

DISEÑO DE UN CAMINADOR AUTOMATIZADO PARA REAPRENDIZAJE DE LA
MARCHA HUMANA
CÓDIGO DE PROYECTO: PG-21-2-12



OLGER BERNEDY MORALES GAMEZ
CÓDIGO: 1211569
IDENTIFICACIÓN: C.C. 1030596157

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BOGOTÁ, D.C.
2023

**DISEÑO DE UN CAMINADOR AUTOMATIZADO PARA REAPRENDIZAJE DE LA
MARCHA HUMANA**

OLGER BERNEDY MORALES GAMEZ

CÓDIGO: 1211569

IDENTIFICACIÓN: C.C. 1030596157

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
MECATRÓNICO DE LA UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA**

DIRECTOR:

M.SC. NÉSTOR FERNANDO PENAGOS QUINTERO

M.SC en Diseño y Gestión de Proyectos Tecnológicos

Ing. Electrónico

P.hD OSCAR FERNANDO AVILES SANCHEZ

Doctor en Ingeniería Mecánica

Ing. Electrónico

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BOGOTÁ, D.C.
2023**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Una vez realizada la revisión metodológica y técnica del documento final de proyecto de grado, doy constancia de que el (los) estudiante (s) ha cumplido a cabalidad con los objetivos propuestos, cumple a cabalidad con los Lineamientos de Opción de Grado vigentes del programa de Ingeniería Mecatrónica y con las leyes de derechos de autor de la República de Colombia, por tanto, se encuentra(n) preparado(s) para la defensa del mismo ante un jurado evaluador que considere idóneo el Comité de Investigaciones del Programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Piloto de Colombia.



NÉSTOR FERNANDO PENAGOS
QUINTERO
Director del Proyecto.



OSCAR FERNANDO AVILEZ SANCHEZ
Codirector del proyecto.

DEDICATORIA

Dedicado a mi madre Claudia Gámez y a mi abuela Zenith Solano a mi hermano Sergio Morales y hermanita Shayel Gámez a mis tíos en especial Guillermo Gámez a mi padrastro Carlos Esteckman y a mis primos y amigos por todo el apoyo alrededor de mi carrera.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a el Ojo por brindarme sabiduría e iluminar mi camino, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad y guía mi camino hasta poder llegar a la perfección.

Agradezco a los docentes del programa de ingeniería mecatrónica de la Universidad piloto de Colombia, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión gracias a su atención dedicación paciencia han hecho de mí una mejor persona más preparada y con más conocimientos, de manera especial, y M.SC. NÉSTOR FERNANDO PENAGOS QUINTERO a M.SC. OSCAR FERNANDO AVILEZ SANCHEZ, los directores de mi proyecto de investigación quienes han guiado con su paciencia, y su rectitud como docentes.

NOTA DE ACEPTACIÓN	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS	5
<LISTA DE TABLAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE ANEXOS	10
INTRODUCCIÓN	11
RESUMEN.....	13
ABSTRACT	13
1. GENERALIDADES	14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1.1. Antecedentes del Problema.	14
1.1.2. Descripción del Problema	14
1.1.3. Formulación del problema.....	15
1.1.4. Línea de investigación del programa	15
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.3. OBJETIVOS.....	16
1.3.1. Objetivo General	16
1.3.2. Objetivos Específicos	16
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES	16
1.4.1. Alcances	16
1.4.2. Limitaciones	16
1.5. MARCO REFERENCIAL	17
1.5.1. Marco Teórico	17
1.5.1.1. Materiales.....	17
1.5.1.2. Sistemas electrónicos.	17
1.5.1.3. Marcha humana.	17
1.5.2. Estado del arte	18
1.5.3. Marco Normativo.....	22
1.6. MARCO METODOLÓGICO.....	22

2. ESTUDIO ANTROPOMÉTRICO Y MEDIDAS DEL CAMINADOR.....	24
2.1. Tecnologías actuales de caminadores	24
2.2. Medidas antropométricas con referencia a la población colombiana.	25
2.3. Velocidades recomendaciones del caminador	29
3. DISEÑOS TANTO MECÁNICO COMO ELECTRÓNICOS.....	30
3.1. SISTEMA MECÁNICO.....	30
3.1.1. Diseño mecánico.....	30
3.1.2. Caminador automatizado:	33
3.1.3. Cálculos mecánicos	34
3.1.3.1. Diseño vectorial mecánico	34
3.1.3.2. Cálculos necesarios para diseños mecánicos.	34
3.1.3.3. Análisis Vectorial.	35
3.1.3.4. Análisis de resistencia.....	37
3.1.3.5. Calculo de la rueda:	40
3.1.3.6. Calculo de avance del caminador:	40
3.1.3.7. Componente de fricción:	40
3.1.4. Selección de materiales mecánicos	41
3.2. SISTEMA ELECTRICO.	42
3.2.1. Diseño Electrónico.	44
3.2.1.1 Cálculos de Potencia:	44
3.2.2. Datos PWM	46
3.2.3. Selección de materiales electrónicos.....	48
3.2.3.1. Selección de motor.	48
3.2.3.2. Motor utilizado:	49
3.2.3.3 Selección del transistor.	50
3.2.3.4 Selección del microcontrolador.....	51
3.2.3.5 Selección de dispositivos electrónicos.....	52
4. RESULTADOS.....	55
5. CONCLUSIONES	64
6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. ANTROPOMÉTRICAS DE PIE FRONTAL.	27
TABLA 2. DE PIE LATERAL.	27
TABLA 3. SENTADO.	28
TABLA 4. TABLA DE VELOCIDADES MÍNIMAS Y MÁXIMAS.	29
TABLA 5. MEDIDAS MÁS UTILIZADAS Y DEL CAMINADOR ABIERTO Y CERRADO	32
TABLA 6. SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA EL CUERPO.	41
TABLA 7. SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA LA SILLA.	41
TABLA 8. SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA EL PROTECTOR DE TARJETA ELÉCTRICA.	42
TABLA 9. FACTOR DE SERVICIO.	45
TABLA 10. VELOCIDADES DEL CAMINADOR AUTOMATIZADO	47
TABLA 11. COMPARACIÓN PARA SELECCIÓN DEL MOTOR	49
TABLA 12. COMPARACIÓN DE TRANSISTORES.	51
TABLA 13. DATASHEET DEL TRANSISTOR TIP120	51
TABLA 14. SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR PARA TARJETA ELÉCTRICA.	52
TABLA 15. VELOCIDADES Y CICLO ÚTIL EN ARDUINO.	55

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. USUARIO CON UN CAMINADOR.....	12
FIGURA 2. PERSONA EN REHABILITACIÓN.....	15
FIGURA 3. TRAYECTORIA DE MOVIMIENTO.....	18
FIGURA 4. PERSONA UTILIZANDO UN CAMINADOR.....	19
FIGURA 5. EXOESQUELETO LG CON SG PARA MIEMBROS INFERIORES.....	19
FIGURA 6. CAMINADOR SIN RUEDAS.....	20
FIGURA 7. INVESTIGACIONES REALIZADAS.....	23
FIGURA 8. CAMINADOR SIMBIOSIS.....	24
FIGURA 9. CAMINADOR I-GO.....	25
FIGURA 10. CAMINADOR JAROW.....	25
FIGURA 11. ANTROPOMÉTRICA DE PIE FRONTAL.....	26
FIGURA 12. DE PIE LATERAL.....	27
FIGURA 13. SENTADO.....	28
FIGURA 14. DISEÑO SILLA CAMINADOR.....	30
FIGURA 15. MEDIDAS MÍNIMAS Y MÁXIMAS.....	31
FIGURA 16. INCLINACIÓN DE LA PERSONA.....	31
FIGURA 17. MEDIDAS CAMINADOR ABIERTO.....	32
FIGURA 18. CAMINADOR AUTOMATIZADO.....	33
FIGURA 19. TRIANGULO VECTORIAL ANÁLISIS.....	34
FIGURA 20. ANÁLISIS GEOMÉTRICO.....	35
FIGURA 21. ANÁLISIS DE RESISTENCIA.....	38
FIGURA 22. DIAGRAMA DE DISEÑO.....	43
FIGURA 23. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO.....	44
FIGURA 24. ANÁLISIS DE ANCHO DE PULSO.....	46
FIGURA 25. ANÁLISIS DE ONDA CUADRÁTICA.....	47
FIGURA 26. MOTOR DE 3.5NM.....	50
FIGURA 27. ESQUEMA ELECTRÓNICO.....	53
FIGURA 28. PRIMERA VELOCIDAD.....	56
FIGURA 29. SEGUNDA VELOCIDAD.....	56
FIGURA 30. TERCERA VELOCIDAD.....	57
FIGURA 31. CAMINADOR AUTOMATIZADO CON LA SILLA.....	58
FIGURA 32. LARGO Y ALTO DEL CAMINADOR.....	59
FIGURA 33. TORNILLO EN POSICIÓN INICIAL.....	59
FIGURA 34. TORNILLO RETRÁCTIL EN SU ESTADO HUNDIDO EN EL TUBO.....	60
FIGURA 35. FIGURA 43 VISTA LATERAL DEL DISPOSITIVO.....	60
FIGURA 36. DISPOSITIVO ELECTRÓNICO.....	61
FIGURA 37. VISTA SUPERIOR CAMINADOR AUTOMATIZADO.....	61
FIGURA 38. DISEÑO FINAL TELESCÓPICO CERRADO.....	62
FIGURA 39. SISTEMAS DE TORNILLOS RETRÁCTILES.....	62
FIGURA 40. PARTE DE FUNCIONAMIENTO MECÁNICO.....	63
FIGURA 41. PARTE DE FUNCIONAMIENTO ENGRANAJE EN TUBO GIRATORIO.....	63

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. (SISTEMA ELECTRÓNICO DEL CAMINADOR).	70
ANEXO B. (CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN C+ CON POTENCIÓMETRO.)	71
ANEXO C. (CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN C+ CON DIP SWITCH).	72
ANEXO D. (PLANOS EN 2D DEL MECANISMO SISTEMA ABIERTO).	74
ANEXO E. (PLANOS EN 2D DEL MECANISMO SISTEMA CERRADO).	75
ANEXO F. (SECCIÓN DEL TUBO).	76
ANEXO G. (DIAGRAMA EN SD SOLID).	77

INTRODUCCIÓN

Cada vez hay más discapacidad a causa de accidentes automovilísticos por que a medida que van pasando los años hay más medios de transporte cada vez se ven más carros y motos aumentando los accidentes de tráfico, también cada vez hay más sobrepoblación y las enfermedades van aumentando haciendo que las personas pierdan sus funciones motoras y se vuelvan más dependientes de otras personas, necesitando ayuda de terceros para poderse mover esto implica molestia e incomodidad a la hora de transportarse de un lugar a otro.

El caminador es un aparato existente que a través del tiempo ha obtenido mejoras tecnológicas, y cambios en sus diseños.

En este proyecto se utilizó la forma de un caminador convencional, adaptándole mejoras mecánicas y electrónicas, lo cual será de gran ventaja a la hora de utilizar el dispositivo automatizado, pues con éstas ayudan a evitar accidentes como choques protegiendo el usuario y el mismo caminador y a su vez haciendo que las personas sean menos dependientes de otras personas ya que al tener las mejoras mecánicas y electrónicas las personas se van volviendo más independientes a la hora de moverse además de esto se le ha adaptado al caminador una silla para qué cuando la persona este cansada pueda sentarse disminuyendo el cansancio a la hora de caminar .

La debilidad media o absoluta de la movilidad es un punto de referencia importante para la disminución de la satisfacción personal de los individuos, ya que influye en la capacidad de caminar, pero además impide el avance de los recados cotidianos, produciendo la dependencia de otros para la mejora de las tareas básicas e individuales. Los adultos más veteranos son la principal área local con discapacidades físicas y mentales que influyen en la movilidad. Asimismo, la velocidad libre puede verse afectada por heridas, enfermedades neurológicas o intercesiones de cuidado. La enfermedad es el motivo más frecuente de impedimento de la velocidad.

El ictus, la enfermedad de Parkinson, la demencia de Alzheimer, las infecciones articulares degenerativas, las deformaciones musculares externas adquiridas, la claudicación irregular y los problemas después de un procedimiento médico muscular también pueden causar problemas de avance.

Al crear avances para ayudar a las personas más establecidas a mantener su libertad, pueden ser más alegres y mejores en su edad avanzada en la figura 1 se ve a una persona caminando con un caminador con frenos esto ayuda a su movilidad. Actualmente existen numerosos avances, incluyendo la tecnología mecánica, planeados explícitamente para ayudar a esta población. Los caminadores tradicionales, así como numerosos aparatos de asistencia, proporcionan un mejor equilibrio y solidez al cliente como resultado de la ayuda adicional para soportar el peso. No obstante, a pesar de que crean una mayor solidez, la marcha resulta más lenta, más controlada y produce un esfuerzo real más notable con respecto al cliente ya que debe levantar totalmente el aparato para tener la opción de avanzar.

Figura 1. Usuario con un caminador.



Fuente: [11].

Los caminadores de 4 ruedas son de excepcional utilidad para personas que necesitan ayuda en cuanto a solidez, pero no ayuda, ya que un objetivo de movimiento con ayuda errónea puede producir un aumento de velocidad en el aparato que junto a una respuesta lenta puede provocar una caída. Los andadores son una opción increíble en el caso de que el gadget se supone que dar fiabilidad, sin embargo, estos, por lo tanto, la disminución de la influencia típica de apéndice superior y el acto de espalda inexacta. Los avances mecánicos han permitido la fusión de los actuadores y sensores en los andadores, dando ayuda de paseo a las personas con discapacidades, que en su mayor parte no les gusta el desarrollo y el equilibrio. Los sensores pueden proporcionar ayuda para la ruta, la restricción y el descubrimiento y la evasión de obstáculos.

Es por esta razón que el diseño un caminador automatizado para el reaprendizaje de la marcha humana permiten, además, la identificación de las expectativas de desarrollo del cliente, que puede ser utilizado en los procedimientos de carga para la ayuda a la portabilidad, dando solaz, seguridad y simplicidad de movimiento para el caminante. Además, son aptos para ofrecer ayuda real, ayuda táctil, ayuda mental, observación del bienestar e interfaz hombre-máquina de alto nivel.

RESUMEN

El número de personas que experimentan problemas de movilidad en las extremidades inferiores se ha ido ampliando a lo largo del tiempo, ya que las personas se ven afectadas por accidentes automovilísticos y también afectadas por problemas de edad o enfermedades como la enfermedad de Parkinson, El ictus, También las infecciones articulares degenerativas, entre otras enfermedades. En este documento se hizo una investigación sobre los caminadores para así realizar una mejora a estos teniendo en cuenta el modelo original de los caminadores adaptándole mejoras mecánicas y electrónicas con ayuda de varios fisioterapeutas realizando una investigación de los modelos de caminadores que hay actualmente, realizando un estudio antropométrico a la población a la cual va dirigida el proyecto para así poder definir parámetros como la altura y el peso promedio de los colombianos, también se hizo un estudio junto a terapeutas para regular las velocidades que debe predominar en el caminador esto es depende la velocidad de recuperación del paciente. Se realizarán cálculos necesarios para lograr un diseño mecánico y electrónico ergonómico, así como también se hará una selección de materiales adecuados para la construcción del prototipo virtual.

Palabras Clave: caminador automatizado, movilidad, marcha humana, robótica, miembros inferiores, rehabilitación, dispositivo, mecatrónica.

ABSTRACT

The number of people who experienced mobility in the lower extremities has been expanding over time, as people are affected by car accidents and also affected by problems of age, diseases or such as Parkinson's disease, Stroke, Also degenerative joint infections, among other diseases. In this document, an investigation was carried out on the walkers in order to make an improvement to these models, taking into account the original model of the walkers, adapting mechanical and electronic improvements with the help of several physiotherapists, carrying out an investigation of the walkers that currently exist, carrying out a study anthropometric to the population to which the project is directed in order to define parameters such as height and average weight of Colombians, a study was also carried out together with therapists to regulate the speeds that should prevail in the walker, this depends on the speed of patient recovery. The necessary calculations will be made to achieve a mechanical and electronic design and a selection of suitable materials will be made for the construction of the virtual prototype.

Keywords: automated walker, mobility, human gait, robotics, lower limbs, rehabilitation, mechatronics.

1. GENERALIDADES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. Antecedentes del Problema.

Al pasar el tiempo las personas van perdiendo sus habilidades motoras y van perdiendo la capacidad de caminar, ya sea enfermedades que afectan las capacidades motoras como, la demencia de Alzheimer la enfermedad de Parkinson, El ictus, También las infecciones articulares degenerativas, también puede ser accidentes de tránsito, caídas u otro tipo de accidente, o también por la edad las personas van perdiendo la fuerza y movilidad en los miembros superiores, muchas veces también se presenta en personas las cuales nacen con las discapacidades y al desarrollar su etapa de crecimiento se presentan estos tipos de problemas óseos o musculares. Los caminadores permiten a las personas que tienen dificultades motoras y junto con una rehabilitación reestablecer su movilidad, pero si se tiene un dispositivo de estos como el Caminador automatizado y con sus mejoras se puede tener una mejor rehabilitación. Para el desarrollo de este proyecto de investigación, se tomaron varios casos clínicos, de pacientes a los que se les determinó una deficiencia a motriz,[1] que han tenido dificultad a la hora de realizar la marcha humana que fueron investigadas de documentos de internet, libros, artículos etc. [2] Asimismo, se concluye que una incapacidad, aunque se, trabajó con la búsqueda de resultados respecto a la propuesta del caminador humano. [3]

1.1.2. Descripción del Problema

Durante los últimos años se han desarrollado terapias de apoyo en las cuales se hace un tratamiento al paciente sobre una banda caminadora donde se mantiene erguido, tratando de dar algunos pasos y las terapias de formación convencional, otra forma de terapia son los caminadores ya que estos ayudan a que las personas tengan una rehabilitación y puedan volverse independiente ya que las personas al moverse para caminar están realizando sus propias terapias las cuales al principio se realizan con la ayuda de un psicoterapeuta, y luego la realizan las personas de forma autónoma, las personas realizan ejercicios determinados con cierta rutina y con escalas de fuerza dependiendo del grado de afectación que sufre cada paciente. [4] Estas terapias, se dan en lapsos de tiempo muy largos, provocando que la recuperación del paciente sea lenta. Las formas de terapia estimulan al paciente, pero tienen limitaciones como requerir terapeutas para guiar el movimiento de piernas y control de pelvis del paciente. Para ayudar al psicoterapeuta, se han desarrollado caminadores y se ha demostrado que el uso de éstos tiene la posibilidad de hacer que el proceso sea más rápido y más fácil para el reaprendizaje de la marcha humana, tanto para el paciente como para el terapeuta, ya que este último debe realizar tareas difíciles y laboriosas que lo fatigan rápidamente.

Figura 2. Persona en rehabilitación.



Fuente: [4]

En la figura 2 se observa a una persona realizando sus primeros movimientos de recuperación con unas muletas conectadas a circuitos electrónicos y mecánicos. Otra problemática enfocada para reaprendizaje de la marcha humana, son las personas de la tercera edad ya que al transcurrir de los años su cuerpo y sus huesos se van desgastando y cansando, perdiendo su equilibrio y en algunos casos se pueden mover lentamente con un caminador o en otros casos quedarse postrados en una cama o en una silla lo cual conlleva a los familiares a estarlo movilizándolo de un sitio a otro de una manera inadecuada lo cual en algunos casos provocándoles heridas o fracturas en su cuerpo.

1.1.3. Formulación del problema

¿Cómo diseñar un modelo mecánico y electrónico de un caminador automatizado para reaprendizaje de la marcha humana?

1.1.4. Línea de investigación del programa

Robótica y biomecatrónica. Ya que el presente proyecto involucra diseños mecánicos y electrónicos junto con programación, lo cual es parte fundamental de la robótica y biomecatrónica. [5]

1.2. JUSTIFICACIÓN

Cada vez la discapacidad va aumentando en Colombia ya que las personas con enfermedades motoras como el Alzheimer u otras enfermedades como, El ictus, También las infecciones articulares degenerativas cada vez va creciendo en número, además hay muchos accidentes de tránsito que dejan a las personas discapacitadas por lo cual es importante tener un caminador automatizado para mejorar el proceso de rehabilitación, de la marcha humana ya que con este las personas pueden realizar su terapia de movilidad de forma individual y pueden tener recomendaciones de fisioterapeutas para ir avanzando en su proceso de movilidad y así las personas que usan este dispositivo van volviéndose cada vez más independientes.

En Colombia hay 3.134.037 personas con dificultades para realizar actividades básicas diarias (7,1% de la población del país), de quienes 1.784.372 (4,07% de la población del país) reportaron tener dificultades en los niveles de severidad 1 o 2 según la escala del Washington Group. [6] En el rango de 0-14 años, el 56,5% de las personas con discapacidad, son hombres; de los 15 años en adelante esta relación se invierte, siendo en

mayor porcentaje mujeres que el de hombres: 52,3% entre los 15 y 64 años y el 57,5% entre los 65 años y más.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un modelo mecánico y electrónico de un caminador automatizado para reaprendizaje de la marcha humana.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar una investigación del estado de las tecnologías actuales referentes a los caminadores y hacer un estudio antropométrico de la población a la que va dirigida el desarrollo tecnológico, con el fin de establecer parámetros de diseño como altura, peso promedio y otros de la población colombiana.
- Establecer según recomendaciones de fisioterapeutas que velocidades deben predominar o establecerse según el avance de recuperación que presenten los pacientes- usuarios.
- Realizar los cálculos necesarios para diseños mecánicos, electrónicos y de validación con la consecuente selección de los materiales adecuados para la construcción del caminador automatizado para así poder elaborar los respectivos planos y simulaciones de un prototipo funcional.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1. Alcances

- Se espera en un futuro poder acoplar el sistema con una aplicación en el celular el cual pueda manejar la maquina desde un dispositivo móvil o una Tablet.
- Con el paso del tiempo la maquina rehabilitadora podrá ser usada para el uso cotidiano de las personas, no solo servirá para dar pasos si no que el usuario podrá movilizarse con esta, acoplándole 2 llantas más en la parte trasera.
- En un futuro la maquina podrá tener un contador de horas y un contador de pasos, este contador tendría implementado sistema IoT el cual los datos puedan ser transportados a un computador y tener un seguimiento médico.

1.4.2. Limitaciones

- La máquina no será probada en pacientes debido a la normalidad que es exigida, ya que es necesario obtener un permiso de un comité médico y también un comité

ético por parte de la universidad. Por lo tanto, la propuesta se basará en el diseño del sistema considerando las variables mecánicas, electrónicas y biomédicas para su funcionamiento.

- Debido a que la maquina es costosa y por la pandemia la situación económica está más difícil, esta no será construida en físico, pero se realizaran los cálculos mecánicos y electrónicos de esta.
- Este caminador automatizado es para la población que está recuperando la marcha que han recibido traumas por accidentes desde caseros hasta accidentes de tránsito con afectación de la columna vertebral y/o piernas, la edad de esta población puede variar entre los 18 y 60 años con una estatura de la población colombiana promedio estimada en 1.71m y un peso de 75.7kg.

1.5. MARCO REFERENCIAL

1.5.1. Marco Teórico

1.5.1.1. Materiales.

Generalmente los caminadores son creados con materiales resistentes, pero poco pesados, ya que necesitan soportar con el peso de un paciente, y también tiene que tener características de resistencia para que este no llegue a su punto máximo de quiebre, los caminadores convencionales están diseñados de aluminio y este tiene características de resistencia buena para la adaptación de peso de una persona.

1.5.1.2. Sistemas electrónicos.

Los caminadores electrónicos para sus mejoras manejan elementos como motores, estos tienen que tener la fuerza para mover un caminador o los, Transistores, dispositivo semiconductor unipolar o bipolar, los cuales permiten controlar corriente por medio de corriente “para el caso bipolar” o por medio de voltaje “para el caso de unipolar”; para lo cual se debe hacer una selección según las necesidades. [7] También se tiene en cuenta las resistencias las cuales alteran o modifican el paso de la corriente y en otros casos se utilizan para generar calor. Y muy importante nombrar los microcontroladores ya que estos se utilizan para el funcionamiento de alguna tarea determinada. Además de esto están los sensores que tienen propiedad sensible a una magnitud del medio y estos tienen la posibilidad de variar según sus características.

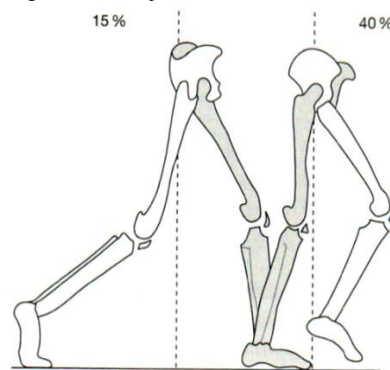
1.5.1.3. Marcha humana.

Las fases de la marcha humana se componen en 5 sub-fases las cuales componen el movimiento del ser humano permitiéndole movilizarse, a continuación, se nombran estas sub-fases de movimiento al realizar la marcha humana estas son llamadas: 1) fase de contacto inicial, 2) fase inicial de apoyo o de respuesta a la carga, 3) fase media de apoyo,

4) fase final de apoyo y 5) fase previa de oscilación. [8] Con estas el ser humano realiza su movimiento cotidiano al caminar. En la figura 3, se refleja una imagen de la trayectoria de movimiento de un ser humano.

Es un proceso humano de locomoción donde las personas al ejecutar su movimiento lo realizan con posición erguida, haciendo un movimiento lineal en ambas piernas, el ciclo de marcha o zancada se le llama a esta secuencia de movimientos, la cual está entre dos repeticiones consecutivas. La marcha tiene cuatro fases, plano sagital, tiempo o momento de la marcha humana también conocida como doble apoyo posterior de impulso, la segunda se llama primer doble apoyo, la tercera fase de despegue y por último la fase de empuje hacia arriba o de impulso. El estudio de la marcha humana es indispensable para estudios médicos, e ingenieriles. [9]

Figura 3. Trayectoria de movimiento.



Fuente: [8]

1.5.2. Estado del arte

Andador para discapacitados: Este andador es un gran apoyo para las personas que tienen dificultad para movilizarse para andar adentro del hogar como afuera de este. Fue creado para mejorar su calidad de vida son una gran opción para las personas al llegar a su vejes o para personas las cuales han tenido accidentes. Con estos caminadores estas personas pueden desplazarse a su voluntad de forma que pueden recuperar parte de su autonomía siendo cada vez más independientes. Este caminador este hecho en aluminio, con soportes de agarre de caucho y tapones de caucho en sus patas esto ayuda a que las personas tengan más comodidad a la hora de utilizarlos [10] en la figura 4, se ve una persona utilizando un caminador como apoyo. [11]

Figura 4. Persona utilizando un caminador.



Tomado de: [11]

Exoesqueleto LG: La reconocida empresa LG junto con SG lanzo un exoesqueleto este está exhibido en la figura 5, con la capacidad de reforzar miembros inferiores nombrado LG CLOi Suitbot. Permite aumentar fuerza y destreza de las piernas de las personas las cuales lo porten diseñado para soportar más pesos y poder desplazarse con facilidad. [12]

Figura 5. Exoesqueleto LG con SG para miembros inferiores.



Tomado de: [12]

Andador sin ruedas: Los andadores sin rueda no son tan adecuados como los que tienen ruedas, en la figura 6 se puede ver un caminador sin ruedas, aunque probables mentes son los caminadores que proporcionan más estabilidad y seguridad, Pero a su vez son los que gastan más esfuerzos y cansan más a las personas durante su uso, pues hay que tener en cuenta que para utilizarlos hay que alzarlos completamente en cada paso para obtener una movilidad, los caminadores sin rueda son ligeros, maniobrables y muchos de estos son fáciles de plegar son seguros ya que la sostenibilidad de sus 4 patas evitan desplazamientos indeseados. Hay que hacerles revisiones contante mente ya que al no tener llantas sufren de fricción. [13]

Figura 6. Caminador sin ruedas.



Tomado de: [13]

La mayoría de las veces, los problemas de movimiento en los adultos más veteranos se deben a la mezcla de varios problemas clínicos, por lo que la investigación de este problema en los apéndices inferiores debería coordinarse bajo las delimitaciones de las condiciones médicas que tiene el individuo y el nivel de discapacidad táctil y motriz. El 20% de los individuos más experimentados detallan que tienen problemas para moverse o necesitan apoyo externo para caminar. [14]

En situaciones inequívocas en las que el ejemplo alude a individuos de más de 85 años, se observó que los problemas para pasear son equivalentes o más notables que el 54%. Los problemas de zancada son provocados por la edad, y son más aplicables en individuos de más de 75 años. Estos problemas se producen muchas veces por la presencia de dolencias, y se desarrollan relativamente con el movimiento de la enfermedad. [15]

Una ilustración de esto se encuentra en, donde razonan que, para un individuo al norte de los 85 años, con la presencia de al menos tres enfermedades constantes, la ocasión de una apoplejía, una fisura de la cadera o un crecimiento maligno advierte inequívocamente de la pérdida completa de la posibilidad de pasear.

Con respecto a los adultos, el término zancada dispersa es dudoso, ya que aún no se han establecido límites claros y normalizados para decidir una marcha típica o no obsesiva en esta población. [16] Es dudoso pensar que la zancada lenta o poco atractiva (disminución de la uniformidad y la sincronía de las etapas de la marcha) sea neurótica. Sin embargo, según algunas investigaciones, el paso con las cualidades mencionadas anteriormente, por regla general, da al paciente seguridad y certeza para seguir realizando sus ejercicios de forma autónoma

Como se ha referido, los problemas de movimiento no sólo están relacionados con una patología, ya que su objetivo puede ser, por regla general, multivariable y moderado, lo que incita y mejora la anomalía de la zancada. [17]

La zancada desordenada, acreditada ya sea al paso lento, al gusto único, o a ambos, no se alude simplemente a la maduración, sin embargo, según una perspectiva más meta, se relaciona con las infecciones y la gravedad de éstas que aumenta con la progresión del tiempo. A causa de los adultos más establecidos cuyas patologías son de una persona diferente el problema de correr se inclina de manera similar. [18]

Según la evaluación de los adultos más establecidos, cuando aluden al tormento en el movimiento generalmente notan la realidad de la firmeza de la sensación, la descolocación, la muerte y la vista del desarrollo extraño. Como se revela en el lugar de consideración esencial, las patologías acreditadas a la marcha inusual son las enfermedades

degenerativas de las articulaciones, las distorsiones musculares externas, los problemas después de un procedimiento médico muscular y los accidentes cerebrovasculares. [19]

Además, hay patologías con una menor recurrencia de eventos, pero que están relacionadas con problemas de paso, incluyendo infecciones hepáticas y renales, crecimientos del sistema sensorial focal (SNC), la miseria y la organización de los medicamentos psicotrópicos. Además, hay informes que muestran que a veces el hipotiroidismo, el hipertiroidismo, la deficiencia de vitamina B12 y de corrosivo fólico son convincentes en el evento y el movimiento del problema de la carrera. [20]

Caminadores robóticos. Los andadores astutos en un principio se construyen con respecto a los andadores ordinarios, pero se acreditan capacidades adicionales gracias a los componentes mecánicos y electrónicos, que ofrecen una ayuda más notable durante el paseo, centrándose principalmente en la ruta, el control de la versatilidad y el respaldo del peso del cliente. [21]

La cuestión es que el giro y la impecabilidad con que se planifican estos aparatos crean límites de propósito para el cliente debido a la complejidad del marco. De este modo, además de considerar la incapacidad del cliente en cuanto a la marcha, hay que tener en cuenta que, en general, los pacientes también experimentan los efectos nocivos de las debilidades tangibles y mentales.

Para realizar un andador astuto, hay que pensar en los problemas en cuanto a la comodidad, en los que se encuentran el bienestar, el consuelo y la usabilidad del robot. El avance de la innovación ha aportado a los SWS marcos más fáciles de usar. [22] Estos artilugios han ajustado sus capacidades para ofrecer ayuda según los requisitos de cada cliente. Capacidades, por ejemplo, (1) Ayuda física; (2) Ayuda sensorial; (3) Ayuda cognitiva; (4) Comprobación de la salud; y (5) Interfaz hombre-máquina avanzada. [23]

Prácticamente todos los Smart Walkers presentan entre sus características algún tipo de utilidad de ayuda real con el objetivo de crear ayuda con la seguridad y el equilibrio durante la versatilidad. Existen predominantemente dos tipos de ayuda real: latente y dinámica.

Los componentes mecánicos o primarios se ejecutan en el aparato, mejorando la solidez durante la marcha. Es extremadamente normal observar tales variaciones en la ampliación de la base del andador o el correspondiente transporte ajustado de componentes más pesados en la parte inferior del diseño. También hay andadores que, en lugar de tener el soporte principal en el manillar, lo tienen en la base del brazo inferior. [24]

Muchas veces, los andadores tienen frenos como los utilizados en una bicicleta, requiriendo el límite real del cliente, en cuanto a coordinación y solidaridad muscular para detener el traslado. Por lo tanto, en el caso de que el individuo no disponga de ninguno de estos recursos, podría producirse un aumento de velocidad incontrolado y sin control que acabe en una caída.

La desaceleración del robot, el empuje y los desarrollos de giro requieren un esfuerzo real y una coordinación impresionantes, ya que incrementan el interés sobre estas capacidades. En consecuencia, la ayuda real dinámica es esencial, ya que crea una ayuda adicional en la energía de empuje para controlar el marco y mover el aparato de manera competente y segura. [25]

Las personas realizan varias diligencias y se comunican con el clima a través de ciclos mentales, la progresión de varias empresas que incluyen el pensamiento, la organización y el pensamiento crítico. Con la ejecución de estos ciclos, los robots pueden separar los datos de las articulaciones [26] o los ejemplos fisiológicos para ajustar y seguir desarrollando su presentación.

La colaboración física y mental de los robots y las personas es la forma de ajustar adicionalmente la innovación a la existencia diaria, La conexión real humano-robot (HRI)

[27] ocurre a través de la edad de los poderes externos para compensar la ausencia de límite real del cliente añadiendo a la cantidad de poderes dados por el individuo.

Por otra parte, la comunicación mental humano-robot (CHRI), hace que la persona sea consciente de las capacidades del robot y, sin embargo, le da el control del robot de forma constante.

Los anteriores tipos de asociación con el robot se conectan a través de una interfaz multimodal hombre-robot (HRI). Un punto de interacción es aquel que realiza una asociación entre el equipo y la programación que relaciona dos marcos distintos, para esta situación por ejemplo el humano y el robot. En el caso de los robots en la ayuda clínica el punto de conexión es el que permite la cooperación entre el robot y el individuo controlando la progresión de los datos procedentes del clima, del cliente o de ambos. [28]

1.5.3. Marco Normativo.

A nivel internacional los fabricantes de equipos médicos o sanitarios tienen como base la norma ISO 14971:2019 que determina los requerimientos de los sistemas de gestión de riesgos para productos sanitarios con el fin de realizar aclaraciones a las versiones anteriores de la norma y aplica para directiva 93/42/EEC sobre los productos sanitarios, sobre los productos sanitarios implantarles activos y sobre los productos sanitarios de diagnóstico in vitro.

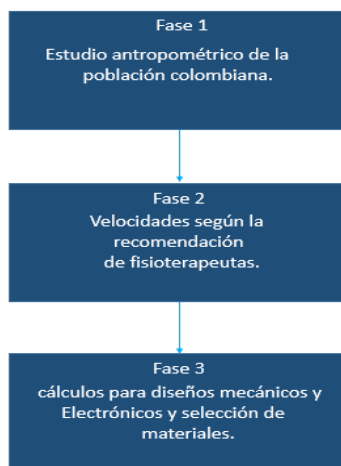
En Colombia se reglamentaron las modalidades de registros sanitarios para dispositivos médicos y su comercialización con el Artículo 27 del Decreto 4725 del 2005, que reza: *'Disposiciones comunes a los registros sanitarios y permisos de comercialización'*.

Los requerimientos de Invima a su vez se basan en el artículo 27 del decreto, 4725 del 2005, valederos para la Republica de Colombia. [29] Para el caso de la producción y comercialización del "Caminador automatizado" estaría en clase IIA, los cuales son de riesgo moderado.

1.6. MARCO METODOLÓGICO

El proyecto se desarrolla en tres fases, así como lo muestra la figura 7 y seguido se explica brevemente que consta cada una de estas:

Figura 7. Investigaciones realizadas



Fuente: elaboración propia.

Fase 1: Estudio antropométrico, con el fin de establecer parámetros de diseños mecánicos y electrónicos del caminador automatizado.

Fase 2: Establecer velocidades del caminador automatizado, según recomendaciones de fisioterapeutas teniendo en cuenta el avance de la recuperación que presenten los pacientes- usuarios.

Fase 3: Realización de todos los cálculos para diseños mecánicos, y electrónicos; además de la validación de los diseños, junto con la selección de los materiales para la construcción del caminador automatizado

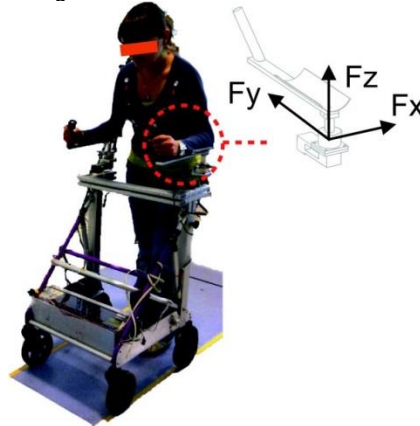
2. ESTUDIO ANTROPOMÉTRICO Y MEDIDAS DEL CAMINADOR.

En este capítulo se realizó una investigación de las tecnologías actuales referentes a los caminadores y sus avances tecnológicos. Así mismo se realizó un estudio de medidas antropométricas para establecer parámetros de diseño del caminador automatizado.

2.1. TECNOLOGÍAS ACTUALES DE CAMINADORES

El caminador SIMBIOSIS: En la figura 8, se ve el Caminador SIMBIOSIS, un caminador que tiene soportes para antebrazo, tiene elementos pesados en un plano inferior cerca de suelo y esto hace que mejore la estabilidad mientras se está utilizando. Este cuenta con motores de corriente continua en las ruedas traseras del dispositivo y esto le agrega energía de empuje al sistema y también cuenta con un control de frenado además cuenta con un sistema biomecánico multisensorial para la interacción humano- robot. [30]

Figura 8. Caminador SIMBIOSIS.



Fuente: [30]

El caminador I-GO: Es un caminador activo el cual cuenta como se ve en la figura 9, con un soporte como cuerpo principal en forma de U, el caminador cuenta con servofrenos que incrementan la fuerza que ejerce el usuario sobre el pedal de freno, mejorando la frenada por parte del mismo usuario. Este caminador tiene soportes en forma de manillas ancladas a la parte superior, también cuenta con un botón de emergencia que se encuentra en las manijas y los controles para prender el caminador están en la parte superior. La barra del caminador tiene la posibilidad de ajustar la altura del mango en un rango de 160 y 180cm. [31]

Figura 9. Caminador I-GO



Fuente: [31]

Caminador JARoW: Este es un caminador activo como se puede ver en la figura 10, este caminador tiene 3 ruedas y cuenta con altura ajustable y soporte al usuario en forma circular que permite que la persona que lo esté utilizando pueda estar dentro del caminador evitando estrellarse con obstáculos o paredes, este caminador es ligero pero resistente tiene 3 partes estructurales importante las cuales son: marco base, marco superior y conexión por varillas. [32]

Figura 10. Caminador JARoW.



Fuente: [32]

2.2. MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS CON REFERENCIA A LA POBLACIÓN COLOMBIANA.

Es importante indicar que cuando se habla de medidas antropométricas se hablan de medidas generales y de promedio cumplido, ya que generalmente esta medida se le hace a una población de un mismo sector o de un mismo lugar, para así tener un porcentaje de error en la estimación de la toma de muestras.

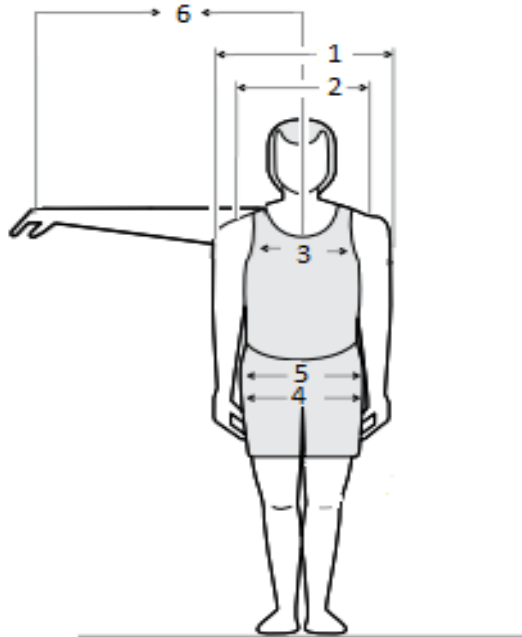
Se consolida una tabla con base en estudios antropométricos de la población laboral colombiana realizados por la universidad de Guadalajara, para ser utilizada en aspectos los cuales están relacionados con la salud.

Del estudio de la investigación se obtiene una muestra poblacional de 2100 trabajadores colombianos, hombres y mujeres en edades de los 20 y 59 años de edad la población objeto está establecida por el total de trabajadores colombianos vinculados a una empresa con programas que están activos a la salud ocupacional y que están afiliadas al Instituto de Seguros Sociales (ISS).

La población a la cual fue tomada la muestra está distribuida a lo largo y ancho del país para esto se dividió en 4 zonas la zona 1 Norte Caribe, la zona 2 Sur, Occidental la zona 3 Centro oriental la zona 4 Orinoquia, Amazonia. El número mínimo de combinaciones es de 200 individuos en este caso el tamaño de la muestra es de 1600 esto corresponde a un nivel de confiabilidad de un 95% y un error de 0.025 en la estimación del indicador. [33]

Aunque las medidas antropométricas son estándares, estas pueden cambiar de acuerdo a el país ya que habrá países donde la medida estándar de los hombres y mujeres sea distinta siendo ellos más bajos o más altos, en la figura 11, figura 12 y figura 13 se evidencian las medidas que se consignaran en la tabla 1, tabla 2 y tabla 3 respectivamente, donde se obtienen los datos resultantes de la investigación de las medidas de adultos en la población colombiana.

Figura 11. Antropométrica de pie frontal.



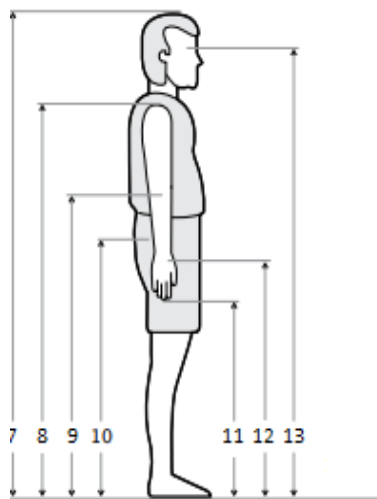
Fuente: elaboración propia.

Tabla 1. Antropométricas De Pie Frontal.

De Pie Frontal		(cm)	
		Hombres	Mujeres
1	Anchura bideltoidea	46.2	42.1
2	Anchura biacromial	39.6	35.1
3	Anchura transversal tórax	29.2	26.5
4	Anchura bicrestal	27.9	25.7
5	Anchura bitrocanterea	32.1	32.2
6	Largura lateral brazo	77.0	70.1

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. De Pie lateral.



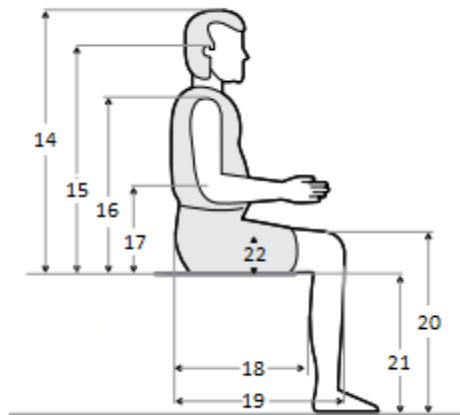
Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. De Pie lateral.

De Pie lateral		(cm)	
		Hombres	Mujeres
7	Estatura (cm)	168.8	155.8
8	Altura acromial	127.2	137.9
9	Altura radial	106.4	98.1
10	Altura cresta ilíaca medial	100.6	92.5
11	Altura dactilea dedo medio	63.5	59.3
12	Altura estiloidea	81.3	75.2
13	Altura de los ojos	158.0	145.3

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Sentado.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Sentado.

Sentado		(cm)	
		Hombres	Mujeres
14	Altura sentado erguido	88.6	83.0
15	Altura de los ojos	78.4	72.9
16	Altura acromial	58.8	55.0
17	Altura radial	23.7	22.9
18	Largura nalga - fosa poplíteica	46.8	46.1
19	Largura nalga – rodilla	56.9	55.0
20	Altura de la rodilla	52.5	48.4
21	Altura de la fosa poplíteica	42.3	38.3
22	Altura del muslo	14.9	14.1

Fuente: elaboración propia.

Peso promedio:

Según la página de DatosMundial.com dice que en cuanto más rico es un país más alto es su población, bueno al menos eso es lo que se dice, pero países de inmigración tradicionales como Singapur y Hong Kong demuestra que esta afirmación no puede aplicarse de una forma generalizada. los datos tomados para esta investigación fueron sacados de datos de IMC promedio de 127 países, pero solo se nombrarán los que interesan para este proyecto que son los datos de la población colombiana, estos datos fueron sacados de hombres y mujeres de 18 y 25 años. La mayoría de hombres en Colombia pesan 75,7 kg y las mujeres pesan 66,4 kg. [34]

2.3. VELOCIDADES RECOMENDACIONES DEL CAMINADOR

Se investigó con el campo de la medicina y grupo especializado de médicos, para así llegar a las velocidades requeridas que debe predominar, para este proyecto, teniendo en cuenta la capacidad motora del ser humano, [35] también la velocidad en recuperación. Analizando los casos más presentados se pudo promediar varias velocidades que fueron muy útiles para realizar las simulaciones electrónicas.

La velocidad estándar del avance del dispositivo es de 0.5 m/s, (lo requerido para un paso lento). [36] El campo de la medicina recomienda utilizar las velocidades de la tabla 4 y cada vez que el paciente esté mostrando progreso, al mecanismo se le puede aumentar o reducir la velocidad, lo cual esto es posible con el regulador de velocidad lineal.

Esta velocidad es necesario que sea regulable para que cada vez que el usuario este en recuperación y esté teniendo un avance, sea posible acelerar, aumentando un 0.1 m/s, en caso de que el paciente requiera reducir velocidad, la velocidad de este sea capaz de ser regulado, reduciendo un 0,1 m/s.

Tabla 4. Tabla de velocidades mínimas y máximas.

Velocidades	(m/s)
Mínimo	0.1
Estándar	0.5
Máximo	1

Fuente: elaboración propia.

3. DISEÑOS TANTO MECÁNICO COMO ELECTRÓNICOS

En este capítulo se realizaron los diseños y simulaciones mecánicas y electrónicas en programas como AutoCAD y Proteus, teniendo en cuenta los cálculos matemáticos de estos, analizando factores como cálculo de fuerzas y de resistencia de los materiales, por lo que se analizaron las medidas antropométricas para incluirlos en los diseños mecánicos y así mismo con estos tenerlos presente para el diseño electrónico.

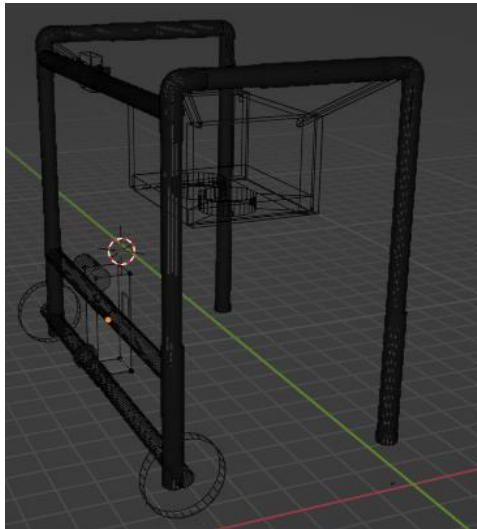
3.1. SISTEMA MECÁNICO.

En este apartado se realiza todo lo relacionado con el diseño del sistema mecánico del caminador automatizado.

3.1.1. Diseño mecánico.

Después de tener las medidas antropométricas del ser humano se procede a crear las medidas del caminador automatizado, teniendo en cuenta las medidas antropométricas del ser humano sentado para la adaptación de la silla.

Figura 14. Diseño silla caminador



Fuente: elaboración propia.

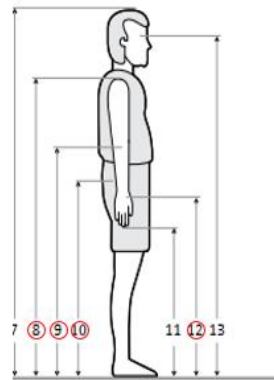
De las medidas antropométricas promedias para los colombianos se extrajeron las dimensiones requeridas para el diseño del caminador, ver figura 15 y tabla 5. El carro se usa cerrado cuando la persona está caminando ver figura 16; para descansar se debe extender horizontalmente ver figura 17.

En la figura 16 la persona se inclina 15 grados (según el promedio de la zancada humana ver Figura 3. Trayectoria de movimiento), 30 grados el brazo y 60 grados el antebrazo para así poder sujetar el caminador apropiadamente.

La medida número 8, señalado por el círculo rojo de la figura 16, resalta la altura acromial promedio de la población colombiana que es de 132.55 cm.

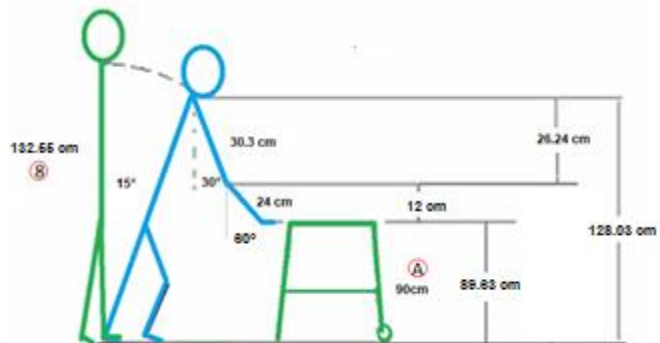
De los cálculos correspondientes a la figura 16, se deduce que la altura ideal del caminador para la población promedia colombiana es de 90 cm.

Figura 15. Medidas mínimas y máximas



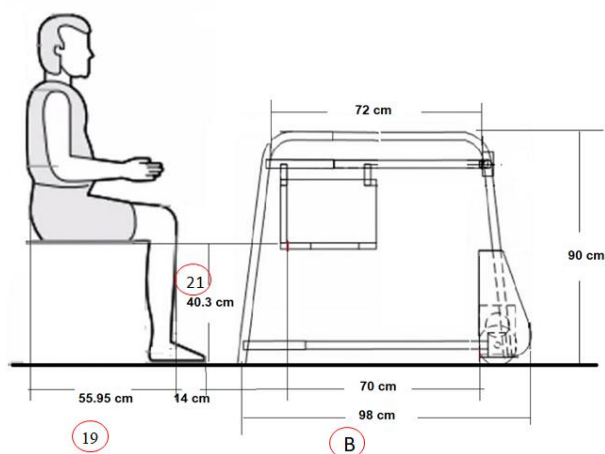
Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Inclinación de la persona



Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Medidas caminador abierto



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Medidas más utilizadas y del caminador abierto y cerrado .

Denominación	Nombres	Mujeres (cm)	Hombres (cm)	Promedio (cm)	Caminador abierto (cm)	Caminador Cerrado (cm)
8	Altura acromial	127.2	137.9	132.55		
9	Altura radial	106.4	98.1	102.25		
10	Altura cresta ilíaca medial	100.6	92.5	96.55		
12	Altura estiloidea	81.3	75.2	78.25		
19	Largura nalga rodilla	56.9	55.0	55.95		
21	Altura de la fosa poplíteica	42.3	38.3	40.3		
A	Altura Caminador				90	60
B	Distancia entre patas del caminador				100	72.0

Fuente elaboración propia.

Altura del caminador = Altura acromial * Cos (15°) – promedio antebrazos * Cos (30°) – promedio brazos * Cos (60°).

"A" = $132.55 * \cos(15^\circ) - 30.4 * \cos(30^\circ) - 24 * \cos(60^\circ) = 89.63$ (cm)

Se redondea el valor de A a 90 cm.

Cuando la persona desea estar sentada en el caminador y descansar solo tendrá que expandirlo horizontalmente hasta tener un espacio interno de 70 cm.

La silla ortopédica del caminador por defecto se ubica a una altura de 40.3 cm desde el piso hasta su base, altura que corresponde siempre y cuando el caminador este graduado a 90 cm; de esta forma las dimensiones recomendadas para el promedio de la población colombiana correlacionan con las medidas antropométricas de los colombianos.

Dimensiones recomendadas:

Altura del caminador: 90 cm

Espacio interior: 70 cm

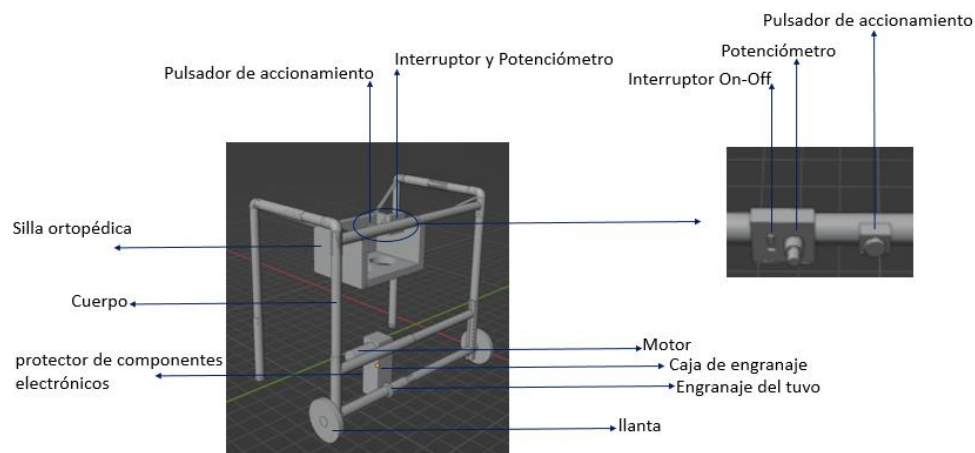
Espacio exterior: 98 cm

Altura silla ortopédica: 40.3 cm

3.1.2. Caminador automatizado:

El caminador es un instrumento bastante utilizado ya que desde que fue creado en 1911 ha tenido varias actualizaciones y mejoras los caminadores como en este caso que lo hecho fue implementarle un pulsador para que tenga un movimiento automático, en total en esto se basan las tecnologías de caminadores de hoy en día, en la figura 18 se logra ver claramente el prototipo de Caminador automatizado, se puede apreciar que la tecnología de este dispositivo destaca sobre otros proyectos ya que por su diseño este tiene características mecatrónicas y mejoras los cuales otros aparatos no las presentan. Basado en el estudio de la universidad de Guadalajara, teniendo en cuenta los casos más presentados en Colombia para así poder llegar a un promedio y poder tener una muestra de edades, altura, y peso promedio. Cuando se realizó la simulación mecánica del caminador automatizado, se realizó con un diseño telescópico permitiendo poder expandir su tamaño un 10% de más, para que las personas con más peso o con otra altura pudieran utilizarlo. Este desarrollo tecnológico va dirigido a una población desde los 14-18 años, dado que a esta edad ya se han desarrollado completamente músculos motores, [37] y se puede utilizar hasta que una persona pueda caminar por si solo promedio hasta los 100 años.

Figura 18. Caminador automatizado.



Fuente: elaboración propia.

La velocidad de adaptación del diseño se puede regular con un circuito de control, con la cual se puede regular, aumentar y disminuir la velocidad del caminador en adaptaciones de 0.1 m/s, esto se utiliza a partir del avance de recuperación de las personas, ya que estas

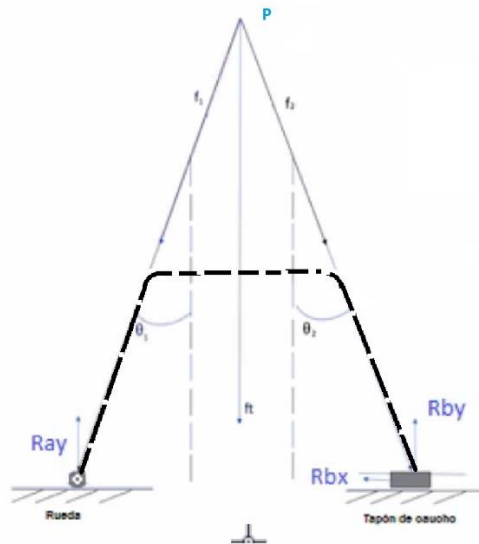
velocidades son regulables con un potenciómetro pudiendo llevar la velocidad a un máximo de 1 m/s para grados avanzados de movilidad y un mínimo de 0.1 m/s para grados críticos de movilidad. Este diseño también cuenta con una silla ortopédica la cual permite dar descanso al paciente. Este dispositivo es accionado por un pulsador, cualquiera pulsador del mercado de 2 patas sirve que sea Na (normal mente abierto).

3.1.3. Cálculos mecánicos

3.1.3.1. Diseño vectorial mecánico

Se tiene dos tipos de apoyo fijo y apoyo tipo rueda como se ve en la figura 19, el diagrama es un diagrama estático, por lo tanto, en la rueda se genera una fuerza vertical de reacción mientras que en la otra tapa tengo un tapón fijo en la cual se generan dos reacciones vertical y horizontal. En el diagrama de la figura 19 se logra observar la distribución de fuerzas donde P es la fuerza que reflejada hacia adelante es f_t .

Figura 19. Triangulo vectorial análisis.



Fuente: elaboración propia.

3.1.3.2. Cálculos necesarios para diseños mecánicos.

Como son 4 patas que tiene el caminador entonces se puede deducir que el peso de la persona se reparte en las 4 patas por igual, estas fuerzas dado en los diagramas se denomina con una fuerza resultante llamada f_t :

$f_1 = f_2 = f_3 = f_4 = \frac{f_t}{4}$ Como la inclinación de ambos extremos de la estructura del caminador es igual entonces los esfuerzos que reciben tanto las ruedas como en los tapones son idénticos:

$$f_1 = f_2 = \frac{f_t}{4}$$

$$f_3 = f_4 = \frac{f_t}{4}$$

En la ecuación de la primera línea, se expresa las cuatro fuerzas del dispositivo representándose en una fuerza total, en la segunda línea de la ecuación, se expresa la parte posterior izquierda la cual se representa con dos fuerzas $f_1 = f_2$ que se ven representadas en un vector mostrándose como una fuerza total $= f_t$. De mismo modo en la parte derecha.

En los cálculos se analizó cada estructura, las reacciones en apoyos eran distintas, en uno soporte y en otro rodillo.

3.1.3.3. Análisis Vectorial.

Reacciones en soportes.

$$\theta = 6^\circ$$

$$f_t = \frac{P}{4}$$

$$f_1 = \frac{P}{4} \cdot Z$$

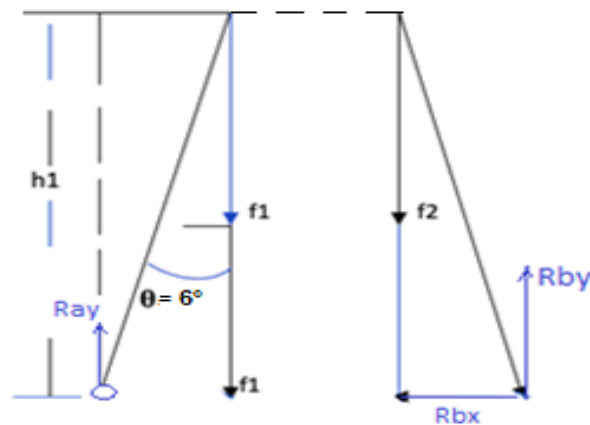
$$\tan \theta = A/f_1$$

$$A = f_1 \cdot \tan \theta$$

$$A = 185.65 \text{ N} \cdot \tan(6)$$

$$A = 53.98 \text{ N en el apoyo del tapón.}$$

Figura 20. Análisis geométrico.



Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta según la figura 20 que:

$$\theta = 6^\circ$$

$$P = 75.7 \text{ Kg (Peso promedio hombres en Colombia)}$$

$$P \cdot 9.81 = 742.617 \text{ N}$$

$$P = 742.617 \text{ N}$$

$$f_1 = f_2 = \frac{742.617}{4}$$

$$f_1 = f_2 = 185.65 \text{ N}$$

$$\sum f_y = 0$$

$$\sum f_y = f_1 + R_{ay}$$

$$R_{ay} = -f_1$$

$$R_{ay} = -185.65 \text{ N}$$

$$\sum f_x = 0$$

$$R_{bx} + f_2 \cdot \text{Sen}(\theta) = 0$$

$$R_{bx} = -185.65 \cdot \text{sen}(6)$$

$$R_{bx} = -19.4 \text{ N}$$

$$\sum f_y = 0$$

$$R_{by} + f_2 \cdot \text{Cos}(\theta) = 0$$

$$R_{by} = -185.65 \cdot \text{Cos}(6)$$

$$R_{by} = -184.63 \text{ N}$$

Para hallar la fuerza a lo largo del tubo.

Tubo a la izquierda con la rueda

$$R_{ay} = h_1 \cdot \text{Cos}(\theta)$$

$$h_1 = R_{ay} / \text{Cos}(\theta)$$

$$h_1 = \frac{-185.65}{\cos} (6)$$

$$h_1 = 186,67 \text{ N}$$

Tubo a la derecha con el tapón.

$$h_2 = \sqrt{(Rbx)^2 + (Rby)^2}$$

$$h_2 = \sqrt{(19.4)^2 + (184.63)^2}$$

$$h_2 = 185.64 \text{ N}$$

Componente de fricción:

*Se escogen ruedas de 5 " de diámetro a 125mm x1" de grosor, con capacidad de 120Kg.
Las ruedas soportan 84.20Kg.*

Ray esta resistencia se iguala a la fuerza de fricción del caucho de la rueda ya que el caminador está diseñado de tal forma que el mecanismo frena totalmente la rueda, mientras el dispositivo no está en movimiento:

$$Rc = Ray = \mu \cdot N$$

μ = Coeficiente de fricción de la rueda de caucho

$$\mu = 0.7$$

*N = Fuerza normal aplicada a las patas con las ruedas fijadas del caminador
equivalente a Rbx del calculo estático*

$$N = 185.65 \text{ N}$$

$$Rc = 0.7 \cdot 185.65 \text{ N}$$

$$Rc = 129,955 \text{ N}$$

Se escogieron ruedas para caminador de 5" de diámetro por 1" de grosor con una capacidad de 120 kg cada uno según los cálculos obtenidos Ray es la fuerza que soporta cada rueda equivalente a $(129,955 \text{ (N)} / 9.81(\text{m/s}^2)) = 13,24 \text{ Kg}$. Por lo tanto, las ruedas tienen un coeficiente de seguridad de $120/13,24 = 9,06$ de carga, este valor está dentro de lo recomendado para esta clase de aparatos de uso terapéutico.

3.1.3.4. Análisis de resistencia

De la figura 21, sabe que $\alpha = 6^\circ$ y $H = 0.9 \text{ m}$, esto permite verificar en el diseño, el valor de A.

Para el cálculo de un solo marco estructural del caminador, se considera solo la mitad del peso promedio de las personas colombianas en este caso solo el de los hombres por ser más pesados (peso antropométrico), que equivale a 75.77 Kg o sea 742,617 N.

Se considera que el conjunto de motor, protector de tarjeta eléctrica y engranajes no deberá sobre pasar 2 Kg de peso por lo tanto en los cálculos de un solo marco se considera solo la mitad del peso 1 Kg = 9.81 N.

$$\frac{A}{H} = \tan \alpha$$

$$A = h \cdot \tan \alpha$$

$$A = 0.9 \cdot \tan(6^\circ)$$

$$A = 0.094 \text{ m}$$

$$\text{Luego: } B = 0.69 - 2 \cdot 0.094 = 0.502 \text{ m}$$

$$\sum M_a = 0$$

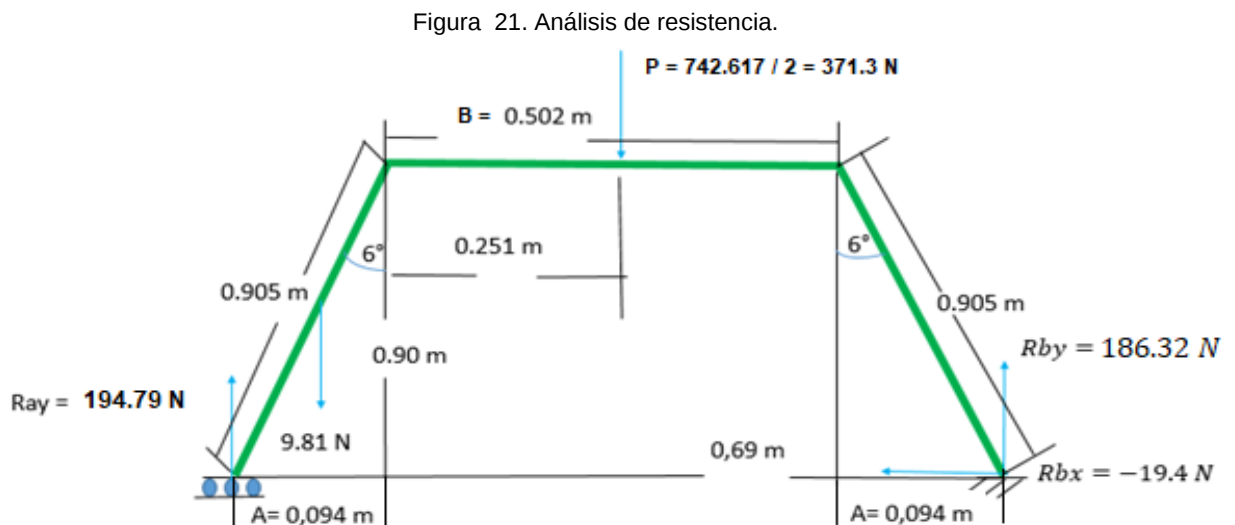
$$\sum M_a = (-371.3 \cdot 0.345) - (9.81 \cdot 0.047) + (R_{by} \cdot 0.69)$$

$$R_{by} \cdot (0.69) = 128.56$$

$$R_{by} = \frac{128.56}{0.69} = 186.32 \text{ N}$$

$$\sum F_y = R_{ay} - 371.3 - 9.81 + 186.32$$

$$R_{ay} = 194.79 \text{ N}$$



Fuente: elaboración propia.

3.1.3.5 Factor de seguridad.

A continuación, se hallará el factor de seguridad teniendo en cuenta las medidas del tubo hueco mostrado en el anexo F mostradas a continuación. Con ayuda de los cálculos obtenidos y el Sd solid se puede obtener el esfuerzo máximo en el anexo G se puede observar el diagrama.

$$\begin{aligned} R &= 2 \text{ cm} \\ r &= 1.75 \text{ cm} \\ D &= 4 \text{ cm} \\ d &= 3.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Factor de seguridad Fs.

$$\sigma_{adm} = \frac{M_{max} \cdot C}{I}$$

Centro de gravedad

$$C = 0.020 \text{ m}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{627 \text{ Nm} \cdot 0.020 \text{ m}}{1.256 \times 10^{-7} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_{adm} = 99.84 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{\pi}{4} (R^4 - r^4)$$

$$I = \frac{\pi}{4} (0.02^4 - 0.00175^4)$$

$$I = 1.256 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$\sigma_v = \text{Esfuerzo ultimo}$$

$$\sigma_v \text{ Aluminio 2029} = 470 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{adm} = \text{Esfuerzo Admitido}$$

$$Fs = \text{Factor de Seguridad}$$

$$Fs = \frac{\sigma_v}{\sigma_{adm}}$$

$$Fs = \frac{470 \text{ MPa}}{99.84 \text{ MPa}}$$

$$Fs = 4.70 \text{ MPa}$$

3.1.3.5. Cálculo de la rueda:

A los RPM del motor reductor marca Mootio de referencia: 008972-12 la velocidad de avance del caminador se calcula con la fórmula:

La rueda tiene un diámetro de 5" o 127mm que es igual a 0,127m, luego el radio es de 0,0635m

$$V_{rueda} = RPM \cdot RADIO$$

$$V_{rueda} = 93 \cdot 0.0635$$

$$V_{rueda} = 5.90m/min$$

$$V_{rueda} = 0.098 \text{ m/seg}$$

3.1.3.6. Cálculo de avance del caminador:

Avance por minuto:

$$Ap = Rpm \cdot \pi \cdot d$$

$$Ap = 155 \cdot 3.14 \cdot 0.125$$

$$Ap = 60.83 \text{ m/min}$$

$$Ap = 101.38 \text{ cm/seg}$$

$$Ap = 1.013 \text{ m/s}$$

60 cm/seg sería el avance máximo a la velocidad máxima de 93 rpm, por cuanto el caminador cuenta con un potenciómetro que controla la velocidad haciendo que ésta se disminuya hasta llegar a 0 regulando su velocidad por medio del ancho de pulso.

3.1.3.7. Componente de fricción:

Rax esta resistencia se iguala a la fuerza de fricción del tapón de caucho del caminador que tiene una magnitud de:

$$Rc = Rx = \mu \cdot N$$

$$\mu = \text{Coeficiente de fricción del tapon de caucho}$$

$$\mu = 0.7$$

N = Fuerza normal aplicada a las patas fijas del caminador equivalente a Ray del calculo estatico

$$N = 826.08N$$

$$Rc = 0.7 \cdot 826.08$$

$$R_c = 578.256N$$

Se escogieron ruedas para caminador de 5" de diámetro por 1" de grosor con una capacidad de 120kg cada uno según los cálculos obtenidos R_{dy} es la fuerza que soporta cada rueda equivalente a $(826,08(N) / 9.81(m/S^2)) = 84.2(kg)$. Por lo tanto, las ruedas tienen un coeficiente de seguridad de $120/84.2 = 1.425kg = 13.97Nm$ de carga.

3.1.4. Selección de materiales mecánicos

A continuación, se analizarán diferentes materiales con el fin de seleccionar el más conveniente para el cuerpo del dispositivo, en las tablas 6, 7 y 8 la categoría del peso significa el valor de importancia según la necesidad, la cual se denominará de 1 a 5 donde 1 es el menor puntaje y 5 es el mayor puntaje, este valor será multiplicado por la calificación correspondiente que se le asignará a cada material, seguido esto se realizará la sumatoria, el que más valoración tenga como resultado de esta suma será el elegido, se puede apreciar en la tabla 6, la comparación de los materiales para el cuerpo del caminador entre acero, carbono, aluminio, para la silla se analizarán entre madera, espuma de poliuretano y aluminio como se muestra en la tabla 7 y para el protector de la tarjeta eléctrica, entre triplex, madera y policarbonato como se evidencia en la tabla 8.

Tabla 6. Selección del material para el cuerpo.

Criterio	Peso	Clasificación		
		Acero	Carbono	Aluminio
Costo	4	5	3	4
Resistencia	5	5	4	5
Facilidad de implementación	3	3	3	5
Vida útil	4	4	4	5
Total		70	57	76

Fuente: elaboración propia.

Se escoge el aluminio dado que, en comparación al acero, su peso es menor a pesar de que su costo sea un poco más elevado y en comparación al carbono su costo es menor a pesar de ser un poco más pesado.

Tabla 7. Selección del material para la silla.

Criterio	Peso	Clasificación		
		Madera	Espuma de poliuretano	Aluminio
Costo	4	5	5	4
Resistencia	5	3	4	5
Facilidad de implementación	3	4	5	3
Vida útil	4	3	5	5
Total		59	75	70

Fuente: elaboración propia.

Se elige la silla en espuma de poliuretano ya que en comparación al aluminio su costo es menor, en comparación de la madera es más resistente y en comparación a los otros materiales es mucho más liviano.

Tabla 8. Selección del material para el protector de tarjeta eléctrica.

Criterio	Peso	Clasificación		
		Triplex	Madera	Policarbonato
Costo	4	5	5	5
Resistencia	5	3	4	5
Facilidad de implementación	3	4	4	5
Vida útil	4	3	3	5
Total		59	64	80

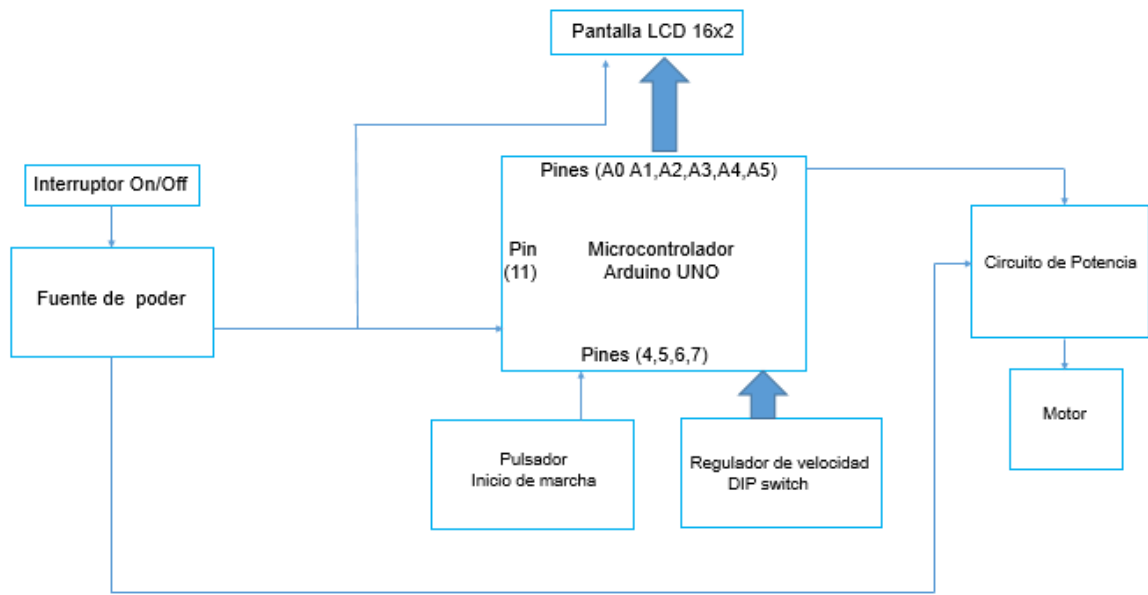
Fuente: elaboración propia.

Para el protector de tarjeta eléctrica se elige el policarbonato, dado a que es más resistente que el triplex y que la madera, además se ajusta mucho más al presupuesto y tiene una vida útil más longeva que los otros materiales, también es fácil de implementarlo en el caminador.

3.2. SISTEMA ELECTRICO.

En este apartado se realiza los diseños y ajustes relacionados con el sistema electrónico del caminador automatizado. En la figura 22, se observa que el sistema tiene una fuente de alimentación seguido de un interruptor On/Off el cual activa todo el circuito; dando energía al microcontrolador (Arduino Uno), el cual a sus pines (A0, A1, A2, A3, A4, A5) está conectada la pantalla LCD 16x2; el microcontrolador controla el motor por medio de la etapa de potencia. En el pin 11 del microcontrolador está conectado al pulsador de inicio de marcha, a los pines 4, 5, 6 y 7 está conectado el circuito de regulador de velocidad en este caso un dipswitch que fue el utilizado para demostraciones y para el diagrama de diseño, pero también se programó con potenciómetro dado que este es el que va incorporado en el caminador.

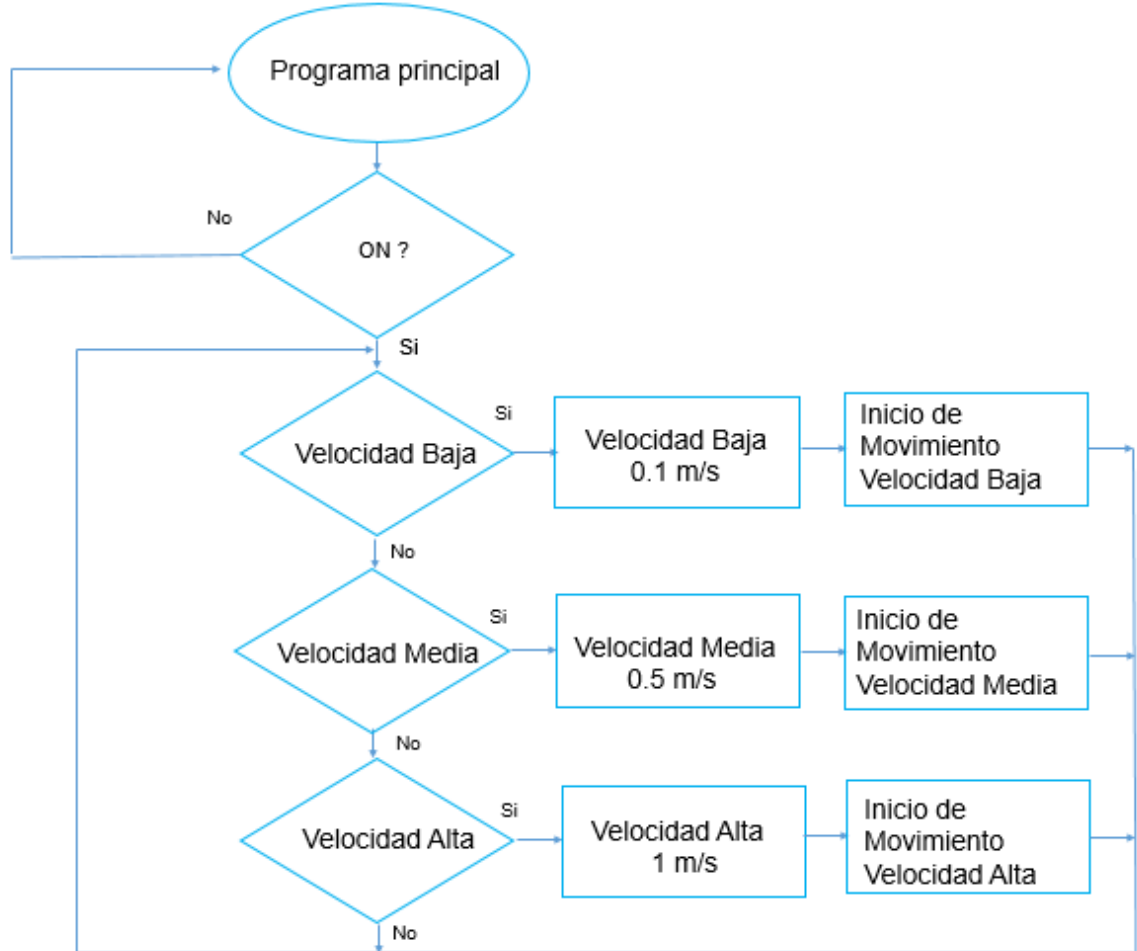
Figura 22. Diagrama de diseño.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 23, se puede observar el diagrama de funcionamiento, inicialmente el caminador automatizado tiene un interruptor de encendido, el cual para que el dispositivo entre en funcionamiento es necesario activarlo, posteriormente se escoge una velocidad entre las tres velocidades alta, media, baja (0,1 m/s – 0.5 m/s – 1 m/s), como se confirman en la tabla 4. Estas velocidades fueron con las cuales se programó el dispositivo dadas las recomendaciones realizadas por fisioterapeutas.

Figura 23. Diagrama de funcionamiento.



Fuente: Elaboración propia

3.2.1. Diseño Electrónico.

3.2.1.1 Cálculos de Potencia:

Peso máximo promedio del ser humano = $P_h = 75.77 \text{ kg}$

Peso del caminador 2 kg , es necesario agregar 1 kg para evitar retrasos en el movimiento.

Peso del caminador + 1 kg de factor = $P_x = 3 \text{ kg}$

P_e = peso equivalente

$$P_e = P_h + P_x$$

$$P_e = 75.77 \text{ kg} + 3 \text{ kg}$$

$$P_e = 78.77 \text{ kg}$$

Como el dispositivo tiene 4 apoyos a lo largo de cada una de estas la formula correspondiente es;

$$P_a = \frac{P_e}{4}$$

$$P_a = \frac{78.77 \text{ kg}}{4} = 19.6925 \text{ kg}^2$$

$$H = 19.6925 \text{ kg}^2 \cdot 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$H = 192.96$$

$$\theta = 6^\circ$$

$$P_{ax} = H \cdot \text{Sen } \theta$$

$$P_{ax} = 192.96 \text{ kg} \cdot \text{Sen } 6^\circ$$

$$P_{ax} = 53.91 \text{ N}$$

$$P_{\text{mecánica}} = P \cdot \text{Velocidad lineal}$$

$$P_{\text{mecánica}} = 53.91 \text{ N} \cdot 1 \text{ m/s}$$

$$P_{\text{mecánica}} = 53.91 \text{ W}$$

$$P_{\text{elec}} = (P_{\text{mecánica}} \times \text{Factor de servicio}) / \text{Rendimiento motor}$$

Para determinar el factor de servicio, se utiliza la tabla 9.

Tabla 9. Factor de servicio.

Tipo de carga	Clase de la fuente de potencia		
	Motor de combustión interna con convertidos hidráulicos	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con embrague o caja mecánica
Uniforme	1.0	1.3	1.2
Fluctuante	1.2	---	1.4
Muy fluctuante	1.4	1.5	1.7

Fuente:

https://www.google.com/search?rlz=1C1UEAD_enCO1042CO1042&sxsrf=AB5stBi8KpTh74UUXfrHID-CkKvsr-4nrA:1690169984034&q=factor+de+servicio+en+un+motor&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwj6wYbstaAAxWvIGoFHYgQCqsQ0pQJegQIDBAB&biw=1517&bih=694&dpr=0.9#imgsrc=I5lpiOR9z1VgOM

$$P_{\text{elec}} = (53.91 \text{ N} \cdot 1.3) / 0.85$$

$$P_{\text{elec}} = 82.45 \text{ W}$$

$$\omega = (V_{\text{lineal}} / r) / 0.0635 \text{ m}$$

$$\omega = (1 \text{ m/s}) / (0.0635 \text{ m})$$

$$\omega = 0.0635 \text{ rad/s}$$

$$\text{rpm} = 0.0607$$

Torque.

$$T = F \cdot d$$

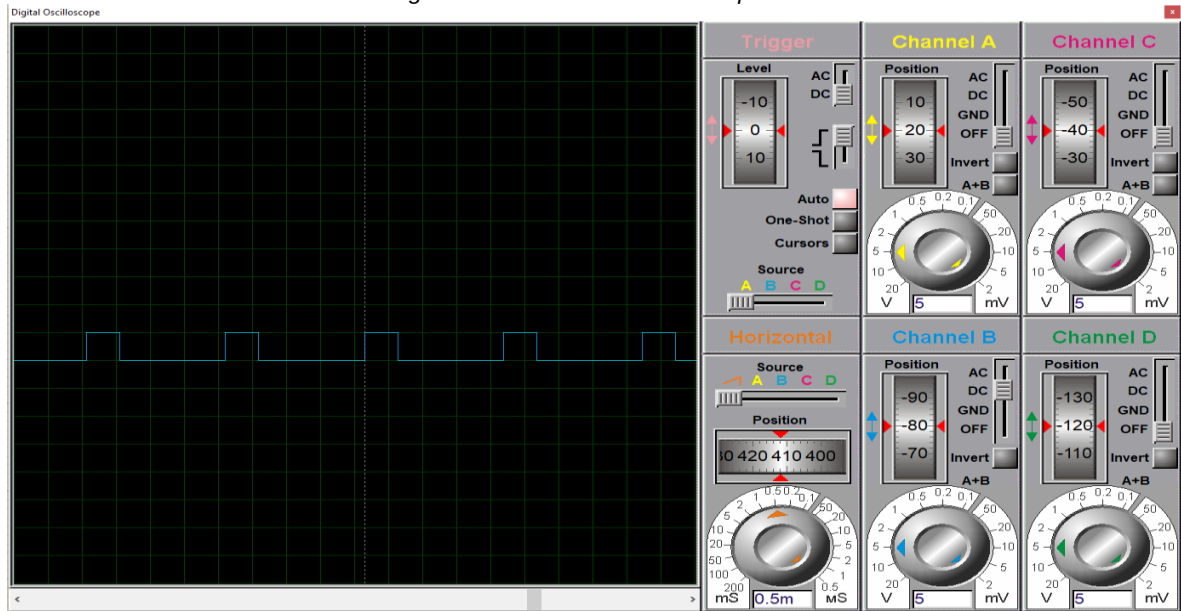
$$T = 53.91 \text{ N} \cdot 0.0635 \text{ m}$$

$$T = 3.42 \text{ Nm.}$$

3.2.2. Datos PWM

El código para este circuito fue desarrollado en Arduino el cual está basado en lenguaje C, se empieza con la definición de pines, se establecen pines para el motor y para las entradas analógicas, las cuales fueron para el motor el pin 11, y para el potenciómetro la entrada analógica A0, en la parte de control de potenciómetro también se definió una variable de tipo entero para almacenar el valor analógico del potenciómetro, en la sección void setup se declaran los pines, el del motor como salida y el del potenciómetro se declara como entrada, en la sección void loop se realiza la lectura del potenciómetro, las cuales se almacenan en la variable 'val' y se utiliza el comando analogWrite para ingresar el valor del ancho de pulso. En el ANEXO B, Código de programación con potenciómetro y ANEXO C Código de programación con dip switch, se pueden apreciar los códigos para estos resultados.

Figura 24. Análisis de ancho de pulso.



Fuente: elaboración propia.

Cada cuadro del diagrama del osciloscopio equivale a 0.5 ms, cuando la señal esta en high o sea en su punto alto el ciclo útil es de 0.5 ms, y en low es de 1.5 ms.

En el circuito se le modifica el PWM, el ciclo de trabajo de una señal periódica esto puede dar una señal senoidal o una señal cuadrada como lo fue en este caso, sea para transmitir información a través de un canal de comunicación o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.

El ciclo de trabajo de una señal periódica es el ancho relativo de su parte positiva en relación con el periodo expresado matemáticamente queda de la siguiente forma:

$$D = \frac{\tau}{T}$$

D = Ciclo de trabajo

τ = Tiempo que la función es positiva

T = El periodo de la función

$$D = \frac{0.5}{2}$$

$$D = 0.25 \%$$

Los datos utilizados para las velocidades son los datos de la tabla 10. Tabla de velocidades del caminador automatizado. Se utiliza la siguiente formula.

Voltaje = 5v

$$\frac{\text{Voltaje} \cdot \text{Porcentaje de velocidad}}{100}$$

Para poder hallar el Duty; ciclo útil el cual activa la señal cuadrada.

$$\frac{\text{Duty} \cdot \text{Porcentaje de velocidad}}{100}$$

Tabla 10. Velocidades del caminador automatizado..

Velocidad (m/s)	Porcentaje	Voltaje (V)	Duty
0.1	10%	0.5	25,5
0.5	50%	2.5	127,5
1	100%	5	255

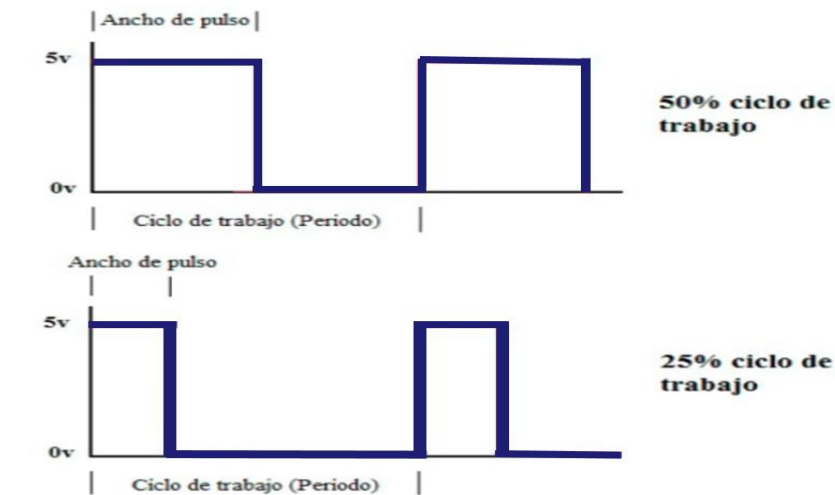
Fuente: elaboración propia.

Cada vez que se aumenta la velocidad del motor el ancho de pulso empieza a aumentar y cuando se le disminuye la velocidad al motor por medio del potenciómetro el ancho de pulso empieza a disminuir.

El PWM es una técnica para modificar el ancho de pulso, básicamente permite variar el voltaje de salida de un pin permitiéndole pasar por valores intermedios, esto permite controlar la velocidad del motor en este proyecto.

Onda cuadrada:

Figura 25. Análisis de onda cuadrática.



Fuente: elaboración propia.

La señal pasa de un valor alto a un valor bajo, lo hace de una forma instantánea lo que hace una señal cuadrática, es importante tener en cuenta el periodo, que es la repetición de un ciclo de trabajo, hay que tener en cuenta que hay un ciclo determinado, tiempo y voltaje, en la figura 25 para un ciclo de trabajo del 50%, se puede observar que hay un high y un low, siendo high cuando la gráfica llega a su punto máximo (5v) y low cuando llega a su punto mínimo (0v), el ancho de pulso es de 1 ms y el periodo es de 2 ms.

3.2.3. Selección de materiales electrónicos

3.2.3.1. Selección de motor.

La tabla 11 es una tabla de comparación de posibles motores, los cuales podrían ser útiles para el proyecto, se tendrá una valoración por peso de acuerdo a sus características la cual irá denominada de 1 a 5, donde 1 es el menor puntaje y 5 es el mayor puntaje, eligiendo para el motor el cual tenga el mayor puntaje.

Tabla 11. Comparación para selección del motor

Nombre de motor	Peso	Voltaje (V)	Torque. (Nm)	Tipo
Motor RS PRO Hybrid Stepper Motor 2.6.	4	1.65 , 2.39 , 3.42	3.4	Hibrido
RS PRO Hybrid Stepper Motor 3.8.	4	2.54, 4.76, 5.4	4.8	Hibrido
Motor a medida PSC series	4	1.65 , 2.39 , 3.40	3.8	Hibrido
Motor eléctrico <i>DFGB42RG-36i</i> .	5	1.65 , 2.39 , 3.40	3.5	Hibrido
Paso a paso 42.	3	2.34	0.8	Hibrido

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 11 para selección del motor, se selecciona el *DFGB42RG-36i*, ya que tiene el torque necesario, además no desgasta voltaje a diferencia de los otros motores también es un motor hibrido y liviano que tecnológicamente esto es una gran ventaja.

3.2.3.2. Motor utilizado:

El motor eléctrico DFGB42RG-36i fue utilizado, ya que entre una comparación de varios motores como se muestra en la tabla 11, fue el que tuvo las mejores características para este proyecto. En sus características podemos apreciar que es un excelente motor DC, que soporta el torque de 3.42 Nm, que es el torque necesario para este proyecto, cuenta con un diseño liviano pero duradero, esto es de gran ventaja a la hora de ensamblarlo para ser utilizado en el caminador automatizado, en la figura 26 se puede observar este motor; a continuación, se puede observar las especificaciones del motor.

Especificaciones del motor:

Modelo: *DFGB42RG-36i*.

Longitud del motor (sin engranaje): 36 mm.

Diámetro del motor: 35.5

Relación de reducción: 18.

Longitud del engranaje: 22.5 mm.

Diámetro del engranaje: 41.5mm.

Longitud del eje de salida: 15mm.

Diámetro del eje de salida: 7mm.

Motor de 12 Volts DC.
Velocidad sin carga: 300 RPM.
Velocidad a la máxima eficiencia: 269 RPM.

Velocidad a la máxima potencia: 150 RPM.
Torque: 3.50

Consumo de corriente sin carga: 0.168 Amp.
Consumo de corriente a máxima eficiencia: 0.641 A.
Consumo de corriente a máxima potencia: 2.03 A.
Torque a máxima potencia: 350 mNm / 3.57 Kg*cm.
Potencia máxima: 5.5 Watts.
MARCA CNDF

Figura 26. Motor de 3.5Nm



Fuente: <https://ph.rs-online.com/web/electric-motors/1805293>

3.2.3.3 Selección del transistor.

Para poder encontrar el transistor adecuado para manejar la potencia del motor seleccionado se utiliza la tabla 12, siendo necesario la comparación entre varios transistores, comparando su respectivo datasheet y analizando la corriente de colector de cada uno para tener una información específica sobre cual transistor es el conveniente según la corriente que consume el motor, se necesita un transistor que soporte la corriente de 2.3A, ya que esta es la corriente que este consume, y entre varias comparaciones se destacó el transistor Tip120, este es un transistor Darlington el cual soporta de 5 a 8 amperios en corriente de colector, también se puede ver esto en la tabla 13 que se obtiene del Datasheet del transistor.

Tabla 12. Comparación de transistores.

Transistor	Peso	Voltaje Emisor. (V)	Voltaje Base. (V)	Corriente Colector. (A)
Tip41A	4	40	40	10
Tip42B	4	80	80	10
Tip42CF	3	5	100	6
TIP120	5	60	60	5
Tip42C	4	100	100	10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Datasheet del transistor Tip120

***MAXIMUM RATINGS**

Rating	Symbol	TIP120, TIP125	TIP121, TIP126	TIP122, TIP127	Unit
Collector-Emitter Voltage	V _{CEO}	60	80	100	V _{dc}
Collector-Base Voltage	V _{CEB}	60	80	100	V _{dc}
Emitter-Base Voltage	V _{EB}	5.0			V _{dc}
Collector Current — Continuous Peak	I _C	5.0 8.0			A _{dc}
Base Current	I _B	120			mA _{dc}
Total Power Dissipation @ T _C = 25 °C Derate above 25 °C	P _D	65 0.52			Watts W/°C
Total Power Dissipation @ T _A = 25 °C Derate above 25 °C	P _D	2.0 0.016			Watts W/°C
Unclamped Inductive Load Energy (1)	E	50			mJ
Operating and Storage Junction, Temperature Range	T _J , T _{stg}	- 65 to + 150			°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Case	R _{θJC}	1.92	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Ambient	R _{θJA}	62.5	°C/W

Fuente: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/5762/MOTOROLA/TIP120/257/1/TIP120.html>

3.2.3.4. Selección del microcontrolador.

En la tabla 14, se realizó un criterio de comparación entre varios microcontroladores analizando sus características y denominando en una categoría que se llama peso, la categoría del peso significa el valor de importancia según la necesidad, la cual se denominará de 1 a 5 donde 1 es el menor puntaje y 5 es el mayor puntaje, este valor será

multiplicado por la calificación correspondiente que se le asignará a cada material, seguido esto se realizará la sumatoria, el que más valoración tenga como resultado de esta suma será el elegido.

Tabla 14. Selección del microcontrolador para tarjeta eléctrica.

Criterio	Peso	Clasificación		
		Arduino	TIVA	Raspberry
Costo	4	5	4	4
Tamaño	5	5	5	4
Facilidad de implementación	3	5	5	4
Vida útil	4	5	5	5
Total		80	76	68

Fuente: elaboración propia.

3.2.3.5 Selección de dispositivos electrónicos.

En la figura 26 se puede apreciar el circuito que está compuesto por una resistencia (R_B) de $1.5K \Omega$, un motor, una placa de Arduino, potenciómetro, un diodo rectificador 1n4003, un transistor Tip120 en saturación que actúa como un corto circuito, dejando que la corriente fluya del colector al emisor.

El TIP120 tiene tres terminales: la base (B), el colector (C) y el emisor (E). La corriente que fluye del colector al emisor (I_C) se controla mediante una corriente pequeña (I_B), que fluye de la base al emisor.

Para calcular los valores R_B e I_B para un transistor TIP120 con una corriente de colector de 2A, alimentado con 5V y un disipador de temperatura, se tiene que:

1. Calcular la corriente en (I_B):

Teniendo en cuenta que la beta (β) del TIP120 es 1000 (Tabla 13), entonces:

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} \text{ dónde:}$$

$$I_C = 2A$$

$$\beta = 1000$$

Se le agrega un factor de seguridad de 2.

$$I_B = \frac{2A}{1000} \cdot 2 = 4mA$$

2. Calcular la resistencia de base (R_B):

Aplicando LK en la malla base emisor en el circuito de la figura 27 y despejando R_B

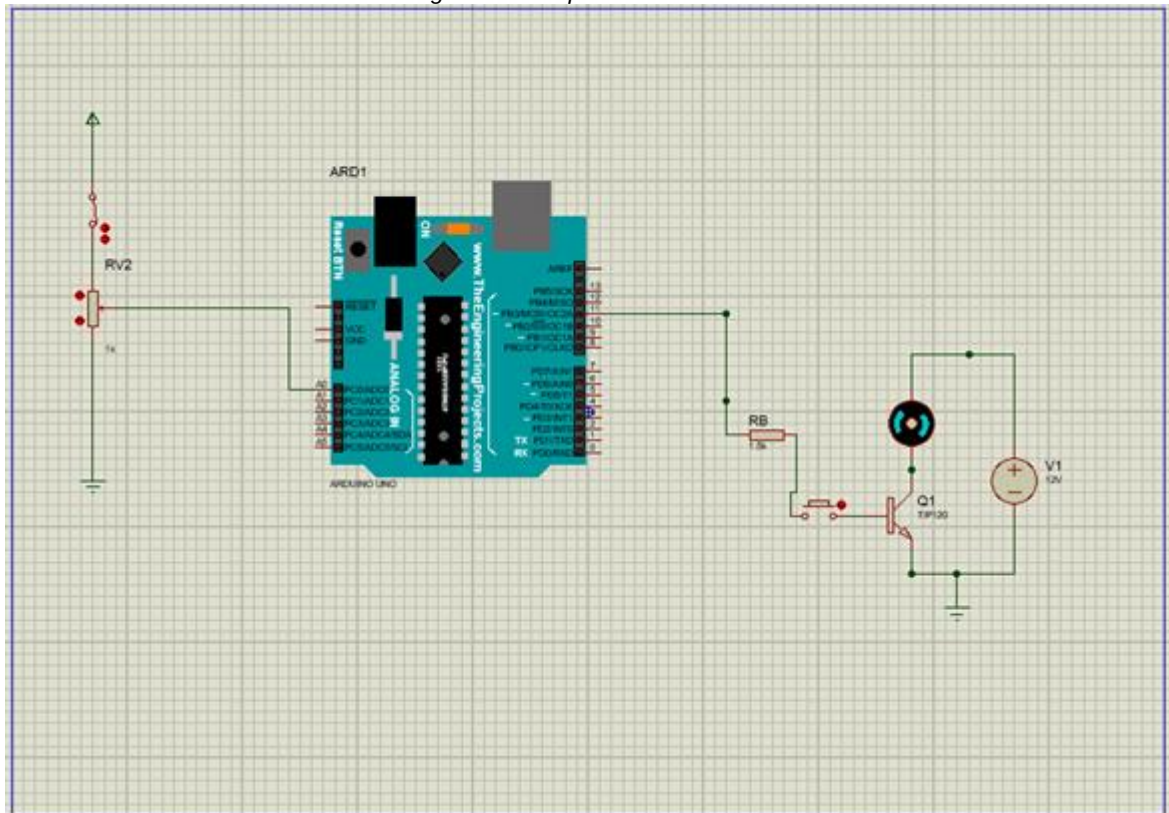
$$R_B = \frac{(V_{in} - V_{be})}{I_B}$$

$$R_B = \frac{(5V - 1.4V)}{4mA} = 1600\Omega$$

Por lo tanto, la resistencia R_B se escoge de $1.5K\Omega$ dado que es el valor comercial más próximo a existente en el mercado actual.

Las fuentes de voltaje están manejadas con 5v en la parte de control y 12v en la parte de potencia la cual alimenta al motor, el potenciómetro está conectado a la entrada analógica A0 y como salida se utiliza el pin 11 de la placa de Arduino. El circuito controla el PWM del motor por medio del potenciómetro, al simular el circuito se puede evidenciar como el motor empieza a girar, por medio del potenciómetro se puede regular la velocidad del motor, cuando se sube el indicador, la velocidad del motor aumentará, y cuando se baja el indicador, la velocidad disminuirá. En el anexo C se puede apreciar este circuito a mayor escala.

Figura 27. Esquema Electrónico.



Fuente: elaboración propia.

3.2.3.3. Cálculo de la batería.

Para el cálculo de la batería que se necesita, se requiere saber el consumo del sistema el cual está compuesto esencialmente por el motor y el microcontrolador, por tanto, se tiene:

Consumo de corriente del sistema:

Motor: 2.03 A

Microcontrolador: 100 mA

Por lo cual se tiene un consumo total de:

2.13 A

Se toma un factor de seguridad de 2 por lo cual se obtiene:

$$2.13\text{mA} \cdot 2 = 4.26\text{A}$$

Se requiere que la batería tenga una durabilidad de 6 horas, por lo tanto:

$$4.26\text{A} \cdot 6 \text{ horas}$$

$$25.56 \text{ Ah}$$

Se recomienda que la batería no sea descargada más de 80% de su carga dejando el 20% restante de la batería, de esa forma se protege la batería para que dure más tiempo en su vida útil:

$$\frac{25.56\text{Ah}}{0.8} = 31.95 \text{ Ah}$$

Se requiere una batería de 31.96 Ah, por lo que fue elegida la batería GreenPoint 6-EvF-32 q, esta es una batería de gel de 32 A y esta es mostrada en el anexo H. En el anexo I se puede observar el dispositivo con la batería agregada en el modelo 3D.

4. RESULTADOS

En este apartado se verán los resultados del dispositivo caminador automatizado, mostrando el circuito electrónico componentes y también el diseño CAD 3d en Blender explicando su mecanismo y funcionamiento.

4.1. RESULTADO CAMBIO DE VELOCIDAD DEL CAMINADOR

Según la recomendaciones de los expertos en rehabilitación, esta debe ser progresiva, para lo cual se hace uso de 3 velocidades, ver tabla 15, las cuales se asignan a combinaciones binarias del dipswitch, desde 01 hasta 11, estas se pueden aumentar o disminuir, lo cual hace que el ancho de pulso haga lo mismo, esto indica que a medida que la velocidad esté en aumento en un rango de 1 a 3, donde 3 es el rango máximo, el ancho de pulso del PWM aumentará, hasta llegar a la velocidad máxima que es de 1m/s y a medida que la velocidad disminuya, el ancho de pulso hará lo mismo como se muestra en las figuras 28, 20 y 30, el circuito completo se puede observar en la figura 31.

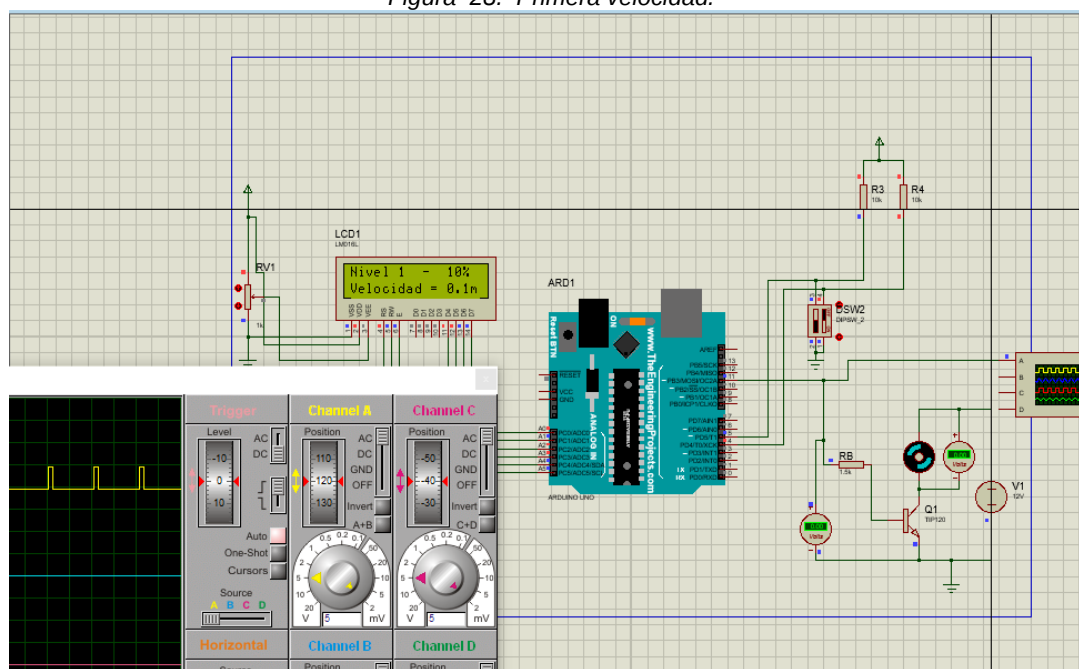
Tabla 15. Velocidades y ciclo útil en Arduino.

Velocidades	Velocidades en m/s	Binarios	Ciclo útil PWM
Primera velocidad	0.1	01	10%
Segunda velocidad	0.5	10	50%
Tercera velocidad	1	11	100%

Fuente: Elaboración propia

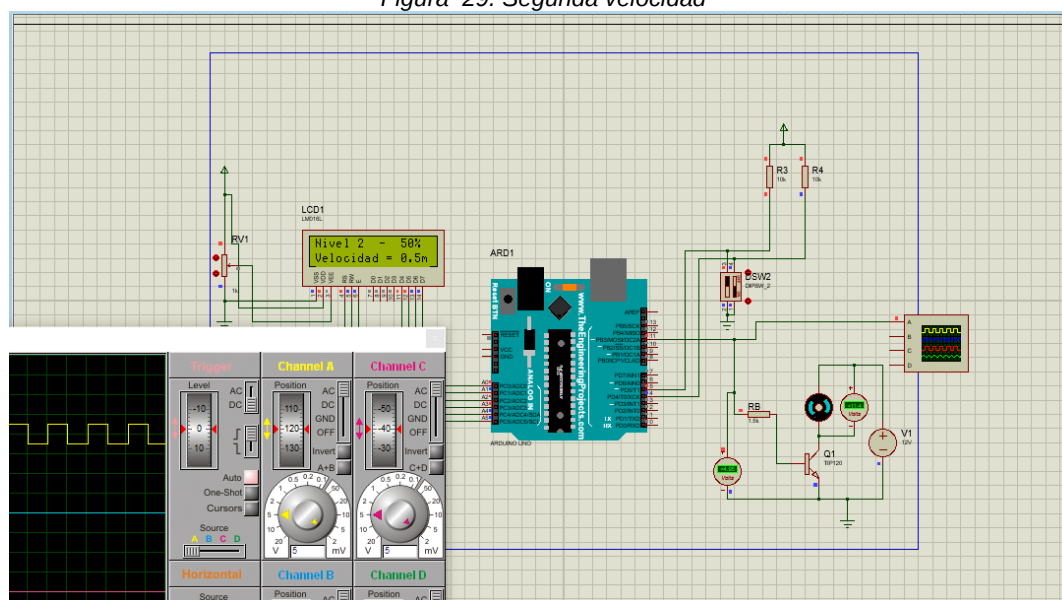
En la tabla 15 se pueden apreciar las distintas velocidades con los códigos binarios los cuales fueron utilizados al realizar la programación, al seleccionar los dipswitch de 2 posiciones como ve en el esquema de las figuras de 01 a 11.

Figura 28. Primera velocidad.



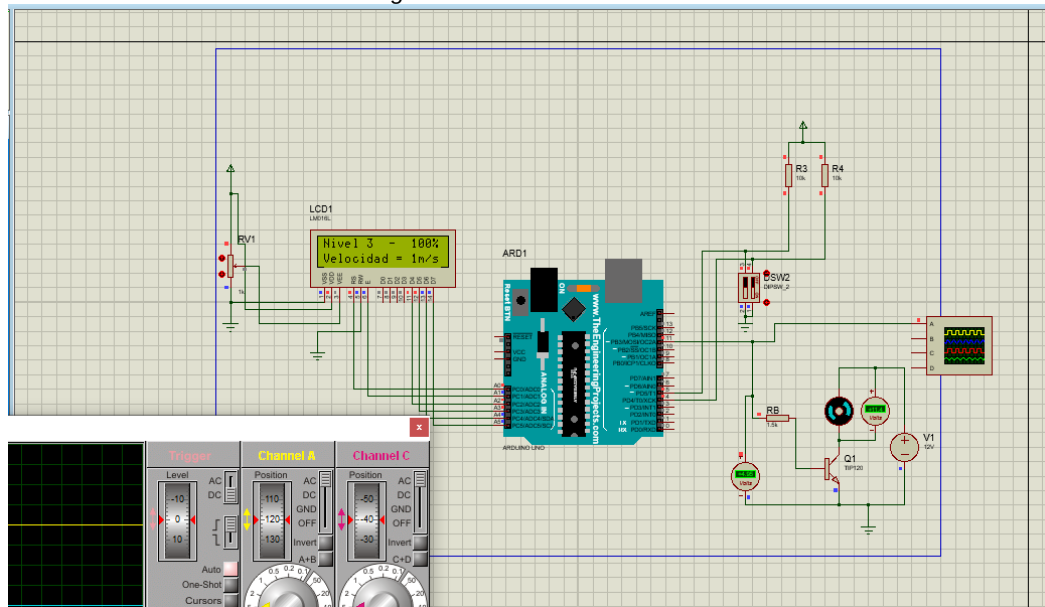
Fuente elaboración propia.

Figura 29. Segunda velocidad



Fuente elaboración propia

Figura 30. Tercera velocidad.



Fuente elaboración propia.

En el Anexo A. circuito completo del caminador automatizado, se puede apreciar el mismo circuito con el potenciómetro.

4.2. RESULTADO DISEÑO CAMINADOR

En esta sección se observarán las imágenes del dispositivo caminador automatizado telescópico explicando y mostrando con figuras las medidas en la cual se puede encoger y volver a estirar el dispositivo explicando esta parte telescópica.

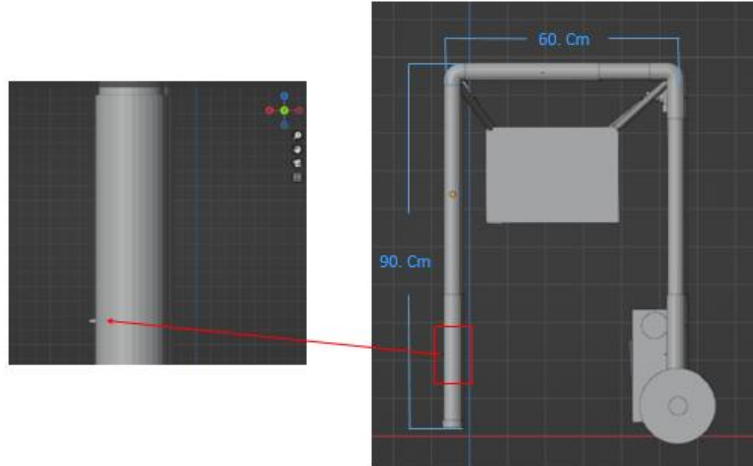
Figura 31. Caminador automatizado con la silla.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 31, se puede ver el caminador con su silla en estado telescópico abierto, se puede apreciar en ángulo diagonal, donde tiene una altura de 90 cm y se puede encoger a 60 cm, en la figura 32 se puede ver el caminador ajustado en 90 cm y un largor de 60 cm. Todas las medidas se pueden ajustar con su respectivo tornillo, en su posición inicial sin hundir, dándole la medida necesaria al caminador según se necesite, el tornillo se puede retraer con una pulsada y volver a su posición original con otra pulsada, este tornillo se marca con la flecha roja en la figura 32, y se nota con acercamiento y también en sus patas traseras en la figura 33, por otro lado, en la figura 34 se puede ver el tornillo retráctil en funcionamiento luego de ser pulsado en su estado hundido, con los tubos listos para ser movidos a una nueva posición. En la figura 35 se puede ver la medida del ancho en su estado telescópico abierto que es de 100 cm, este se puede recoger a 72 cm, estas medidas se pueden detallar en la tabla 5. En la figura 36 se pueden apreciar los accionamientos del dispositivo y en la figura 37 se observa el dispositivo en estado telescópico cerrado.

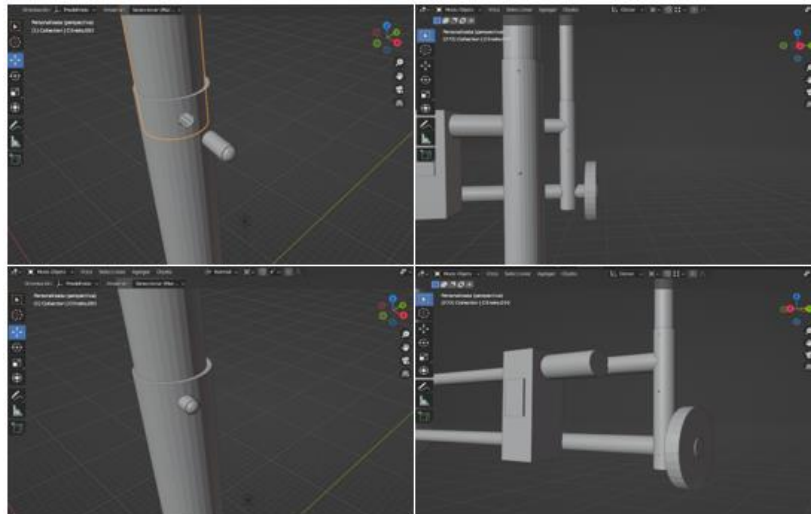
Figura 32. Largo y alto del caminador.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 32 se puede ver el alto y el largo del caminador, siendo señalado por una flecha roja el tornillo, el cual se puede retraer y mover hasta su próxima posición que es la posición en la cual se necesite acomodar, la cual tiene un orificio listo para acoplar el tornillo.

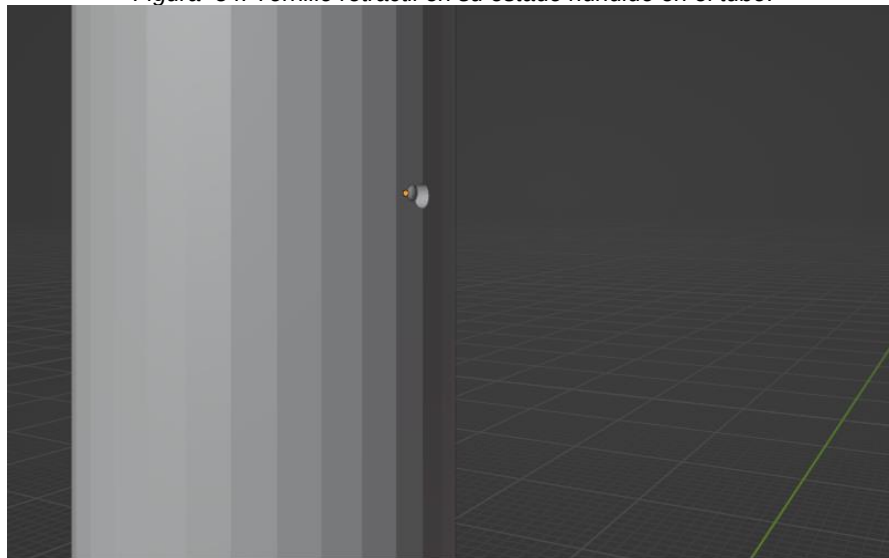
Figura 33. Tornillo en posición inicial.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 33 se puede apreciar el tornillo y el orificio que está marcado para cuando el tornillo se necesita hundir y moverse a otra posición.

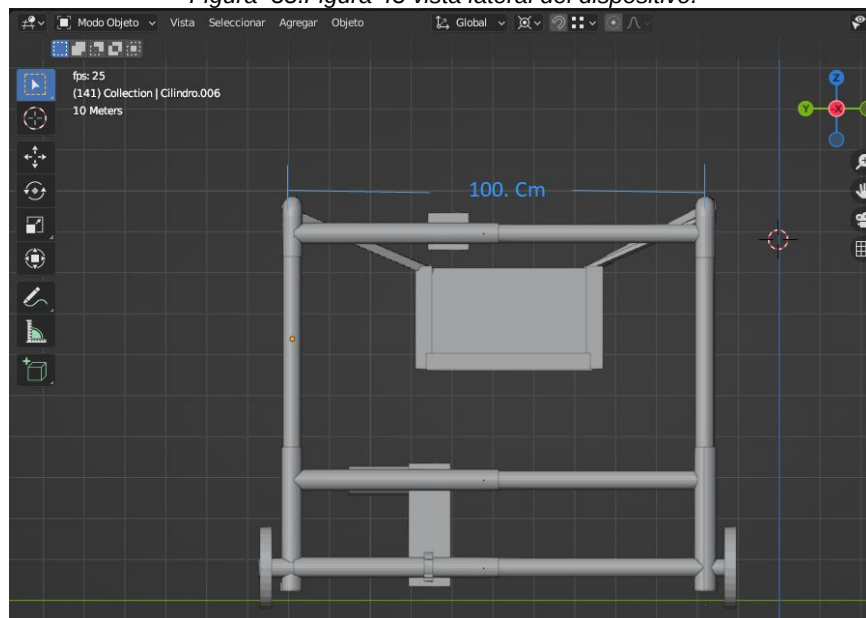
Figura 34. Tornillo retráctil en su estado hundido en el tubo.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 34 se ve tornillo retraído en el tubo listo para ser ubicado a otra posición, en este caso en altura 90 cm, 75 cm o 60 cm; en largor 60 cm o 50 cm; y en ancho 100 cm o 72 cm.

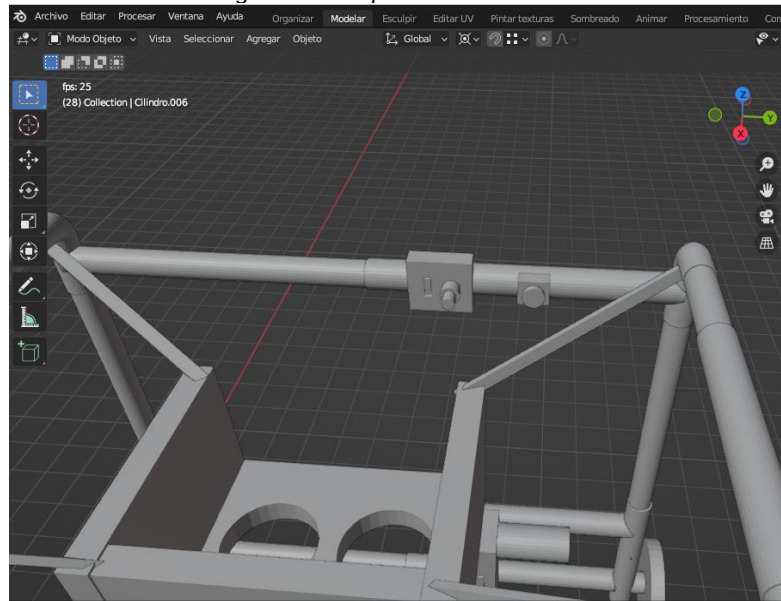
Figura 35. Figura 43 vista lateral del dispositivo.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 35 se puede observar la medida del ancho del caminador en su estado telescópico abierto.

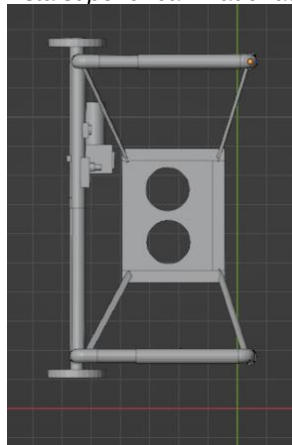
Figura 36. Dispositivo electrónico.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 36 se logran ver los accionamientos del caminador en la parte derecha, se observa el interruptor de encendido y apagado junto al potenciómetro regulador de velocidad y en la parte derecha, se puede ver el botón de accionamiento.

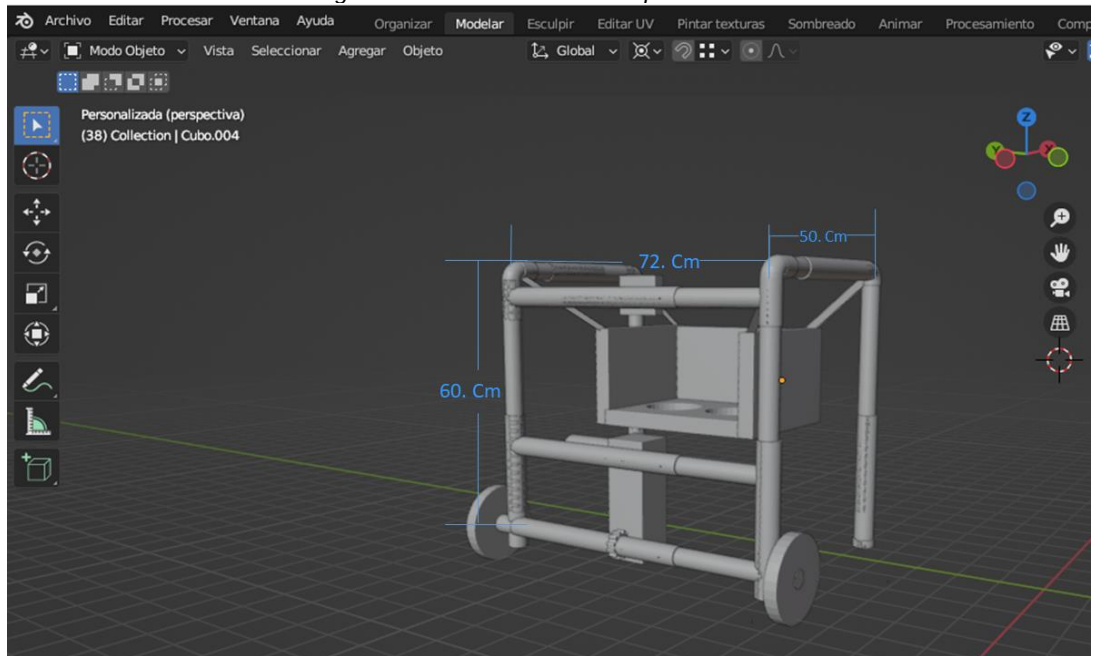
Figura 37. Vista superior caminador automatizado.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 37 se ve el diseño final desde una vista superior, en el momento en el cual el caminador está en su estado telescópico abierto.

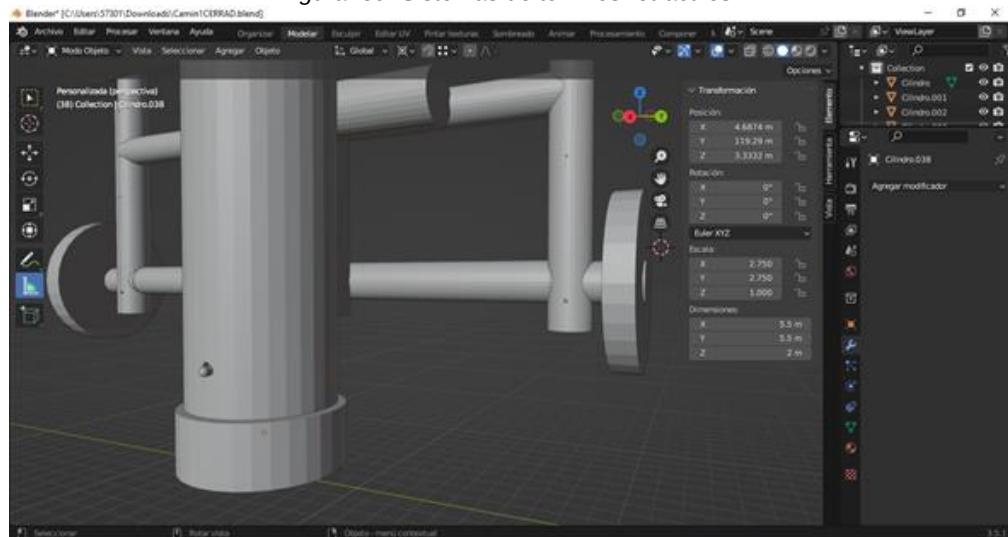
Figura 38. Diseño final telescópico cerrado.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 38, se observa el caminador con sus respectivas medidas en los ejes X, Y y Z en su estado cerrado.

Figura 39. Sistemas de tornillos retráctiles.

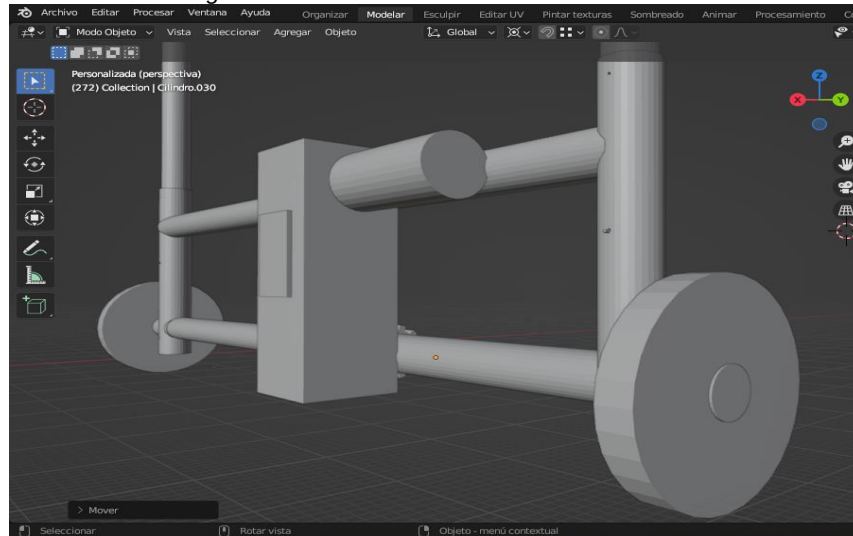


Fuente: elaboración propia.

Como se ve en la figura 39, el dispositivo tiene sistemas de tornillos en forma retráctil para poder elegir la altura según se necesite en intervalos de 60 cm ,75 cm y 90 cm.

En la figura 40 se observa un motor que está conectado al tubo horizontal telescópico, también lleva soldado una cajilla protectora para la tarjeta eléctrica, que es el sitio donde se ubican los componentes electrónicos, en la parte inferior tiene también una caja protectora de engranajes, la cual va conectada por medio de engranajes al tubo haciendo girar el mecanismo, este se puede observar en la figura 41.

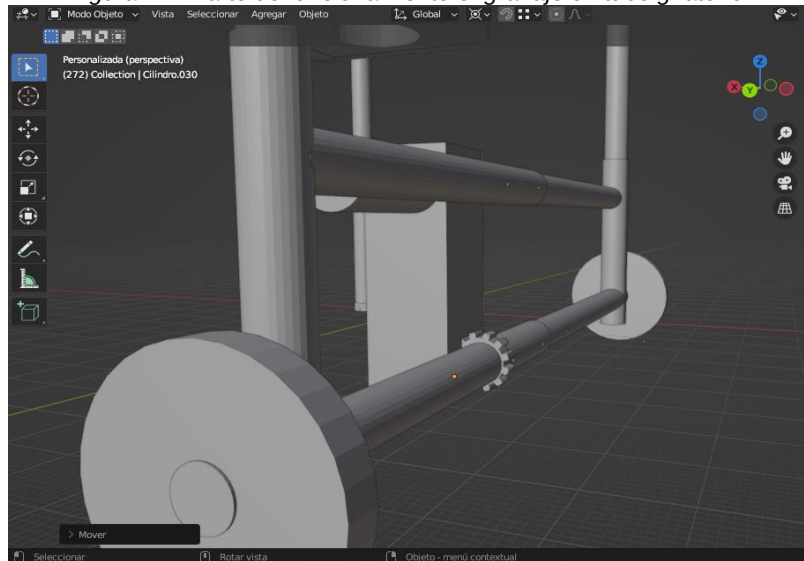
Figura 40. Parte de funcionamiento mecánico.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 41 se puede analizar la parte posterior del caminador, en donde se refleja el funcionamiento del movimiento de este por medio del motor, así como la caja con su respectiva unión de engranajes.

Figura 41. Parte de funcionamiento engranaje en tubo giratorio.



Fuente: elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

Conclusión 1.

Al realizar la investigación sobre las tecnologías actuales de caminadores existentes y las medidas antropométricas de la población colombiana se logra deducir los parámetros dimensionales y de peso requeridos para los debidos cálculos, así como las medidas para el diseño del caminador, propuesto en diseños adecuados para las personas con medidas específicas para la población colombiana. Teniendo cuenta la parte antropométrica se diseñó el caminador en forma telescópica que permite variar las dimensiones como la altura y el ancho del mismo, lo cual lo hace muy adaptable tanto para la población masculina como femenina, también facilita los recesos durante las sesiones de ejercicios de recuperación al tener una silla en la cual poderse sentar cómodamente.

Conclusión 2.

Cuando se habló directamente con un terapeuta para predominar o establecer criterios, este ayudo a escoger los rangos de velocidades adecuados para las diferentes etapas de recuperación de los pacientes y esto se ve reflejado en que se incluyó una forma de graduar las velocidades a través de un potenciómetro y también pudo ser demostrado por medio de un dipswitch, realizando variaciones entre 0.1 m/s, 0.5 m/s y 1 m/s según los avances de salud en las sesiones de recuperación de los pacientes.

Conclusión 3.

Con datos obtenidos apoyados en los parámetros de medidas de los colombianos se pudieron realizar los cálculos referentes a geometrías, esfuerzos, materiales manejo electrónico del Caminador y rangos de velocidad aplicable, viable para el objetivo de utilizar el caminador en personas que sufrieron limitaciones físicas y que se encuentran en terapia de rehabilitación. Se logró observar por medio de estudios electrónicos y mecánicos el correcto funcionamiento de esta mejora tecnológica, llegando a las simulaciones, realizando prototipos virtuales electrónicos y mecánicos logrando un diseño final. Las simulaciones lograron verificar todos los cálculos obtenidos teóricamente esto permitió escoger materiales electrónicos y mecánicos para así lograr obtener un dispositivo con avances permitiendo y abriendo campos de estudios para futuras mejoras.

6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Se recomienda a los fabricantes o emprendedores que quieran fabricar este caminador que tengan en cuenta todos los cálculos, diseño, dimensiones, recomendaciones incluidas en este trabajo.

Se recomienda que el fisioterapeuta que llegase a utilizar el caminador propuesto, regule los parámetros de uso, como la velocidad según el avance de la rehabilitación de cada paciente.

Este proyecto fue creado con el fin de tener avances y estudios, que puedan facilitar la posibilidad de convertir un dispositivo como un caminador automatizado en un robot inteligente, con este modelo se proyecta la creación de un sistema de inteligencia artificial el cual tenga en su programación, funciones como poder movilizarse por medio de aplicación telefónica y realizar funciones como encontrar a su usuario y tener reconocimiento de ubicación.

Se espera en un futuro poder acoplar el sistema con una aplicación la cual pueda manejar la maquina desde un dispositivo móvil o una tableta electrónica. Con el paso del tiempo la maquina rehabilitadora podrá ser usada para el uso cotidiano de las personas, no solo servirá para dar pasos si no que el usuario podrá movilizarse con esta, acoplándole dos llantas más en la parte trasera. En un futuro la maquina podrá tener un contador de horas y un contador de pasos, este contador tendría implementado sistema IoT el cual los datos puedan ser transportados a un computador y tener un seguimiento médico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] RUBIO, Sandra. Desarrollo de un software empotrado para la adquisición de datos de un robot caminador y su sistema de monitorización [En línea]. 2015 Disponible en:
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/24922/104526.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [2] VALENCIA, José. Bases para el entendimiento del proceso de la marcha humana. [En línea]. 2013. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/2738/273828094009.pdf>
- [3] SILVA, Natalia Interacción en la marcha asistida con Caminador Robótico: Evaluación con pacientes en actividades de la vida diaria y la integración de clínicos en el ciclo de control c 2019. Disponible en:
https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/21016/Trabajo_de_grado_Natalia_Silva_Suarez.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [4] DELGADO, Bruno. Valoración del dolor. Revisión comparativa de escalas y cuestionarios [En línea]. 2017. Disponible en:
<https://scielo.isciii.es/pdf/dolor/v25n4/1134-8046-dolor-25-04-00228.pdf>
- [5] ROY, Didier. Los robots y la mecatrónica, [En línea]. 2019. Disponible en:
<https://sicreesinnovas.com/los-robots-y-la-electronica/>
- [6] Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática ESTADÍSTICAS A PROPÓSITO DEL DÍA INTERNACIONAL DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD (DATOS NACIONALES) [En línea] . 2021. Disponible en
https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2021/EAP_PersDiscap21.pdf
- [7] HODDESON, Michael. Conceptos básicos de transistores PNP y NPN con 2N3904, 2N3906, 2N2222, 2N2907. [En línea]. 1997. .Disponible en:
<https://www.digikey.com/es/articles/transistor-basics#:~:text=Un%20transistor%2C%20tambi%C3%A9n%20conocido%20como,cantidad%20de%20corriente%20entre%20el>
- [8] LARREA, Alexandra. Estudio de los parámetros espaciales de la marcha en la población anciana española y su asociación con resultados adversos de salud. [En línea]. 2012. Disponible en:
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/461171/Tesis%20Alexandra%20Herrero.pdf;jsessionid=FF0D264FC589B2EE3482E508FB6E13FB?sequence=1>
- [9] RAMIREZ, Ricardo. DESCRIPCIÓN DE LOS PARAMETROS DE REFERENCIA DE LA MARCHA EN ADULTOS DE LA POBLACION ANTIOQUEÑA ENTRE 20 Y 54 AÑOS DE EDAD. [En línea]. 2012. Disponible en:
https://repository.ces.edu.co/bitstream/handle/10946/2481/Descripci%F3n_parame

tros_referencia.pdf;jsessionid=2852CC57EBC2B9F76650CD4A54500934?sequence=2

- [10] HENRRISON, Laura. Andadores Para Ancianos: Todo Lo Que Necesitas Saber. [En línea]. 2010. Disponible en: <https://cuideo.com/blog/andadores-personas-mayores/>
- [11] <https://cuideo.com/blog/andadores-personas-mayores/>
- [12] MUÑOZ, Ramón. LG presenta un exoesqueleto para redoblar la fuerza de las piernas. [En línea]. 2018. Disponible en: https://elpais.com/tecnologia/2018/08/24/actualidad/1535108435_989116.html
- [13] <https://www.ortopediamimas.com/blog-de-ortopedia/como-elegir-el-mejor-andador-para-mayores/>
- [14] Organización Panamericana de la salud (OPS), La salud de los adultos mayores Una visión compartida [En línea]. 2011. Disponible en: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51598/9789275332504_spa.pdf
- [15] JUDGE, James. Trastornos en personas de edad avanzada. [En línea]. 2022. Disponible en: [https://www.msmanuals.com/es-co/hogar/salud-de-las-personas-de-edad-avanzada/trastornos-en-personas-de-edad-avanzada](https://www.msmanuals.com/es-co/hogar/salud-de-las-personas-de-edad-avanzada/trastornos-en-personas-de-edad-avanzada/trastornos-en-personas-de-edad-avanzada)
- [16] WORMAN, Daniel. CAPÍTULO 161: Apoplejía, isquemia cerebral transitoria y disección de la arteria cervical. [En línea]. 2019. Disponible en: <https://accessmedicina.mhmedical.com/Content.aspx?bookid=1532&Sectionid=101549054>
- [17] Pontifica Universidad Católica De Chile, Traumatología y ortopedia, [En línea]. 2018. Disponible en: <http://www.docenciatraumatologia.uc.cl/marcha-normal-y-patologica/>
- [18] RUNNER'S WORLD, ¿Cómo saber si corro bien? Los consejos definitivos para corregir la postura al correr, [En línea]. 2022. Disponible en: <https://www.runnersworld.com/es/training/a32695590/como-saber-corro-bien/>
- [19] CHONG, Jiy. Accidentes isquémicos transitorios (AIT). [En línea]. 2022. Disponible en: <https://www.msmanuals.com/es-co/hogar/enfermedades-cerebrales,-medulares-y-nerviosas/accidente-cerebrovascular-acv/introducci%C3%B3n-a-los-accidentes-cerebrovasculares-hemorr%C3%A1gicos-derrames-cerebrales-o-ictus-hemorr%C3%A1gicos>
- [20] BARRERA, Alfonso. Hipotiroidismo primario, déficit de vitamina B12 y tiroiditis subaguda sobre agregada: informe de caso. [En línea]. 2015. Disponible en: <https://www.revistaendocrino.org/index.php/rcedm/article/view/52>

- [21] MUGUETA, Cristina. DISEÑO DE UN ANDADOR PARA ADULTOS. [En línea]. 2011. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/10850730>
- [22] FERNANDEZ, María. La discapacidad mental o psicosocial y la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad. [En línea]. 2010. Disponible en: <https://www.corteidh.or.cr/tablas/r25716.pdf>
- [23] TAVARA, Miguel. Ergonomía: Aplicaciones y Sistema Hombre-Máquina. {En línea}. 2010. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos73/ergonomia-aplicaciones-sistema-hombre-maquina/ergonomia-aplicaciones-sistema-hombre-maquina2>
- [24] MESA, María. Personas mayores con movilidad reducida: ¿muletas, bastón o andador? [En línea]. 2014. Disponible en: <https://atencionmayores.org/personas-mayores-movilidad-reducida/>
- [25] REY, Ricardo. Abuelo Actual: La Tienda del Abuelo, La tranquilidad de guiarse por expertos, [En línea]. 2022. Disponible en: <https://www.abueloactual.com/quienes-somos>
- [26] MILLAN, Jhon, SISTEMA DE MOVIMIENTOS PROGRAMADOS PARA UN BRAZO ROBÓTICO MINIATURA DE 6 GRADOS DE LIBERTAD. [En línea]. 2019. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11680/T08840.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- [27] PINO, Andrés. Particularidades de la Interacción Humano-Robot (HRI). [En línea]. 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/342084129_Particularidades_de_la_Interaccion_Humano-Robot_HRI
- [28] Salud Blog Mapre, Robótica aplicada a la atención médica [En línea]. 2022. Disponible en : <https://www.salud.mapfre.es/enfermedades/reportajes-enfermedades/robotica-medicina/>
- [29] <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Decreto-4725-de-2005.pdf>
- [30] GALLAGHER, James. Diseñan una silla de ruedas inteligente. [En línea]. 2019. .Disponible en: <https://sites.google.com/view/biomtlab/robots/caminadores-rob%C3%B3ticos>
- [31] ARTEAGA, Sandra. Innovadores caminadores, exoesqueletos entre otros. {En línea}. 2019. .Disponible en: <https://sites.google.com/view/biomtlab/robots/caminadores-rob%C3%B3ticos>
- [32] GALLAGHER, James. Innovadores caminadores, exoesqueletos entre otros. {En línea}. 2019. .Disponible en: <https://sites.google.com/view/biomtlab/robots/caminadores-rob%C3%B3ticos>

- [33] CHAURAND, Rosario. Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana: México, Cuba, Colombia, Chile / R. Ávila Chaurand. {En línea}.2015.Disponible en:
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/14486/2018sergioboh%C3%B3rquez4.pdf?sequence=6>

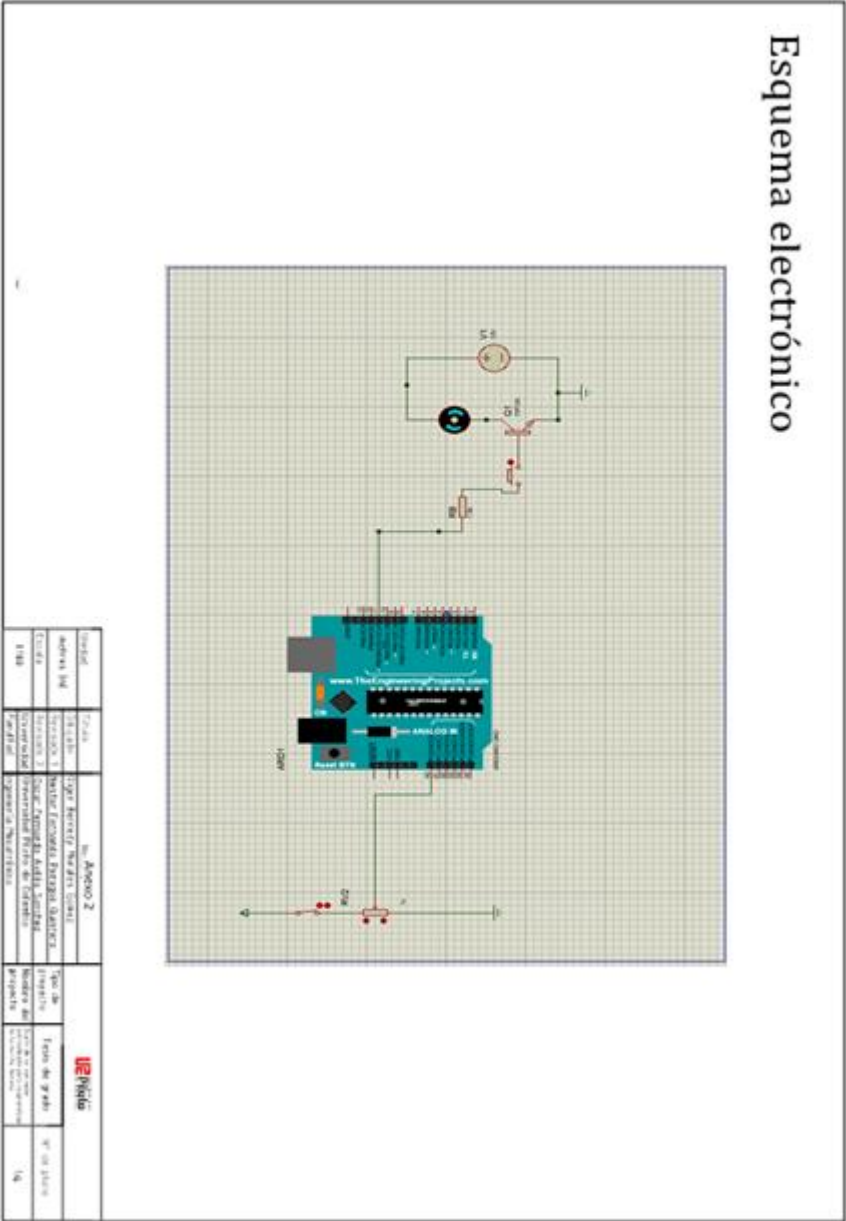
- [34] Organización Panamericana de la salud (OPS), obesidad en menores y de adultos mayores Una visión compartida [En línea]. 2011. Disponible en:
<https://www.datosmundial.com/estatura-promedio.php#by-area>

- [35] GARIBAY, Heriberto. La velocidad de la vida. .{En línea}.2006.Disponible en:
<https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol19num1/articulos/velocidad/index.htm#:~:text=Un%20ser%20humano%20normal%20camina,de%20tres%20kil%C3%B3metros%20por%20hora>

- [36] ARAQUE, José. CUANTO MIDE UN PASO. {En línea}.2022.Disponible en:
<https://udoe.es/cuanto-mide-un-paso/>

- [37] WASTON, Rene.Crecimiento del esqueleto. {En línea}.2000. Disponible en:
<https://myhealth.ucsd.edu/Spanish/RelatedItems/3,89081#:~:text=Un%20cart%C3%ADlago%20de%20crecimiento%20es,14%E2%80%9318%20a%C3%B1os%20de%20edad.>

PROYECTO PG-21-2-12
DISEÑO DE UN CAMINADOR AUTOMATIZADO PARA REAPRENDIZAJE DE LA
MARCHA HUMAN



ANEXO B. (Código de programación C+ con potenciómetro.)

PROYECTO PG-21-2-12
DISEÑO DE UN CAMINADOR AUTOMATIZADO PARA REAPRENDIZAJE DE LA
MARCHA HUMAN

```
int motorl=11;
int potl=A0;
int val=0;

void setup() {
// put your setup code here, to run once:

pinMode(motorl,OUTPUT);
pinMode(potl, INPUT);
}

void loop() {
// put your main code here, to run repeatedly:
val=analogRead(potl);
analogWrite(motorl,val);
}
```

ANEXO C. (Código de programación C+ con dip switch).

PROYECTO PG-21-2-12
DISEÑO DE UN CAMINADOR AUTOMATIZADO PARA REAPRENDIZAJE DE LA
MARCHA HUMAN

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(A0,A1,A2,A3,A4,A5);

int MOTOR = 11;    // Se selecciona el pin para el MOTOR.
                    int Pin1 = 4;
                    int Pin2 = 5;
                    int Bit1 = 0;
                    int Bit2 = 0;

                    void setup() {

pinMode(MOTOR, OUTPUT); // se establece el pin como salida.
pinMode(Pin1, INPUT);
pinMode(Pin2, INPUT);

                    lcd.begin(16,2);
                    lcd.clear();

                    }

                    void loop() {
Bit1 = digitalRead(Pin1);
Bit2= digitalRead(Pin2);

                    if (Bit1==LOW && Bit2==LOW){
analogWrite(MOTOR, 0);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Apagado - 0% ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Velocidad = 0m/s");
delay(150);
                    }

                    if (Bit1==HIGH && Bit2==LOW){
analogWrite(MOTOR, 25);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Nivel 1 - 10% ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Velocidad = 0.1m/s");
delay(150);
                    }
                    }
```

```

    }

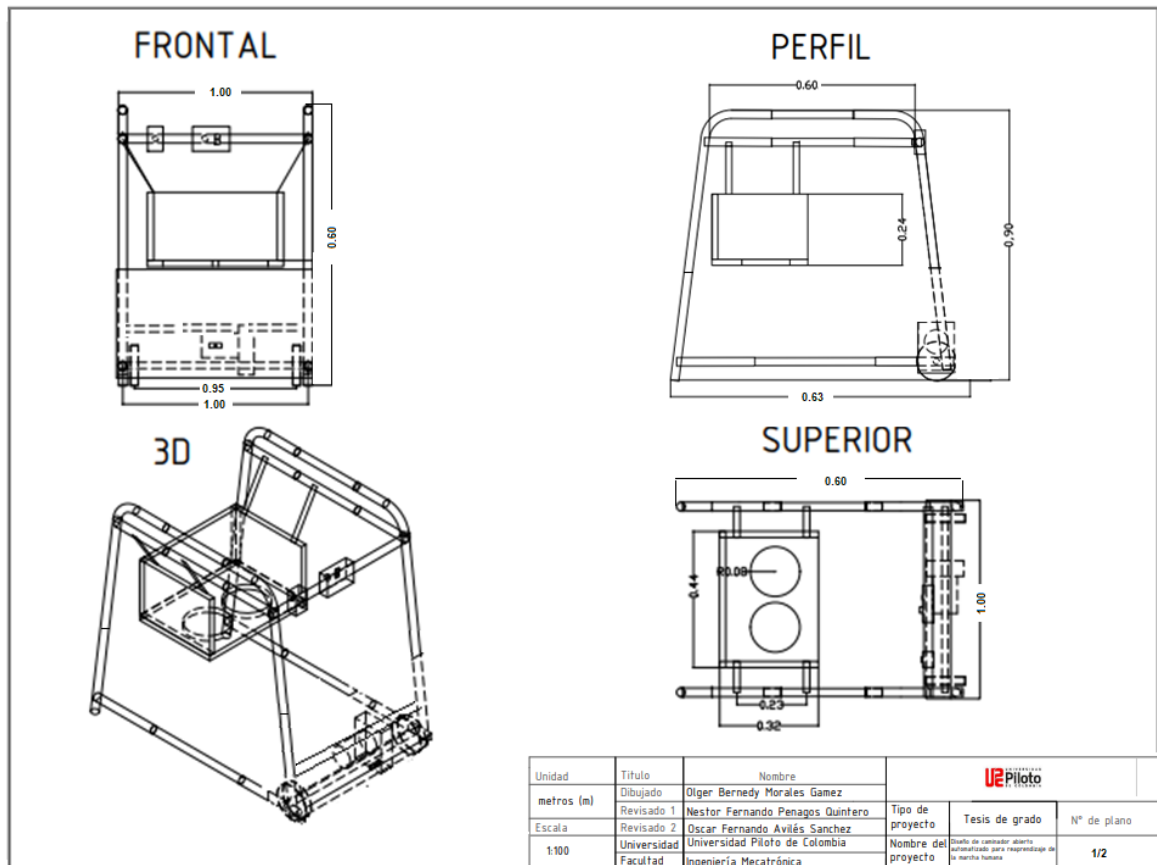
    if (Bit1==LOW && Bit2==HIGH){
        analogWrite(MOTOR, 51);
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("Nivel 2 - 50% ");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("Velocidad = 0.5m/s");
        delay(150);
    }

    if (Bit1==HIGH && Bit2==HIGH){
        analogWrite(MOTOR, 76);
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("Nivel 3 - 100% ");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("Velocidad = 1m/s");
        delay(150);
    }

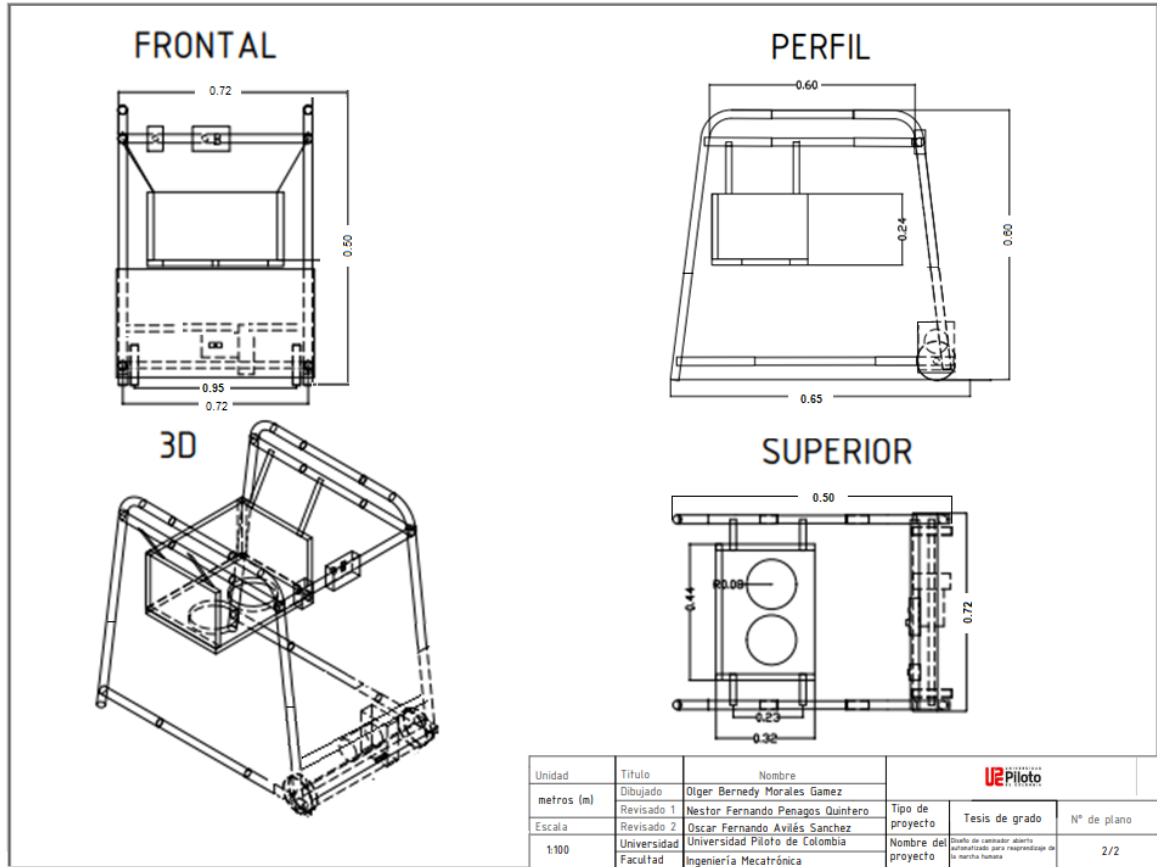
}

```

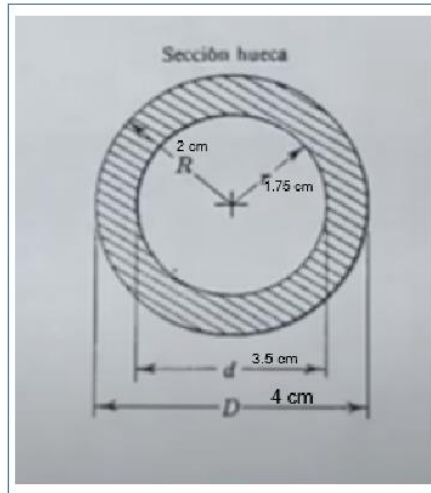
ANEXO D. (Planos en 2d del mecanismo sistema abierto).



ANEXO E. (Planos en 2d del mecanismo sistema Cerrado).

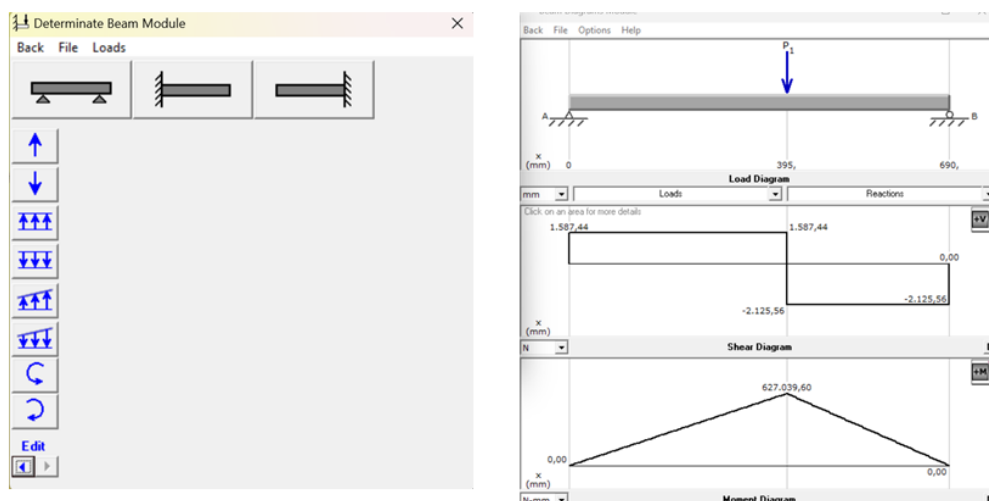


Sección hueca tubo de aluminio 2029.



Unidad	Título	Nombre	UNIVERSIDAD UP Piloto de Colombia		
metros (m)	Dibujado	Olger Bernedy Morales Gamez	Tipo de proyecto	Tesis de grado	N° de plano
	Revisado 1	Nestor Fernando Penagos Quintero			
Escala	Revisado 2	Oscar Fernando Avilés Sanchez	Nombre del proyecto	Diseño de cambiador abierto verticalizado para refrigeración de la planta hueca	3/3
	Universidad	Universidad Piloto de Colombia			
	Facultad	Ingeniería Mecatrónica			

Esfuerzos en Sd Solid



Unidad	Título	Nombre	UNIVERSIDAD Piloto		
metros (m)	Dibujado	Olger Bernedy Morales Gamez	Tipo de proyecto	Tesis de grado	N° de plano
	Revisado 1	Nestor Fernando Penagos Quintero			
Escala	Revisado 2	Oscar Fernando Avilés Sanchez	Nombre del proyecto	Diseño de cualquier objeto mecánico para su uso en la industria humana	3/3
1:100	Universidad	Universidad Piloto de Colombia			
	Facultad	Ingeniería Mecatrónica			

Bateria 6-EVF-32 Gel GreenPoint.

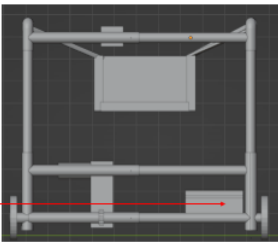
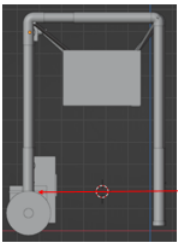


Unidad	Título	Nombre	UNIVERSIDAD UPiloto PILOTO		
metros (m)	Dibujado	Olger Bernedy Morales Gamez	Tipo de proyecto	Tesis de grado	N° de plano
	Revisado 1	Nestor Fernando Penagos Quintero			
Escala	Revisado 2	Oscar Fernando Avilés Sanchez	Nombre del proyecto	Diseño de cambiador abierto autorizado para el registro de la marca humana	2/2
	Universidad	Universidad Piloto de Colombia			
	Facultad	Ingeniería Mecatrónica			

Bateria insertada en el dispositivo 3D

Lateral

Frontal



Batería

Unidad	Título	Nombre			
metros (m)	Dibujado	Olger Bernedy Morales Gamez	Tipo de proyecto	Tesis de grado	N° de plano
	Revisado 1	Nestor Fernando Penagos Quintero			
Escala	Revisado 2	Oscar Fernando Aviles Sanchez	Nombre de proyecto	Diseño de computador abierto autorizado para reproducción de la marca UEPiloto	1/2
	Universidad	Universidad Piloto de Colombia			
	Facultad	Ingeniería Mecatrónica			