodillas del usuario quepan de forma correcta (está altura se modificará de acuerdo con la estatura del usuario).

Soporte para brazos, deben estar ubicados de acuerdo a la altura del usuario, normalmente los antebrazos apoyados deben quedar a 90° no debe salir de la línea del cuerpo, ni cruzar la línea media del cuerpo.

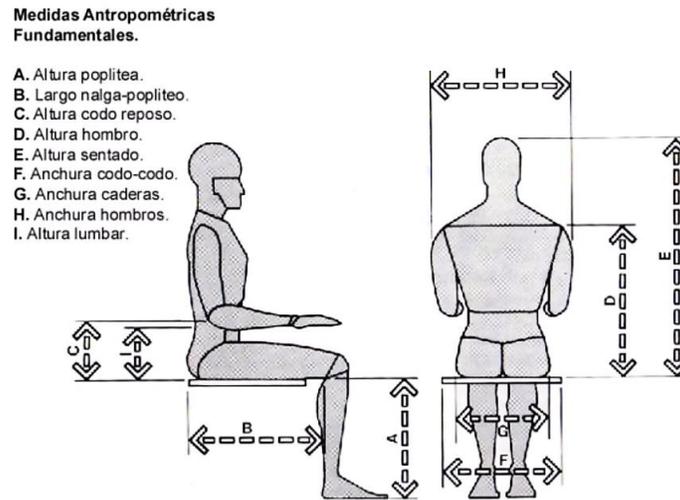
Movilidad, rango de movimiento que alcanza el usuario con sus estructuras corporales mientras que se recorre de propulsión.

Postura, sedente, tronco erguido la posición debe ser simétrica, debe permitir realizar correcto movimiento de amplitud articular.

Para determinar las medidas correctas, se tendrán en cuenta los datos antropométricos de hombres y mujeres para el percentil 5 y 95.

**Figura 7**

Medidas antropométricas fundamentales



Fuente: Pérez Andrea, 2022.

**Figura 8**

Resumen de medidas población colombiana

POBLACION FEMENINA							POBLACION MASCULINA								
NOMBRE VARIABLE	P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95	NOMBRE VARIABLE	P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
1. MASA CORPORAL	46,7	48,6	53,4	59,1	65,3	71,8	77,0	1. MASA CORPORAL	53,7	56,8	62,4	69,1	76,8	83,0	87,9
2. ESTATURA	146,7	148,7	151,7	155,6	159,6	163,7	166,2	2. ESTATURA	158,0	160,7	164,6	168,6	173,3	177,1	179,3
3. ALCANCE VERTICAL MAXIMO	182,4	185,4	189,3	195,0	200,6	206,7	210,2	3. ALCANCE VERTICAL MAXIMO	198,0	202,1	207,4	213,1	219,8	225,3	229,4
4. ALCANCE VERTICAL ASIMIENTO	169,6	172,1	175,9	181,5	187,3	192,4	196,1	4. ALCANCE VERTICAL ASIMIENTO	183,7	187,6	192,9	198,3	204,4	209,7	213,2
5. ALTURA OJOS [PARADO]	136,2	138,6	141,3	145,1	149,1	153,1	155,2	5. ALTURA OJOS [PARADO]	147,3	150,0	153,9	157,9	162,3	166,2	168,4
6. ALTURA SENTADO NORMAL	76,5	77,6	79,6	81,7	83,8	85,6	86,7	6. ALTURA SENTADO NORMAL	80,0	81,4	83,6	85,9	88,2	90,3	91,8
7. ALTURA SENTADO ERGUIDO	78,5	79,5	81,1	83,0	84,9	86,6	87,7	7. ALTURA SENTADO ERGUIDO	83,4	84,5	86,5	88,6	90,7	92,7	94,1
8. ALTURA OJOS [SENTADO]	68,4	69,3	71,1	72,9	74,9	76,5	77,6	8. ALTURA OJOS [SENTADO]	73,1	74,4	76,3	78,4	80,5	82,6	83,6
9. ALTURA ACROMIAL [PARADO]	119,1	120,8	123,6	127,1	130,8	133,9	136,2	9. ALTURA ACROMIAL [PARADO]	126,2	130,6	134,4	137,9	141,8	145,3	147,4
10. ALTURA CRESTA ILIACA [PARADO]	85,3	86,8	89,3	92,3	95,4	98,7	100,5	10. ALTURA CRESTA ILIACA [PARADO]	92,4	94,3	97,4	100,7	104,0	106,8	108,6
11. ALTURA ACROMIAL [SENTADO]	51,2	52,1	53,3	55,2	56,7	58,1	58,9	11. ALTURA ACROMIAL [SENTADO]	54,2	55,3	57,0	58,8	60,7	62,4	63,3
12. ALTURA RADIAL [PARADO]	91,4	93,0	95,3	97,8	101,0	103,4	105,3	12. ALTURA RADIAL [PARADO]	98,7	100,6	103,3	106,5	109,6	112,4	114,3
13. ALTURA MUÑECA [PARADO]	69,7	70,8	72,9	75,0	77,5	79,4	80,8	13. ALTURA MUÑECA [PARADO]	74,8	76,3	78,8	81,4	84,0	86,5	88,0
14. ALTURA DEDO MEDIO [PARADO]	54,6	55,6	57,5	59,3	61,4	63,1	64,2	14. ALTURA DEDO MEDIO [PARADO]	57,8	59,2	61,2	63,6	65,9	68,1	69,3
15. ALTURA RADIAL [SENTADO]	19,0	20,0	21,5	23,1	24,6	25,7	26,6	15. ALTURA RADIAL [SENTADO]	19,3	20,4	22,2	23,8	25,4	26,8	27,8
16. ALTURA MUSLO [SENTADO]	12,1	12,5	13,3	14,1	15,0	16,0	16,5	16. ALTURA MUSLO [SENTADO]	12,9	13,4	14,2	15,0	15,7	16,6	17,1
17. ALTURA RODILLA [SENTADO]	44,7	45,5	46,7	48,5	49,9	51,5	52,5	17. ALTURA RODILLA [SENTADO]	48,2	49,3	50,7	52,5	54,4	55,8	56,6
18. ALTURA FOSA POPLIT. [SENTADO]	35,1	35,7	36,8	38,3	39,7	41,1	42,0	18. ALTURA FOSA POPLITEA [SENTADO]	38,6	39,3	40,9	42,4	43,9	45,3	46,2
19. ANCHURA BICIGOMATICA	12,4	12,6	12,9	13,3	13,7	14,1	14,3	19. ANCHURA BICIGOMATICA	13,0	13,2	13,6	14,0	14,4	14,8	15,1
20. ANCHURA TRANSVERS. CABEZA	14,0	14,2	14,5	14,8	15,2	15,6	15,9	20. ANCHURA TRANSVERS. CABEZA	14,5	14,7	15,0	15,5	15,8	16,2	16,5
21. ANCHURA BIACROMIAL	32,2	32,8	33,9	35,2	36,4	37,3	38,0	21. ANCHURA BIACROMIAL	36,3	37,1	38,3	39,6	41,1	42,3	43,2
22. ANCHURA BIDELTOIDEA	37,5	38,6	40,3	42,1	44,0	46,0	47,1	22. ANCHURA BIDELTOIDEA	41,7	42,6	44,3	46,1	48,1	49,9	50,9
23. ANCHURA TRANSVERSAL TORAX	23,6	24,1	25,0	26,3	27,8	29,4	30,4	23. ANCHURA TRANSVERSAL TORAX	25,4	26,3	27,5	29,1	30,9	32,6	33,7
24. ANCHURA ANT. POST. TORAX	15,6	16,3	17,3	18,5	19,9	21,3	22,1	24. ANCHURA ANT. POST. TORAX	17,4	18,0	19,1	20,3	21,6	23,0	23,8

Fuente: Muñoz Jairo, 1995.

El percentil 95 significa que el 95% de todos los valores medidos están por debajo de este valor y solo el 5% de todos los valores medidos están por encima de este valor. Para comodidad, estabilidad y accesibilidad del usuario, siempre se deben preferir las dimensiones apropiadas del

asiento. Las dimensiones de la silla de ruedas se ajustan principalmente al percentil 95 para asegurar la tolerancia en casos extremos y así adaptar la silla al mayor número de personas.

**1.5.3.4 Técnicas de manejo de la silla de ruedas.** Las técnicas de manejo en sillas de ruedas son métodos fundamentales para mover y desplazar la silla de manera segura y eficiente. Estas técnicas se dividen en dos categorías principales: el manejo dependiente, donde otra persona controla la silla, y el manejo independiente, en el que el usuario de la silla de ruedas tiene la capacidad de auto propulsarse. Ambas técnicas requieren habilidades específicas para garantizar la comodidad y seguridad del usuario, adaptándose a las necesidades individuales y facilitando la movilidad en diferentes entornos y situaciones.

Las técnicas de manejo dependiente e independiente en una silla de ruedas se refieren a dos métodos distintos para mover a una persona que usa una silla de ruedas. Ambas técnicas son relevantes y se utilizan dependiendo de la situación y las capacidades del usuario de la silla de ruedas.

**1.5.3.4.1 Manejo dependiente.** Se refiere a cuando otra persona empuja o maniobra la silla de ruedas. Esta técnica es utilizada cuando la persona que está en la silla de ruedas no puede propulsarse por sí misma o requiere asistencia debido a limitaciones físicas.

**1.5.3.4.2 Manejo independiente.** Se trata cuando el usuario en la silla de ruedas tiene la capacidad y la autonomía para auto propulsarse, ejerciendo uso de las ruedas de la silla por sí mismo. Esta técnica se emplea cuando el individuo tiene la fuerza y la destreza necesarias para mover la silla por su cuenta.

#### **1.5.4 Marco Conceptual**

**1.5.4.1 Historia De La Silla De Ruedas.** El problema sobre el desplazamiento de personas con movilidad reducida existe desde mucho tiempo, al igual que la preocupación por brindar comodidad y reducir o aliviar el esfuerzo que se aplica al momento de trasladarse manualmente en los distintos dispositivos creados especialmente para estas personas a lo largo de la historia de la humanidad.

A continuación, se indica una cronología acerca del desarrollo de la silla de ruedas, se establece que, en el año 1595, se encuentra una evidencia sobre la primera silla de ruedas, una especie de mesa con ruedas, y donde diversas fuentes la ubican como la primera silla de ruedas auténtica de la historia. Este invento consistió en hacer la adaptación de una rueda a un sillón y de un reposapiés para poder facilitar la movilidad al rey español Felipe II, el cual estuvo inmobilizado durante más de una década por causa de la gota y la artrosis.

En el año de 1655 casi medio siglo después del primer invento de silla de ruedas, un joven relojero de 22 años, llamado Stephen crea un prototipo de una silla de ruedas con chasis de tres ruedas. Con esto en el año de 1783, llega un nuevo personaje de nombre John Dawson of Beth en Inglaterra el cual crea una silla con dos ruedas grandes en la parte de atrás y una pequeña en la parte delantera. En los siguientes siglos se continúan haciendo cambios y mejoras para los cuales se iban acoplando a las nuevas ideas de sillas; una de ellas fue la de colocar rines de bicicleta y goma en sus llantas.

En Londres en el año de 1916, se construyó la primera silla de ruedas con motor, los sistemas y los engranajes eran manuales, por lo cual dificultaba su manejo. En años posteriores se adaptan motores con tracción directa y se mejoraron los comandos siendo estos más precisos. En 1932 el ingeniero Harry Jennings diseñó y construyó un nuevo invento para su amigo que se encontraba parapléjico de nombre Herbert Everest, creó una de las primeras sillas plegables con ruedas de acero y fue conocida como la silla de ruedas Everest & Jennings. (Sunrisemedical, 2018).

## Figura 9

### Historia silla de ruedas



Fuente: Sunrisemedical, 2018.

**1.5.4.2 Discapacidad Motriz.** La OMS define que “la discapacidad motriz como la pérdida o alteración de una estructura o una función psicológica, fisiológica o anatómica” (OMS, Organización Mundial De La Salud, 2011), las discapacidades motrices son caracterizadas por la falta de movilidad voluntaria, esta puede ser causada por una afección nerviosa, muscular u ósea. Según el tipo de discapacidad motriz, se clasifican como ambulatorias y no ambulatorias, las ambulatorias son aquellas personas que pueden usar sus miembros inferiores para sostenerse de pie y con los miembros superiores son usados como un apoyo (bastón, muletas, andaderas, etc.) y las no ambulatorias, son las personas que necesitan una silla de ruedas para lograr transportarse, todo esto debido al grado de discapacidad que se tenga.

#### 1.5.4.2.1 Clasificación De La Discapacidad Motriz

- **Por su grado de afectación.**

La discapacidad motriz se obtiene en diferentes grados cambiantes: leves, moderados y severos, estos anteriores no pueden ser universalizados ya que cada ser humano posee diferentes capacidades funcionales, aún con el mismo grado de afectación, estos podrían ser evolutivos como las distrofias musculares, o no evolutivos. Son conocidas también como discapacidades

físicas orgánicas estas con las que puedan afectar la cabeza, la columna vertebral y también hasta las extremidades superiores e inferiores; cuando se ven perjudicados órganos y vísceras que puedan afectar a los aparatos respiratorios, cardiovasculares, digestivos y urinario; y carencia de sus estructuras musculares que se relacionan con el movimiento de las extremidades. Las últimas pueden ser clasificadas según su tipo de gravedad, y las reacciones y cambios que sean producidos al momento de un movimiento.

- **Origen.**

Las incapacidades reales pueden ser provocadas por cualidades hereditarias, como enfermedades (esclerosis, cuadriplejía, escoliosis, etc.), también pueden ser provocadas por heridas externas como contratiempos y mudanzas. No obstante, en varios eventos tiende a ser provocado por varios efectos secundarios de inclusión en el cerebro, la línea espinal o incluso el diseño fuerte. Probablemente las razones más ampliamente reconocidas son las siguientes:

**Daños cerebrales: Lesión cerebral adquirida (ACD):** ACD es un problema físico inesperado para la mente, aparece inesperadamente y puede tener una amplia variedad de secuelas; entre ellos, ajustes reales.

**Parálisis cerebral:** Es un gesto continuo que se inicia durante la salud mental de los niños. Produce resultados genuinos en las capacidades del motor, como solidez, inquietud, convulsiones o incluso pérdida total de movimiento de los músculos.

**Lesión de la médula espinal:** Una lesión de la médula espinal ocurre cuando se somete a una tensión excesiva y / o se corta su suministro de sangre y oxígeno, y con frecuencia causa una discapacidad real extremadamente duradera, y podría provocar roturas táctiles y del motor.

**Espina bífida:** La espina bífida es una disposición deficiente de la columna en el útero, aunque el alcance de los efectos secundarios es variable, en casos graves puede provocar incapacidades reales como la pérdida de movimiento de las piernas.

Esclerosis múltiple: El daño a la capa de mielina que recubre la médula espinal puede causar una amplia variedad de manifestaciones; entre ellas, pérdida de control del motor y rotura del marco locomotor.

### **1.5.4.3 Equipos que mejoran la movilidad de la gente con discapacidad motriz**

Hoy en día se pueden encontrar excelentes mecanismos los cuales facilitan la movilidad de las personas en distintos lugares, como por ejemplo cuando están en su residencia, en la calle, incluso cuando se encuentran en lugares donde hay escaleras; se puede encontrar:

1.5.4.3.1 ***Scooter Eléctricos:*** En la última década se han hecho cada vez más visibles en nuestras calles una solución de movilidad nueva para personas mayores y discapacitados, los Scooter eléctricos. Existen scooter para minusválidos 3 ruedas, scooter para minusválidos desmontables, scooter para discapacitados plegables, scooter para discapacitados biplaza, scooter minusválidos dos plazas, scooter 4 ruedas para minusválidos.

#### **Figura 10**

*Scooter desmontable Libercar Litium*



Fuente: Ortoweb, 2018.

1.5.4.3.2 **Silla de Ruedas Motorizada:** Estos equipos son óptimos para que el usuario pueda realizar su respectivo desplazamiento reduciendo en gran cantidad el esfuerzo que debería realizar, este equipo tiene un rango de giro corto lo que le facilita al usuario desplazarse en lugares pequeños.

### Figura 11

*Silla de ruedas eléctrica*



Fuente: Superando, 2015.

1.5.4.3.3 **Andador Ortopédico Portable:** Es un producto ortopédico diseñado para ancianos, personas con discapacidad o en rehabilitación, y en ocasiones para menores; quienes necesitan apoyo para sostener y mantener el equilibrio mientras caminan.

### Figura 12

*Andador ortopédico portable*



Fuente: Mcaortopedia, 2019.

**1.5.4.4 Oximetría de pulso.** Es un estudio muy importante que permite conocer la oxigenación en el cuerpo humano. Se conoce que la cuando la oxigenación es mayor al 92% es una oxigenación normal y para ello es que se usa la oximetría de pulso. Un oxímetro de pulso es esencial para evaluar la gravedad de las infecciones respiratorias agudas como lo sería el covid-19. La cantidad de oxígeno que hay en la sangre depende de la altura en la cual la persona se encuentre viviendo en ese momento, es decir no es lo mismo la cantidad de oxígeno de un paciente que vive en la ciudad de Pasto que la de un paciente que viva en la ciudad de Barranquilla son factores que van a influir en los resultados finales. A nivel del mar la saturación normal está por encima del 94% y en Bogotá o ciudades con una altura similar la saturación normal se encuentra por encima del 92%.

La pulsioximetría es una tecnología que ha venido avanzando y forma parte de aquellos elementos que se pueden usar todo el día para poder monitorear la salud de las personas, en la actualidad existen estos dispositivos que se pueden utilizar en las residencias sin necesidad de acudir a zonas hospitalarias y exponerse ante un posible contagio de una enfermedad, los dispositivos deben de estar certificados y calibrados el dispositivo ayuda a medir la saturación de oxígeno de la persona así como también su frecuencia cardíaca. El pulsioxímetro es un dispositivo el cual posee una fuente de luz, la cual emite rayos infrarrojos y como la sangre que pasa por el cuerpo contiene oxígeno en ella, entonces el pulsioxímetro se encarga de censar una onda de pulso y según eso reflejar en la pantalla el nivel de saturación de oxígeno del paciente, así como también su frecuencia cardíaca.

Ecuación de saturación de oxígeno en la sangre.

$$SaO_2 = \frac{HbO_2}{HbO_2 + Hb} * 100(1)$$

En donde HbO<sub>2</sub> es el valor de la oxihemoglobina y Hb es el valor de la hemoglobina.

Los valores solicitados HbO<sub>2</sub> y Hb se obtienen mediante la instrucción en el código “particleSensor.get” para la representación de variables o datos relacionados con la concentración

de oxihemoglobina (HbO<sub>2</sub>) y hemoglobina (Hb) en la sangre. Estos valores son importantes en la monitorización médica y podrían utilizarse para evaluar la saturación de oxígeno en la sangre y otros parámetros relacionados con la salud. Y con el resultado obtenido se debe multiplicarse por “100” para de esta manera obtener el porcentaje de la saturación de oxígeno en la sangre del paciente.

**1.5.4.5 Frecuencia Cardíaca.** La frecuencia cardíaca es el número de veces que el corazón se contrae en un minuto. Para que el cuerpo funcione correctamente, el corazón necesita trabajar bombeando sangre a todos los órganos, pero también tiene que hacerlo a una determinada presión PA (presión arterial) y a una determinada frecuencia. Dada la importancia de este proceso, el corazón normalmente necesita mucha energía para cada latido. (Muñoz D. A., 2017)

1.5.4.5.1 ***Rangos de frecuencia cardíaca normal.*** Por lo general, una frecuencia de reposo normal es de 60 a 100 (lpm) Sin embargo, es necesario detallar algunos aspectos que modifican su condición: (Muñoz D. A., 2017)

Al nacer tenemos un ritmo cardíaco elevado debido a la actividad física muy intensa. Desde el primer mes de vida va disminuyendo paulatinamente hasta la edad adulta, manteniéndose estable a partir de los 20 años. (Muñoz D. A., 2017)

Cambia durante el día y la noche y en respuesta a diferentes estímulos, por lo que su medida presenta una gran variabilidad. (Muñoz D. A., 2017)

Durante el ejercicio, el corazón produce una respuesta normal, que es taquicardia (frecuencia cardíaca superior a 100 latidos por minuto lpm). (Muñoz D. A., 2017)

También puede producirse bradicardia (la frecuencia cardíaca está por debajo de 60 lpm).

1.5.4.5.2 **Mediciones Cuantificables.** Los signos vitales normales cambian con la edad, el sexo, el peso, la capacidad para ejercitarse y la salud general, estos signos vitales reflejan funciones esenciales del cuerpo, incluso el ritmo cardíaco, la frecuencia respiratoria, la temperatura y la presión arterial. Su personal médico encargado puede observar, vigilar y medir sus signos vitales para evaluar su nivel de funcionamiento físico.

Encontramos que los rangos normales de los signos vitales que se encuentran en un joven o adulto sanos promedio mientras y se están en reposo son:

- Presión arterial: 90/60 mm Hg hasta 120/80 mm Hg
- Respiración: 12 a 18 respiraciones por minuto
- Pulso: 60 a 100 latidos por minuto
- Temperatura: 97.8°F a 99.1°F (36.5°C a 37.3°C); promedio de 98.6°F (37°C)

En el proyecto a realizar se hace la implementación de una etapa de toma de signos vitales, para brindar una mejor atención a los usuarios y monitorear los principales signos vitales ya mencionados anteriormente, y en caso de alguna alteración en los signos se hará saber a la persona encargada sobre la alerta que se presenta en el portador de la silla.

**1.5.4.6 Oxímetro de pulso.** Es un dispositivo médico que te permite conocer el nivel de saturación de oxígeno en la sangre de forma sencilla, se debe colocar el dedo en el oxímetro para monitorear tu saturación y en segundos obtendrás los resultados. Este dispositivo es clave en el cuidado de tu salud, ya que puedes estar al tanto de indicadores que antes no le dabas mucha importancia.

### Figura 13

*Oxímetros o pulsioxímetros digital*



Fuente: Valera Joanna, 2023.

**1.5.4.7 Tensiómetro Digital.** Es un dispositivo utilizado para controlar la tensión arterial, está compuesto por un brazalete que se coloca en el brazo, un manómetro que mide la tensión y un estetoscopio que permite escuchar el intervalo entre la sístole y la diástole. Así, este dispositivo, ayuda a las personas a saber si sufren de hipotensión o hipertensión.

### Figura 14

*Tensiómetro digital*



Fuente: EL PAIS, 2021.

**1.5.4.8 Termómetro.** Es un instrumento médico que se utiliza para medir la temperatura corporal, la medición de la temperatura tiene como finalidad revisar si una persona presenta fiebre, de manera general, los termómetros miden un rango entre los 35 y 40° Celsius.

**Figura 15**

*Termómetros de mercurio y digital*

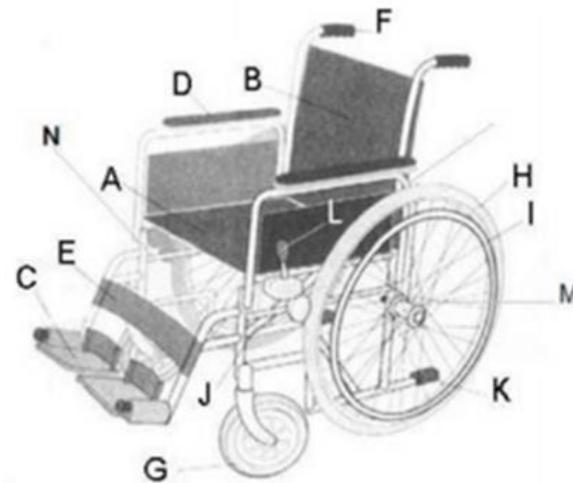


Fuente: López Paulina, 2021.

#### 1.5.4.9 Partes de una silla de ruedas

**Figura 16**

*Partes de una silla de ruedas*



Fuente: Bernal Moncivaiz, 2013.

Hay gran variedad de componentes que conforman el sistema de la silla de ruedas y estos a su vez dependerán de la obligación o necesidad del paciente. Ahora bien, es importante tener un previo conocimiento sobre los componentes que generalmente se usan en la fabricación de una silla de ruedas tradicional y entre ellos se encuentran:

Asiento, esta parte de la silla de ruedas es muy esencial ya que es el sitio en donde recae gran parte del peso del paciente y donde este se apoya, este tiene dimensiones un poco más grandes que las que se observan comúnmente en las del mercado, este asiento será de un material impermeable y que sea fácil para su limpieza, así como también es ajustable en la altura. Por ello es de suma importancia que para la selección de los materiales del asiento se tenga en cuenta los siguientes factores los cuales se verán involucrados al momento de adaptarlos al mecanismo de la silla. (Material, dimensiones, peso, ergonomía)

Apoya-Brazos. la finalidad de este elemento es proporcionar descanso a los brazos del paciente, se tiene en cuenta que la altura va a nivel del codo para una mayor comodidad, incluso este elemento cumple la función de servir como apoyo cuando el paciente desee levantarse de la silla de ruedas.

Chasis, es el esqueleto del mecanismo de la silla de ruedas. Hay diferentes tipos de chasis hechos de distintos materiales y distintos pesos y tienen un nivel requerido de resistencia y son estas características las que se encargan de brindar menor o mayor ligereza a la silla de ruedas. Aquellos chasis rígidos tienen la cualidad de ser ligeros y tienen mayor duración.

Los materiales con que se fabrican las sillas de ruedas deben ser muy resistentes y ligeros. Cuando se desea adquirir este producto es muy importante tomar en consideración el tipo material, ya que esto determinará el peso que soportará y la facilidad para ser propulsada. Los materiales más utilizados para la fabricación de estas sillas son el aluminio, acero, acero ligero, fibra de carbono.

Espaldar, brinda descanso y soporte a la columna del paciente, la altura dependerá de las necesidades y requerimientos del paciente, tiene la función de mantener en una posición cómoda

y óptima la espalda y permitir de esta manera una mejor movilidad. Una particularidad que se debe tener en cuenta para el diseño y construcción del espaldar es su ángulo de inclinación, pero este varía dependiendo del tipo de silla y la posición del asiento que se encuentra unido al chasis. Los ángulos de inclinación óptimos son los de 90° y 120°.

Reposapiés, su objetivo principal es sostener el peso de las extremidades inferiores del paciente. Ayudan al usuario a mantener una postura correcta mientras está sentado en una silla de ruedas. Si los reposapiés están en una posición incorrecta, esto puede causar tensión en la espalda, la parte inferior de los muslos y los huesos de la cadera del usuario. Pueden ser fijos o desmontables.

Mangos de empuje, manillas que se encuentran en la parte posterior de la silla de ruedas (altura del respaldo) y que sirven para facilitar el traslado con la silla por otra persona.

Frenos, componente que permite mantener la silla de manera estática (sin movimiento en un lugar determinado) y estabilizan la silla de ruedas cuando se realizan transferencias. Este elemento, favorece la prevención de desplazamientos involuntarios de la silla.

Llantas, comúnmente las sillas de ruedas poseen ruedas motrices y direccionales, estas tienen la función de proporcionar la movilidad y soportan el peso de la silla de ruedas junto con el peso del paciente. Aquellas llantas motrices tienen un mayor tamaño y obtienen toda la potencia que proporciona el motor.

Joystick (control de dirección), es un mando cuya función es convertir aquellos movimientos de accionamiento en impulsos eléctricos y estos son leídos e interpretados por la tarjeta de control para que la silla de ruedas realice la acción que el paciente ordena que se hiciera.

Motores, estos componentes establecen la velocidad y la dirección de la silla de ruedas. Lo más habitual es que un motor eléctrico para silla de ruedas sea capaz de alcanzar una velocidad entre los 6 y los 9 km/h. Las sillas de ruedas eléctricas suelen tener dos tipos de motor: con escobillas o sin escobillas. Son las dos categorías que podemos encontrar a la hora de comprar

una silla de este tipo. Generalmente, constan de una batería y dos motores, uno para cada rueda trasera. En cuanto a los motores con escobillas, cabe mencionar que también son los más habituales y tradicionales. Su mecanismo es sencillo, y eso hace que su mantenimiento sea más económico que el de la otra opción para sillas eléctricas. Además, su potencia suele moverse entre los 150 y los 350 W, algo más que de sobra para que la silla de ruedas pueda moverse fácilmente por casi cualquier superficie sin requerir esfuerzo alguno de su usuario. Los motores sin escobillas suelen ser los presentes en las sillas más modernas. Tienen un sistema más complejo de funcionamiento, por lo que es indispensable contactar con un técnico en caso de detectar el más mínimo problema con ellos. Por otra parte, ambos tipos de motor suelen recurrir a baterías de ion de litio con una capacidad máxima en torno a los 40 Ah.

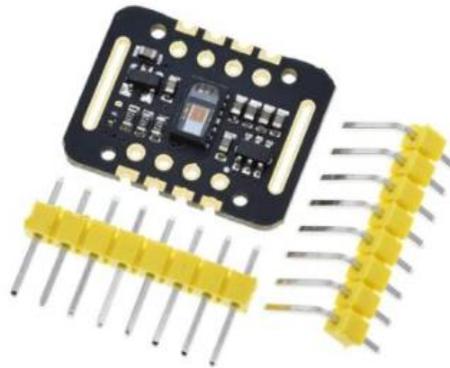
### ***1.5.5 Marco Contextual***

Hoy en día las condiciones de vida de los adultos mayores presentan muchas dificultades, sus oportunidades para conseguir un empleo son limitadas y en algunas ocasiones las enfermedades influyen mucho en este tipo de población.

De acuerdo con un censo nacional realizado en el año 2005 con respecto a la población de Colombia, se dice que el 6.3% presentan algún tipo de discapacidad. Los adultos mayores, presentan alguna sensibilidad a sufrir lesiones, especialmente por su poca estabilidad al estar de pie, o porque su movilidad es reducida, esto lleva a malas posturas y aplicar fuerzas innecesarias. El riesgo de accidentes es elevado debido al entorno inestable y no apto para los adultos mayores, especialmente si este debe permanecer de pie. Se necesita en ocasiones de varios empleados para lograr el objetivo de asear al adulto mayor, ya que se le dificulta lograr buen equilibrio.

## Figura 17

*Sensor de ritmo cardiaco y concentración de oxígeno MAX30102*



Fuente: Maxim Integrated, 2018.

Este dispositivo tiene como ventaja la inclusión de un pulsioxímetro y un monitor de frecuencia cardiaca, este dispositivo posee dos leds uno de ellos es de espectro rojo y otro es de infrarrojo, detectores fotoeléctricos, dispositivos ópticos y circuitos electrónicos de baja frecuencia. Este sensor es capaz de detectar la luz reflejada y con esto determina el grado de saturación

Es compatible con la interfaz de comunicación I2C para una mejor transmisión de la información que se desea visualizar. Con este dispositivo la medida del pulso y la saturación del oxígeno en la sangre se lleva a cabo por medio del tejido humano el cual provoca diferentes transmitancias en la luz cuando los vasos sanguíneos comienzan a latir.

- Especificaciones del sensor.

Dimensiones: 21mm x 15 mm

Voltaje de alimentación: 3.3V – 5V

Potencia máxima: 0.3W

Longitud máxima de onda led: 660nm/880nm

Interfaz de salida: I2C

Corriente de trabajo: 60mA

Tipo de detección: Reflexión de luz

### **1.5.6 Marco Legal**

Decreto 583 de 2018: mediante el cual se implementa la Certificación de Discapacidad y el Registro de Localización y Caracterización de Personas con Discapacidad, en el cual se dispone de la ubicación de las personas con discapacidad para manejo de las prioridades y accesos a programas destinados a este usuario. (Dec. 583, 2018)

Documento CONPES social 166 de 2013: Política pública nacional de discapacidad e inclusión social, que busca realizar mediante las organizaciones disponibles del estado una inclusión de todas las personas en un mismo ambiente gestionando diversas actividades que se pueden realizar por cualquier tipo de persona. (Departamento Nacional de Planeación, 2013)

Acuerdo 002 de noviembre 8 de 2013: El Consejo Nacional de Discapacidad –CND, gestiona los diversos sistemas que integran la discapacidad a nivel nacional para implementar el Registro para la Localización y Caracterización de las Personas con Discapacidad. –RLCPD e implementa la clasificación internacional del funcionamiento de las personas con discapacidad. (Acuerdo 002, 2013)

Ley 1346 de 2009: aprueba la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad, en la cual se establece los tipos de discapacidad y la integridad de las personas en el medio físico en el cual se establecen como sociedad, protegiendo, asegurando y preservando por toda la normativa que acogen a la persona para su estabilidad física y emocional. (L. 1346, 2009)

Decreto 470 de 2007: adopta la Política Pública de Discapacidad para el Distrito Capital, dándole seguimiento a la calidad de vida de las personas con discapacidad, velando por el bienestar de sus familias y gestionando todo un entorno viable y seguro para toda la sociedad. (Dec. 470, 2007)

NTC 4143, NTC 4145, NTC 4279 y NTC 4349 de 1998: Accesibilidad de las personas al medio físico, espacios urbanos y rurales, vías de circulación peatonales planos, edificios,

ascensores, rampas y escaleras. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, [ICONTEC], 1997)

Ley 361 de 1997: Título IV de la Accesibilidad. Normas y criterios para facilitar la accesibilidad a las personas con movilidad reducida. (L. 361, 1997)

NTC 4140 de 1997: Accesibilidad de las personas al medio físico, edificios, pasillos, corredores y características generales. (ICONTEC, 1997)

NTC 4201 de 1997: Accesibilidad de las personas al medio físico, edificios, equipamientos, bordillos, pasamanos y agarraderas (ICONTEC, 1997)

Decreto 1660 de 2003: Accesibilidad a los modos de transporte (Dec, 1660, 2003)

## **1.6 Metodología**

La metodología utilizada para lograr alcanzar los objetivos planteados es la siguiente:

En primera instancia, se buscó estudiar y analizar el entorno diario de aquellas personas que utilizan una silla de ruedas como medio de transporte, esto ya sea porque estas personas tienen una movilidad reducida.

A continuación, se realizó un estudio a una silla de ruedas tradicional teniendo como finalidad de comprender mejor el mecanismo de este dispositivo y también con el fin de tener en cuenta las dimensiones y realizar algunas modificaciones para poder adaptarlas al modelo que se propone a construir.

Además, se definen algunas condiciones de impacto para determinar algunas pruebas estáticas de resistencia sobre las partes de la silla de ruedas que influirán en la protección del usuario, realizando estos ensayos con distintos materiales y considerando sus diferentes propiedades y resistencias.

A su vez, teniendo ya el modelo terminado este se validó mediante ensayos dinámicos y con ello poder realizar una comparación con otros modelos de sillas de ruedas que se consideran más rígidas y menos confortables; de esta manera obteniendo resultados de interés y factibles que ayuden a comprobar que el modelo final resulta mejor que otros modelos del mercado.

En segundo aspecto, como se menciona en el título del proyecto, este prototipo de silla de ruedas incluye una etapa de toma de signos vitales para tener un mayor y eficiente control sobre el estado de salud del paciente. Para ello primero se debió realizar la prueba de la toma de los signos vitales con equipos que ya se encuentran en el mercado y que estos sean supervisados por un personal autorizado de salud quien ya conoce que resultados son factibles durante esta toma.

A continuación, se diseña un dispositivo con forma de manilla que debe de colocarse en la mano del usuario, el cual es capaz de realizar un diagnóstico sobre los signos vitales del paciente como su pulso, su temperatura entre otros y en conjunto con el software que se diseñó, el encargado del paciente pueda monitorear estas variables de forma remota y con retardos inferiores a veinte segundos para que logre estabilizarse y arrojar los valores finales obtenidos en la prueba y poder comprobar que están dentro de los rangos normales.

De esta manera, ya con los estándares establecidos por el personal de salud a cerca de estos equipos de medición, se prosigue a realizar las mismas pruebas de toma de signos vitales, pero en esta ocasión se realizarán con el sistema que se desarrolló para la medición de estos y así realizar una comparación entre la manera en que los miden los equipos que ya están en el mercado y como los mide el sistema que se construyó para así verificar que los valores que se encuentran en ese momento están acorde y tienen relación con los rangos en los que debe de estar el paciente.

### ***1.6.1 Marco Metodológico***

Teniendo en cuenta las necesidades y las bajas condiciones de vida de algunas personas que sufren de alguna discapacidad motriz, una de los principales objetivos que se quiere lograr, es facilitar el desplazamiento de una manera más confortable para brindar la ayuda a estas personas;

este proyecto se inició realizando un diseño adecuado, selección de materiales, adaptación y ensamble de las piezas fabricadas, y así lograr finalizar con un excelente prototipo, el cual se llamará SILLA DE RUEDAS HÍBRIDA, cumpliendo con las expectativas propuestas previamente, logrando satisfacer a los usuarios que necesitan de un desplazamiento por cualquier tipo de terreno.

Se comenzó realizando un proceso de estudio en dónde se almacena información y datos sobre la población discapacitada, conociendo la importancia de sus riesgos, para poder realizar el diseño de la silla de ruedas, esta información se obtuvo a partir de la recopilación de datos proporcionada de diferentes fuentes, como, por ejemplo, catálogos comerciales, tesis, revistas, entre otros.

**1.6.1.1 Métodos de recolección de información** Durante el desarrollo de este proyecto de investigación se llevaron a cabo estudios experimentales y bibliográficos, proporcionando información valiosa sobre sus características, beneficios y aplicaciones, sin embargo, aún existen desafíos que deben abordarse para mejorar la accesibilidad, el rendimiento y la sostenibilidad de estas sillas de ruedas ya que a medida que la tecnología continúa avanzando, se espera que las sillas de ruedas híbridas se vuelvan más comunes y asequibles, ofreciendo una mayor movilidad y autonomía a los usuarios en todo el mundo. Se realiza una revisión exhaustiva de la literatura sobre sillas de ruedas híbridas, tecnologías de movilidad asistida y estudios previos sobre la ergonomía y eficiencia de estos dispositivos. Analizando artículos académicos, patentes y casos de estudio relevantes para identificar innovaciones tecnológicas, métodos de evaluación de la eficiencia y comodidad de las sillas de ruedas. Se empleó dos modelos de encuestas para población en general y otro para la población con algún tipo de discapacidad. Otro método que se empleó en la investigación fue el de la observación directa, búsqueda de información en sitios web, revistas y artículos científicos más relevantes de los últimos años para tener una mejor metodología estructurada.

1.6.1.1.1 **Encuesta.** Como se mencionó previamente se realizaron dos tipos de encuestas uno dirigido al público en general sobre su concepto a cerca de la silla de ruedas convencional y la otra encuesta dirigida a la población que tiene algún tipo de discapacidad, en ambos cuestionarios se incluyeron preguntas abiertas y cerradas logrando de esta manera adquirir más información y con ello llevar estos resultados a los encargados de salud y poder proponer más alternativas o soluciones ante las necesidades de esta población.

1.6.1.1.2 **Observación.** Se lleva un control con respecto a toda la documentación necesaria encontrada en bases de datos, para tener un mejor concepto sobre el proyecto a realizar y de esta manera teniendo los suficientes fundamentos teóricos y prácticos que describen este proceso de investigación.

1.6.1.1.3 **Cálculo del sistema.** Determinación carga total.

Para este estudio el peso de todos los elementos que componente el sistema de silla de ruedas, tales como estructura de la silla (chasis), batería, motores, sistemas de control de la silla y el peso del usuario. El peso total que deben mover los motores esta dado por la siguiente ecuación.

$$\mathbf{PTM = PEM + PMU + PF + PSC + PMR}$$

Y el resultado de esta ecuación debe de estar expresado en Newton y se ve evidenciado en la siguiente tabla:

**Tabla 3**

*Determinación de carga*

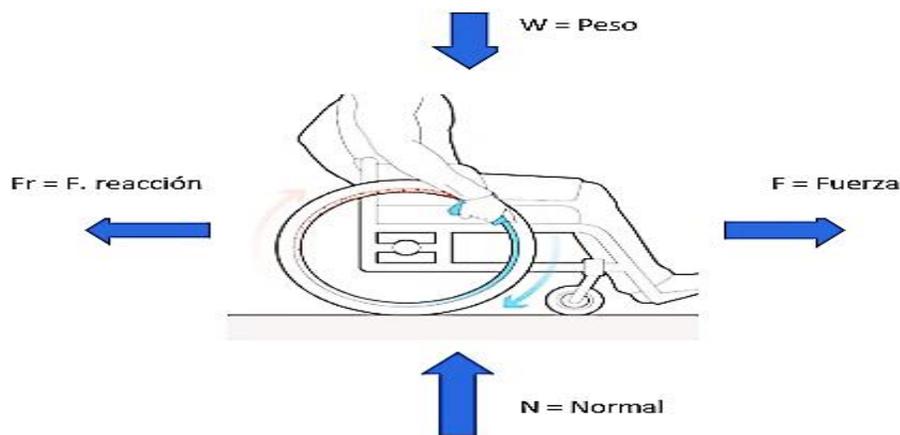
Peso (P)	Significado	Valor	Unidad
PEM	Peso del chasis de la silla	245.17	[N]
PMU	Peso máximo del usuario	980.66	[N]
PF	Peso fuentes de alimentación	19.6133	[N]
PSC	Peso sistema de control	9.8066	[N]
PMR	Peso motor	63.7432	[N]
<b>PTM</b>	<b>Peso total para movilizar</b>	<b>1495.5</b>	<b>[N]</b>

Fuente: (Autoría Propia).

1.6.1.1.4 *Análisis de fuerza necesaria en una superficie normal.* Para determinar la fuerza que se necesita para que la silla pueda realizar el respectivo desplazamiento se utilizan las leyes de Newton, mediante el diagrama de cuerpo libre que se muestra a continuación.

**Figura 18**

*Fuerzas de contacto*



Fuente: Physiopedia, 2021.

Para determinar la carga distribuida en las barras se calcula la fuerza por superficie que se reparte en la barra.

$$\begin{aligned} \text{Carga por barra} &= \frac{\text{carga asiento}}{\text{No. barras}} = \frac{980,66 \text{ N}}{2} = 490,33 \text{ N} \\ \text{Carga lateral} &= \frac{\text{Carga por barra}}{\text{Longitud barra}} = \frac{490,33 \text{ N}}{0,58 \text{ m}} = 845,4 \text{ N/m} \end{aligned}$$

Obteniendo así, la carga total de cada una de las barras se procede al cálculo:

$$F = \frac{W \cdot L}{2} = \frac{845,4 \cdot 0,58}{2} = 245,16 \text{ N}$$

Para el cálculo de los esfuerzos de flexión que soportan las barras del asiento se considera la ley de Navier, que es válida para elementos estructurales de secciones transversales de baja altura.

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I}$$

Donde  $\sigma$  corresponde a la flexión, M representa el momento flector máximo que soporta la barra, I el momento de inercia de la barra y c la distancia desde el eje neutro hasta el punto más alejado de la sección, en nuestro caso el radio exterior.

El momento de inercia de la sección circular hueca transversal respecto al eje neutro:

$$I_x = \frac{\pi}{4} \cdot (R^4 - r^4) = \frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d^4)$$

En cuanto al diseño de cualquier componente es fundamental para garantizar la seguridad y el cálculo del proceso. Por eso se hace uso del factor de seguridad, para garantizar que la silla tenga buena resistencia para soportar las cargas especificadas y cumpla las normas de seguridad en cuanto a deformaciones o daños en la estructura.

Para este diseño se aplicará un F.S (factor de seguridad) de 4,5. A niveles de cálculo, significando que la carga máxima que soportaría la silla es superior a cuatro veces que la esperada.

$$M_{-} = \frac{W \cdot l^2}{20} \qquad M_{+} = \frac{W \cdot l^2}{30}$$

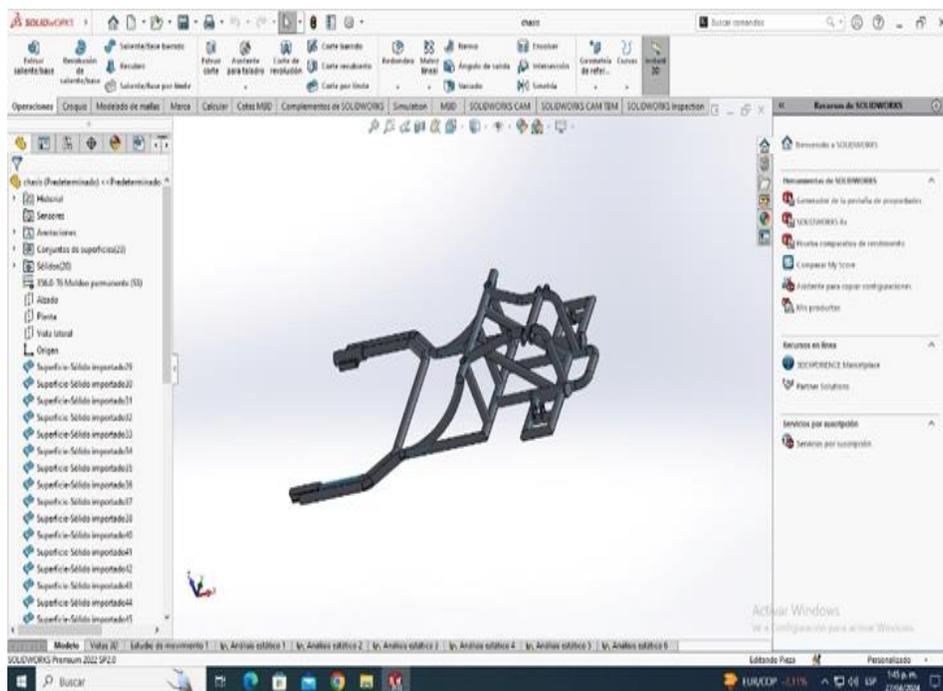
$$M_{+} = \frac{w \cdot l^2}{20} = \frac{845,4 \cdot 0,58^2}{20} = 14,21 \text{ Nm} \qquad M_{+} = \frac{w \cdot l^2}{30} = \frac{845,4 \cdot 0,58^2}{30} = 9,47 \text{ Nm}$$

Para el cálculo con el material escogido, y sus propiedades mencionadas anteriormente y F.S de 4,5 se determina el límite máximo que soporta la viga.

$$F.S = \frac{\sigma_{material}}{\sigma_{total}} \qquad 4,5 = \frac{135 \text{ Mpa}}{\sigma_{total}} \qquad \sigma_{total} = 30 \text{ Mpa}$$

## Diseño Chasis en SolidWorks

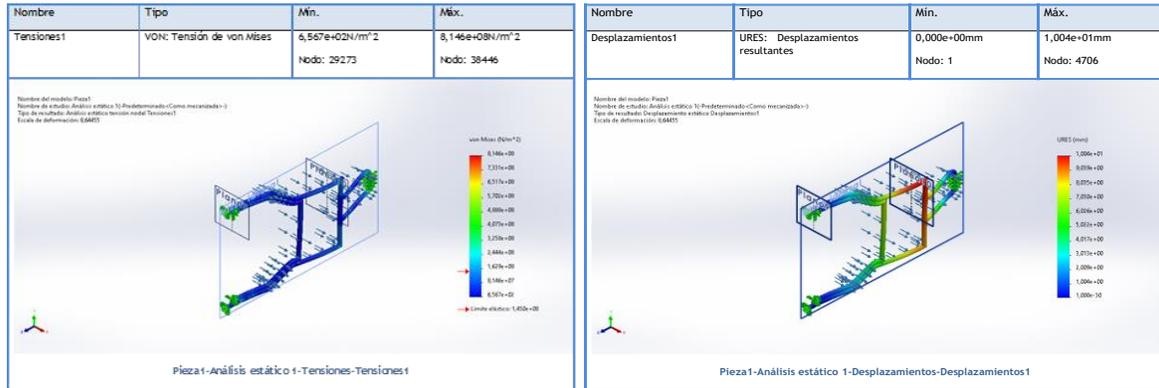
**Figura 19**  
*Análisis estructural*



Fuente: (Autoría Propia)

**Figura 20**

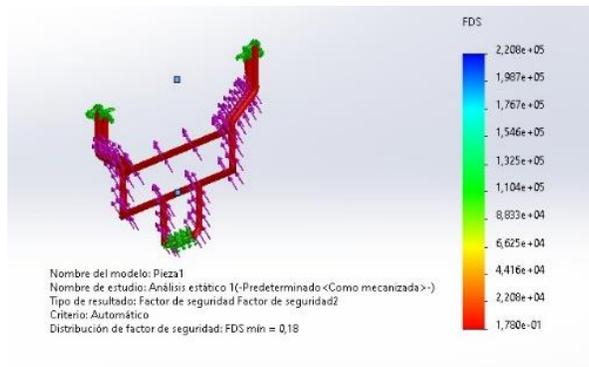
*Análisis elementos finitos*



Fuente: (Autoría Propia)

**Figura 21**

*Factor de seguridad*



*Nota.* Análisis estático factor de seguridad. Fuente. Los autores

La figura 21. muestra un análisis por elementos finitos en SolidWorks de una estructura metálica compleja llamada "Pieza1". Los colores indican la distribución de tensiones y el factor de diseño (FDS). Existen áreas críticas en rojo/amarillo con FDS cercano o inferior a 1, lo cual es un factor de seguridad muy bajo. Se recomienda establecer un FDS mínimo más conservador (al menos 1.5-2), reforzar las zonas críticas, considerar materiales más resistentes, revisar las cargas

aplicadas y realizar validaciones adicionales. El objetivo es lograr un diseño robusto con un factor de seguridad adecuado en toda la estructura.

En este caso para los materiales como el neumático de goma sobre el cemento su coeficiente de fricción es de aproximadamente 0,80.

Se realiza la respectiva sumatoria de fuerzas en X y se obtiene

$$\sum F_x = 0$$

$$F - F_r = 0 \quad \gg \quad F = F_r$$

Ecuación del coeficiente de fricción:

$$F_r = \mu_c \cdot N$$

Y de esta manera también se realiza la sumatoria de fuerzas en Y:

$$\sum F_y = 0$$

$$W - N = 0 \quad \gg \quad W = N$$

Después se aplica la ecuación del peso en función de la masa donde:

$$W = m \cdot g$$

Y finalmente cuando se reemplaza N de la sumatoria de fuerzas en Y en la sumaria de fuerzas en X se obtiene:

$$F = F_r = \mu_c \cdot m \cdot g \quad \gg \quad F = F_r = 0.80 \cdot 1495,5 \text{ [N]} \quad \gg \quad F = 1196,4 \text{ [N]}$$

Esta es la fuerza necesaria para lograr que la silla de ruedas se mueva en distintas direcciones en una superficie plana.

#### 1.6.1.1.5 *Panel Solar*

#### 1.6.1.1.6 *Batería 24V – 100Ah.*

### **Se calcula la potencia de almacenamiento**

$$P = V \cdot I \quad \gg \quad P = 24\text{v} \times 100 \text{ Ah} \quad \gg \quad P = 24 \text{ Wh} \gg \text{capacidad de la batería al 100\%}$$

Ahora se debe tener en cuenta la hora solar mínima en Colombia, es de 4h

Entonces:

$$\frac{\text{Potencia almacenamiento}}{\text{Hora solar mínima}} \rightarrow \frac{2400 \text{ wh}}{4 \text{ h}} \rightarrow 600 \text{ wp}$$

Ahora debemos seleccionar el controlador de carga de tipo MPPT

$$\frac{600 \text{ wp}}{24\text{v}} = 25\text{A}$$

El controlador MPPT aumentará la corriente, bajando la tensión y cargará la batería en óptimas condiciones

### 1.6.2 Materiales.

Para calcular los esfuerzos internos sobre la estructura, se deben definir las propiedades del material del chasis. Las sillas de ruedas están construidas con un marco rígido y pueden utilizar mejor la energía porque normalmente pesan menos y sufren menos pérdidas debido a la fricción. Hay dos variables a considerar a la hora de elegir materiales de construcción: peso y precio. Los materiales más utilizados en el mercado de las sillas de ruedas son el acero, el aluminio y la fibra de carbono. El acero es el material más barato, pero también el más pesado. Los marcos de fibra de carbono son más livianos y tienen muchas de las buenas cualidades de las sillas con marco fijo, pero tienen un precio muy alto. El aluminio es probablemente el más común porque es el material que mejor se adapta entre precio y peso, por este motivo para este proyecto se eligió el aluminio 6063 T-5 porque era el material más adecuado para realizar este proyecto.

#### 1.6.2.1 Aluminio 6063 T-5

### Figura 22

Composición química más generalizada aleación 6063

	Fe	Si	Mg	Mn	Cu	Ti	Zn	Cr	Otros	Al
Máximo	0.30	0.60	0.60	0.30	0.10	0.20	0.15	0.05	0.15	Resto
Mínimo	0.10	0.30	0.40	--	--	--	--	--	--	

Fuente: Aragonaluminio, 2011.

## Figura 23

### Principales características física de aleación 6063

Módulo de elasticidad	6.800 Kg/mm <sup>2</sup>	Dureza Rockwel	68
Conductiv. térmica a 20°C	209 W/m K	Dureza Brinell	70
Conduct. eléctrica % IACS	55.5	Carga de Rotura	22 - 23 Kg/mm <sup>2</sup>
Coef. dilat. lineal entre 20 - 100°C	23.5/106 K	Límite elást. 0.2 Kg/mm <sup>2</sup>	20 Kg/mm <sup>2</sup>
Peso específico	2.7 Kg/dm <sup>3</sup>	Alargam. (5.65%)	14
Resistividad eléctrica a 20°C	3.1 p1/cm	Límite de fatiga	15 Kg/mm <sup>2</sup>
Intervalo de fusión	615 - 655	Resistenc. a cizallad.	13 - 14 Kg/mm <sup>2</sup>
(*) T5 = Estado del aluminio después de extruido, enfriado al aire y envejecido a 175°C.			

Fuente: Aragonaluminio, 2011.

#### 1.6.2.1.1 Comportamiento del aluminio

##### Resistencia a la corrosión

El aluminio tiene una excelente resistencia a los agentes atmosféricos debido a la protección proporcionada por la delgada película de óxido de aluminio que lo recubre.

El aluminio es un material de baja densidad que permite crear una silla de ruedas relativamente liviana que puede aplicar menos esfuerzo al movimiento, Una silla de ruedas eléctrica requiere menos peso y más potencia del motor para avanzar.

1.6.2.1.2 **Lámina de aluminio 3003 H14.** Caracterizadas por su superficie lisa y uniforme son hechas de una aleación de aluminio 3003, que es una aleación común que es conocida por su buena resistencia a la corrosión, trabajabilidad y soldabilidad. La designación H14 indica que la lámina ha sido recocida y luego endurecida por trabajo a un cuarto de su dureza máxima.

**Figura 24**

*Ficha técnica lámina de aluminio 3003 H14*

Product																
Aluminum Sheet																
Specification																
ASTMB209																
Standard				Finish	Mill Finish	Protect		PVC								
Item No.	Product Description			Chemical Composition(%)								Mechanical Test				
	Dimensions	Quantity Pcs	Weight kgs	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Impurities		Yield Strength	Ultimate Strength	Elongation
											Each	Total	MPa			
<b>Specification</b>			Min.	0.60	0.70	0.05	1.00	--	--	--	--	0.05	0.15	≥118	138 - 180	≥6
			Max.	0.26	0.30	0.11	1.27	--	--	0.03	--	0.05	0.15	150	161	10.2
1	3 mm x 1,219.0 mm x 2,440 mm	--	3252.00	0.26	0.30	0.11	1.27	--	--	0.03	--	0.05	0.15	150	161	10.2
2	6 mm x 1,219.0 mm x 2,440 mm	--	2964.00	0.31	0.25	0.11	1.30	--	--	0.01	--	0.05	0.15	145	160	14
3	1.5 mm x 1,219.0 mm x 2,440 mm	--	758.00	0.20	0.27	0.13	1.25	--	--	0.04	--	0.05	0.15	145	157	9.4
4	0.9 mm x 1,219.0 mm x 3,048 mm	--	11582.00	0.24	0.20	0.11	1.25	--	--	0.03	--	0.05	0.15	141	154	9.0
5	1.5 mm x 1,219.0 mm x 3,048 mm	--	3218.00	0.31	0.20	0.11	1.27	--	--	0.02	--	0.05	0.15	150	159	11.0
6	6 mm x 1,219.0 mm x 3,048 mm	--	4839.00	0.30	0.22	0.10	1.25	--	--	0.02	--	0.05	0.15	150	155	11.0
7	1.2 mm x 1,219.0 mm x 3,048 mm	--	5201.00	0.29	0.28	0.11	1.26	--	--	0.03	--	0.05	0.15	160	152	8.6
8	2 mm x 1,219.0 mm x 3,048 mm	--	1030.00	0.26	0.28	0.12	1.34	--	--	0.01	--	0.05	0.15	150	152	10
9	2 mm x 1,219.0 mm x 2,440 mm	--	3003.00	0.29	0.28	0.11	1.26	--	--	0.03	--	0.05	0.15	152	160	8.6
TOTAL:			35847.00	200												
Remark																
Visual Inspection(Surface) and Dimension Check : OK																
Note *01 = Hardness Test *02= Heat Treatment *Gauge Length: 50mm 1 MPa=1 N/mm <sup>2</sup> =10bar=145psi= 10.2kgf/cm <sup>2</sup>																

Fuente: Carbone, 2015.

1.6.2.1.3 **Filamento Impresión 3D.** El filamento de impresión 3D es un material plástico que se utiliza para crear objetos tridimensionales mediante impresoras 3D. El filamento seleccionado para este proyecto es el policarbonato (PC) es el filamento impreso en 3D más resistente.

El PC tiene una alta resistencia a la tracción y al impacto, además de una buena resistencia a la temperatura y a los productos químicos. Este es un material rígido y duradero el cual se puede utilizar para imprimir una amplia variedad de objetos.

## Figura 25

### Filamento PC Policarbonato



Fuente: 3dboats, 2019.

1.6.2.1.4 **Espumas.** Elegir la espuma adecuada para una silla de ruedas depende de varios factores, como necesidades individuales:

Tiempo sentado, se necesitará una espuma de alta densidad y soporte adicional para prevenir úlceras por presión.

Sensibilidad a la presión, si tiene piel sensible, necesita una espuma con propiedades de alivio de presión que distribuyan el peso uniformemente.

Condiciones médicas, ciertas condiciones, como la mala circulación, pueden requerir espumas especializadas.

Para este proyecto se elige la opción de las espumas de poliuretano de alta y baja densidad, siendo espumas duraderas, resistentes y que ofrecen un buen soporte. Es una buena opción para personas con mayor peso corporal, también son suaves y cómodas, perfectas para personas con piel sensible o personas con largo tiempo de sentado.

## Figura 26

### Cojín En Gel Poliuretano Para Silla De Ruedas



Fuente: Ortopédica Teusaquillo, (2016).

1.6.2.1.5 **Panel Solar.** Debido a la necesidad de hacer uso de las fuentes de energía sostenibles, los paneles solares se han convertido en una alternativa atractiva y viable gracias a las ventajas que tienen. Estos dispositivos fotovoltaicos son capaces de convertir la energía solar en electricidad, ofreciendo una solución más factible para reducir la necesidad de uso de los combustibles fósiles.

Funcionamiento en los paneles solares, también conocidos como módulos fotovoltaicos, están compuestos por células fotovoltaicas, las cuales están hechas de materiales semiconductores, como el silicio. Cuando la luz solar incide sobre estas células, se genera un flujo de electrones, creando así una corriente eléctrica. Esta corriente continua se convierte en corriente alterna mediante un inversor, haciéndola compatible con la mayoría de los aparatos eléctricos.

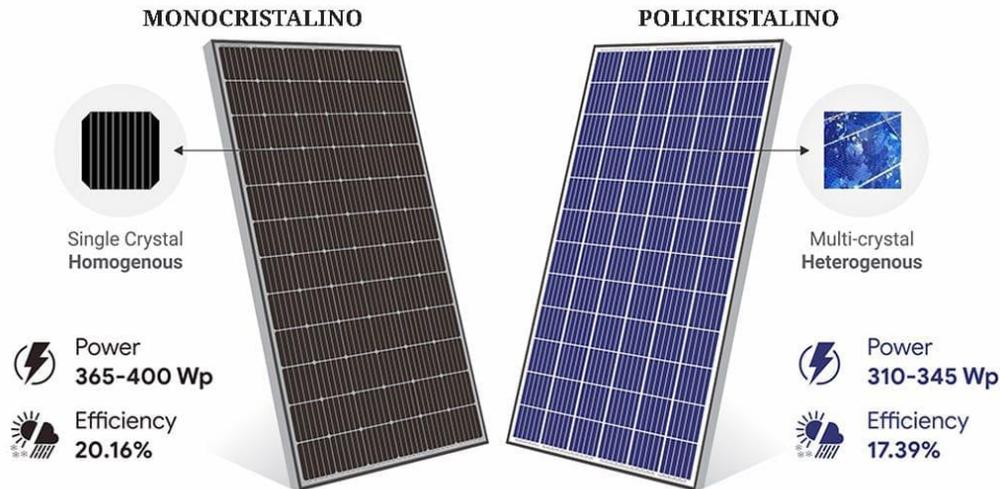
Existen dos tipos principales de paneles solares:

- Paneles monocristalinos: Fabricados a partir de un único cristal de silicio, estos paneles son los más eficientes y duraderos, pero también los más costosos.
- Paneles policristalinos: Elaborados a partir de fragmentos de silicio, estos paneles son menos eficientes que los monocristalinos, pero también más económicos.

Los paneles solares ofrecen una serie de ventajas significativas, entre las que se destacan la generación de electricidad para uso residencial y comercial, los paneles solares pueden ser instalados en viviendas, edificios comerciales e incluso en grandes centrales eléctricas. Fuente de energía renovable, la energía solar es una fuente de energía inagotable y limpia, lo que significa que no produce emisiones contaminantes ni contribuye al calentamiento global. También ayuda a la reducción de la dependencia de combustible fósiles, como el petróleo y carbón, por esta razón tendría un ahorro en la factura de electricidad. Bajo mantenimiento, los paneles solares son dispositivos de bajo mantenimiento que pueden durar varias décadas.

**Figura 27**

*Tipos de paneles solares*



Fuente: AutoSolar, 2022.

1.6.2.1.6 **Controlador de carga solar MPPT 25 Ah 600w.** Es un dispositivo diseñado para optimizar la eficiencia de sistemas de energía solar fotovoltaica, que tiene una capacidad de carga de hasta 25 A y una capacidad de manejo de 600 W, este controlador utiliza el MPPT (Máximo Powers Point Tracking) para maximizar la recepción de energía solar y lograr una carga eficiente a las baterías. Su diseño compacto y su capacidad de protección contra sobrecarga y corto circuitos lo hacen ideal para la instalación en zonas residenciales y comerciales.

## Figura 28

### Controlador de carga MPPT



Fuente: Welspec, 2019.

### 1.6.3 Línea De Investigación

La línea de investigación de este proyecto de grado a realizar es la de Diseño y Desarrollo Mecatrónico, específicamente en el área de automatización y bioingeniería.

### 1.6.4 Tipo De Investigación

Este proyecto de investigación es de tipo experimental cualitativa ya que se basa en datos numéricos poblacionales, en los que también se observa variedad de problemas por los cuales se requiere lograr este proyecto, y también lograr un mayor control para favorecer a esta población que sufre de una discapacidad, con estos procedimientos se logrará relacionar el problema y el efecto. Se busca un proyecto útil y fundamental, resultados que nos permita identificar los problemas sobre la discapacidad motriz, y apoyar en poder mejorar la movilidad en este tipo de personas.

### 1.6.5 Enfoque De La Investigación

Este proyecto de investigación adopta un enfoque empírico-analítico basado en el método científico. A diferencia del enfoque cualitativo, que busca comprender la realidad sin pruebas de

hipótesis predefinidas, el enfoque empírico-analítico permite el desarrollo y la comprobación de hipótesis a medida que avanza el proyecto y se acumulan los datos obtenidos.

La investigación se fundamenta en la recolección sistemática de datos a través de ensayos, pruebas y el análisis lógico-empírico de los mismos. Se realizarán mediciones y estudios relacionados con factores clave como la aceleración lineal, la resistencia de materiales, los mecanismos de propulsión, la velocidad y la distancia recorrida. Estos datos serán sometidos a un riguroso análisis estadístico.

Un aspecto fundamental del proyecto será la implementación de fuentes de energía renovables como sistema de alimentación, lo que permitirá que el prototipo de silla de ruedas se desplace de acuerdo con las órdenes del usuario, quien tendrá el control manual sobre el movimiento y la dirección del dispositivo.

Durante el periodo de pruebas, se realizará un análisis exhaustivo de los datos obtenidos con el fin de establecer relaciones entre el sistema, sus componentes y los mecanismos que lo conforman. Esto permitirá optimizar el diseño y el funcionamiento del prototipo.

El objetivo principal es desarrollar una herramienta precisa, confiable y segura para el desplazamiento de personas con discapacidad motriz. De esta manera, el prototipo se convierte en una solución innovadora y útil, enfocada en mejorar la calidad de vida de esta población.

### ***1.6.6 Hipótesis***

El prototipo de silla de ruedas híbrida brinda autonomía a las personas que padecen algún tipo de discapacidad para movilizarse y también logra que el monitoreo de variables vitales del paciente se realice de forma remota y con retardos inferiores a veinte segundos, así como también mejora el tiempo de autonomía energética y finalmente se quiere obtener que el prototipo sea asequible para algunas personas que no tengan el capital necesario para adquirir una silla de ruedas.

### 1.6.7 Descripción Metodológica

**Tabla 4**

*Descripción metodológica*

No.	FASE	ACTIVIDAD
1	Recolección de información, características, requerimientos, encuestas, necesidades, diseño de la silla de ruedas	Análisis de problemática, recopilación y conclusión de datos obtenidos Utilizar documentos de apoyo para mejorar visión en pro del diseño y construcción del prototipo. Analizar sillas de ruedas actuales en el mercado para identificar mejores prácticas y áreas de mejora basadas en las opiniones de usuarios
2	Construir un sistema de monitoreo de señales vitales, incluyendo mecanismos de alerta en el momento de estar fuera de los límites establecidos.	Diseño y creación del software y su aplicación. Construcción del sistema de monitoreo de señales vitales. Construcción del sistema fotovoltaico para generar la alimentación del prototipo.
3	Construir una silla de ruedas con un sistema de alimentación basado en energías renovables, incluyendo control de dirección, sistema de amortiguación y asiento regulable en altura.	Diseñar estructura, seleccionar materiales, sistema mecánico y electrónico. Modificación de silla de ruedas con integración de un sistema de alimentación con energías renovables Implementación de actuador lineal para elevación de altura Instalación de un control de dirección inalámbrico (Joystick).
4	Validar el funcionamiento del sistema completo, integrando la silla de ruedas acondicionada y el sistema de medición de variables vitales	Pruebas de resistencia, control y seguridad. Validar el funcionamiento del sistema completo para su utilización a personas en condición de discapacidad.

**1.6.7.1 Fase 1. Análisis de datos y modificaciones.** En esta fase se comienza con el análisis sobre la problemática en los factores que generan inconformidades en el desplazamiento en personas que se encuentran en condiciones de discapacidad motriz y sufren limitaciones para el desarrollo de actividades independientes, se comienza este proyecto con un análisis en la población de bajos recursos económicos y sufren de estas discapacidades motrices. Se realizan estudios de la estructura de una silla de ruedas convencional, para así identificar todos y cada uno de los mecanismos que hacen que esta realice la tarea de desplazar a la persona, de esta manera se estudiará en que zonas se deben implementar lo anteriormente propuesto.

**1.6.7.2 Fase 2. Sistema de monitoreo de señales vitales.** En la segunda fase se hacen estudios para comenzar a crear un programa el cual se basará en lograr controlar los signos vitales de una manera más fácil para las personas, para una mejor comodidad del paciente a usarla, la cual permitirá al personal encargado de la persona que usa la silla el poder brindarle una mayor atención de una manera más viable, lo que se busca con esto es, mejorar la atención y control en la salud de las personas y para el personal médico poder enterarse del estado de salud del paciente de una manera más continua, y en caso de alguna alteración en sus signos vitales, les llegará una alerta para que le den la ayuda necesaria.

**1.6.7.3 Fase 3. Construcción del prototipo.** En este proyecto tiene como objetivo principal diseñar y construir una silla de ruedas en un vehículo impulsado por energías renovables, dotándola además de funciones avanzadas como control de dirección inalámbrico mediante mando joystick y un asiento regulable en altura, la iniciativa busca contribuir a la mejora de la calidad de vida de las personas con movilidad reducida, proporcionándoles una herramienta de desplazamiento más autónoma, ecológica y confortable. Se realizan estudios para poder implementar la alimentación a la silla, la cual se basará en las energías renovables, porque no generan tantos gases contaminantes, y podemos aprovechar los diferentes tipos de energía para convertirlos en una fuente de alimentación para nuestro prototipo.

**1.6.7.4 Fase 4. Validar el funcionamiento del sistema completo.** En la última fase el prototipo se somete a una prueba final, en donde se determinará que todo esté funcionando de la manera óptima, la silla de ruedas debe soportar el peso que se calcula en las simulaciones, de esta manera ya puede ser considerada para poderla utilizar por la persona y finalmente validar que el sistema de medición de los signos vitales se muestre de una manera correcta sobre el estado de salud de la persona en base a los datos obtenidos.

### ***1.6.8 Descripción del diseño de la silla de ruedas***

Existen distintas soluciones para responder a las diferentes necesidades de las personas, por ello es esencial diseñar un prototipo de silla de ruedas que se ajuste en su mayoría a las necesidades de las personas con algún tipo de discapacidad.

Diseño de producto, describe el proceso de imaginar, crear e iterar productos que resuelven los problemas de los usuarios o abordan necesidades específicas en un mercado determinado. Idealmente, la ejecución del diseño del producto es tan impecable que nadie se da cuenta; los usuarios pueden usar el producto de manera intuitiva según sea necesario porque ya en el proceso se entendió sus necesidades y anticipó su uso (López, 2022).

Este mismo proceso, es el aplicado para buscar alternativas y mejoras del diseño en todo lo relacionado con el uso de telas, materiales y texturas que puedan provocar o incidir en la aparición de úlceras en la piel de los pacientes, en las zonas de mayor contacto y exposición.

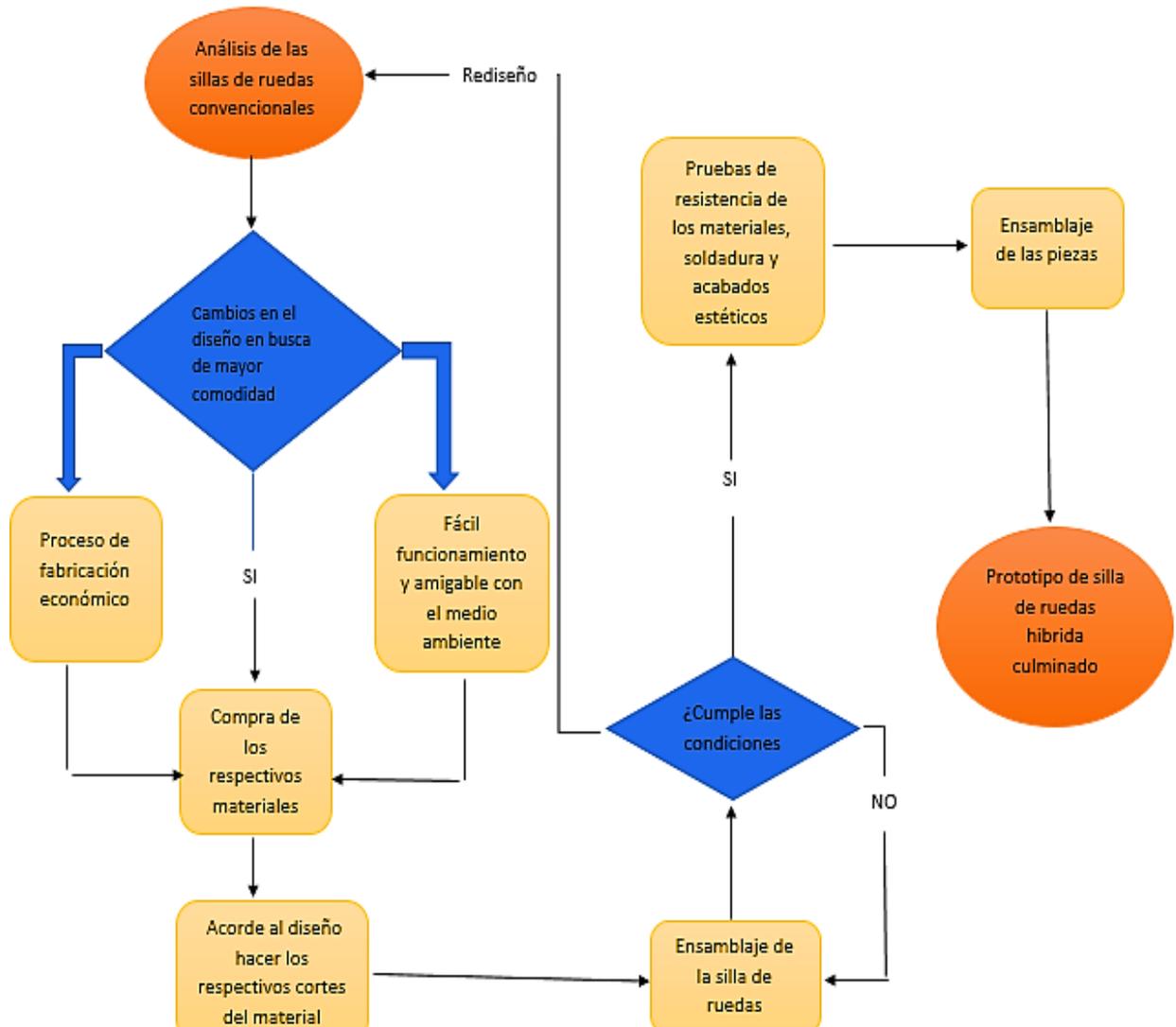
Estas son las zonas que sufren cuando se está sentado por largos periodos “Las úlceras por presión suelen aparecer más frecuentemente en las prominencias óseas por la presión más elevada a la que están sometidos estos puntos” (Allsopp, 2019).

En base a los estudios realizados, teniendo en cuenta las características de los materiales, se inicia con la manufactura del prototipo y así mismo la compra de los materiales para su construcción.

En la siguiente figura se muestra un diagrama de flujo para entender mejor el proceso de manufactura del diseño de la silla de ruedas.

**Figura 29**

*Diagrama de flujo proceso de manufactura silla*

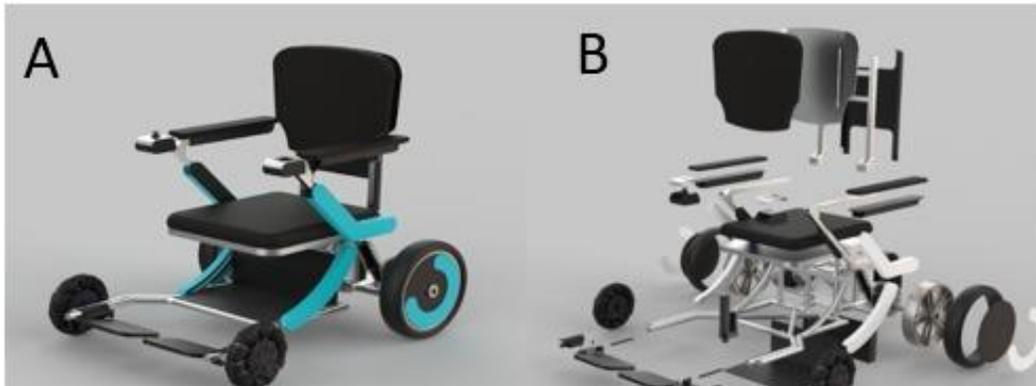


Fuente: Autoría propia.

### 1.6.8.1 Renders del modelo en software Rhinoceros 3D

**Figura 30**

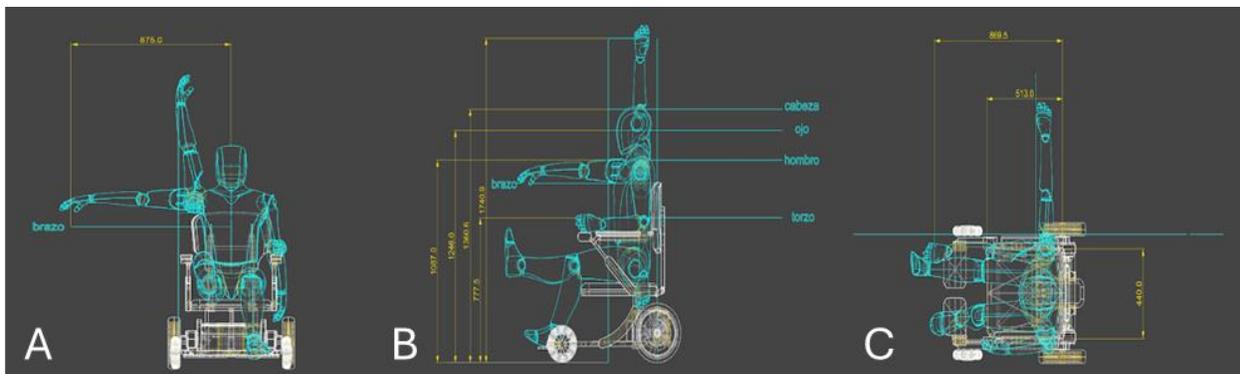
*Prototipo silla de ruedas*



Fuente: Autoría propia

**Figura 31**

*Planos percentil 95*



Fuente: Autoría propia

### 1.6.9 Validez de la Investigación

Se propone llevar a cabo dos experimentos como instrumentos de investigación de carácter material o práctico, los cuales se utilizaron para hacer pruebas simplificadas de la realidad como se indica a continuación:

En el primer experimento se organizara una reunión con personas que no padezcan de ningún tipo discapacidad para realizar las pruebas de confortabilidad, ergonomía y funcionamiento de la silla de ruedas convencional, después de haber realizado la primera prueba de la silla de ruedas convencional se harán los mismos procesos en el prototipo que se dispone a construir, y lograr obtener las opiniones de ambas modelos de sillas de ruedas, con esto analizando las diferencias que encontraron los usuarios durante la prueba de confortabilidad, ergonomía y en el caso del modelo propuesto, es el asiento regulable en altura, de esta manera poder concluir que el prototipo realizado si presenta mejoras en sus prestaciones.

A continuación, con el dispositivo diseñado con forma de manilla el cual debe ser colocado en la muñeca de la persona, siendo así capaz de realizar un diagnóstico sobre sus signos vitales, como su pulso, temperatura, entre otras variables y en conjunto con el software que se diseñó, el personal de salud encargado del paciente pueda monitorear estas variables de forma remota y con retardos inferiores a veinte segundos para que logre estabilizarse y arrojar los valores finales obtenidos en la prueba.

## 2 Presentación De Resultados

### 2.1 Resultados De Acuerdo Con Los Objetivos

#### 2.1.1 Resultados Objetivo 1

Objetivo 1: Levantar requerimientos referentes al desarrollo de un prototipo para el monitor de variables vitales en humanos y del funcionamiento de este.

Se llevó a cabo una profunda investigación en fuentes primarias, visitas a zonas hospitalarias, análisis de diferentes tipos de sillas de ruedas, charlas con personal de salud y entrevistas con la población afectada. Además, se estudiaron los entornos diarios donde se utilizarían las sillas de ruedas y se aplicaron encuestas y cuestionarios. Todas estas acciones permitieron recopilar información valiosa y establecer los requerimientos técnicos, funcionales y de usabilidad necesarios para el desarrollo del prototipo.

##### 2.1.1.1 Buscar información en fuentes primarias

### Figura 32

Resultado de documentos en Scopus

465 document results

TITLE-ABS-KEY (electric AND wheelchair) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2023) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2015) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2014) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2013) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2012) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2011) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2010) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2009) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2008) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2007) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2006) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2005)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "tr")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "ENGI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "MEDI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "COMP"))

Edit Save Set alert

Search within results...

Documents Secondary documents Patents View Mendley Data (104)

Analyze search results Show all abstracts Sort on: Date (newest)

Limit to Exclude

Open Access

- All Open Access (182) >
- Gold (78) >
- Hybrid Gold (13) >
- Bronze (55) >
- Green (109) >

Learn more

	Document title	Authors	Year	Source	Cited by
1	Autonomous detection and ascent of a step for an electric wheelchair	Botta, A., Bellincioni, R., Quaglia, G.	2022	Mechatronics 86,102838	0
	View abstract View at Publisher Related documents				
2	Fourteen-year change in activities of daily living of a quadriplegic, ventilator-managed patient injured by high cervical spinal cord injury during infancy: a case report	Yasuoka, Y., Nishimura, Y., Kinoshita, T., (...), Umemoto, Y., Tajima, F.	2022	BMC pediatrics 22(1), pp. 507	0

Fuente: Fuente propia, 2022.

### 2.1.1.2 Visitas a zonas hospitalarias

**Figura 33**

*Visitas zonas hospitalarias*



Fuente: Autoría propia, 2022.

### 2.1.1.3 Investigación de variedad de sillas de ruedas

**Figura 34**

*Variedad sillas de ruedas*

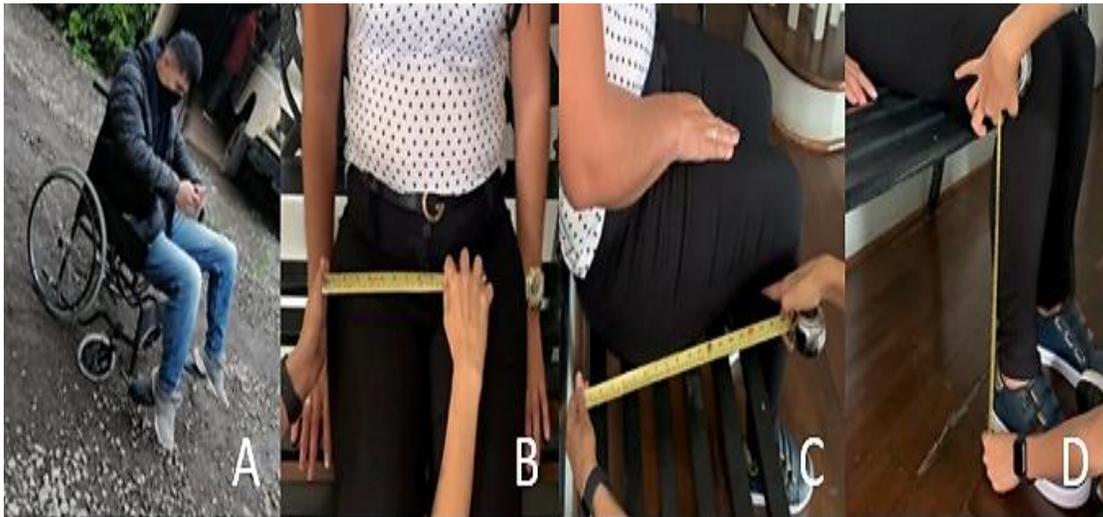


Fuente: Autoría propia, 2022.

#### 2.1.1.4 Análisis de silla de ruedas convencional

**Figura 35**

*Análisis y medidas silla de ruedas*



Fuente: Autoría propia, 2022.

#### 2.1.1.5 Charlas con personal de salud

**Figura 36**

*Charlas con personal de salud*



Fuente: Autoría propia, 2022.

### 2.1.1.6 Entrevistas a la población afectada

**Figura 37**

*Entrevistas*



Fuente: Autoría propia, 2022.

### 2.1.1.7 Estudio entorno diario

**Figura 38**

*Tipos de terrenos*



Fuente: Autoría propia, 2022.

### 2.1.1.8 Encuestas o cuestionarios

**Figura 39**  
Resultados encuesta

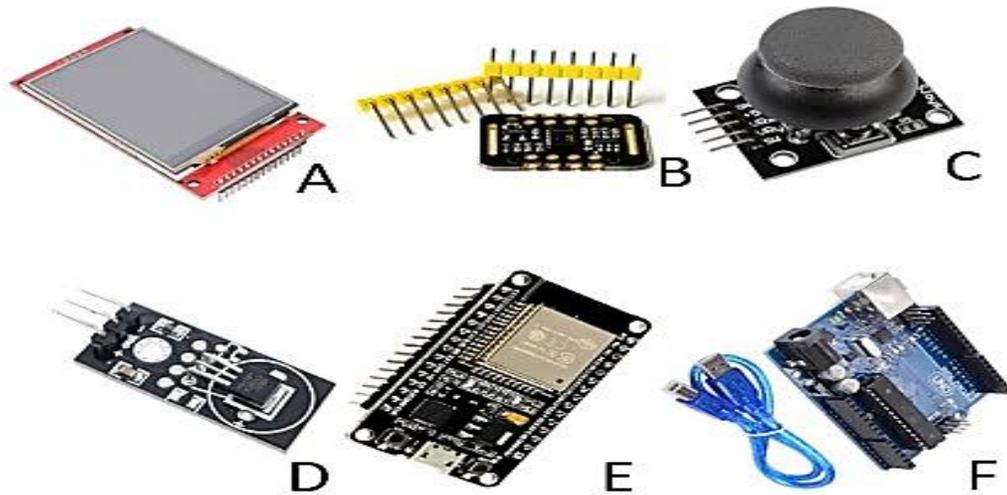


Fuente: Autoría propia, 2022.

### 2.1.1.9 Cotización de materiales

**Figura 40**

*Componentes electrónicos*



Fuente: Maxim Integrated, 2018.

**Figura 41**

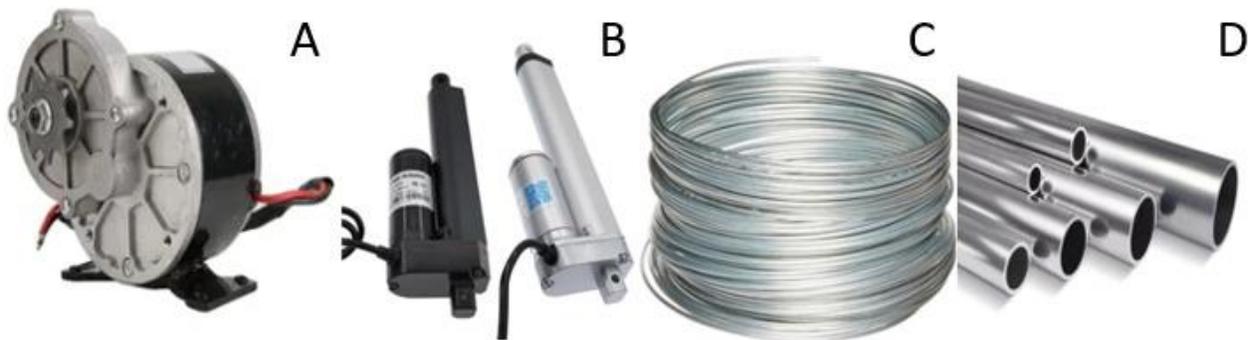
*Materiales de impresión*



Fuente: Anycubic, 2015.

**Figura 42**

*Materiales*

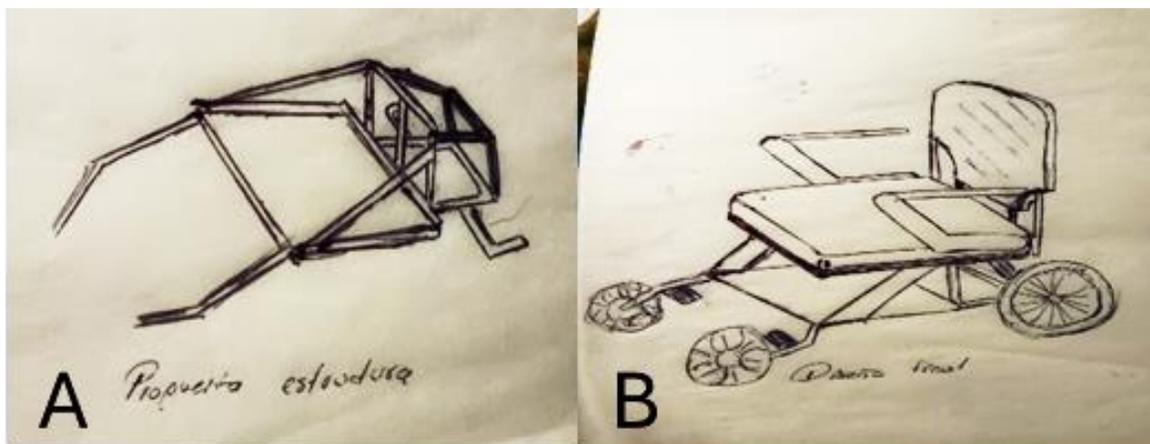


Fuente: Busther, 2016.

### 2.1.1.10 Bosquejo

**Figura 43**

*Bosquejo del diseño*



Fuente: Autoría propia

### 2.1.2 Resultados Objetivo 2

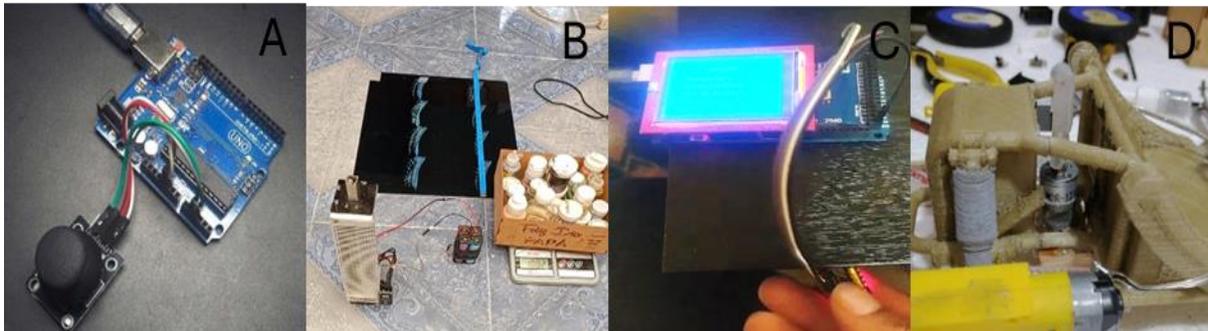
Objetivo 2: Construir un sistema para la adquisición, procesamiento y monitoreo de señales vitales y variables físicas de la silla de ruedas.

Se adquirieron los materiales necesarios, incluyendo componentes electrónicos, sensores y materiales para la estructura. Se construyó la estructura de la silla mediante impresión 3D, ensamblando cada una de las piezas impresas. Se diseñó e implementó un sistema de elevación del asiento utilizando un motor lineal, realizando las simulaciones y cálculos necesarios. Además, se desarrolló el sistema de transmisión y tracción de la silla, incluyendo el diseño de las llantas y los mecanismos de movimiento. Todo este proceso permitió la fabricación del prototipo físico de la silla de ruedas con capacidades de monitoreo de variables vitales.

### 2.1.2.1 Adquisición de materiales

**Figura 44**

*Adquisición materiales*

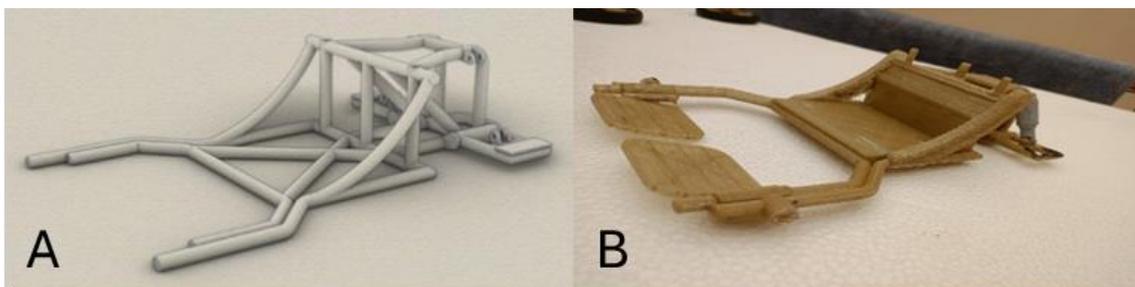


Fuente: Autoría propia, 2022.

### 2.1.2.2 Construcción de la estructura

**Figura 45**

*Construcción de estructura*

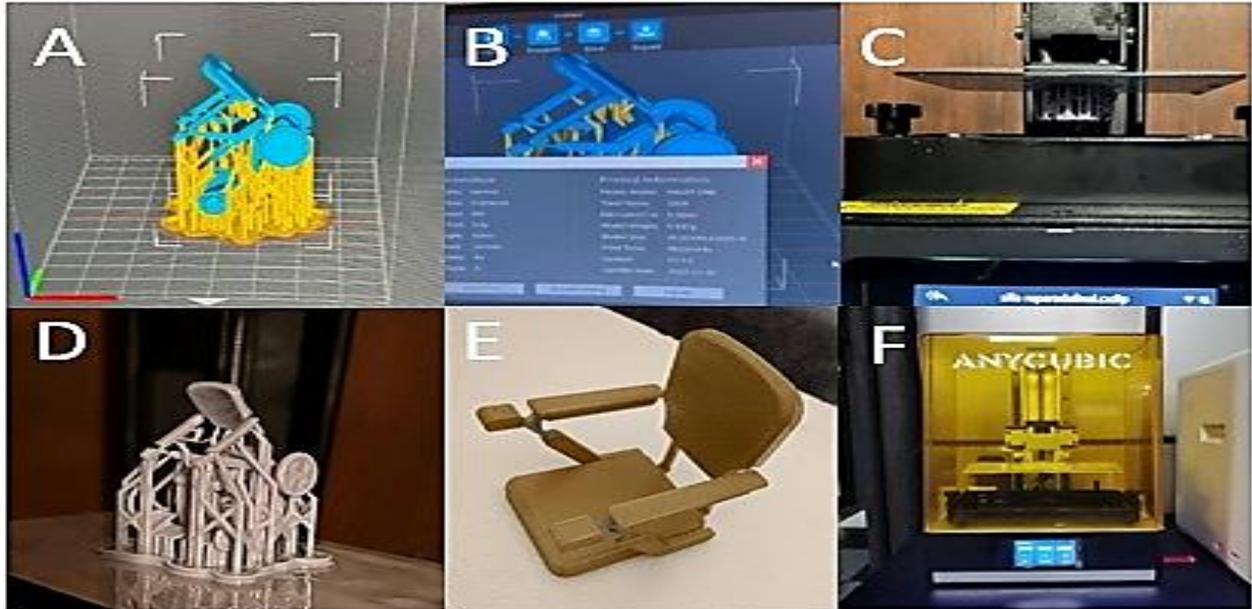


Fuente: Autoría propia, 2023.

### 2.1.2.3 Impresión y ensamble de la estructura

**Figura 46**

*Impresión 3D prototipo*

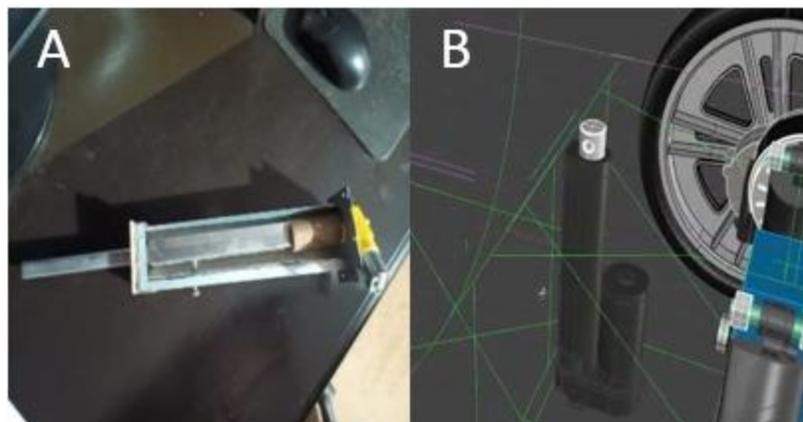


Fuente: Autoría propia, 2023.

### 2.1.2.4 Simulación de sistema de elevación de asiento.

**Figura 47**

*Actuador lineal*



Fuente: Autoría propia, 2023.

### 2.1.2.5 Motor Lineal Calculo de potencia y montaje.

**Figura 48**

*Cálculos y ensamble motor lineal*

Potencia de un motor para levantar un peso

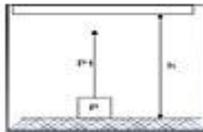
Levantamiento vertical

$$\text{Potencia (HP)} = (\text{Kg} \cdot h) / (t \cdot 76)$$

$$\text{HP} = (100\text{kg} \cdot 0,50\text{m}) / (15\text{s} \cdot 76)$$

$$\text{HP} = 0,4 \text{ HP}$$

Entonces se requiere aproximadamente un motor de 1/2 caballo de fuerza para levantar un peso máximo de 100 Kg.



A

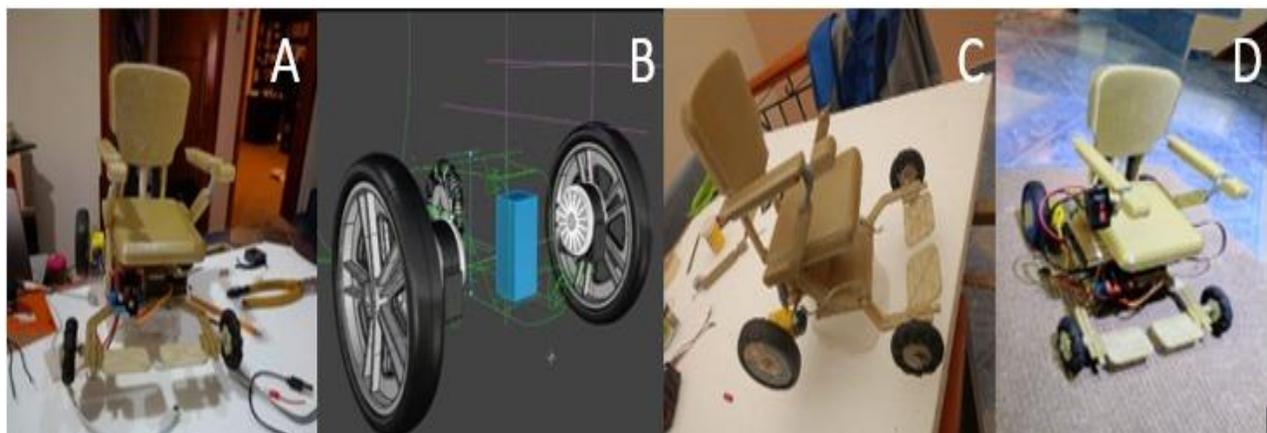


Fuente: Autoría propia, 2023.

### 2.1.2.6 Sistema transmisión de la silla y llantas

**Figura 49**

*Sistema transmisión del prototipo*



Fuente: Autoría propia, 2023.

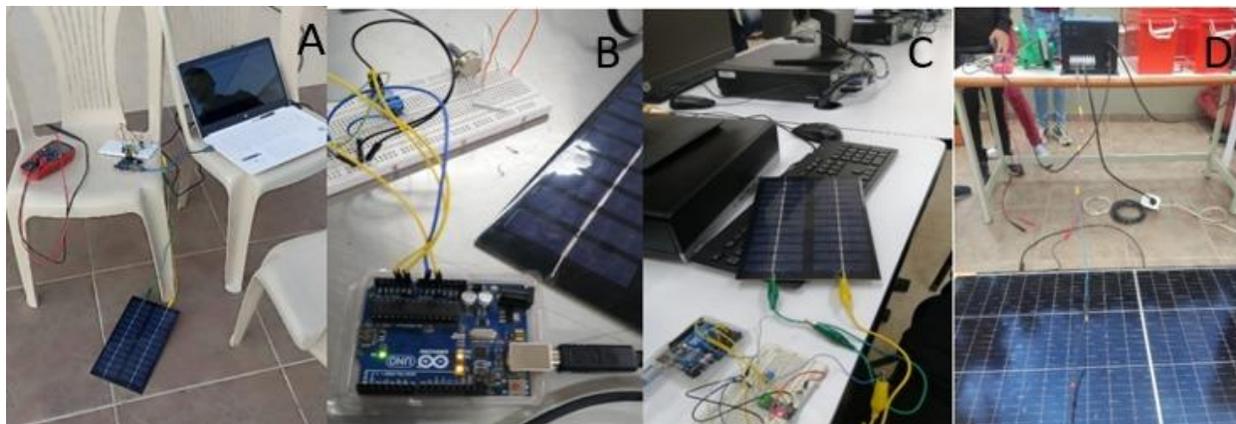
### 2.1.3 Resultados Objetivo 3

Objetivo 3: Construir un sistema de alimentación para una silla de ruedas convencional utilizando fuentes de energía tradicionales y renovables.

Para cumplir con este objetivo, se desarrolló un sistema híbrido de energía que combina paneles solares con una fuente de energía convencional. Se llevaron a cabo varias actividades, como la instalación de paneles solares y la integración de un controlador de carga para asegurar la eficiencia y seguridad del sistema. En las Figuras 105 a 108, se muestra el proceso de montaje y prueba del sistema, incluyendo la conexión de paneles solares a un banco de baterías y la utilización de equipos de medición para monitorear el rendimiento. Este proyecto demuestra la viabilidad de utilizar energías renovables para mejorar la autonomía de sillas de ruedas, reduciendo la dependencia de fuentes de energía no renovables y promoviendo la sostenibilidad.

#### Figura 50

*Pruebas panel solar*



Fuente: Autoría propia, 2023.

### 2.1.4 Resultados Objetivo 4

Objetivo 4: Validar el funcionamiento del prototipo mediante una prueba piloto realizada a una población específica.

## Figura 51

### Prueba piloto



Fuente: Autoría propia, 2023.

## 2.2 Análisis e interpretación de resultados

Para la construcción del chasis del prototipo se emplea un tubo de media pulgada por las prestaciones de resistencia que este material posee y comercialmente es más fácil encontrar tubos con estas dimensiones.

Para las ruedas se opta por implementar llantas macizas en el prototipo ya que son 100% a prueba de pinchazos y cortes, su amortiguación es similar al aire y porque mantiene el comportamiento del dispositivo con carga y velocidad.

### 2.2.1 Discusión técnica

Esta sección analiza los principales hallazgos de la investigación sobre el diseño ergonómico de las sillas de ruedas y su impacto en la calidad de vida de los usuarios.

Los resultados de nuestros estudios anteriores muestran que la actividad más difícil para nuestros pacientes es cualquier tipo de transporte. lo que afecta a su movilidad funcional. Características como el asiento ajustable en altura, materiales livianos, un diseño más

ergonómico y una menor relación calidad-precio han aumentado la satisfacción del usuario, según las respuestas recopiladas en nuestras encuestas y entrevistas.

La movilidad y la autonomía son clave para la calidad de la vida de las personas con discapacidad física. Respondiendo a las limitaciones generales de las sillas de ruedas tradicionales, nuestro proyecto presenta una solución innovadora: una silla de ruedas con signos vitales para el escenario. Este diseño único, que además se adapta a cualquier altura para facilitar el traslado del paciente, busca brindar independencia, comodidad y mejorar la calidad de vida del usuario.

De acuerdo con las necesidades individuales de los usuarios, nuestro diseño se basa en principios ergonómicos y adaptabilidad a diferentes alturas, inspirándonos en el trabajo de Gennaro Blarasini e Iñaki Domínguez (ingenieros mecatrónicos), priorizamos la comodidad y la adaptabilidad, logrando que el sillón se adapte a las necesidades específicas de cada paciente. Este enfoque se refleja en la literatura existente sobre diseño ergonómico de sillas de ruedas, donde la adaptabilidad se considera un factor clave para mejorar la experiencia del usuario.

Aunque los autores anteriores no han abordado directamente los signos esenciales de una silla de ruedas, este proyecto pionero se aleja de las soluciones tradicionales. Siguiendo la lógica de los autores que estudiaron tecnologías de asistencia distintas a la movilidad, nuestro objetivo es llevar la atención médica directamente a la silla de ruedas. Esta innovación responde a la creciente necesidad de soluciones que no solo mejoren la movilidad, sino que también aborden aspectos relacionados con la salud en tiempo real.

Con la filosofía de hacer que la tecnología de asistencia sea accesible para todos, nos inspiramos en el trabajo de los creadores que promueven soluciones asequibles. Al elegir materiales de alta calidad pero asequibles, nos esforzamos no solo en crear un producto funcional, sino también en garantizar que sea económicamente viable para una amplia gama de usuarios. Esto está en línea con las recomendaciones de los expertos en accesibilidad y diseño inclusivo. Destacaron lo importante que es considerar los aspectos financieros al desarrollar productos para personas discapacitadas.

Al comparar el trabajo de varios autores de nuestro proyecto en el campo de la movilidad y las tecnologías de asistencia, vimos una convergencia en el objetivo común de mejorar la calidad de vida de las personas discapacitadas. Sin embargo, nuestra silla de ruedas va más allá, combinando movilidad y salud, proporcionando una solución completa que cubre las necesidades tanto físicas como de seguimiento de la salud. Este enfoque holístico se basa en las tendencias actuales hacia una atención médica personalizada y accesible.

En última instancia, nuestro destacado proyecto de sillas de ruedas es una valiosa contribución al campo de las tecnologías de asistencia. Inspirándonos en el diseño ergonómico, las tecnologías de asistencia y la asequibilidad, hemos creado una solución que va más allá de las sillas de ruedas tradicionales.

Al integrar funciones de salud, queremos mejorar la calidad de vida y la autonomía de los usuarios, lo que es un paso importante hacia una atención más integral e individualizada a las personas con problemas de movilidad reducida.

### **3 Conclusiones**

La necesidad de realizar toda clase de innovaciones sea como la que se presenta en este documento, son fundamentales para que los diseños de los prototipos sean de mejor calidad, más cómodos y asequibles para todas las personas.

Es importante saber elegir el tipo de materiales para que estos no ocasionen lesiones o daños a la persona que dará uso al prototipo, igualmente el mejorar los dispositivos que sean de ayuda técnica y así estas personas puedan ser más dependientes a los mismos, ya que se convertirán en su herramienta diaria para su vida cotidiana.

El prototipo debe ser diseñado para tener una buena resistencia del dispositivo, lo que lo hace confiable tanto para el usuario como para sus acompañantes. La estructura del prototipo debe tener una buena resistencia y ser adecuada para brindar la mayor comodidad a los pacientes, manteniendo al mismo tiempo una importante relación costo-beneficio.

Este prototipo mantiene un sistema que utiliza energías no convencionales para una mayor efectividad en su rendimiento y pueda preservar más, la vida útil tanto de la silla como del motor y sus baterías.

#### **4 Recomendaciones**

Lo que se recomienda en este prototipo de silla de ruedas híbrida con etapa de toma de signos vitales, cuya finalidad es ayudar a mejorar a las personas con algún tipo de discapacidad son las siguientes:

Tener precaución en el momento de realizar el frenado en el prototipo, ya que puede ocasionar deslizamientos y golpes en el paciente, al igual que provocar el daño a la silla de ruedas, logrando afectar partes muy importantes para el funcionamiento de esta.

Evitar golpear la estructura ya que esto podría generar un desgaste y una posible fractura de las uniones.

Ser cuidadosos con los componentes mecánicos y electrónicos que se encuentran en el dispositivo para una mayor duración de estos.

Tener cuidado al momento de manipular la regulación de altura en el asiento ya que podría provocar daños no esperados en el paciente.

Tener en cuenta las velocidades del motor y aprender a usarlas ante las distintas zonas a las que se puede exponer el prototipo.

## 5 Bibliografía

- Iberian Coppers. (2023). *Precauciones de Seguridad*. <https://www.copper-alembic.com/es/pagina/precauciones-de-seguridad>
- Aburto, J., Martinez, T., & Murrieta, F. (enero de 2008). Evaluación técnico-económica de la producción de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 23(1), 23-30. <https://www.redalyc.org/pdf/482/48223104.pdf>
- Arango Marín, L. V., & Gómez Quintero, D. F. (2021). *Elaboración de manual de instrucciones para el desarrollo del trabajo con el banco de ensayos CE640 producción biotecnológica de etanol adquirido por el programa de ingeniería mecatrónica de la Universidad Tecnológica de Pereira*. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/84ef109a-e554-435c-8529-a2da2af4550d/content>
- Arteaga, P. M. (s.f.). *Aplicaciones del alcohol etílico*. <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa3/n5/m7.html>
- Barrios Quiroga, K. A. (2019). OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO TECNOLÓGICO DE ELABORACIÓN DE CAÑAZO (AGUARDIENTE DE CAÑA DE AZÚCAR) EN INDUSTRIA ARTESANAL, CAÑA REAL (Tarija). *Repositorio UAJMS*. <https://dicyt.uajms.edu.bo/investigacion/index.php/quimica/article/view/198>
- Bello-Pérez, A.-G. (marzo de 2018). [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952018000700967#aff1](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000700967#aff1)
- Beso, A. A. (2023). Empleo de la destilación cíclica en la producción de alcohol de grado alimenticio. <http://digital2.ula.ve:8080/xmlui/handle/65435521/72991>
- Camacho Zarate , L. M., Gallego Puentes, K. L., & Cañón Palacios, J. S. (2020). Propuesta de un sistema de monitoreo para la obtención de Bioetanol a partir de la caña de azucar con fines energeticos. Bogota, Colombia, Colombia.
- Canto, C. (2021). *Automatizacion general: Conceptos*. [http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES\\_PLC\\_PDF\\_S/3\\_AUTOMATIZACION\\_GENERAL.PDF](http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/3_AUTOMATIZACION_GENERAL.PDF)
- ChemEnggHelp. (2023). *Ethanol Distillation (Rectified Spirit) in Distillery*. <https://www.chemengghelp.com/ethanol-distillation-rectified-sprit-in-distillery/>

- Chemistry LibreTexts. (2023). *Fractional Distillation of Non-ideal Mixtures (Azeotropes)*.  
[https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical\\_and\\_Theoretical\\_Chemistry\\_Textbook\\_Maps/Supplemental\\_Modules\\_\(Physical\\_and\\_Theoretical\\_Chemistry\)/Equilibria/Physical\\_Equilibria/Fractional\\_Distillation\\_of\\_Non-ideal\\_Mixtures\\_\(Azeotropes\)](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_(Physical_and_Theoretical_Chemistry)/Equilibria/Physical_Equilibria/Fractional_Distillation_of_Non-ideal_Mixtures_(Azeotropes))
- Di Carlo, S. M., Puyol, F. V., & Vazquez Werhrhahne, R. B. (2018). *Diseño de una planta de producción de bioetanol*. RINF:  
<http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/bitstream/handle/123456789/338/SMDiCarlo%2BFVPuyol%2BRBVazquezWehrhahne-TFG-IQ-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Días, M., & Vargas, X. (2021). *Diseño de una destiladora industrial de alcohol*.  
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8268/1/PI-001892.pdf>
- Díaz, J. (2018). *Destilados*. <https://revistaelconocedor.com/la-tecnica-de-destilacion/>
- Díez, J. (30 de julio de 2018). <http://revistaelconocedor.com/wp-content/uploads/2018/07/destilados.jpg>
- Gómez, A., & Pérez, A. B. (2018). Materias primas usadas para la producción de etanol de cuatro generaciones: retos y oportunidades. 52(7), 967-990. *Agrociencia*:  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952018000700967#aff1](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000700967#aff1)
- Guangasi Pilapanta, C. D., & Noboa Rivera, D. S. (2016). Diseño e implementación de un sistema de lazo cerrado para el control del proceso de destilación de alcohol fermentado en la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6011>
- Guarnición. (1992). Implementación de Sistemas de Control para la Optimización de Procesos de Destilación. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/185853/Munoz%20-%20Diseno%20del%20proceso%20de%20produccion%20de%](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/185853/Munoz%20-%20Diseno%20del%20proceso%20de%20produccion%20de%20)
- Hou, W., Zhang, Q. & Zeng., (2020). Economically and thermodynamically efficient heat pump-assisted side-stream pressure-swing distillation arrangement for separating a maximum-boiling azeotrope. 173.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431119361691>
- Huang, K. (2021). Implementación y comparación de esquemas de control de temperatura diferencial en columnas de destilación.

<https://repositorio.utp.edu.co/server/bitstreams/84ef109a-e5d54-435c-85d29-a2da2af4550d/content>

Instituto Colombiano Agropecuario, ICA., (26 de julio de 2019).

<https://www.ica.gov.co/noticias/narino-fortalece-produccion-de-panela#:~:text=Nari%C3%B1o%20ocupa%20el%206%20lugar,%C3%A1rea%20aproximada%20de%2017.500%20hect%C3%A1reas>.

Jaramillo Ruiz, G. J. (2009). *Construcción de un prototipo de una planta portatil para produccion de bioetanol hidratado.*

[https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4330/GustavoJose\\_jaramillo.pdf?sequence=7&isAllowed=y](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4330/GustavoJose_jaramillo.pdf?sequence=7&isAllowed=y)

Jiménez Muñoz, F., Carreño Cifuentes, D., & Martínez Rodríguez, F. (1 de enero de 2016).

Determinación de algunas constantes fisicoquímicas de mezclas ternarias solventes de uso farmacéutico. Parte II. Densidad. 45(2), 270-289. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*:

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/view/56521/55468>

Johnson, C. (2023). *Measuring Pressure with Bridge-Based and Other Pressure Sensors.*

[https://www.ni.com/es-co/shop/data-acquisition/sensor-fundamentals/measuring-pressure-with-bridge-based-and-other-pressure-sensors.html#:~:text=La%20unidad%20SI%20para%20la,\(mm%20Hg\)%20y%20torr](https://www.ni.com/es-co/shop/data-acquisition/sensor-fundamentals/measuring-pressure-with-bridge-based-and-other-pressure-sensors.html#:~:text=La%20unidad%20SI%20para%20la,(mm%20Hg)%20y%20torr)

Luyben, W. (2017). Controlabilidad dinámica de la clasificación de mezclas ternarias en procesos de destilación a diferentes presiones.

Mathewson, S. (s.f.). *Destilación. Teoría de la destilación:*

<https://journeytoforever.org/es/biocombustibles/produccion-casera-etanol/destilacion.cgi>

Mathewson, S. (s.f.). *Destilación. Teoría de la destilación:*

<https://journeytoforever.org/es/biocombustibles/produccion-casera-etanol/destilacion.cgi>

Medina Palacio, M. P., & Peraza Garzon, E. A. (julio de 2019). *Diseño e implementación de un sistema de control de temperatura para el proceso de destilación en la producción de bioetanol a partir de la caña de azúcar.* <http://hdl.handle.net/11349/22356>

Montoya R, M. I., Quintero S, J. A., Sanchez T, O. J., & Cardona A, C. A. (6 de Junio de 2005).

Evaluación económica del proceso de obtención de alcohol carburante. *REVISTA Universidad EAFIT*, 41, 76-87.

<https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/bcab7437-5749-4890-a049-e45edbfd61d/content>

- Mora, J. U., Girón, L. E., & Lozano Ramírez, A. (febrero de 2022). Estimación de una función de producción de una plantación cañera en Colombia. 27(53). <http://bdigital2.ula.ve:8080/xmlui/handle/654321/7299>
- Muñoz Ortuño, L. (2021). *Diseño del proceso de producción de bioetanol*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/185853/Munoz%20-%20Diseno%20del%20proceso%20de%20produccion%20de%20bioetanol.pdf?sequence=1>
- Orozco Murillo, W. (2010). *Destilación al Vacío de Etanol usando Bomba Chorro*. (T. Lógicas, Editor) <https://doi.org/10.22430/22565337.120>
- Paguay García, M. V. (2016). *Evaluación de riesgos laborales en la producción de alcohol destilado de la caña de azúcar en Ecuador*. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/76848>
- Pesantes Alvarez, C. M., & Puco Toaquiza, J. D. (sep de 2020). *Implementación de una máquina automatizada destiladora de etanol para disminuir el tiempo del proceso y mejorar la calidad del producto*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8367>
- Pesantez Alvarez, C. M., & Puco Toaquiza, J. D. (2020). *mplementación de una máquina automatizada destiladora de etanol*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8367>
- Physics Experiments. (Agosto de 2022). *Collection of Physics Experiments*. Dependence of Boiling Point of Water on Pressure: <http://physicsexperiments.eu/1707/dependence-of-boiling-point-of-water-on-pressure>
- química. (2023). *Presión*. <https://amyd.quimica.unam.mx/mod/resource/view.php?id=1857>
- Rambla, O., Miguel, A., García, R., Pérez, M. C., Martínez, J. A., Vasallo, M. C., Saura, G., & Bello, D. (enero de 2009). Producción de bioetanol a partir de mezclas de jugos-melazas de caña de azúcar. *XLII*(1), 17-22. CIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120657003.pdf>
- Redmidia. (28 de mayo de 2015). Bioetanol. *[Imagen]*. <https://redmidia.com/alimentos/bioetanol/>
- Roland, G. (2016). <https://c8.alamy.com/compes/bww596/suiza-europa-aguardiente-de-fruta-canton-schwyz-oberarth-destilacion-artesanal-destileria-schnapps-procesamiento-de-hombre-bww596.jpg>

- Roldan, J., Fracua, C., & Dueñas, A. (2003). Intoxicación por alcoholes. *Anales Sis San Navarra*, 26(1), 129-139. [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1137-66272003000200007](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000200007)
- Santos, O. (2006). Optimización de Plantas de Destilación Mediante Simulación y Medición Experimental. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&)
- Sol, L. (2023). optimización del proceso de separación de mezclas de isopropanol-butanol-etanol (IBE). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/368754829/>
- Tomas, B. (2009). *El papel del etanol como combustible renovable y la importancia de las curvas de destilación en la optimización de procesos*. <https://www.scielo.org.mx/sS1405-31952018000700967#aff1>
- vargas, j. ( 2014).
- Villalta, W. (2012). *Beneficios de la panela producida orgánicamente frente al azúcar blanca*. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3346/1/TESIS.pdf>
- Vinothkumar, C. (2017). Control y optimización del proceso de destilación en la industria farmacéutica mediante PLC y SCADA.

## Anexos

### Anexo 1. Consentimiento informado para realizar encuestas a usuarios



**CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN  
EN PROCESOS INVESTIGACIÓN PROGRAMA INGENIERIA MECATRONICA**



Ciudad y fecha: \_\_\_\_\_

Yo, \_\_\_\_\_ una vez informado sobre los propósitos, objetivos, procedimientos de evaluación que se llevarán a cabo autorizo al grupo de estudiantes del programa de Ingeniería de la Universidad Mariana pertenecientes al programa de Ingeniería Mecatrónica, para la realización de los siguientes procedimientos:

1. Respuesta a formulario psicodemografico
2. Elaboración entrevista.
3. Evidencia fotográfica

Adicionalmente se me informó que:

- Las respuestas de la encuesta serán utilizadas para procesos académicos, específicamente para realizar el análisis de datos
- Toda la información obtenida y los resultados serán tratados confidencialmente por parte de los estudiantes y docentes.

Hago constar que el presente documento ha sido leído y entendido por mí en su integridad de manera libre y espontánea.

\_\_\_\_\_  
Firma

Documento de identidad \_\_\_\_\_ No. \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

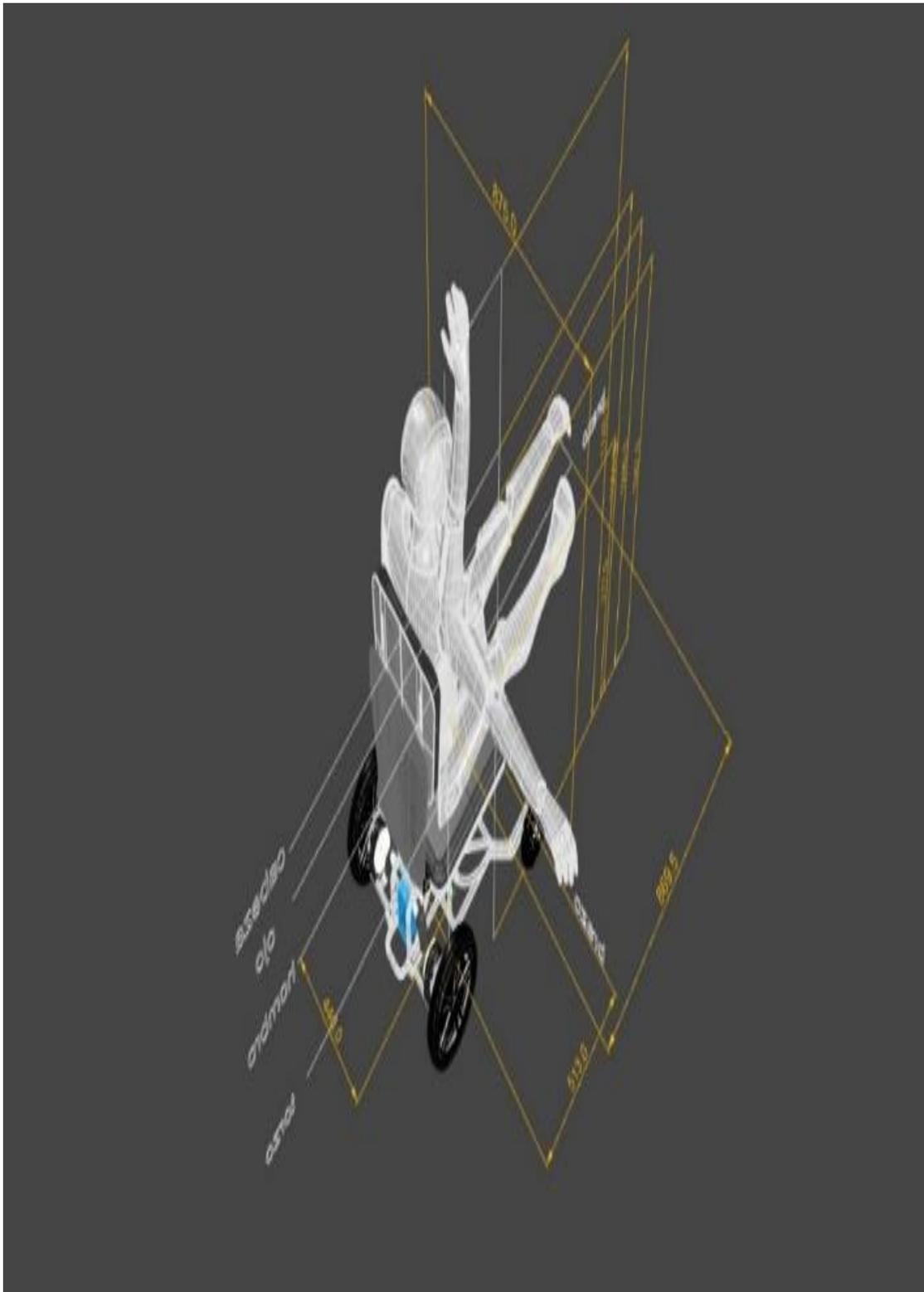
*Cristhian Mueses S.*

\_\_\_\_\_  
Firma  
Cristhian Mueses S.  
cmueces@umariana.edu.co  
313 573 7195  
Estudiante Ing. Mecatrónica

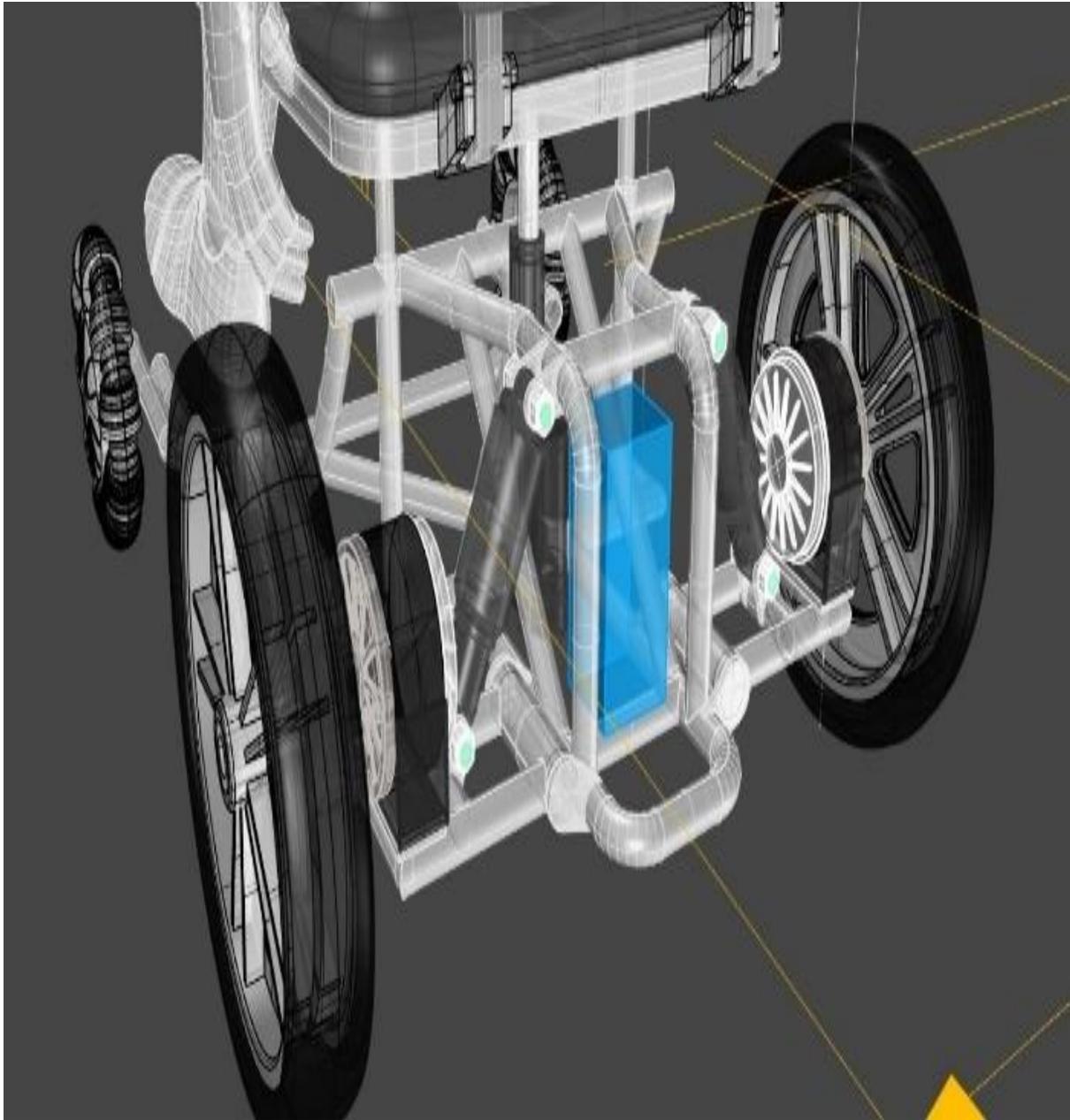
*Miguel Angel Villarreal.*

\_\_\_\_\_  
Firma  
Miguel Villarreal B.  
migvillarreal@umariana.edu.co  
313 511 5450  
Estudiante Ing. Mecatrónica

**Anexo 2.** Diseño final de silla de ruedas con ocupante percentil 50



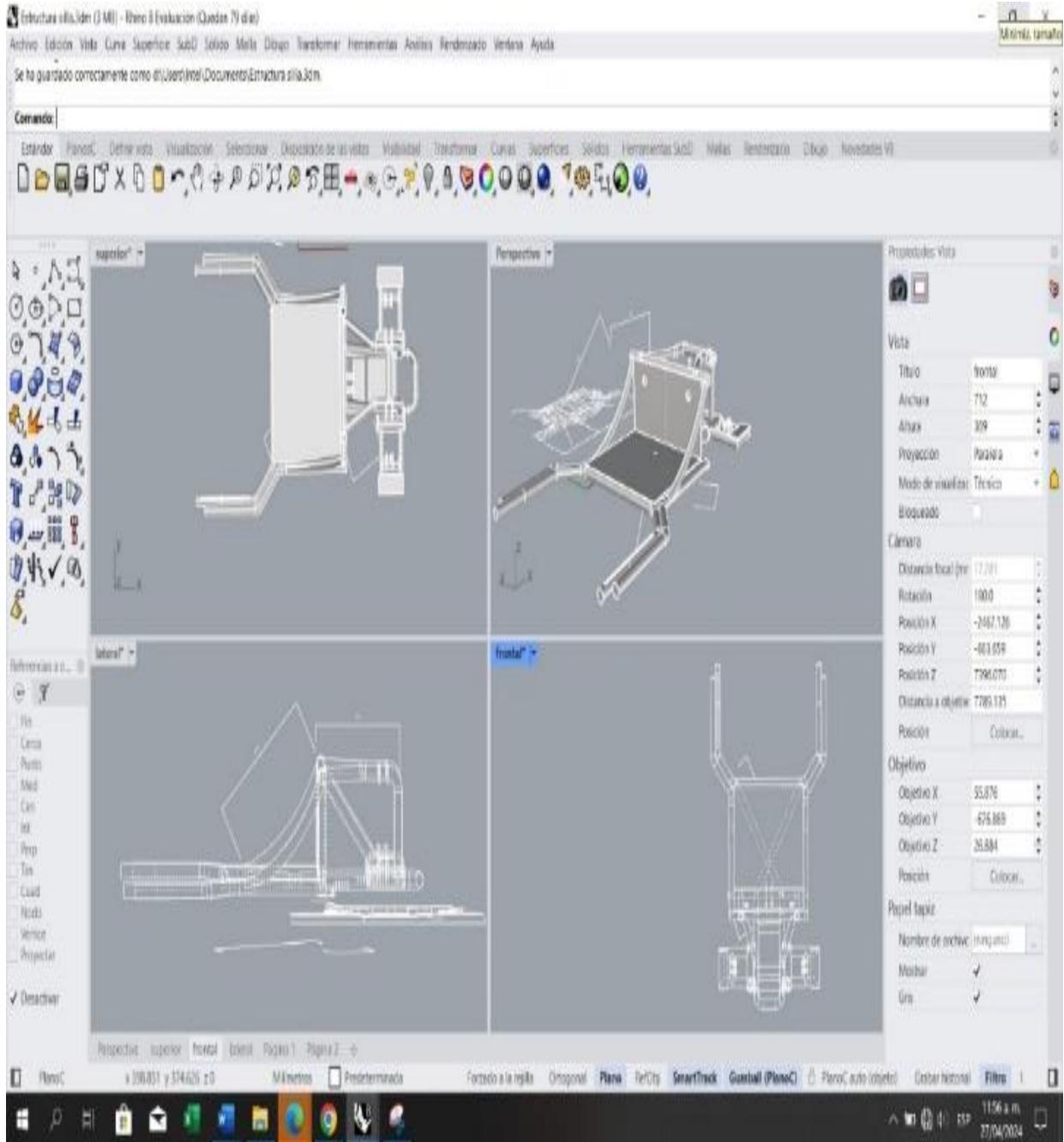
**Anexo 3.** Sistema de amortiguación trasero de la silla de ruedas



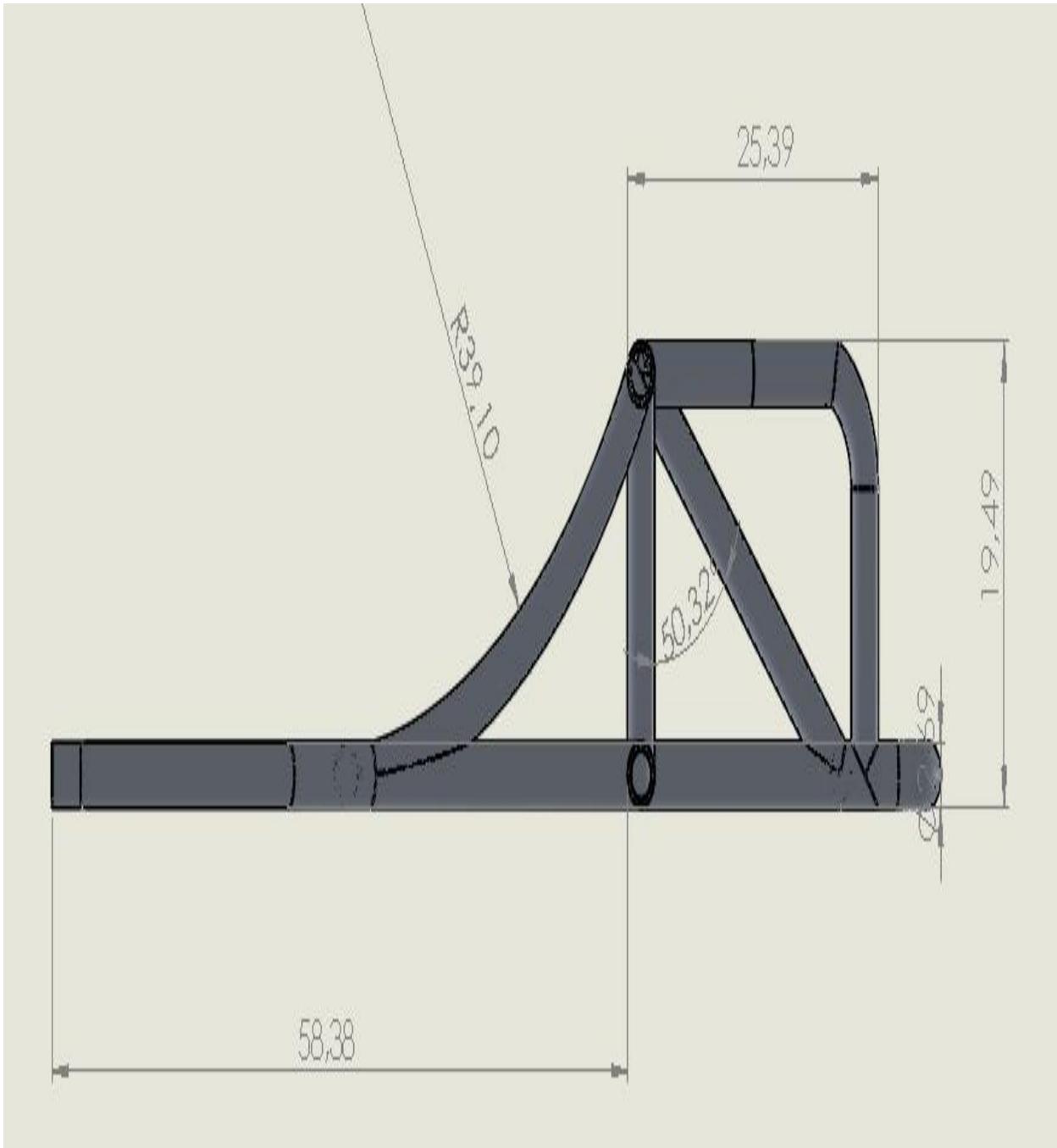
**Anexo 4.** Ubicación de motor lineal para elevación de asiento



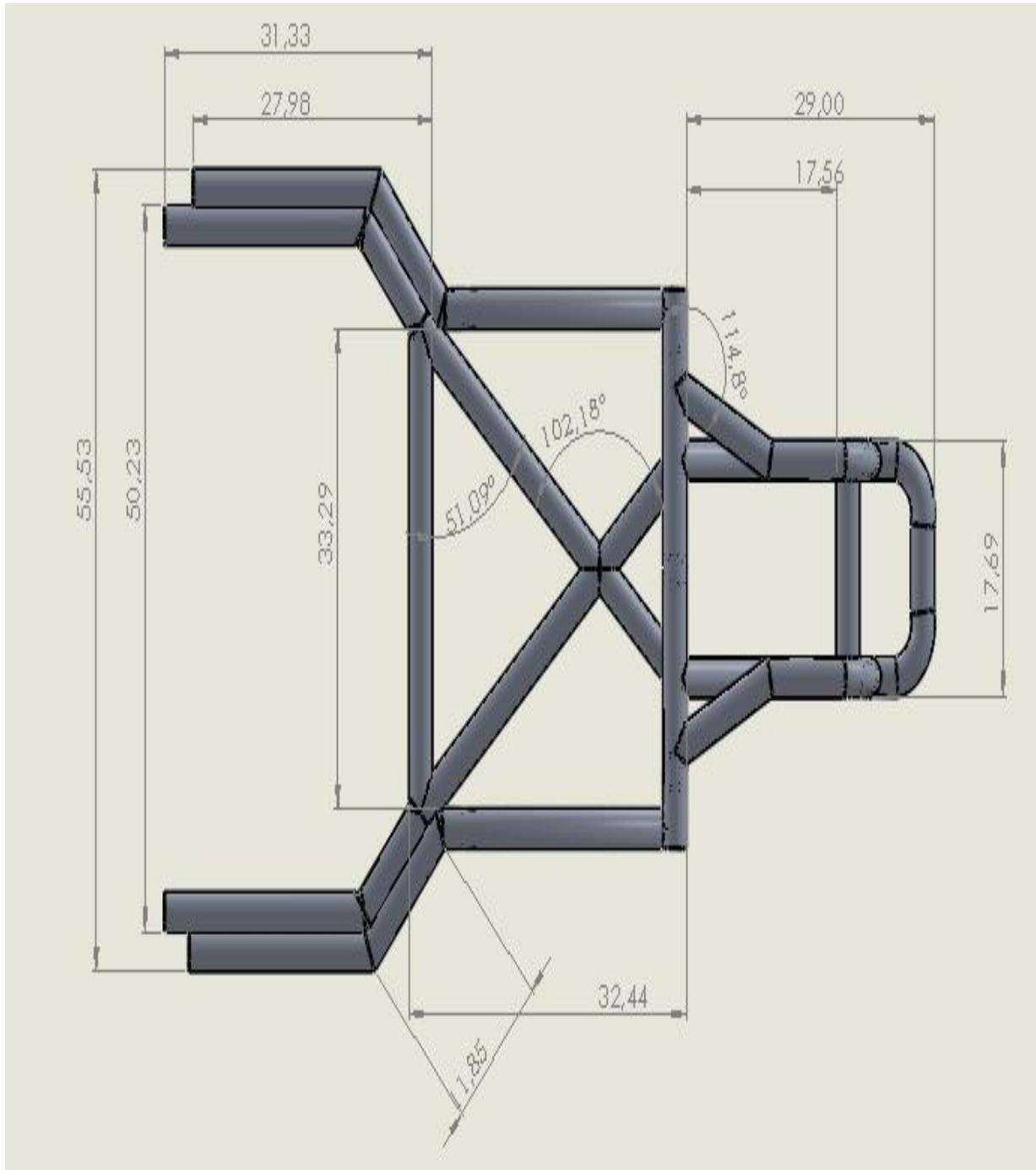
Anexo 5. Diseño de chasis de silla de ruedas en Rhinoceros



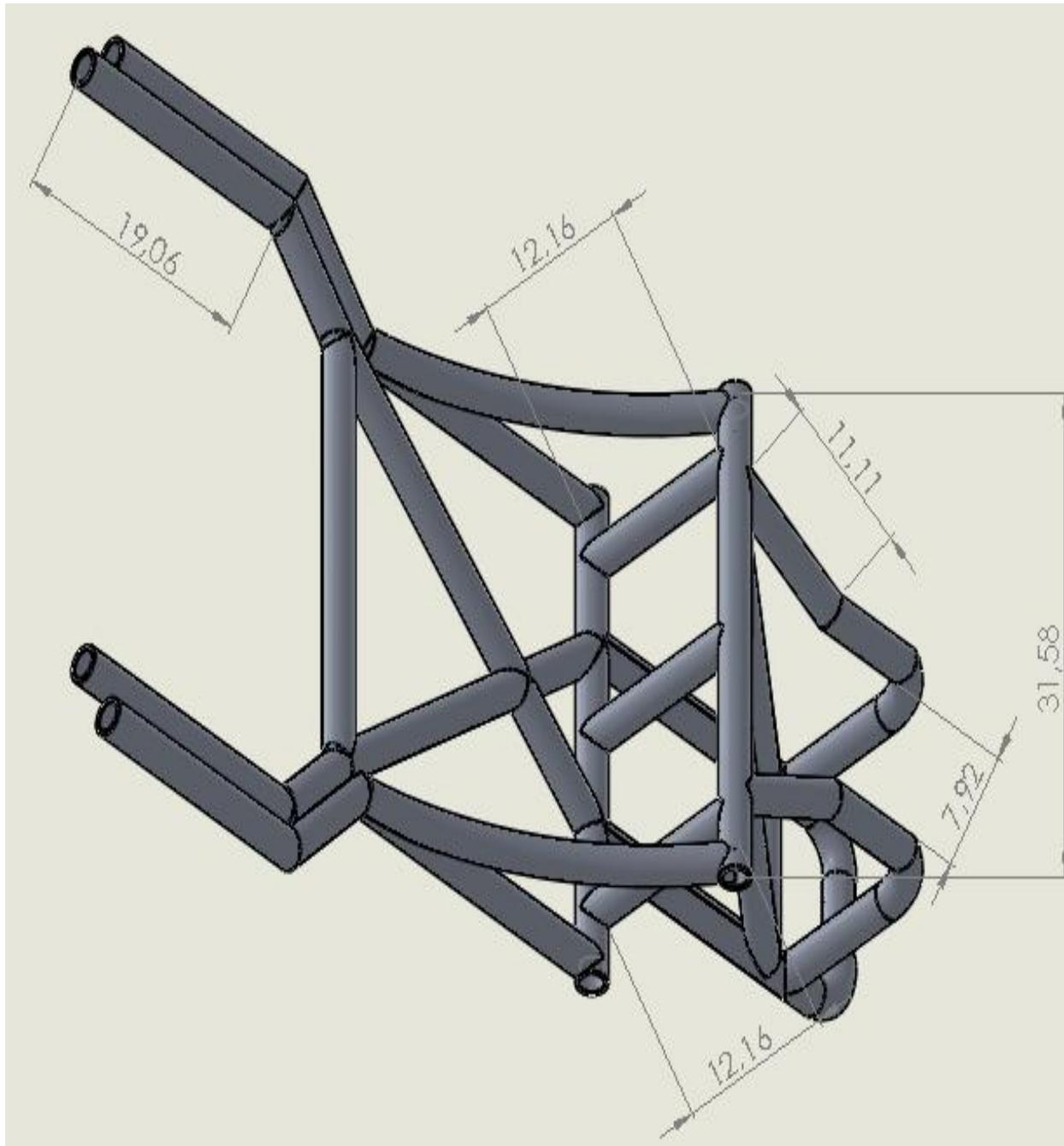
**Anexo 6.** Diseño de chasis de la silla de ruedas en SolidWorks con vista lateral



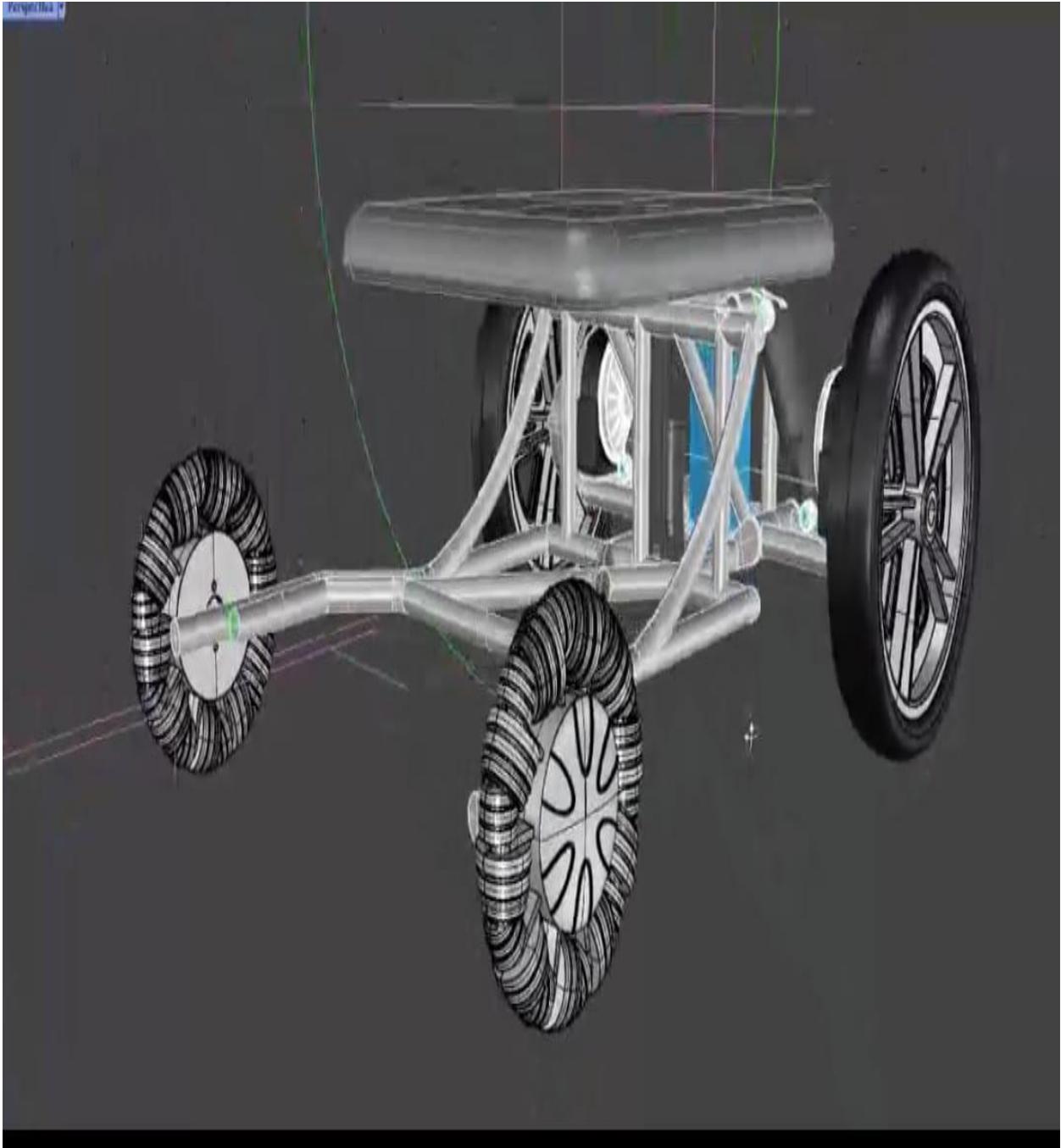
**Anexo 7.** Diseño de chasis de la silla de ruedas en SolidWorks con vista superior



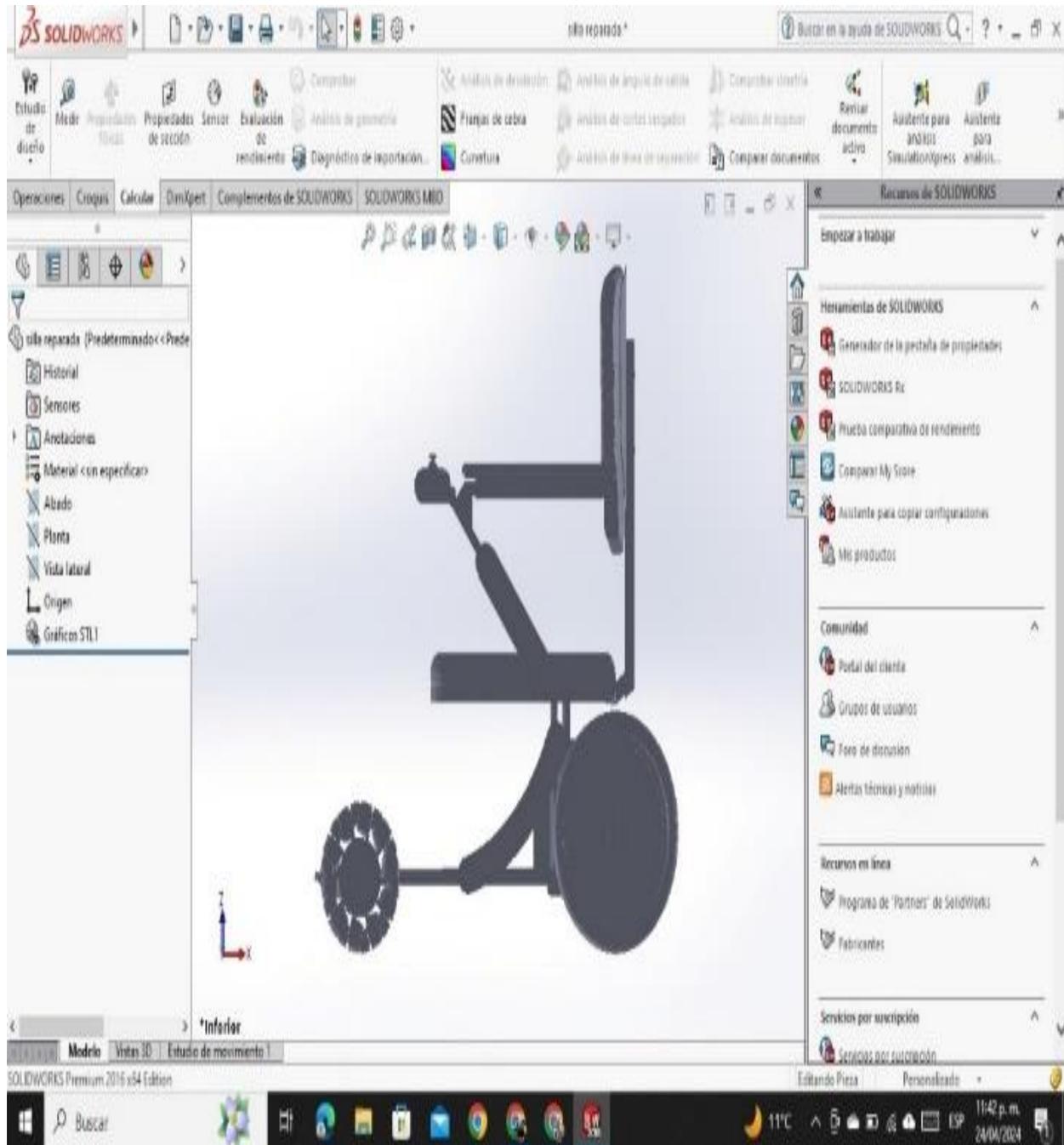
**Anexo 8.** Diseño de chasis de la silla de ruedas en SolidWorks con vista perspectiva



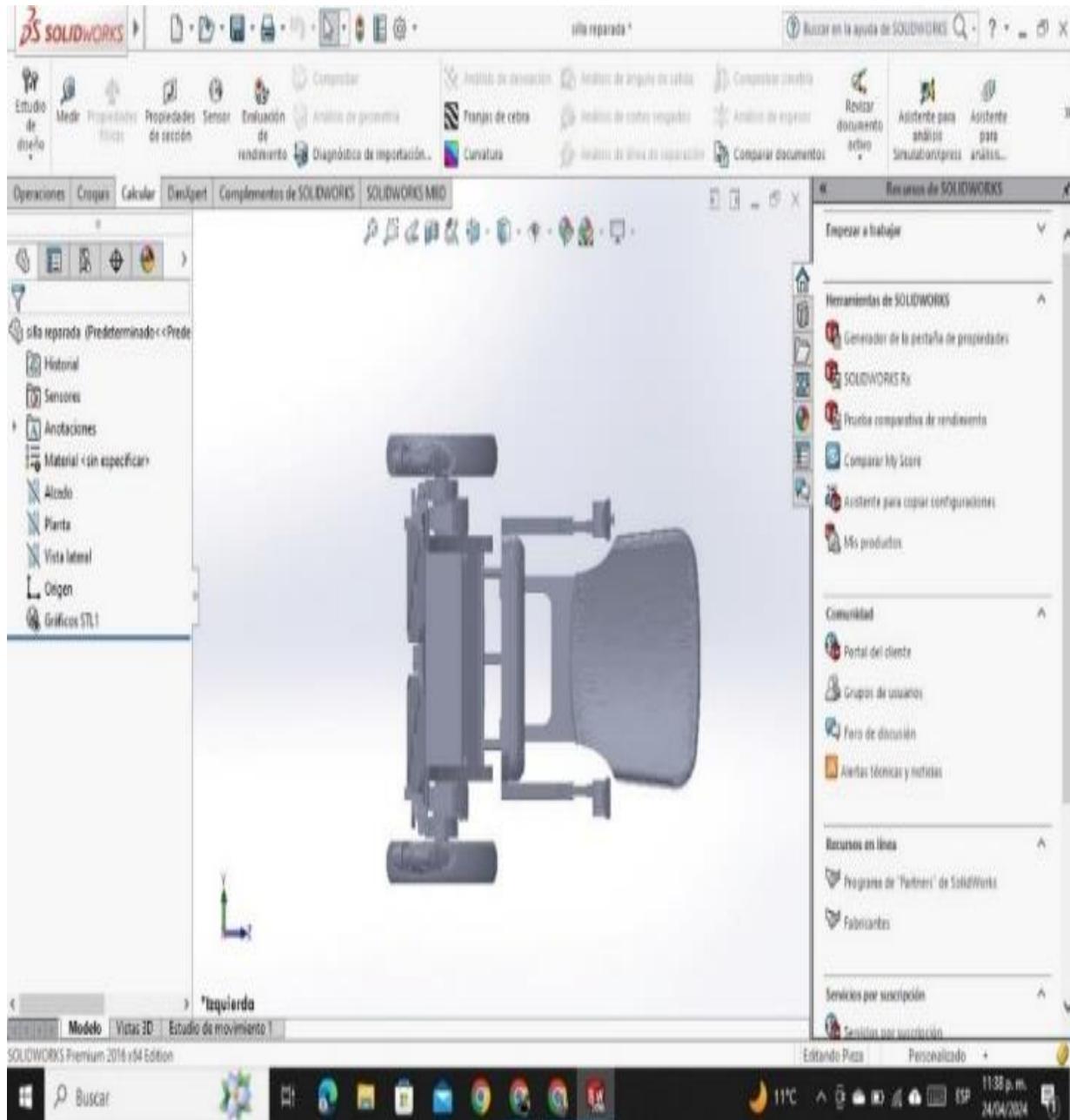
**Anexo 9.** Diseño de llantas delanteras de silla de ruedas tipo omnidireccionales



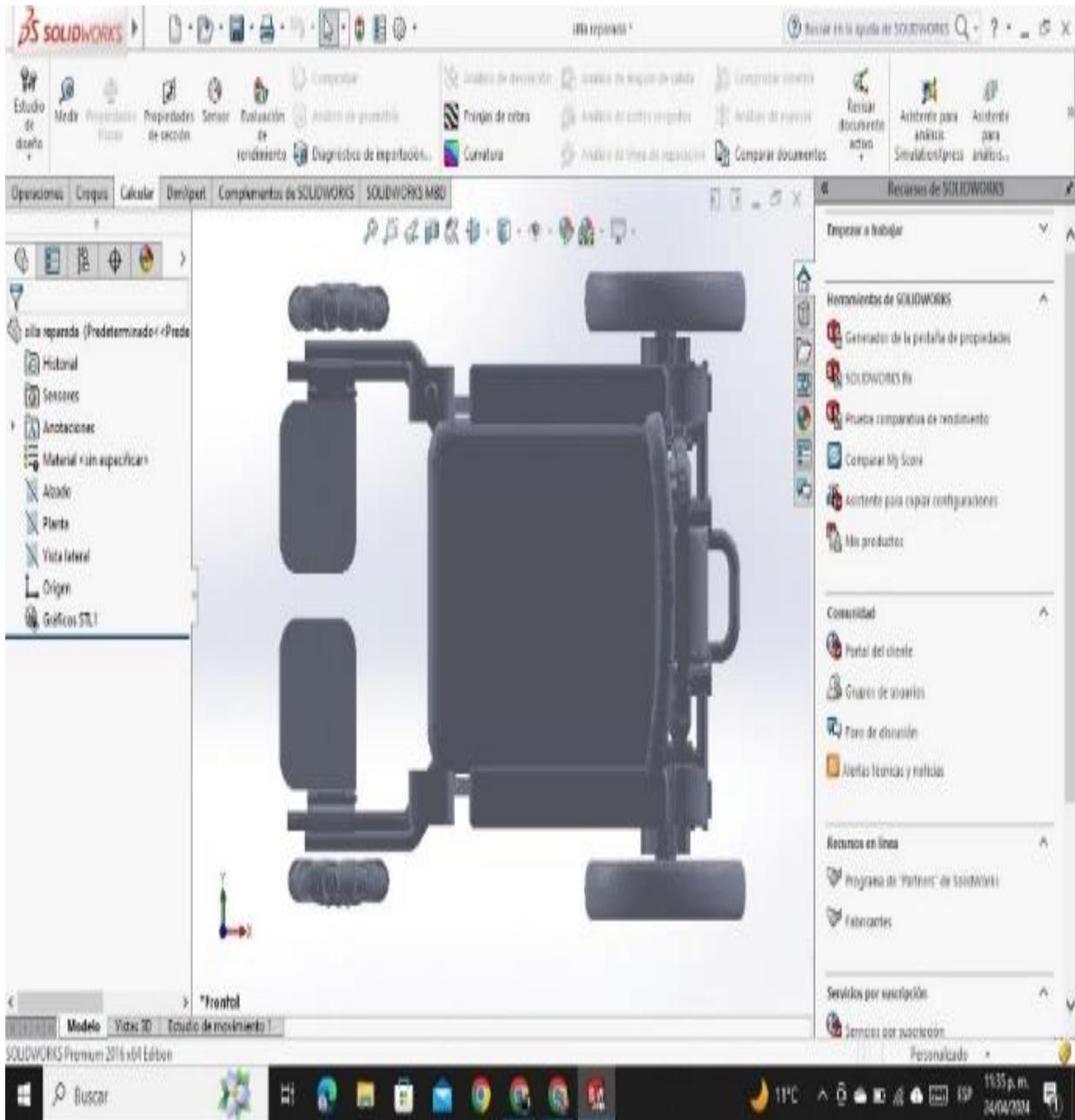
Anexo 10. Silla de ruedas en SolidWorks con vista lateral



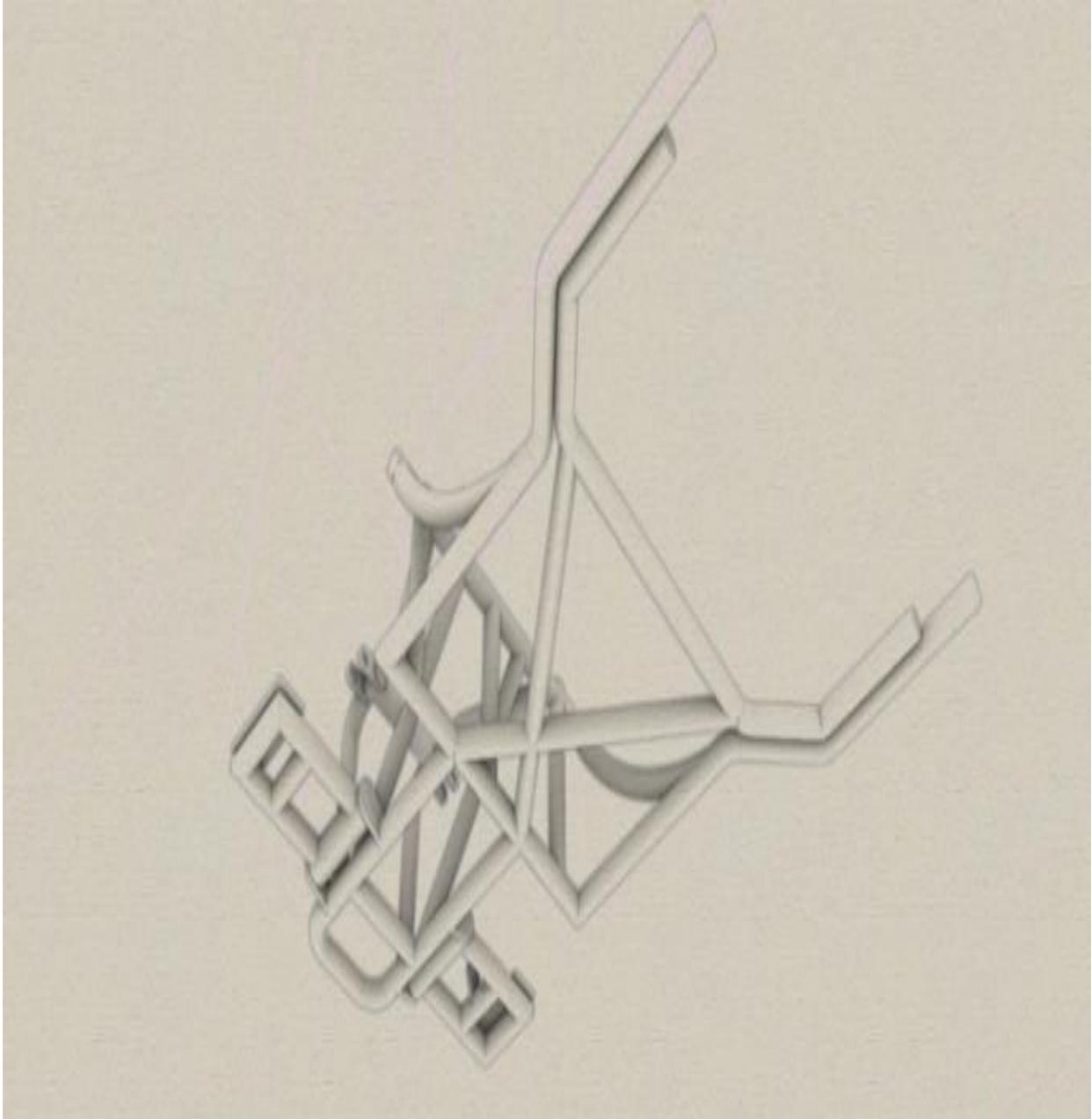
Anexo 11. Silla de ruedas en SolidWorks con vista frontal



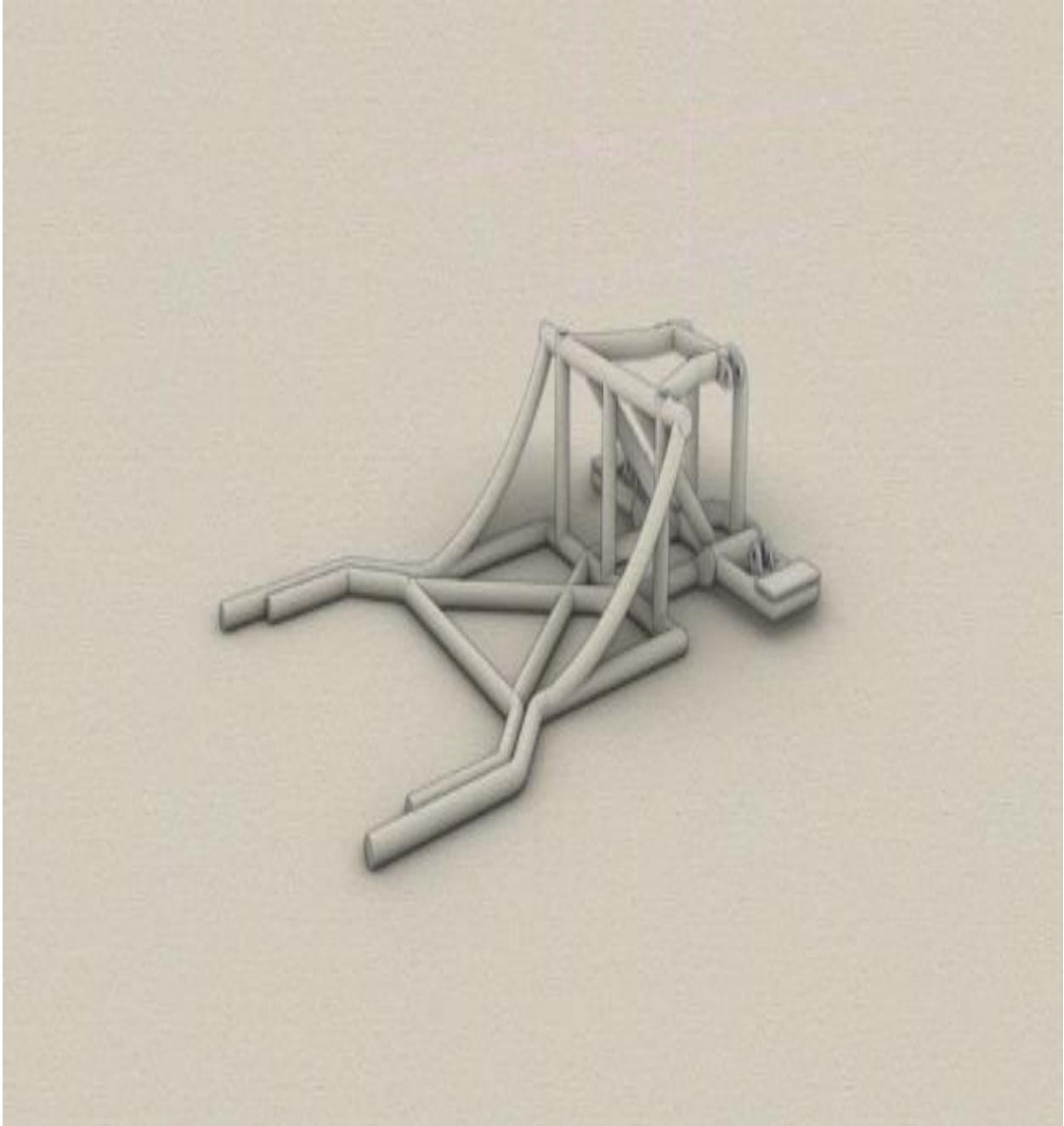
Anexo 12. Silla de ruedas en SolidWorks con vista inferior



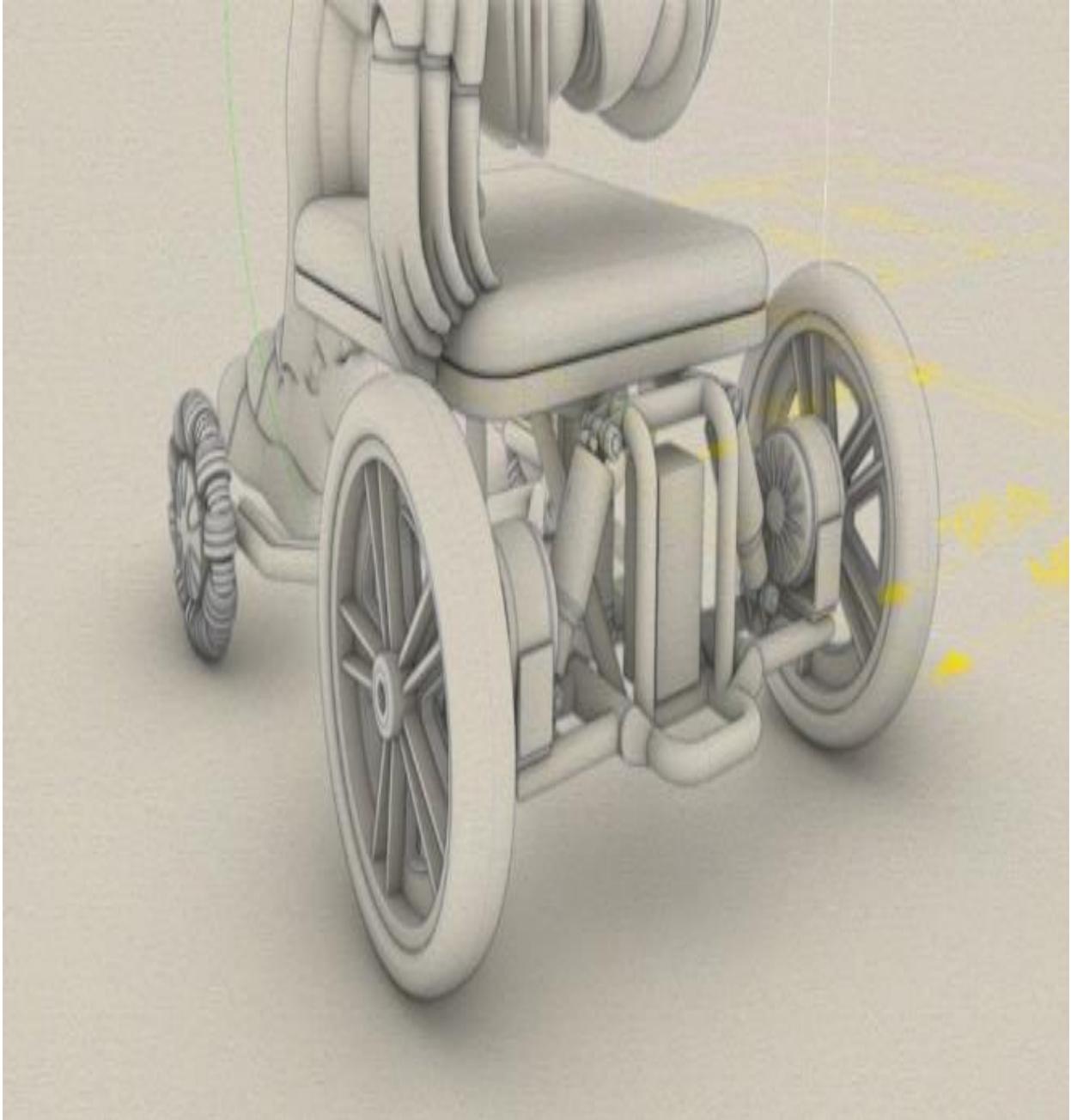
**Anexo 13.** Estructura de la silla de ruedas en Rhinoceros con vista inferior



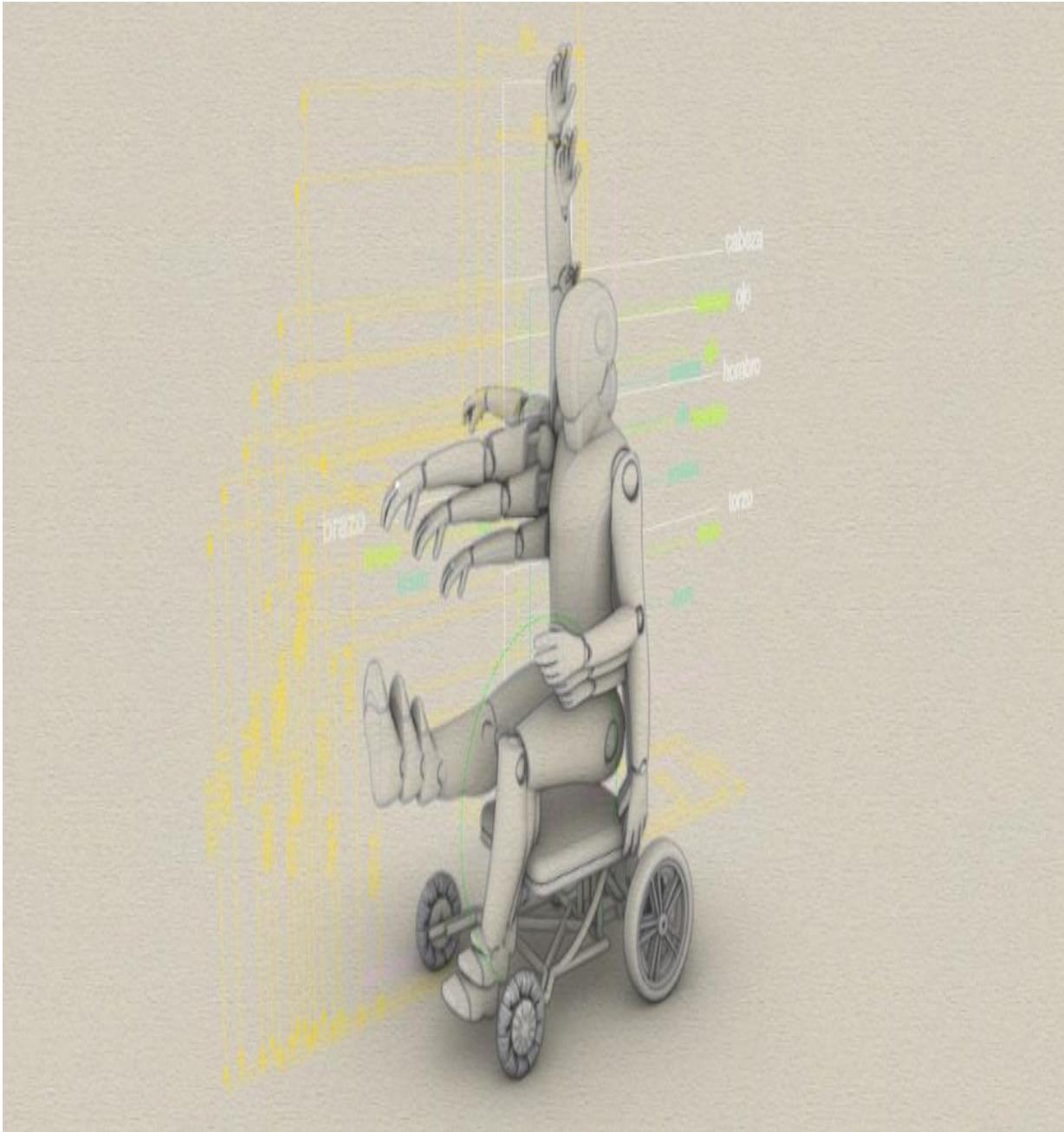
**Anexo 14.** Estructura de la silla de ruedas en Rhinoceros con vista frontal



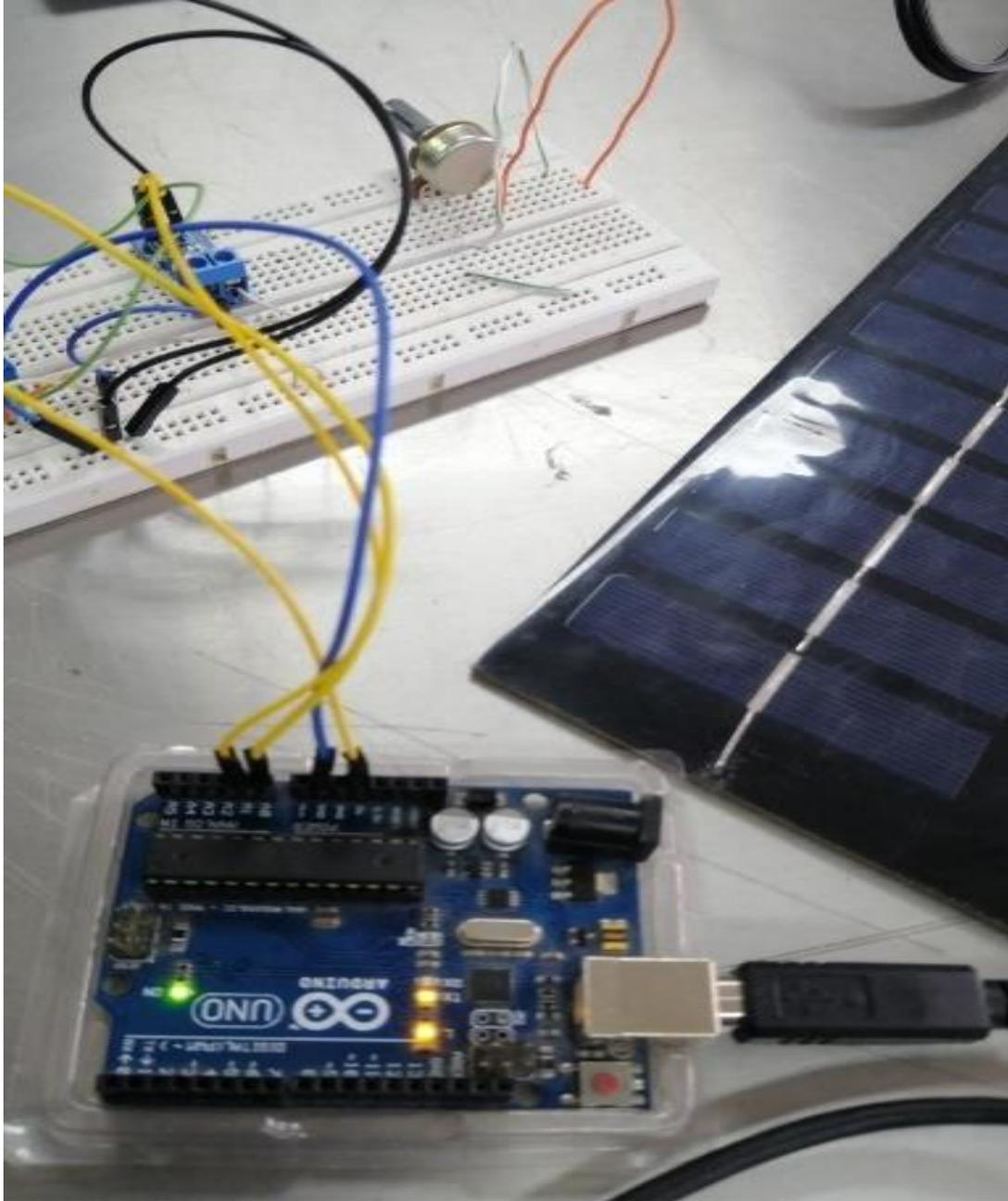
**Anexo 15.** Diseño de llantas traseras en Rhinoceros



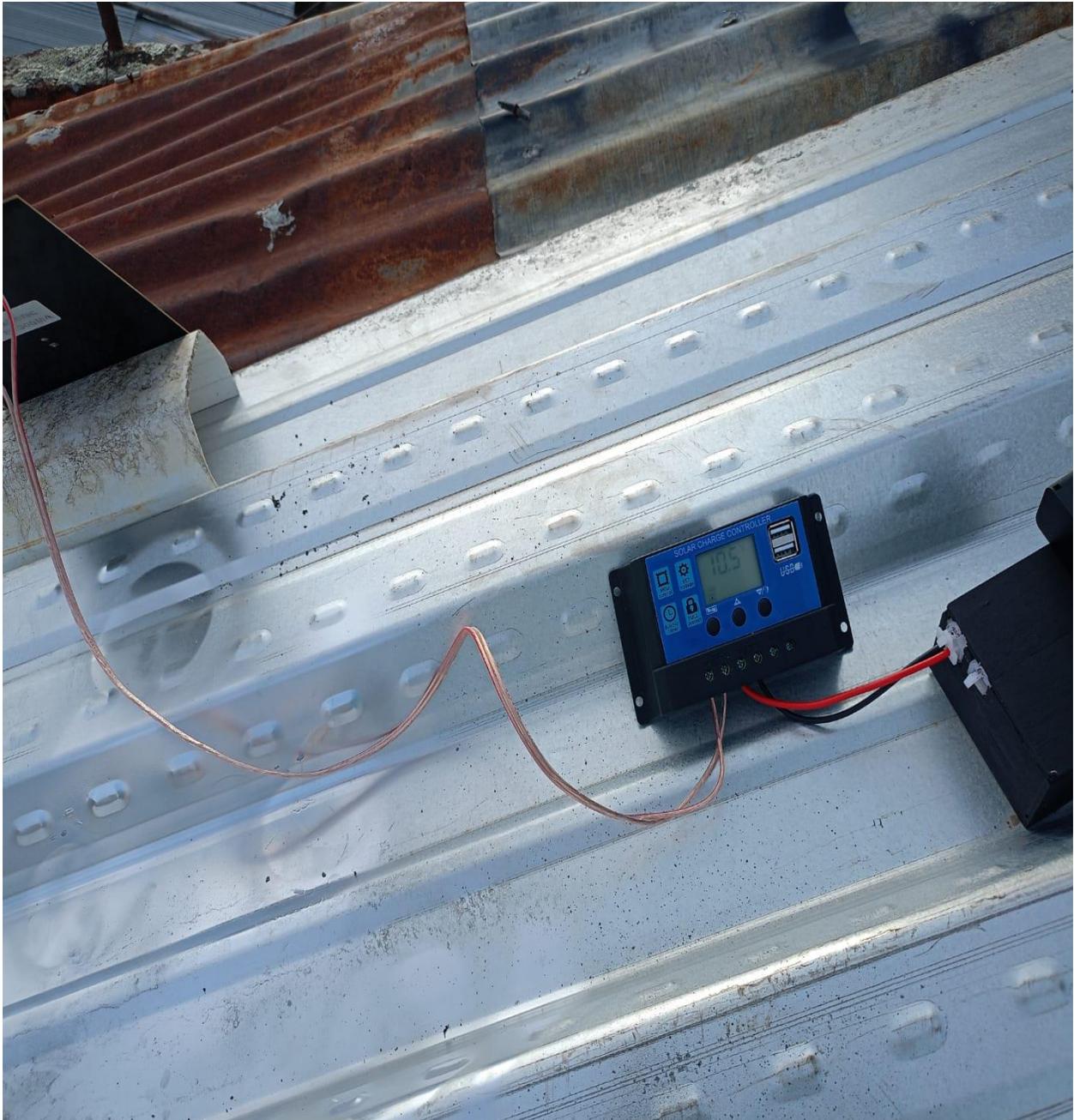
**Anexo 16.** Simulación de los percentiles 5, 50 y 95 en Rhinoceros



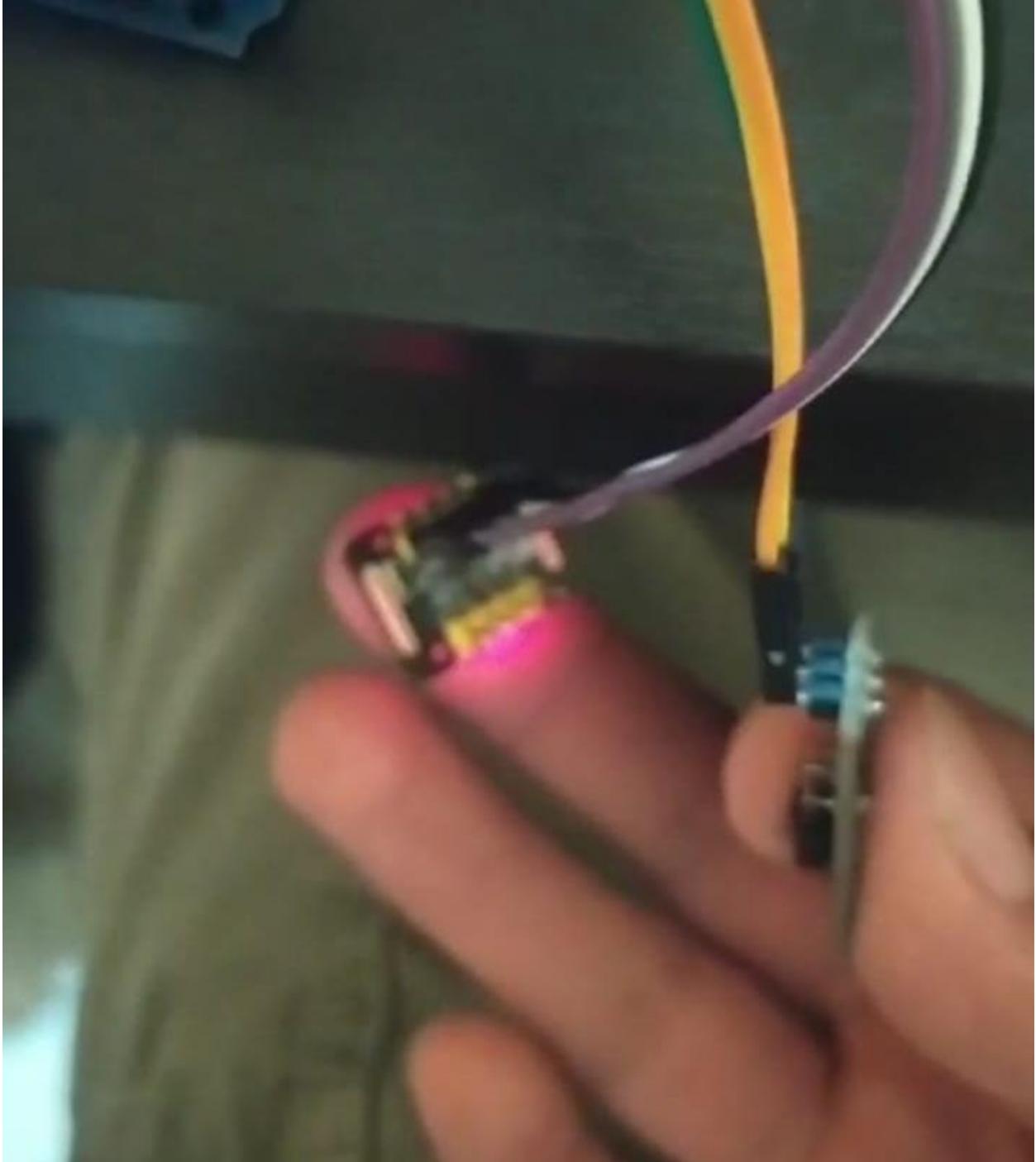
**Anexo 17.** Pruebas de eficiencia energética



**Anexo 18.** Carga de baterías mediante panel solar y controlador de carga solar



**Anexo 19.** Monitoreo de signos vitales mediante sensor Max30102 y DS18B20



**Anexo 20.** Visualización de signos vitales mediante pantalla TFT



**Anexo 21.** Diseño del circuito del sistema de elevación de asiento con motor lineal



**Anexo 22.** Construcción de motor lineal



**Enlace de evidencias:**

**[https://drive.google.com/drive/folders/1nlSLcItCwPBFpqpT6MGdy8\\_8LOquCwra?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1nlSLcItCwPBFpqpT6MGdy8_8LOquCwra?usp=sharing)**