



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

**Diseño de un sistema electromecánico para automatizar sillas de ruedas,
que proporcione autonomía a personas con discapacidad para
desplazarse.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Gutiérrez Castillo, Ernesto Jhoel (ORCID: 0000-0001-5983-1333)

Valverde coronel, Jerold Stalyn (ORCID: 0000-0003-3927-9902)

ASESOR:

Mg. Luis Julca Verastegui (ORCID: 0000-0003-1208-1242)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

TRUJILLO - PERÚ

2020

Dedicatoria

Esta investigación se la dedico a mis padres Nila Editha Castillo Castillo y Marcos Ronald Gutierrez Briceño por su apoyo incondicional en el proceso de mi formación, a mis hermanos por el apoyo moral y a mis abuelos Agustín Gutiérrez Gutierrez, Wenceslao Castillo Iglesias, Zoila Castillo Castillo y Susana Briceño de Gutierrez por el esfuerzo y confianza puestos en mis que fueron importantes en mi formación.

Ernesto Jhoel Gutiérrez Castillo

Este propósito de estudio va dedicado a mis padres, Santos Faustino Valverde Torres y Charo Coronel Valle, quienes depositaron toda su confianza, esfuerzo y el apoyo moral mutuo de mi familia, hermanos que como imagen me hacen seguir apuntando hacia un objetivo positivo. Sobre todo, con la bendición de Dios por iluminarme todos los días y noches de estudio, por darme toda la energía, fuerza y valor necesario para aprender cada especialidad. Despertando en mi la noción de los principios de la ingeniería que me ayudaron a formarme como profesional y como ser humano.

Jerold Stanley Valverde Coronel

Agradecimiento

A Dios por brindarme vida, paciencia, sabiduría y perseverancia para poder cumplir mis objetivos.

A mis padres, hermanos, abuelos y pareja por cada palabra de aliento que me impulsaron a seguir.

A mis docentes por compartir sus conocimientos y tener la paciencia de poder aprenderlos.

Ernesto Jhoel Gutiérrez Castillo

Agradezco a Dios, por guiarme en el camino universitario dándome la inteligencia, salud emocional y física.

A mis padres por su apoyo incondicional en el proceso de mi formación, quienes siempre estuvieron ahí en los momentos buenos y difíciles por lo que fueron la principal fuente de mi motivación,

A mis hermanos y abuelitos por el apoyo moral.

A mis docentes por el entrenamiento, enseñanza, eficacia y por distribuir cada anécdota basada en el ámbito laboral.

Jerold Stanley Valverde Coronel

Página del Jurado

Declaración de Autenticidad

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del Jurado	iv
Declaración de Autenticidad	v
Índice.....	vi
Índice de Tablas	viii
Índice de figuras.....	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad problemática	2
1.2 Trabajos previos	4
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	6
1.4 Formulación del problema:.....	13
1.6 Hipótesis	14
1.7 Objetivos	14
II. MÉTODO	15
2.1 Tipo y diseño de investigación.....	16
2.3. Población y muestra	18
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	18
2.5. Procedimiento.....	19
2.6. Métodos de análisis de datos	20
III. RESULTADOS	22
IV. DISCUSIÓN	108
V.CONCLUSIONES	112
VI.RECOMENDACIONES	114
VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	116
ANEXOS	119
Anexo 1: Carrera dentada Texrope	120

Anexo 2: Cadena de rodillos simple.....	121
Anexo 3: Planos del actuador lineal	122
Anexo 4: Planos del motor reductor 150w 200rpm/60rpm	123
Anexo 5: Encuesta.....	124
Anexo 6: Plan de mantenimiento preventivo	125
Anexo 7: Análisis estático de tensiones en posición de subir escaleras	126
Anexo 8: Análisis estático desplazamientos en posición de subir escaleras	127
Anexo 9: Análisis estático deformación unitarias en posición de subir escaleras.....	128
Anexo 10: Análisis estático factor de seguridad	129
Anexo 11: Análisis estático de tensiones en el eje motriz.....	130
Anexo 12: Análisis estático de desplazamientos	131
Anexo 13: Análisis estático de las deformaciones unitarias el eje motriz.....	132
Anexo 14: Análisis estático de factor de seguridad en el eje motriz	133
Anexo 15: Tren de aterrizaje	134
Anexo 16: Base chasis.....	135
Anexo 17: Guarda del sistema carrier	136
Anexo 18: Placa lateral del sistema carrier	137
Anexo 19: Plano general isométrico.....	138
Anexo 20: Polín del sistema carrier.....	139
Anexo 21: Despiece general sistema electromecánico.....	140

Índice de Tablas

Tabla nro. 1. Muestra la operacionalización de variables, definición conceptual, indicadores y escala de medición.....	17
Tabla nro. 2. Tipos de velocidades requeridas por los discapacitados	23
Tabla nro. 3. Velocidades requeridas.....	24
Tabla nro. 4. Lista de cualidades que debe de tener la silla de ruedas.....	25
Tabla nro. 5. Cualidades requeridas.....	26
Procesos de selección.....	28
Tabla nro. 6. Para poder seleccionar la mejor opción se tomarán los siguientes criterios:.....	28
Tabla nro. 7. Modelo 1	29
Tabla nro. 8. Modelo 2.....	29
Tabla nro. 9. Modelo 3.....	30
Tabla nro. 10. Modelo 4.....	30
Tabla nro. 11. Modelo 5.....	31
Tabla nro. 12. Modelo 6.....	32
Tabla nro. 13. Modelo 7.....	32
Tabla nro. 14. Matriz de Selección	33
Tabla nro. 15. Modelo 1	35
Tabla nro. 16, Modelo 2.....	36
Tabla nro. 17. Modelo 3.....	36
Tabla nro. 18. Modelo 4.....	37
Tabla nro. 19. Modelo 5.....	37
Tabla nro. 20. Matriz de Chasis.....	38
Tabla nro. 21. Modelo 1	40
Tabla nro. 22. Modelo 2.....	41
Tabla nro. 23. Modelo 3.....	41
Tabla nro. 24. Matriz de selección sistema de elevación.....	42
Tabla nro. 25. Diseños ganadores.....	43

Tabla nro. 26. Selección del actuador para el levante y amortiguación.....	47
Tabla nro. 27. Peso total de silla, sistema electromecánico y usuario.....	49
Tabla nro. 28. lista de exigencias.....	105
Tabla nro. 29. Materiales.....	107
Tabla nro. 30. Elementos electrónicos y mecánicos	107

Índice de figuras

RESUMEN

La presente investigación de diseño no experimental – transversal está basada en brindar una mejor calidad de vida a las personas discapacitadas para desplazarse, debido a ello tiene por objetivo diseñar un sistema electromecánico para automatizar sillas de ruedas, para que así les brinde autonomía de movimiento. Las características de este sistema no simplemente es el hecho de brindarles el movimiento lineal, sino el de brindarles la oportunidad de desarrollarse en su vida cotidiana sin la necesidad de tener el apoyo de un tercero, debido a que proporciona la cualidad de elevación y subir escaleras de manera autónoma. En la tesis presentada se obtuvieron datos de una muestra de 7 persona de la ciudad de Trujillo – Perú , a través de una encuesta, con el propósito de llegar a las características que debe tener este sistema para cumplir con los requerimientos de una persona con discapacidad para desplazarse, obteniendo como resultados una velocidad de moderada de 3 m/s, una carga de 120 kg, un sistema de elevación, la cantidad de subir escaleras, etc., después se realizó una matriz selección dando lugar a un sistema tipo oruga, a un sistema de elevación mecánico y a la elección del chasis idóneo para poder acoplar dicho sistema, a través de un algoritmo de cálculo, se dimensiono y selecciono los elementos de máquinas, tales como motores, actuadores y la resistencia del mismo chasis de la oruga o Carrier simulado en el programa SolidWorks.

Palabras claves: sistema electromecánico, actuador, autonomía de movimiento, discapacidad.

ABSTRACT

The present no – experimental cross design research is based on providing a better quality of life for people with disabilities to move, due to this purpose it has the objective of designing an electromechanical system to automate wheelchairs, so that it gives them the autonomy of movement. The characteristics of this system is not simply the fact of providing the linear movement, but the one of giving them the opportunity to develop in their daily life without the need to have the support of a third party, because it provides the quality of lifting and climbing stairs in an autonomous way. In the thesis presented data was obtained from a sample of 7 people from the city of Trujillo - Peru, through a survey, with the purpose of reaching the characteristics that this system must have to meet the requirements of a person with a disability. to move, obtaining as results a moderate speed of 3 m / s, a load of 120 kg, a lifting system, the amount of climbing stairs, etc., then a selection matrix was made, giving rise to a caterpillar system, To a mechanical lifting system and to the selection of the ideal chassis to be able to connect said system, through a calculation algorithm, the elements of machines, such as motors, actuators and the resistance of the chassis of the caterpillar were dimensioned and selected. Simulated carrier in the SolidWorks program.

Keywords: electromechanical system, actuator, autonomy of movement, disability.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

Hoy en día se encuentra un gran índice de personas con discapacidad según el banco mundial las personas con discapacidad en el mundo es aparentemente de 1000 millones que a su vez es como el 15 % de la población. Por otro lado, esto es más notorio en los países en desarrollo ya que la quinta parte del total presenta una discapacidad. Por otro lado, en el Perú esta discapacidad en algunos casos viene acompañada de dificultad para conseguir estabilidad laboral esto lo refleja el INEI, el cual sostiene que en el año 2016 la población de discapacitados en el Perú es del 5.2 % aproximadamente, esta cifra es más de 1 millón 637 mil personas, este análisis se llevó a cabo por el día internacional de las personas con discapacidad.

Los discapacitados de 65 años forman parte 47 personas de cada 100. No obstante, con respecto a la edad de las personas con discapacidad el INEI nos muestra que los adultos mayores de 65 años de edad forman parte del 46,6 % mientras que el 43.8 % son personas que tienen de 15 a 64 años de edad. Las personas con la edad menor a 15 años son los que conforman el 9.6 %.

El INEI nos muestra una división porcentual de personas que presentan discapacidad según sexo, los hombres conforman el 49.9 % y las mujeres el 50,1 %. Por otro lado, con respecto a las personas que cuentan con documento de identidad (DNI) Tienen un pequeño margen porcentual en el cual las personas sin discapacidad son el 97,4% de la población y con discapacidad cuenta con Documento Nacional de Identidad (DNI), un porcentaje relativamente menor que en el grupo sin discapacidad que es 99,2%. Respecto al estado civil o conyugal, entre las personas con discapacidad es más alta la proporción de casados (34,2%) que entre las personas sin discapacidad (27%); pero es menor la proporción de convivientes (9,7%) que en el grupo de personas sin discapacidad (23,4%).

Las personas discapacitadas que cuentan con nivel educativo secundario son 25 de cada grupo de 100 Para ver el grado de instrucción de las personas con discapacidad comparado a las personas sin discapacidad, se analizó a la población que tiene los 15 años de edad , en consecuencia los resultados fueron que el 41,4 % de la población si cuenta con estudios primarios, el 24.8% de la población si cuenta con estudios secundarios o está en curso, el 22.3% simplemente cuenta en algunos casos con inicial y la minoría que es un porcentaje de 11,5 % alcanzó un nivel superior.

Por otro lado, la población que no cuenta con discapacidad tiene otro panorama en el cual el 45 % de la población que es el mayor si cuenta con estudios secundarios, luego están las personas con estudios superiores con 31.1, los de primaria con 20,5 % y la minoría que cuenta en algunos casos con nivel inicial es de 3.4 %. Las personas de 15 años de edad con o sin discapacidad que se analizaron dieron como resultado que el 70,9 % de los discapacitados son alfabetos, mientras que los no discapacitados tienen el 95,1 % de su población alfabetizado.

La población activa de discapacitados son 45 por cada grupo de 100 personas, no obstante en lo que concierne a la población económicamente activa de las personas con discapacidad y las personas sin discapacidad que tienen una edad mayor a 14 años podemos notar que el 45,2 % de los discapacitado están laboralmente activos mientras que el porcentajes de las personas que no tienen discapacidad es mayor con 73,4 % tomándolas como dos poblaciones diferentes se encuentra una diferencia del 28,2 % de mayor actividad laboral por las personas sin ninguna limitación.

Las personas que tienen alguna discapacidad y que son denotadas como trabajadores con limitaciones son 31 de cada 100 personas. Esto nos arroja a porcentajes de no calificados en servicios personales 30,8 %, en el rubro agrícola y cuidado de ganado el porcentaje de calificados es de 24,7 %, el rubro de comercio y ventas son 11,3 % los calificados. en los procesos de elaboración de producto y extracción de minerales son 8,8 % los calificados, en el sector de construcción y transporte son 6,6 % los calificados, venta ambulatoria 4,4 % calificados y otro tipo de trabajo 9,2 % calificados.

Por otro lado, la Ley General de la Persona con Discapacidad (Ley N° 29973) en los siguientes artículos sostiene:

Artículo 1 - Finalidad de la Ley: El objetivo que tiene esta ley es el de llegar a una igualdad entre las personas con discapacidad y las personas sin ella, además de generar su inclusión en la sociedad logrando así su participación en la economía, política, avances tecnológicos y cultura del país.

Artículo 3 - Derechos de la persona con discapacidad: Las personas que tienen alguna discapacidad cuentan con los mismos derechos de las personas que no tienen, además el estado se encarga de crear un ambiente acogedor para que ellas se desempeñen sin discriminación.

Artículo 15 - Derecho a la accesibilidad: Las personas que tienen alguna discapacidad tienen el derecho de gozar de ambientes especiales, diseñados por el estado para que ellas puedan gozar de todos los servicios de la manera más autónoma y tranquila posible. Además de utilizar y solicitar información de lo que brinda el estado peruano.

No obstante, las condiciones que brinda el estado peruano no son las suficientes para brindar la autonomía a una persona con discapacidad, debido a que no se adecuan a todas las necesidades que requieren, en consecuencia, estas tienen que buscar entidades privadas que les brinden equipos tecnológicos, infraestructura y apoyo profesional. No hay que ser ajeno que existe parte de esta población que no cuenta con los ingresos económicos para satisfacer estas condiciones óptimas de vida. Por ende, esta investigación tiene por objetivo diseñar un sistema general para compensar la discapacidad motriz.

1.2 Trabajos previos

Henríquez (2005) en su tesis titulada "investigación y desarrollo de un sistema prototipo de asistencia domótica para personas con movilidad limitada" sostiene la problemática principal de personas afectadas con discapacidad motriz presentan problemas al desplazarse de un lugar a otro, como también su participación en la sociedad. En lo cual se determina el objetivo general de diseñar y construir un sistema de Domótica que permita compensar su calidad de vida mejorar de estas personas con impedimentos al movimiento dado por (enfermedades musculares, accidentes, vejez, reposo médico, etc.), centrando el control en distintos lugares de la vivienda, para ello realiza una investigación descriptiva buscando caracterizar, identificar o describir, obteniendo que los resultados más importantes se ha logrado diseñar un prototipo para un sistema de asistencia Domótica. Concluyendo que (se construyó un sistema domótico para mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad motora).

López (2014) en su desarrollo de tesis II titulada "diseño de un prototipo de silla de ruedas eléctrica, con sistema de ascenso y elevación" identificó la problemática siguiente, un porcentaje de la población ecuatoriana tiene problemas de discapacidad motriz, ellos necesitan trasladarse, por lo que recurren a una silla de ruedas manual, frente a esto se determinó el objetivo general de diseñar un prototipo de silla de ruedas eléctrica, con sistema de ascenso y elevación, para personas con discapacidades motriz. Para ello realizó una investigación descriptiva, aplicando un método cuantitativo basado en la obtención de datos medibles, procediendo a los

resultados más importantes en el diseño de la silla de ruedas con ascenso vertical basados en las propiedades de los materiales plantearon el mecanismo entre la sujeción tornillo acero transmisión/tuerca bronce cusn12din 170 para corona dentada, el tornillo soporta 540 MPa resistencia a la tracción mientras que la tuerca 275 MPa aplicados a teoría de Von Mises obtiene un eje de 20 mm con un factor de seguridad de 2.5 finalmente concluyendo que se diseñó el prototipo de una silla de ruedas automática con dos motores de 180 watts.

Campos (2016) en su investigación terminal II titulada diseño de acople mecatrónico para automatización de sillas de ruedas convencionales en el cual sustento la problemática que las sillas de ruedas manuales convencionales presentan deficiencia de movimiento ya que se necesita el esfuerzo humano para poder desplazarse de un lugar a otro, por lo cual esto sobre exige el movimiento de los músculos, del pecho y hombro, por ende se determinó que el objetivo general, diseño de un kit 'universal' acoplable a las sillas de ruedas manuales. Utilizando una método de investigación cuantitativa basada en la obtención de datos, como también se procedió a la obtención de los resultados más importantes el costo de los componentes de mecánicos y electrónicos es alrededor de S/.1852 capaz de soportar hasta 120kg a una velocidad max 10km/h concluyendo que se logró a diseñar el acople mecatrónico con facilidad de adaptarse a las sillas de ruedas manuales.

Bortole (2013) en su proyecto de tesis titulada diseño y control de un robot exoesqueleto para la rehabilitación identifico la problemática que los centros de rehabilitación carecen de equipos de fisioterapia para la discapacidad en las extremidades inferiores ya que con la técnica de la cinta corredora no es suficiente, además esto lleva tiempo, por ende, se determinó el objetivo general (desarrollo de un exoesqueleto robótico. para mejorar el equilibrio y marcha, como también minimizar los tiempos de rehabilitación a dichos pacientes con lesiones en las articulaciones de cadera rodilla y fracturas, Utilizando una investigación Tecnológica creando nuevos productos mejores métodos, procediendo a los resultados más importantes se probó con un paciente de 33 años de edad, se dice que pudo caminar sobre el suelo al tiempo de 5 minutos con el exoesqueleto puesto, finalmente se concluye que se desarrolló un dispositivo que conforma un traje robótico lo cual está construida de aluminio

Barhale (2004) en su desarrollo de tesis titulada diseño y prueba de una pinza prototipo para un robot montado en silla de ruedas en la cual identifiqué la problemática siguiente las personas que padecen de discapacidad motriz en las extremidades inferiores presentan problemas para manipular objetos desde el suelo como de las alturas por ende esto limita sus actividades cotidianas. Por lo cual se determinó el objetivo general de diseñar, un prototipo para un robot montado en silla de ruedas. Utilizando una investigación descriptiva, obteniendo los resultados más importantes los objetos de diferentes geometrías y de diferente peso fueron sometidos a la manipulación de la pinza para probar su desempeño y se comprobó que si es factible y se puede implementar en una silla de ruedas para hacer las actividades necesarias de los pacientes, finalmente se concluyendo que se logró a desarrollar dicho prototipo de pinza con articulación para manipular objetos con un peso máximo de 4 libras

Digenova (2004) en su investigación desarrollada titulada “diseño axiomático de un mecanismo de elevación de silla de ruedas accionado manualmente” sustento la problemática actualmente hay 1.5 Millones de personas con discapacidad motriz en la extremidades inferiores que usan sillas de ruedas manuales en EE-UU, en cambio estas sillas no cuentan con un sistema de elevación, para llegar a las alturas por lo cual se determinó como objetivo general diseñar un sistema de elevación vertical ajustable en las condiciones económicas más razonables Utilizando una investigación descriptiva con un método cuantitativo, procediendo a los resultados más importantes (silla de ruedas con sistema de elevación puede llegar hasta 15” en posición vertical con un peso máximo 120kg de carga, finalmente se concluyendo el principal propósito de esta investigación es demostrar la viabilidad en función al sistema axiomático que se diseñó de una silla de ruedas elevadora.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 La discapacidad motora. Para la CIE – 10 (Clasificación Internacional de Enfermedades) la discapacidad motora, es cualquier dificultad o problema físico que presenta un individuo, que le impide realizar una actividad que es normal para el resto de individuos (López, Fernández y Polo, 2005).

La OMS (Organización Mundial de la Salud), explica que la deficiencia es la pérdida o irregularidad presentes en una estructura o funciones anatómica, fisiológica o psicología de un sujeto. Así mismo explica que la discapacidad es la limitación o falta de deficiencia en la

capacidad para realizar alguna actividad que es considerada normal para el individuo (Camacho-Conchucos, Fajardo-Campos y Zavaleta de Flores, 2012, p.120).

1.3.2 Clasificación de la Discapacidad Motora. Existe una clasificación de los trastornos motrices expuesta por Pérez y Garaigordobil (2007) quienes utilizaron diversos criterios para la elaboración de esta. Pero, por otro lado, Olmedo (2008) propone la clasificación del trastorno motor según la zona afectada y considera que la Paraplejia es donde la parte afectada es ambos miembros inferiores del cuerpo del individuo.

1.3.3 Silla de Ruedas. Según François (2013) una silla de ruedas es una ayuda técnica que les permite a las personas que tiene dificultades para andar poder desplazarse. Puede ser utilizarse de forma temporal o permanente dependiendo de las necesidades del individuo. Las sillas tienen un aspecto de sillón, pero equipado con cuatro ruedas y en algunos casos tiene un motor que facilita su movimiento. Por otro lado, existen sillas especiales para la práctica de un deporte como tenis, básquet o atletismo.

1.3.4 Motor en Dc. según Geekbot electrónicos (2019). Son aquellos que construyen la energía eléctrica en mecánica. Actualmente son usados con objeto de precisión y momento continuo debido a sus delgas. Además de ello el momento es proporcional a la corriente que ingresa esto nos sirve a su vez para controlar la velocidad.



Figura 1 Motor eléctrico de 350 watts

Fuente: aliexpress

1.3.5 Partes del motor en Dc. Pernia (2011) divide al motor eléctrico CD en las siguientes partes:

- Estator (Inductor) en este se encuentra un electroimán que tiene la función de ser el inductor, además de ellos consta de una culata que gracias a su forma radial aloja allí a las bobinas o espiras de cobre que tendrán la función- de interactuar con los imanes y formar unos polos alternantes que producirán el giro.
- Rotor (Inducido) es un cilindro en el cual se alojan las bobinas, las cuales están aisladas y están unidas el final de la última bobina con el inicio de la primera,
- Cuando las bobinas giran cortan el flujo que está compuesto por un material ferromagnético con ranuras conocido como inducido.
- Colector y Escobillas. El estator o inducido tiene más espiras y el colector está compuesto de superficies trapezoidales de cobre, además el colector tiene el mismo número de superficies de cobre como bobinas tiene el devanado.
- Por otro lado, las escobillas están hechas de grafito o carbón apoyadas de un resorte para que exista buen contacto entre este y las superficies trapezoidales.

1.3.6 Batería. Se encarga de almacenar la energía eléctrica a través de interacciones químicas Según Lamas (2001), existen de dos tipos:

- Primarias: Bajo Voltaje: 1 a 4 volts. Zinc-Carbón, No recargables Alcalinas Pilas.
- Secundarias: (Recargables): Teléfonos Celular (Níquel, Cadmio) Video Cámaras, Teléfonos Inalámbricos Aparatología Médica.

1.3.7 Chasis. Andrade. Jaramillo (2009) sostiene que es una estructura en la cual se montan todos los elementos del equipo, además está hecha de metal y es conocida como carrocería independiente si es ensamblada al chasis y carrocería auto portante si es unida Eje. Al igual que el chasis el eje es aquel que soporta la carga y los elementos de máquinas tales como o poleas, engranes, rodamientos y otros. Además de soportar esfuerzos de flexión, torsión y axial; dependiendo del uso. Tulio (2014).

1.3.8 Fuerzas. Es aquella que producirá diversos cambios en la estructura y los elementos de máquinas. Así mismo Rigoni, Palmegiani, Schatir nos dan a conocer que la fuerza se mide en Newton, tiene un valor que es el módulo de ella, además de ser una magnitud vectorial esta produce cambios en el movimiento.

Para que en el movimiento o en la estructura se produzcan cambios es debido a que más de una fuerza están actuando sobre ella y estas al sumarse se igualan a cero para que estén en equilibrio. Además, si tenemos en cuentas la magnitud de la fuerza, podemos dimensionar los elementos de máquinas que la soporten. $F= m a$

1.3.9 Esfuerzo. Anónimo. Se mide en pascales y es la relación entre la fuerza que se le aplica a una superficie, por lo cual el esfuerzo varía de acuerdo al área de la superficie y la fuerza que se le aplique, además esto es clave para la elección el, material con un valor de esfuerzo soportado para poder llegar a escoger factores de seguridad óptimos.

$$\sigma = f / a$$

1.3.10 Materiales. Plancha de ¼ acero SAE 1020 Este tipo de acero es uno de los más utilizados debido a su contenido de carbono se puede trabajar fácilmente con herramientas convencionales, ya que es fácil de soldar, fácil de cortar, etc. Por otro lado, se utiliza en equipos en los cuales tienen esfuerzos moderados



Figura 2 Plancha de acero SAE1020

Fuente: Cía. General De Aceros S.A, Medellín – Colombia

Plancha de PVC. El policloruro de vinilo es una mezcla de carbono, hidrogeno y cloro que es usado comúnmente en trabajos de diseño debido que al alcanzar entre 140 y 205 grados se puede moldear para luego recuperar su forma



Figura 3 Plancha de PVC

Fuente: Asociación Ventanas PVC. España

1.3.11 Sistema hidráulico. Ingeniería mecánica (2019 afirma es una forma tecnología que se utiliza actualmente en la parte de transmisión, así como en la de transmitir la fuerza con recipientes compacto. Estos se componen un depósito acumulador, una bomba impulsora, válvula de control, actuador, red de conductos, filtros y válvula de alivio.

1.3.12 Sistema de transmisión. Cejarosu (2005). Sostiene que es este sistema es el que está compuesto por una cadena sobre una rueda dentada transmitiendo movimiento de un eje al otro y dependiente de los diámetros varían el rpm. Estos sistemas son ventajosos debido a que la relación es exacta y no existe deslizamiento. Pero a su vez son un poco ruidoso que las fajas estas realizan la misma función, pero manteniendo contacto con las poleas.

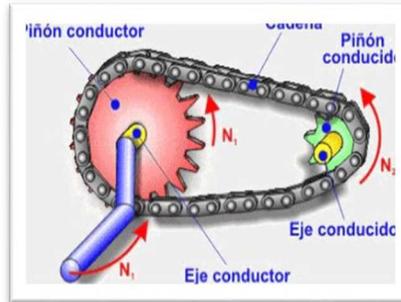


Figura 4 Sistema de transmisión

Fuente: Cejarosu (2005)

1.3.13 Rodamientos. Son aquellos que pueden transmitir movimiento tanto radial, como axial. Además, están compuestos por dos pistas una exterior y otra interior, elementos de rodadura y la carcasa interior donde calzan estos. Nsk Europa ltd (2019)



Figura 5 Rodamientos

Fuente: Aliexpress

1.3.14 Joystick. Según la página Definiciónyque.es. (2014). Nos dice que el joystick no es más que una palanca con tres ejes y botones que se utiliza para controlar videojuegos, a través de señales que son enviadas a una computadora



Figura 6 Joystick

Fuente: Aliexpress

1.3.15 Cargador de baterías. Según la página Neoteo (2008) un cargador es aquel que recarga una batería suministrándole corriente, dependiendo de la cantidad de corriente la batería se carga de manera lenta y rápida, por otro lado, siempre se escogerá el menor tiempo de carga, pero el tiempo lento alarga la vida útil de la batería.



Figura 7 Cargador de baterías

Fuente: Aliexpress

1.3.1.1 Introducción

El proyecto de investigación que se presenta a continuación muestra algunas necesidades que tienen las personas con discapacidad en las extremidades de la parte inferior del cuerpo, con el objetivo principal de diseñar una silla de ruedas automática. Por otro lado, la Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona que una persona con discapacidad o a la que se le puede considerar como discapacitado es aquella que encuentra cierta restricción, limitación y deficiencia para realizar diversas tareas. Campos (2016) Uno de los principales obstáculos de una persona discapacitada es en la parte económica debido que en los países bajos se encuentra aproximadamente el 80 % de ellos. Por otro lado, las sillas de ruedas convencionales cuestan la doceava parte de las automáticas, en consecuencia, sería muy difíciles una persona discapacitada adquiriese una. Campos (2016) Por ende, es más frecuente la demanda de mercado de las sillas de ruedas manuales que las automáticas, por lo cual satisface económicamente de los discapacitados con bajos recursos económicos, pero en cambio tiene una gran desventaja y la principal ya que para movilizarse a un lugar se requiere mucho esfuerzo físico, ya que se está en constante movimiento las extremidades superiores como son los brazos, hombros y manos. Como también las sillas de ruedas manuales no tienen la facilidad o la función de ascender o descender escalones ya que está diseñada solo para áreas planas. El proyecto presentado a continuación se planteó como objetivo diseñar un prototipo de silla de ruedas automática con tres grados de libertad capaz de satisfacer la necesidad de llegar a lugares difíciles de acceder con la silla de ruedas manual.

1.4 Formulación del problema:

¿Cómo dotar de autonomía de movimiento a personas con discapacidad para desplazarse?

1.5 Justificación del estudio

Tiene por finalidad de diseñar una un sistema electromecánico para automatizar silla de ruedas que proporcione autonomía a personas con discapacidad para desplazarse en las extremidades inferiores, que tienen problemas de llegar a zonas dificultosas como por ejemplo subir escaleras y no recurrir al esfuerzo físico, para moverse de un punto a otro , ya que para ascender o descender escalones con las sillas de ruedas manuales estándares

se necesita el apoyo de dos a tres personas resultando este tipo de sillas deficientes y no cumple todas las necesidades de las personas con discapacidad motriz por ende esta investigación tiene como fin evaluar las necesidades y determinar cuáles son las ideales y optimas en funcionamiento

1.6 Hipótesis

¿Es factible diseñar un sistema electromecánico para automatizar silla de ruedas manuales que proporcione autonomía a personas con discapacidad para desplazarse?

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general:

Diseñar un sistema electromecánico para automatizar silla de ruedas manuales que proporcione autonomía a personas con discapacidad para desplazarse en las extremidades inferiores.

1.7.2 Objetivos específicos

- Evaluar las necesidades físicas para tener autonomía de desplazamiento.
- Evaluar alternativas de diseño.
- Determinar los parámetros de diseño de las especificaciones técnicas.
- Realizar el diseño del sistema electromecánico en el software SolidWorks.
- Elaborar un presupuesto de la propuesta de diseño.

II. MÉTODO

2.1 Tipo y diseño de investigación.

a. Tipo de investigación.

Se realizó una investigación aplicada, debido a que aplicamos los conocimientos de mecánica para dar solución al problema encontrado, según el alcance es descriptiva porque nos permite detallar las características de nuestra variable en estudio y así poder analizarla. Según el tipo de dato es cuantitativa ya que los datos recopilados son analizados usando ecuaciones matemáticas y estadísticas.

b. Diseño de la investigación

No experimental transversal. Debido a que la recolección de los datos se realizó en un solo momento del tiempo y sin forzar los resultados, ni alterar las variables.

2.2. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente: Especificaciones técnicas del sistema electromecánico para automatizar sillas de ruedas	Especificaciones técnicas del sistema electromecánico para automatizar sillas de ruedas	Son los valores producidos por algoritmos de cálculo que darán las dimensiones de los elementos de máquinas necesarios para dotar de autonomía a personas con discapacidad en las extremidades inferiores a	potencia de motor, diámetro de eje, capacidad de batería, longitud de faja, fuerza de elevación etc.	De razón

		través de un sistema electromecánico adaptable a su silla convencional. Para así lograr subir escaleras y desplazarse sin apoyo de un tercero.		
Variable Dependiente: Autonomía de movimiento de las personas con discapacidad motriz en las extremidades inferiores	Autonomía de movimiento de las personas con discapacidad motriz en las extremidades inferiores	Es el tiempo en el cual el usuario no general impulso de manera manual para desplazarse y no necesita de un tercero para subir escalera.	Horas por día	De razón

Tabla nro. 1. Muestra la operacionalización de variables, definición conceptual, indicadores y escala de medición.

Variable independiente:

Especificaciones técnicas del sistema electromecánico para automatizar sillas de ruedas

Variable dependiente:

Autonomía de movimiento de las personas con discapacidad motriz en las extremidades inferiores

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población 490552 personas con discapacidad motriz en las extremidades inferiores del Perú.

2.3.2. Muestra: 7 personas con discapacidad motriz en las extremidades inferiores del Perú

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.5. Procedimiento

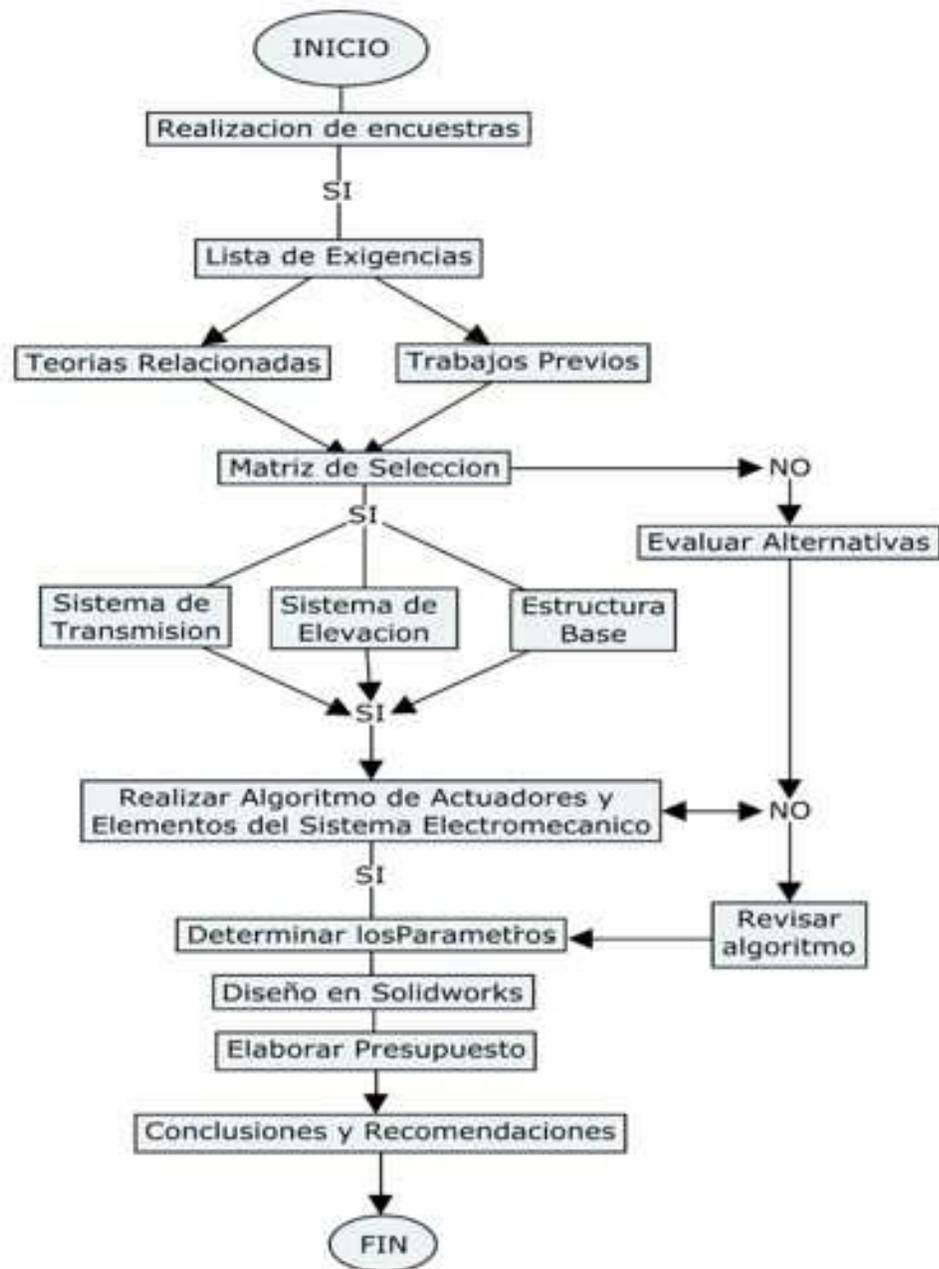


Figura 8 Flujograma de procedimiento para el diseño electromecánico

2.6. Métodos de análisis de datos

Se utilizara el método deductivo buscando a través de la lógica una solución al problema que nos planteamos, además nos permite plantearnos hipótesis para poder llegar a la solución acorde con la teoría y datos existentes. Cegarra (2012).

Buscamos un sistema electromecánico que proporcione autonomía a personas con dificultad en las extremidades inferiores de desplazarse.

La información presente en este documento fue obtenida a través de una encuesta realizada a una muestra por conveniencia de 7 persona con discapacidad en las extremidades inferiores, donde se logró obtener la lista de exigencias y necesidades, con el propósito de plantear alternativas de diseño evaluadas a través de una matriz de selección ponderada del sistema transmisión, chasis y sistema de elevación. que deberá tener el sistema electromecánico para automatizar silla de ruedas.

Se procederá a hacer uso de normas y coeficientes experimentales debidamente citados para determinar los parámetros de diseño a través de un algoritmo de cálculo, que nos permitirá seleccionar los elementos del sistema electromecánico como actuadores eléctricos , hidráulicos, ejes, rodamientos y cadenas, posterior a ello se diseñara cada elemento en el programa SolidWorks, se ensamblara y se acoplara a la silla de rueda tradicional para tener una visión clara de cómo será el sistema electromecánico, para que finalmente poder elaborar el presupuesto

Aspectos éticos

Ambiente: el diseño del sistema electromecánico para sillas de ruedas manuales contribuirá al cuidado del medio ambiente debido a que no utiliza combustibles fósiles ya que constará con 2 baterías recargables.

Confidencialidad: los datos obtenidos en las encuestas simplemente se utilizarán con el fin de captar las necesidades para el diseño de la silla automática.

Objetividad: el diseño de la silla de ruedas se basará en criterios de resistencia de materiales para la estructura, así como conocimientos eléctricos para su automatización y selección de elementos electromecánicos.

Originalidad: se citaron todos los conocimientos teóricos mencionados, así como las fuentes de obtención de datos realizada a través de la encuesta.

Veracidad. Para la obtención de las necesidades se visitó centro de rehabilitación y para corroborar los datos se pidió un sello representativo. Por otro lado, los algoritmos de cálculo y datos que se usaran, son en base a estudios realizados por autores reconocidos en la rama de mecánica, electricidad y automatización.

III. RESULTADOS

Lista de exigencias

NOMBRE Y APELLIDO	EDAD	PESO	VELOCIDAD
RODRIGO DELGADO SEGUNDO	61	70	LENTO, MODERADO Y RAPIDO
FERNANDO JULCA MANTILLA	44	92	MODERADO
PEDRO ENRIQUE BALTAZAR ROBEZ	47	66	MODERADO
AURELIO VILLEGAS BECERRA	91	60	MODERADO
ALVARADO GARCIA JULIO	84	80	MODERADO
WALTER CHACON	19	60	LENTA
GLADIS MORALES PASCUAL	52	74	LENTA
PROMEDIO	49.75	62.75	

Tabla nro. 2. Tipos de velocidades requeridas por los discapacitados

En la tabla 2 se observa a 7 discapacitados como muestra no probabilística por conveniencia con una edad promedio de 49.75 y un peso 62.75kg.

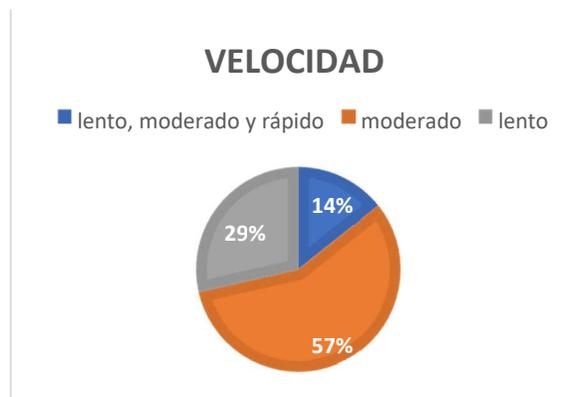
Según Mobile (2010) en su manual del usuario indica una velocidad rápida de 10km/h equivalente a 2.778m/s como también una velocidad moderada a 8.28km/h y finalmente una velocidad lenta 3.6km/h equivalente 1m/s.

Velocidad	Número de personas
lento, moderado y rápido	1
moderado	4
lento	2

Tabla nro. 3. Velocidades requeridas

En la tabla 3 indica que solo 1 persona requiere de 3 tipos de velocidades (lento, moderado y rápido) así mismo 4 personas indican que requieren de una velocidad moderada y 2 personas velocidad lenta.

Figura 9 Porcentajes de tipos de velocidades requeridas



Fuente propia

Según el gráfico 1 nos indica que el 14% de personas discapacidad requieren de una velocidad regulable (lento, moderado y rápido) como también 29% indica una velocidad lenta y lo restante el 57% requieren de velocidad moderada.

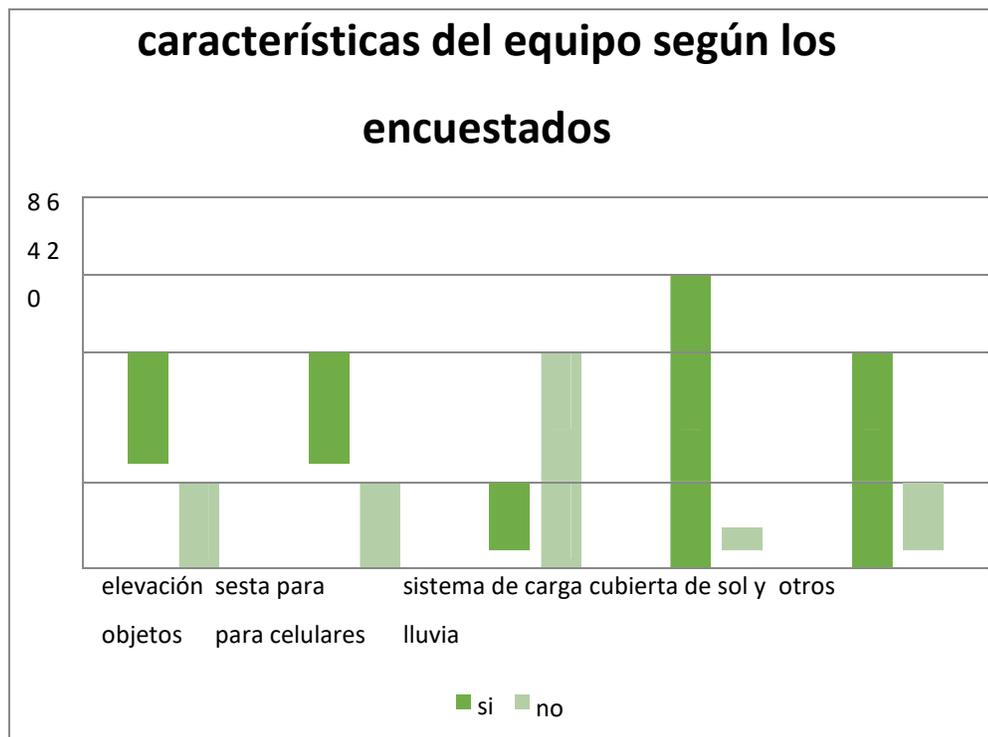
LISTA DE EXIGENCIAS					
Nombre y apellido	Elevación	Cesta para objetos	Sistema de carga para celular	Cubierta sol y lluvia	Otros
Rodrigo Delgado Segundo	X	X	X	X	tina para miccionar
Fernando Julca Mantilla					
Pedro Enrique Baltazar Robles		X		X	
Aurelio Villegas Becerra	X	X		X	Cómoda
Alvarado García Julio	X			X	
Walter Chacón	X	X	X	X	Asiento más acolchonado
Gladis Morales Pascual	X	X	X	X	Mesa, luces, claxon y asiento acolchonado

Tabla nro. 4. Lista de cualidades que debe de tener la silla de ruedas

Característica	si	no
elevación	5	2
sesta para objetos	5	2
sistema de carga para celulares	3	4
cubierta de sol y lluvia	6	1
otros	4	3

Tabla nro. 5. Cualidades requeridas

Figura 10 Total de cualidades requeridas



Fuente propia

En la tabla 4 se indica que 4 personas discapacitadas requieren de un sistema de elevación,

5 personas con una sesta para objetos, 3 con sistema de carga para celulares y 6 personas con una protección de sol y lluvia entre otros tenemos 4 personas indican que debería de tener una tina para miccionar, un sistema de luces, mesa y claxon se considera como otros.

Matriz de selección

Selección de sillas según la funcionalidad

Diseño 1: Silla de ruedas orugas su investigación fabrican un modelo apto para todo tipo de terreno ya que tiene un sistema de llantas orugas un chasis de acero resistente con 2 baterías de 12 v a 129 amperios horas lo cual es impulsado con por motores de corriente continua de 111 hp cada uno que giran a 12 rpm y el costo base \$ 15.500 USD en los Estados Unidos

Diseño 2 silla 3 funciones En la publicación de NEWS/MUNDO (2017) comparten el un innovador diseño autónomo lo cual cumple funciones de subir escaleras, elevación vertical y desplazamiento por nieve ya que cuenta con un sistema carrier con una faja dentada lo cual se adhiere fácilmente a las superficies con respecto a su elevación cuenta con dos cilindros hidráulicos que cumplen la función de elevar a la silla

Diseño 3 Silla de ruedas plegable. En la investigación de Diego Martin Castañar (2018) es una silla eléctrica con la particularidad de que es fácil y liviana de llevar a todos lados con capacidad máxima de carga a 100 kg accionado con dos motores de 120 w

Diseño 4 Silla bipedestadoras este tipo de sillas cuentan con sistemas de actuadores eléctricos con el fin de modificar nuestra posición, en este caso ponernos de pie en forma vertical y este diseño se conforma un chasis de una silla estándar en lo que se incluyen motores eléctricos de corriente continua mandos sistema de carga estos componentes van ubicados atrás de la silla de manera que no interrumpa la elevación vertical de silla así mismo lograr un equilibrio en el centro de masa para evitar una caídas , accidentes. Este diseño está pensado en alcanzar objetos en altura realizar actividades que involucren altitud como también integración social. Cuenta con una dirección manual y unas ruedas auxiliares posteriores con lo que asegura un equilibrio estable.

Diseño 5 Las sillas de ruedas eléctricas En el Manual del usuario (2010) muestra una silla de ruedas eléctrica modelo La R300 cuenta con una batería de 34amperiosH y alcanza los 6.4km/h con carga máxima de 136kg accionada por un motor en dc a 0.5hp

Diseño 6: Silla de ruedas scooter En la publicación otro web (2012) Los Scooter son fáciles prácticos de maniobrar en zonas reducidas también cuenta con una cesta para objetos en lo que el paciente desee llevar, está compuesta con dos motores eléctricos de 270 w fuente de carga de 2x12v a 14Ah alcanza una velocidad de 6.6km/h con autonomía 19km con carga máxima 113kg

Diseño 7 Sillas de ruedas manuales Silla de ruedas la silla está construida de aluminio ligero llegando a pesar 6.7kg también cuenta con dos ruedas de 60cm de diámetro lo cual tiene parada de frenos manuales y reposa a pies con carga máxima 100kg y sus respectivas dimensiones 70 x 44 x 89 cm

Procesos de selección

Tabla nro. 6. Para poder seleccionar la mejor opción se tomarán los siguientes criterios:

Criterio	Puntaje
Seguridad	5
Ergonomía	4
Facilidad para superar obstáculos	3
Costo	2
Mantenimiento	1

Fuente propia

Se tomarán puntajes del 1 al 10 para ser multiplicados por el peso de los respectivos criterios.

Siendo la definición de los criterios la siguiente.

Seguridad. Está basada en la rigidez de la estructura, además de ello en la probabilidad de que el equipo se voltee o dañe causando lesiones al operador.

Ergonomía. Son las cualidades del equipo que permiten que el usuario que lo manipule se encuentre cómodo. Facilidad para superar obstáculos. Es la capacidad del equipo de proporcionar al usuario desempeñarse en diferentes ambientes ya sea terrenos accidentados, subir escaleras convencionales, desplazarse de manera rutinaria etc.

Costo. La cantidad de dinero necesaria para adquirir el equipo mientras mayor sea el costo del equipo menor será el puntaje obtenido

Mantenimiento. Son los cuidados necesarios que debe tener el equipo para que funcione en óptimas condiciones. Mientras mayores cuidados necesiten menor será el puntaje

Puntajes

Tabla nro. 7. Modelo 1

Criterio	Puntaje de criterio	Puntaje obtenido	Resultado
Seguridad	5	8	40
Ergonomía	4	7	28
Facilidad para superar obstáculos	3	8	24
Costo	2	1	2
Mantenimiento	1	1	1
Resultado			95

Fuente propia

Tabla nro. 8. Modelo 2

Criterio	Puntaje de criterio	Puntaje obtenido	Resultado
Seguridad	5	8	40
Ergonomía	4	9	36

Facilidad para superar obstáculos	3	10	30
Costo	2	3	6
Mantenimiento	1	3	3
Resultado			115

Fuente propia

Tabla nro. 9. Modelo 3

Criterio	Puntaje de criterio	Puntaje obtenido	Resultado
Seguridad	5	7	35
Ergonomía	4	6	24
Facilidad para superar obstáculos	3	4	12
Costo	2	5	10
Mantenimiento	1	6	6
Resultado			87

Fuente propia

Tabla nro. 10. Modelo 4

Criterio	Puntaje de criterio	Puntaje obtenido	Resultado
Seguridad	5	9	45

Ergonomía	4	9	36
Facilidad para superar obstáculos	3	5	15
Costo	2	3	6
Mantenimiento	1	3	3
Resultado			105

Fuente propia

Tabla nro. 11. Modelo 5

Criterio	Puntaje de criterio	Puntaje obtenido	Resultado
Seguridad	5	8	40
Ergonomía	4	7	28
Facilidad para superar obstáculos	3	5	15
Costo	2	4	8
Mantenimiento	1	3	3
Resultado			94

Fuente propia

Tabla nro. 12. Modelo 6

Criterio	Puntaje de criterio	Puntaje obtenido	Resultado
Seguridad	5	6	30
Ergonomía	4	5	20
Facilidad para superar obstáculos	3	5	15
Costo	2	4	8
Mantenimiento	1	4	4
Resultado			77

Fuente propia

Tabla nro. 13. Modelo 7

Criterio	Puntaje de criterio	Puntaje obtenido	Resultado
Seguridad	5	3	15
Ergonomía	4	3	12
Facilidad para superar obstáculos	3	2	6
Costo	2	10	20
Mantenimiento	1	10	10
Resultado			63

Tabla nro. 14. Matriz de Selección

Criterios de diseño	D1 	D2 	D3 	D4 	D5 	D6 	D7 
Seguridad	40	40	35	45	40	30	15
Ergonomía	28	36	24	36	28	20	12
Facilidad para superar obstáculos	24	30	12	15	15	15	6
Costo	2	6	10	6	8	8	20
mantenimiento	1	3	6	3	3	4	10
Total	95	115	87	105	94	77	63

Fuente propia

El diseño de transmisión ganador es el diseño 2 ya que cuenta con todos los sistemas del diseño 1,4,5y 6 esto nos ayuda para tener un modelo de diseño guía de todo en uno que sea electromecánicos y fácil de operar. No obstante, este sistema de transmisión será incorporado a un diseño convencional

Matriz de selección de chasis Para poder seleccionar el chasis en el cual será incorporado el sistema de transmisión para subir escaleras se tendrán los criterios para los cuales se tomarán puntajes del 1 al 10 que posteriormente serán multiplicados por el peso que se les otorgue a los respectivos criterios. Siendo la definición de los criterios la siguiente:

Fácil de manipular por el usuario: a este criterio se le otorgara el peso de 4 y puntajes del 1 al 10 según convenga, en el cual 1 es la puntuación más baja debido a que el usuario debe realizar mayor número de actividades para manipular la silla y 10 cuando el número de actividades para manipularlo sea menor.

Fácil de modificar: a este criterio se le otorgara el peso de 3 y puntajes del 1 al 10 donde 1 son que tiene mayor índice de modificaciones para poder acoplar el sistema de transmisión que cumplirá la función de subir escaleras y 10 el chasis al cual se le debe de hacer menor modificaciones para acoplar el sistema.

Resistencia de la estructura: se le otorgara el peso de 2 y puntajes del 1 al 10 en donde 10 corresponde a una estructura simple rígida y compacta.

Ergonomía: tendrá peso de 1 y puntajes del 1 al 10 donde 10 sería que tan cómoda es, no obstante, la parte ergonómica se colocó con un bajo puntaje debido a modificaciones que tendrá dicho chasis.

Descripción de chasis Tener en cuenta que se tomaran los chasis de las sillas convencionales, puesto que se desea realizar y un prototipo de transmisión que automaticé las antes mencionada.

Normales / ligeras D1: Son sillas fabricadas mayoritariamente en aluminio, plegables y desmontaje rápido.

Estas cualidades de su diseño las hace fácilmente transportables, además la fuerza necesaria para impulsarse es menor que en modelos similares en acero.

Ultraligeras / activas D2: Materiales como el titanio o la fibra de carbono (más caros que el aluminio) son comunes en estos modelos, suspensión central y delantera, ruedas de alto rendimiento...

Estas sillas están pensadas para un máximo rendimiento y un peso y dimensiones lo más reducidas posibles. Suelen utilizarlas jóvenes activos, porque suele requerir mucho más equilibrio al tratarse de sillas con muy poco peso. Mayor maniobrabilidad, pero también más fácil el vuelco. BIDEA (2018)

Sillas deportivas D3: Vásquez (2015). Ofrecen a los atletas la posibilidad de participar en el deporte de su elección. Estas sillas tienen diseños diferentes, dependiendo del deporte. Los marcos ligeros son los más comunes, pero las sillas de ruedas deportivas no se pliegan. Pero también son más estables para giros bruscos. También existen las semi-deportivas, las cuales son utilizadas para las actividades cotidianas, estas brindan mayor comodidad, y un desplazamiento más fácil.

Silla bipedestadora D4 La silla Eléctrica Bipedestación de Müller te entrega la libertad que requieres en desplazamiento y alcance. Puedes pasar fácilmente de la posición sentada, como en cualquier silla eléctrica, a la posición de bipedestación, tan solo utilizando joystick. Müller (2015).

Silla hand bike D5 Las handbikes y las bicicletas adaptadas permiten seguir pedaleando con los brazos. Las handbikes o bicicleta de mano son dispositivos que se fabrican o acoplan a tu silla de ruedas para convertirla en un solo gesto en una silla de ruedas deportiva. Ortopedia mimas (2008)

Puntajes

Tabla nro. 15. Modelo 1

Criterio	Puntaje de criterio	Puntaje obtenido	Resultado
Fácil de manipular	5	10	50
Fácil de modificar	4	8	32
Resistencia de la estructura	3	7	21
Ergonomía	2	4	8
Resultado			111

Fuente propia

Tabla nro. 16, Modelo 2

Criterio	Puntaje de criterio	Puntaje obtenido	Resultado
Fácil de manipular	5	5	25
Fácil de modificar	4	7	28
Resistencia de la estructura	3	6	18
Ergonomía	2	6	12
Resultado			83

Fuente propia

Tabla nro. 17, Modelo 3

Criterio	Puntaje de criterio	Puntaje obtenido	Resultado
Fácil de manipular	5	10	50
Fácil de modificar	4	6	24
Resistencia de la estructura	3	7	21
Ergonomía	2	6	12
Resultado			107

Fuente propia

Tabla nro. 18. Modelo 4

Criterio	Puntaje de criterio	Puntaje obtenido	Resultado
Fácil de manipular	5	5	25
Fácil de modificar	4	4	16
Resistencia de la estructura	3	9	27
Ergonomía	2	10	20
Resultado			88

Fuente propia

Tabla nro. 19. Modelo 5

Criterio	Puntaje de criterio	Puntaje obtenido	Resultado
Fácil de manipular	5	10	50
Fácil de modificar	4	3	12
Resistencia de la estructura	3	8	24
Ergonomía	2	5	10
Resultado			96

Tabla nro. 20. Matriz de Chasis

	D1	D2	D3	D4	D5
Criterios de diseño					
Fácil de manipular	50	25	50	25	50
Fácil de modificar	32	28	24	16	12
Resistencia de la estructura	21	18	21	27	24
Ergonomía	8	12	12	20	10
Total	111	83	107	88	96

Fuente propia

El diseño ganador es el número uno, debido a la mayor cantidad de características que lo hacen idóneo para que sea adaptado el sistema oruga para subir escaleras.

Matriz de selección para el sistema de elevación de transmisión adaptada Para poder seleccionar el sistema de elevación el cual posicionara el sistema de transmisión para subir escaleras se tendrán criterios para los cuales se tomarán los puntajes del 1 al 10 que posteriormente serán multiplicados por el peso que se les otorgue a los respectivos criterios.

Seguridad: Con peso 4 es la probabilidad a que el actuador sea mecánico eléctrico, electromecánico, neumático o hidráulico no cause daño al usuario, en donde mientras más probabilidad exista, menor será el puntaje

Dimensión de componentes: Con peso 3, se tendrá en cuenta las dimensiones que tienen los elementos que darán lugar al sistema de elevación y mientras menos espacio ocupen mayor puntaje tendrá

Costo: Con peso 2, se tomará en cuenta que mientras mayor costo tenga el sistema de elevación menor puntaje obtendrá

Estética: Con peso 1, esta se tomará según el criterio del autor en la cual se resaltarán la manera en la que el sistema de elevación se adecua a la silla teniendo menor puntaje el sistema que denota como una instalación forzada

Descripción de sistemas

Sistemas hidráulicos D1: En la página de ingeniería mecánica (2019) Es uno de los sistemas más usado en elementos mecánicos en el cual se requiere grandes cantidades de fuerza. Este se compone por un tanque acumulador de fluido hidráulico, una bomba impulsora, válvula de control para direccionar el fluido, actuador o pistón hidráulico, red de conductos por los cuales trabaja el fluido, filtros y válvula de alivio en caso de exceso de presión.

Este sistema hidráulico es beneficioso debido a sus fluidos incompresibles, esto da lugar a generar altas presiones con reducidas cantidades de este.

Sistema neumático D2: Pacheco, lineares 'Principio de funcionamiento neumático' sostiene que los sistemas neumáticos son aquellos en los cuales se utilizan aire u otros gases para convertir la energía cinética en mecánica, no obstante, el sistema neumático reacciona más rápido que el

sistema hidráulico, pero necesita su compresor, tanque, ductos, válvulas y filtro, para poder absorber el aire de la atmosfera y comprimirlo.

Sistema mecánico eléctrico D3: En este caso se tomarán los tornillos de potencia, para lo cual la página de ingeniería macacina nos dice que, son aquellos destinados a la transmisión de potencia y movimiento, así mismo consta de pocos componentes ya que tiene un servo motor una caja de convertidor de torque y un tornillo sin fin todo eso en un solo sistema , y que generalmente se utilizan para convertir un movimiento angular o de giro, en un movimiento de traslación o lineal, acompañado además de una transmisión de esfuerzo. Los tornillos de potencia se usan en muchas aplicaciones, como tornillos de avance en máquinas herramientas, mordazas, gatos mecánicos para elevación de vehículos, prensas y otros dispositivos de elevación de cargas, máquinas universales de tracción y compresión, etc.

Puntajes

Tabla nro. 21. Modelo 1

Criterio	Puntaje de criterio	Puntaje obtenido	Resultado
seguridad	4	4	16
Dimensión de componentes	3	4	12
costo	2	8	16
estética	1	2	2
Resultado			46

Fuente propia

Tabla nro. 22. Modelo 2

Criterio	Puntaje de criterio	Puntaje obtenido	Resultado
seguridad	4	8	32
Dimensión de componentes	3	4	12
costo	2	6	12
estética	1	2	2
Resultado			58

Fuente propia

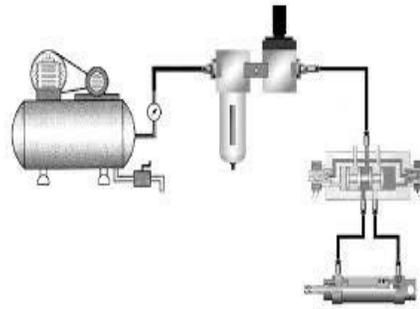
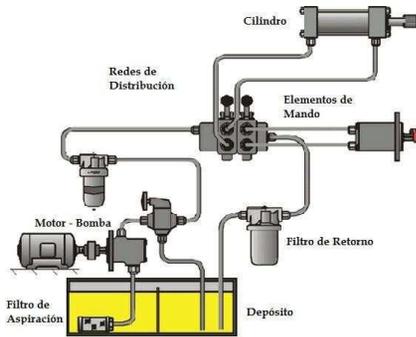
Tabla nro. 23. Modelo 3

Criterio	Puntaje de criterio	Puntaje obtenido	Resultado
seguridad	4	9	36
Dimensión de componentes	3	7	21
costo	2	6	12
estética	1	9	9
Resultado			78

Fuente propia

Tabla nro. 24. Matriz de selección sistema de elevación

Criterios de diseño	D1	D2	D3
Seguridad	16	32	36
Dimensión de componentes	24	12	21
Costo	16	12	12
Estética	2	9	9
Total	58	65	78



Fuente propia

Según la tabla 24 el sistema de elevación ganador es el sistema mecánico eléctrico D3 ya que sus dimensiones físicas son ideales para nuestro sistema en cuestiones de espacio, como se consideró en seguridad un puntaje de 36 por lo que optamos como criterio primordial y este estudio de investigación además es bajo en costo esto ayuda a tabla de costos y presupuestos

Matriz general de diseño

Tabla nro. 25. Diseños ganadores

Función	Chasis	Elevación
 <p data-bbox="451 1039 488 1066">D2</p>	 <p data-bbox="824 1039 862 1066">D1</p>	 <p data-bbox="1198 1039 1235 1066">D3</p>

Fuente propia

En la tabla N°25 se muestra los diseños ganadores tras una elección por criterios de diseño que se consideró para la parte de función en la tabla 20 tales como seguridad ergonomía ,facilidad de superar obstáculos , costo y mantenimiento en lo que el diseño 2 cumplió con todas las expectativas ya que a diferencia del resto de diseño tiene todas las funciones operables al subir escaleras por un sistema de carrier con faja dentada con la ayuda de dos motores eléctricos en dj y para su elevación un sistema hidráulico por dos actuadores uno en la parte central del reposa pies, el otro en la parte trasera conectado a dos ruedas auxiliares para lograr equilibrio, por otra parte el diseño ganador del chasis en la tabla 26 fue diseño 1 en lo que se consideró los criterios de diseño, como fácil de manipular, fácil de modificar, resistencia de la estructura ya que este diseño cumple con todo lo

requerido ya que es fácil de acoplar un sistema electromecánico, con respecto a la elevación se dé opto por un diseño 3 ya que es mecánico eléctrico denominado actuador lineal eléctrico por la dimensión de sus componentes, más practico en nuestro sistema es decir fácil montaje.

Cálculo de los pistones. A partir de una matriz de selección en la tabla 24 se muestra la selección del pistón, ya que optamos por un sistema de tornillo sin fin, es decir actuadores lineales eléctricos se tomó como peso máximo total tabla 2 donde indicamos un peso promedio de 62.75 kg así mismo el peso restante de la silla de ruedas y los sistemas equivalente a una carga total de 194 kg. Es por ende que se calculara el sistema de elevación para finalmente seleccionarlo a partir de su carga apoyada en la base del carrier con fines de elevar todo el peso verticalmente con fin de cumplir una función principal en silla de ruedas de hacerla autónoma a diferencia de la silla manual con la funcionalidad de ascender escaleras desde su punto de inicial del carrier con ángulo cero y el pistón ubicado en la parte central delantera de la silla formado ángulo de 45° en relación al suelo, hasta posicionar al carrier la parte trasera con el filo del escalón con ángulo 30° establecido por el reglamento nacional del colegio de arquitectos. Es donde se pone en trabajo el pistón delantero para ejercer una fuerza requerida y levantar toda la carga en sentido vertical hasta posicionar los primeros dientes del carrier en el escalón de este modo el carrier trepa las primeras grada a una velocidad de 5.4rpm tomando estabilidad en su centro de masa. Por la parte posterior se encuentra un pistón de amortiguamiento donde cumple la función de absorber todo el impacto de caída equivalente a 194kgf acoplado al pistón se tiene a dos ruedas con fines de deslizar toda la silla hacia atrás hasta poner en contacto al carrier con el suelo para ello se considera el mismo cálculo para ambas ya que calculara la fuerza requerida de levante. Donde en la figura 8 se muestra un diagrama de cuerpo libre.

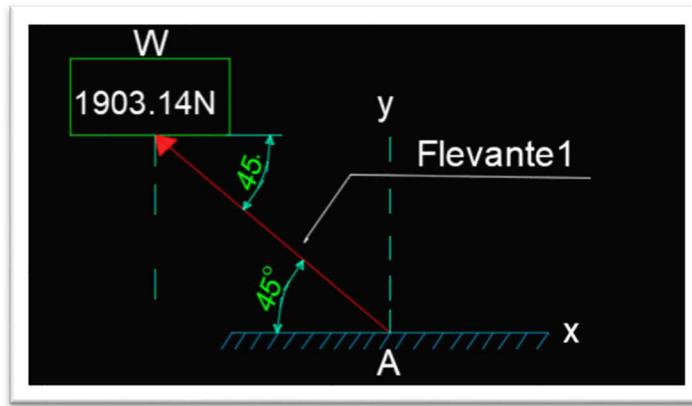


Figura 11 DCL

Fuente: Propia

Donde $W=mt.g$ se considera $m=$ la masa total(194kgf) y $g=$ la gravedad= $194 \times 9.81=1903.14\text{Newtons}$

F_1 es la fuerza requerida para el levante así mismo hacemos una descomposición de fuerzas en su eje "x-y" tales que $F_x=F_1\cos\theta$, $F_y=F_1\sin\theta$ es decir la presión de levante está en ambos ejes con ángulo 45° entonces $F_x=1903.14\cos(45)$, $F_y=1903.14\sin(45)$ descomposición de vectores correspondientes a su magnitud en el plano cartesiano

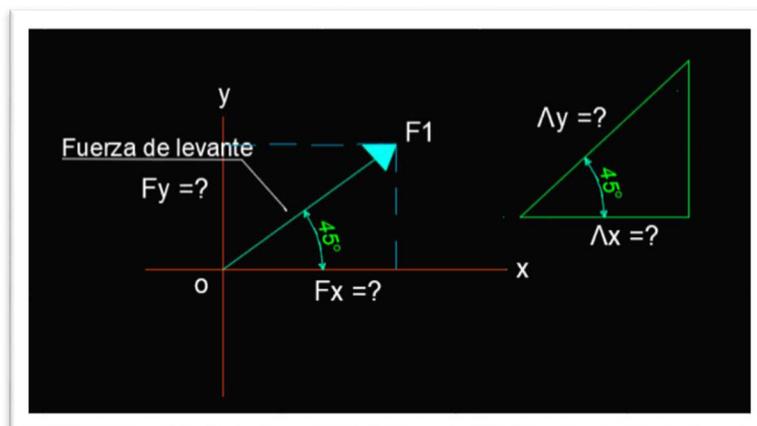


Figura 12 DCL de pistón

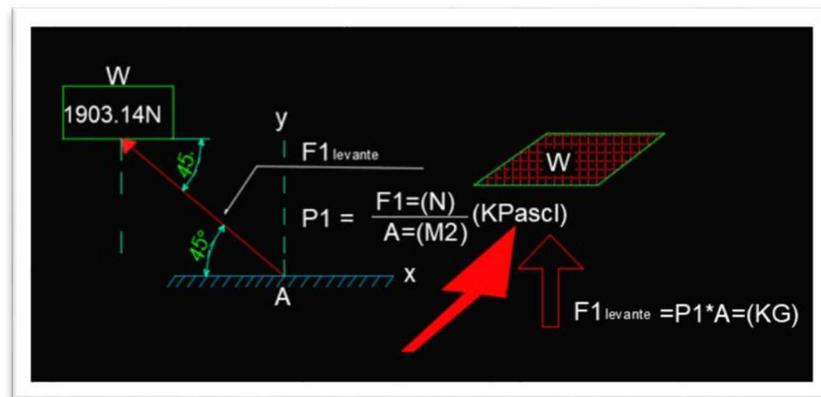
Fuente: Propia

Se obtiene de la descomposición de fuerzas

$F_X=1345.723\text{N}$ Y $F_Y=1345.723\text{N}$ tales que se procede a una fuerza resultante

$FR=\sqrt{F_X^2 + F_Y^2}=F(1345.723)^2 + F_Y(1345.723)^2=1903.1\text{N}$ es decir que la carga está afectando dichos ejes en sentido puntual 1345.723N

Figura 13 DCL



Fuente: Propia

Donde se despeja la fórmula para encontrar la F1 de levante

$P = \frac{F}{A} (PSCAL)$ según Robert (2006) tal como se indica en la figura 9 quedando que la fuerza de levante $F1_{levante} = P(Pasco) * A(m2)$ según Robert (2006)

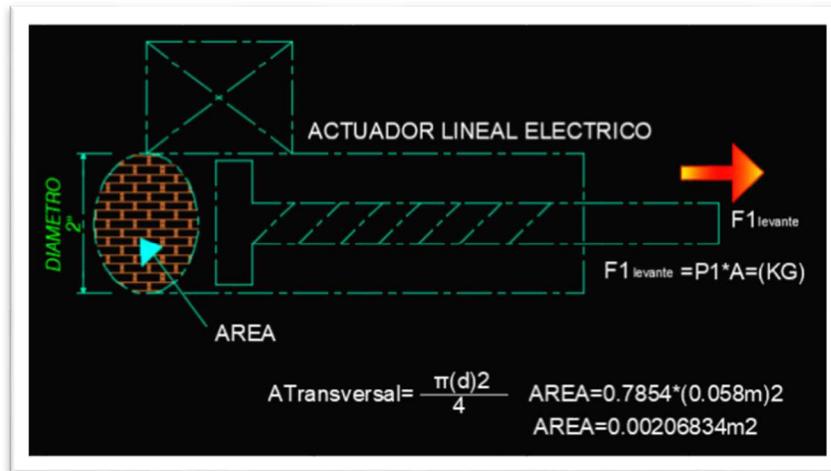


Figura 14 Actuator lineal eléctrico

Fuente: Propia

En la figura 11 se tiene la dimensión del área requerida para el actuador lineal eléctrico en el sistema equivalente a 0.00206834m² para ello por iteración se encuentra una presión equivalente a 1450.438kpa es decir si reemplazamos en la formula

$F=P*A$ es decir la fuerza $F1$ tiene que ser mayor a la carga de 1903.14N por ello se itera y reemplaza $F1_{levante}=1450.438kpa*0.00206834m^2=2999.6N$. aproximado 3000N Finalmente se obtiene una fuerza de 2999.6N a con presión de 1450.438kpa para levantar una carga de 194kgf si dividimos la fuerza obtenida entre la carga se obtiene un factor de seguridad.

$FS=2999.6/1903.14= 1.5$ aproximado con fines de que el sistema trabaje en sus óptimas condiciones sin interrupciones.

Tabla nro. 26. Selección del actuador para el levante y amortiguación

ACTUADOR ELECTRICO LINEAL 3000N	ACTUADOR ELECTRICO LINEAL 2
12/24 V CC 300mm	2000N 12/24 V CC 300mm

 <p>Figura Actuador. E</p> <p>Fuente: Aliexpress</p>	 <p>Figura Actuador. E</p> <p>Fuente: Aliexpress</p>
--	---

Fuente propia

En función a la tabla se optará por el actuador 1 de 3000N para nuestro sistema por su capacidad de carga y sus dimensiones en el eje delantero y posterior

Parámetros de diseño movimiento de la silla de ruedas de acuerdo a las leyes de la mecánica clásica, un cuerpo que deba trasladarse de forma continua y uniforme deberá recibir una fuerza impulsora que iguale y anule las fuerzas que se opongan a su movimiento. Para evaluar la fuerza impulsora requerida para su movimiento determinamos los factores que influyen tal como:

Masa inercial del mismo; a mayor masa del vehículo será necesario un motor más potente para conseguir las prestaciones dinámicas necesarias (en el presente proyecto se considera el peso del vehículo, el peso del Carrier, el peso de la persona y el peso de la batería).

Motor del vehículo, que genera un impulso rotacional transmitido por una cadena cinemática hasta las ruedas motrices incluyendo el sistema de transmisión del carrier (se empleara una moto reductora eléctrica de corriente continua).

Al movimiento del vehículo se oponen un conjunto de fuerzas resistivas que se oponen a su avance.

- Fuerza de rozamiento con el suelo
- Fuerza o resistencia aerodinámica
- Fuerza de gravedad (relevante cuando el movimiento tiene lugar en un plano no horizontal como es el caso).

Resistencia al avance: Las resistencias que intervienen en el movimiento del vehículo (silla de ruedas) son:

- Resistencia a la rodadura
- Resistencia aerodinámica
- Resistencia de gravedad en pendiente y normal

Se tendrán consideraciones como el peso de los componentes para dimensionar diversos componentes de la máquina.

Tabla nro. 27. Peso total de silla, sistema electromecánico y usuario.

Elementos de maquinas					
Descripción	Cantidad	Peso	Peso total	Unidad	Fuente
silla	1	15	15	kg	Alliexpress
Kit de 2 motores y joystick	1	4.4	4.4	kg	Alliexpress
Batería	1	14	14	kg	Alliexpress
Sistema de elevación	2	3	6	kg	Alliexpress

Catalina 0.08 m	2	0.2	0.4	kg	Alliexpress
Catalinas 0.03 m	4	0.15	0.6	kg	Alliexpress
Cadenas 3.5 metros	1	5.4	5.4	kg	Alliexpress
Fajas	2	1.5	3	kg	Alliexpress
Cojinetes de pie	4	0.25	2	kg	Alliexpress
Pernos $\frac{3}{4}$ x 2''	12	0.05	0.6	kg	Ferretería
Pernos tuercas $\frac{1}{2}$ '' x 1''	8	0.04	0.32	kg	Ferretería
Cargador de baterías	1	2	2	kg	Alliexpress
polines	16	0.5	8	kg	Alliexpress
Eje de transmisión	2	1.155	2.461	kg	Con densidad 7.85 gramos sobre cm ³
Eje polín	12	0.398	4.776	kg	Con densidad 7.85 gramos sobre cm ³
Eje de apoyo	2	1.567	3.134	kg	Con densidad 7.85 gramos sobre cm ³
Marco donde se sostiene el Carrier	1	2	2	kg	Aproximación
cliente	1	120	120	kg	Por criterio de investigador

Total	194 kg
-------	--------

Fuente propia

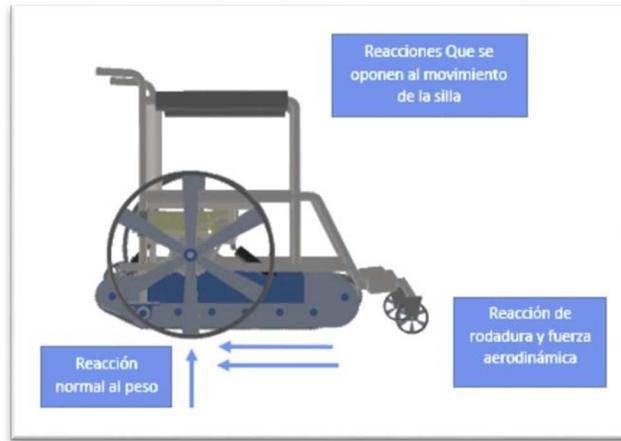


Figura 15 DCL de fuerzas que se oponen al movimiento

Fuente: Propia

Resistencia a la rodadura La resistencia a la rodadura se produce por el desplazamiento del vehículo. Se opone a la fuerza de empuje; su valor depende de la masa del vehículo, de la geometría de dirección, del tipo, perfil y presión de inflado de las ruedas de la velocidad de marcha, estado de la carretera y de la superficie de la misma. Para su cálculo se empleó la formula (1)



Figura 16 DCL de rodadura

Fuente: Propia

$$F_{Rr} = f_{rr} \cdot m \cdot g \cdot \cos \theta$$

$$m = 194 \text{ kg } g =$$

$$9,81 \text{ N/kg } \cos 0^\circ =$$

$$1,0$$

3.5.3. Coeficiente de resistencia a la rodadura (f_{rr})

f_{rr}

$$= f_o (1 + V/160)$$

El valor de f_{rr} se basa en datos experimentales; seleccionándose un valor de 0,01 (Genta 2006;

Valladolid y López ,2013)

Reemplazando datos Teniendo en cuenta los datos de la lista de especificaciones:

Velocidad del vehículo: (V) $V = 1,5 \text{ m/s } (5,4 \text{ km/h})$ $f_o = 0,01$ (seleccionado de acuerdo a las características de la rueda y la superficie de rodadura (Genta 2006; Valladolid y López ,2013).

$f_{rr} = 0,01 (1 + 5,4 / 160) = 0,01043$ Reemplazando el factor f_{rr} en la relación (1) se tiene:

Fuerza de resistencia a la rodadura

$$F_{Rr} = 0,01043 \cdot 194 \cdot 9,81 \cdot 1,0 = 19,85 \text{ N}$$

Resistencia aerodinámica (F_a): La fuerza que ejerce el aire que se opone a la marcha del vehículo y que depende principalmente de su forma exterior. La fuerza de la resistencia del aire depende del tamaño y forma del vehículo, de la velocidad de marcha, de la densidad del aire y de la dirección y fuerza del viento. El coeficiente de resistencia aerodinámica C_x se determina en los ensayos realizados a escala en los tunes de viento.

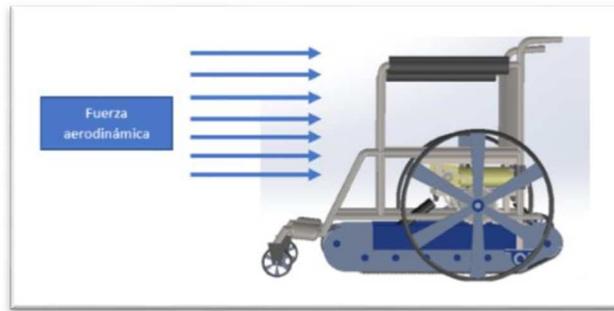


Figura 17 DCL fuerza aerodinámica

Fuente: Propia

$$F_a = 0,5 \rho C_D \cdot A \cdot v^2$$

Dónde:

Coeficiente de penetración aerodinámica (C_D)

F_a - Resistencia de penetración aerodinámica (N) ρ

- Densidad del aire: $1,225 \text{ kg/m}^3$

C_D - Coeficiente de penetración aerodinámica (tipo Flat plate: $C_D = 1,95$) (Valladolid y

López ,2013)

A - Área frontal del vehículo: $0,8 \text{ m}^2$

V - Velocidad del vehículo: $1,5 \text{ m/s}$

$$F_a = 0,5 * 1,225 * 1,95 * 0,8 * (1,5)^2 = 2,1940 \text{ N}$$

Se observa que al aumentar la velocidad de marcha aumenta la resistencia aerodinámica según se deduce de la ecuación; por ello, la relación velocidad – potencia del motor no es lineal, sino que se incrementa potencialmente.

A sí mismo el coeficiente aerodinámico tiene que ver con la forma del vehículo, y la superficie de la parte delantera del vehículo es posible calcular la cantidad de energía necesaria para vencer la resistencia del aire en el sentido de avance a cualquier velocidad (Valladolid y López ,2013). Por otro lado, se colocó el coeficiente flat plate o cara plana porque se desea trabajar cuando el aire tiene el mayor contacto.

La fuerza que el aire ejerce sobre el vehículo actúa en tres direcciones:

- Resistencia al avance, en sentido longitudinal al vehículo.
- Resistencia de sustentación, en sentido vertical.
- Resistencia de deriva, en sentido transversal y puede variar la trayectoria que marca el conductor.

Resistencia de pendiente (F_{Rp})

En el presente proyecto el vehículo deberá ascender por gradas de concreto por lo que se debe tener en cuenta la resistencia de una pendiente y que depende del perfil de las referidas gradas y de la masa del vehículo; por lo que el vehículo requerirá de una mayor fuerza de propulsión para vencer dicha resistencia ofrecida por la pendiente. Por lo tanto, se requerirá de mayor potencia del motor para evitar un descenso de la velocidad y compensar la potencia de pendiente.

La fuerza de resistencia de pendiente se calcula:

$$F_{Rp} = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

Fuerza debida a la pendiente: La pendiente para las gradas se determinó teniendo en cuenta la tangente del ángulo que forma con la horizontal.

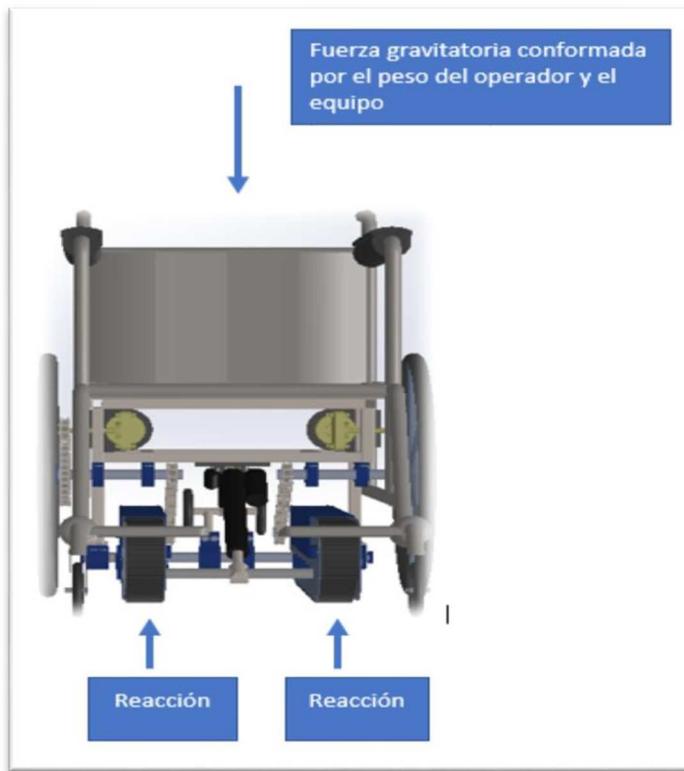


Figura 18 DCL de la fuerza en pendiente

Fuente: Propia

De acuerdo al Reglamento Nacional de Construcción ilustrado por el Colegio de Arquitectos del Perú, emplearemos las pendientes recomendadas de acuerdo a la figura.

Pendiente: 12/39 que corresponde a un ángulo: $\alpha = 28$ a 30°

$$F_{Rp} = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

$$F_{Rp} = 194 \cdot 9,81 \cdot \sin 30^\circ$$

$$F_{Rp} = 951,6 \text{ N}$$

Para el caso de posición horizontal el peso formaría un Angulo de 90° con la horizontal.

$$\sin 90 = 1$$

$$F_{Rp} = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

$F_{Rp} = 194 \cdot 9,81 \cdot 1$ $F_{Rp} = 1903.14$ se usará la fuerza máxima para dimensionar elementos de maquina debido a que el eje estará sometido a fuerzas producidas por ángulos que al ser directamente proporcionales a ellas la disminuyen.

Para el caso de descenso de las gradas o sea pendiente negativa (cuesta abajo) esta fuerza de pendiente o gravitatoria cambia de signo y deja de ser una fuerza de opuesta al movimiento del vehículo por lo tanto se convierte en un apoyo al esfuerzo del motor.

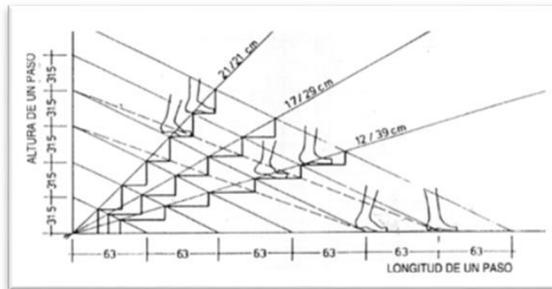


Figura 19 Relación de pendiente en gradas de concreto

Fuente: CAP Perú

Referencia: Reglamento Nacional de Construcción ilustrado por el Colegio de Arquitectos del Perú

Dimensionamiento del eje

Para poder calcular el árbol de transmisión de la rueda se deberán conocer las fuerzas que actúan sobre este, para ello se realizaran diagramas de cuerpo libre DCL en las dos posiciones de la silla

tanto en movimiento lineal como para subir escaleras. Para posteriormente usar la teoría de Mohr coulomb y Mohr modificada.

Posición inclinada

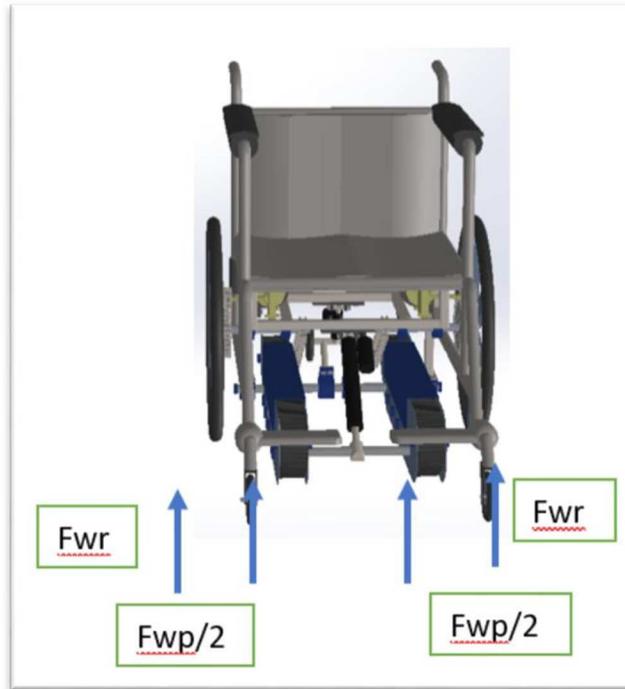


Figura 20 Diagrama de cuerpo libre del equipo en posición para subir escaleras y

Fuente: Propia

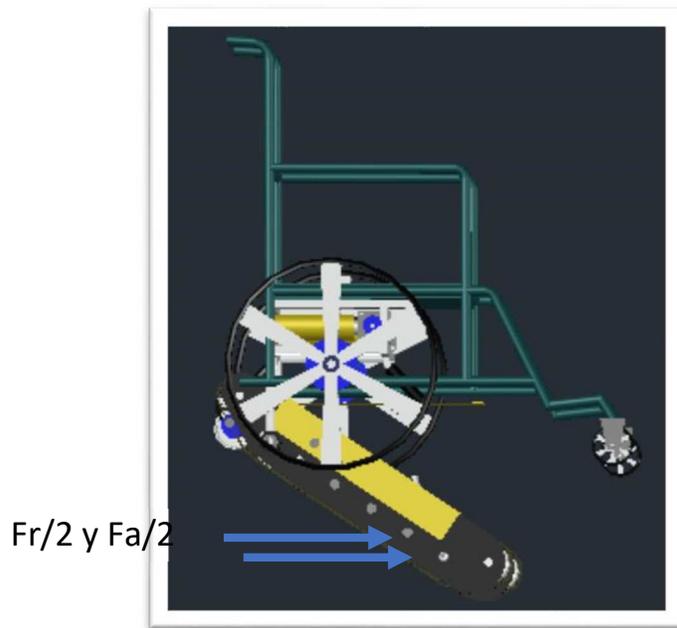


Figura 21 Diagrama de cuerpo libre del equipo en posición para subir escaleras xz

Fuente: Propia

El diagrama de cuerpo libre cuando la silla electromecánica está en posición inclinada nos muestra la fuerza de rodadura, fuerza aerodinámica, la fuerza de gravedad en pendiente dividida entre dos, además de la fuerza del peso de las ruedas en posición diagonal.

Todas estas fuerzas actuarán en el eje debido a ello se realizó un diagrama de cuerpo libre de las fuerzas que actúan en

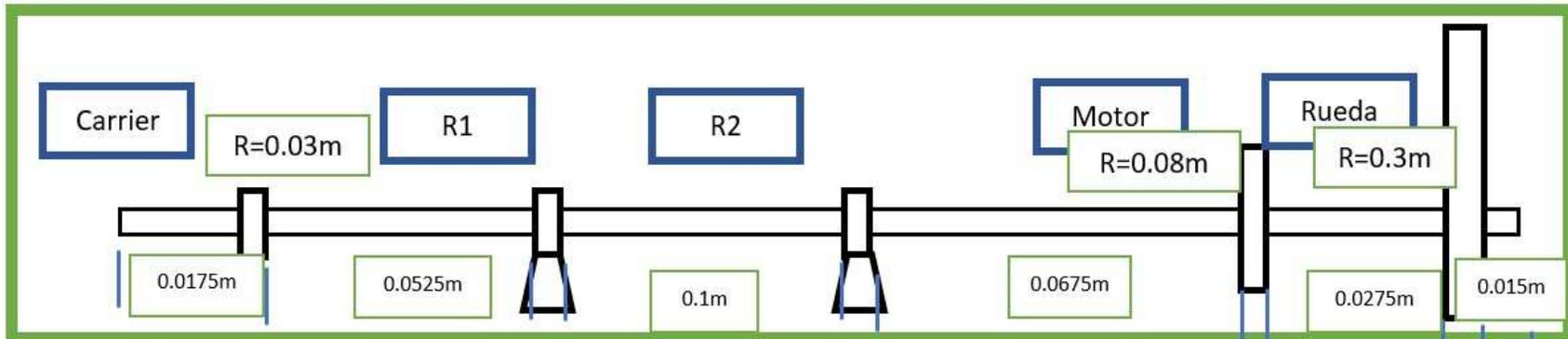


Figura 22 Vista general de fuerzas que actúan en el eje

Fuente: Propia



Figura 23 Diagrama de cuerpo libre del eje del equipo en posición para subir escaleras y

Fuente: Propia

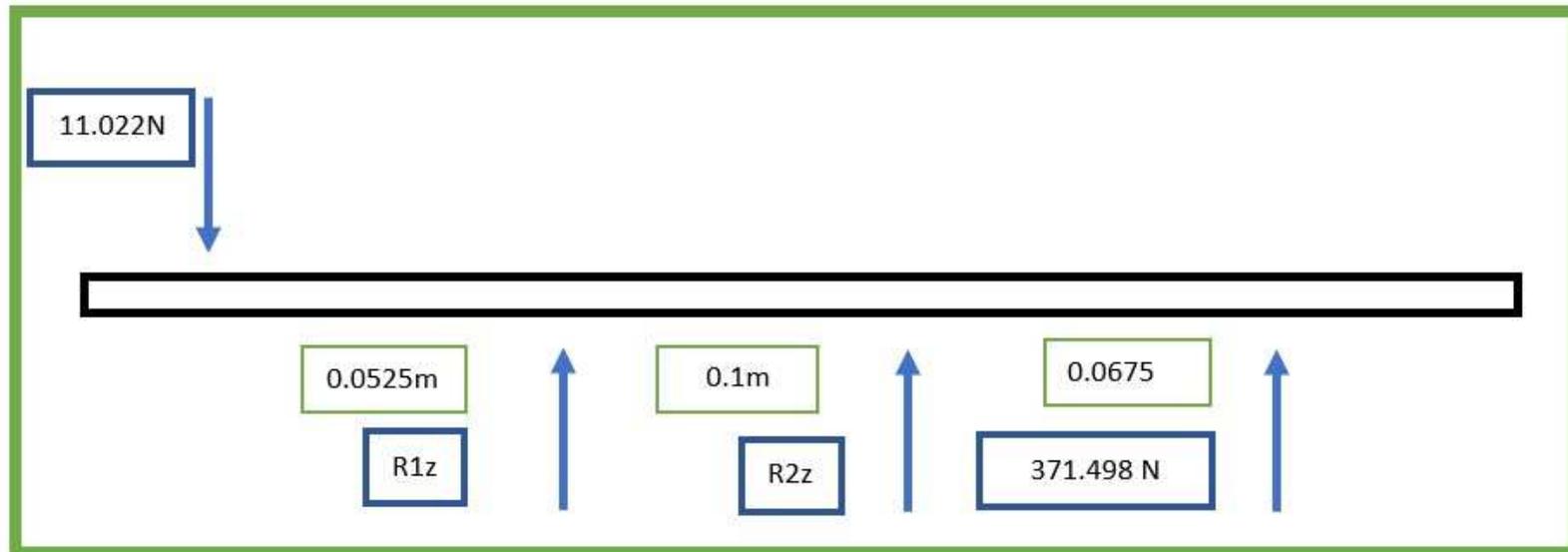


Figura 24 Diagrama de cuerpo libre del eje del equipo en posición para subir escaleras (Carrier) xz Fuente: Propia

El torque y la fuerza que tendrá el motor se obtiene a través de la sumatoria de todos los torques

$$\sum \text{torques} = 0$$

$$9.925*0.03 + 1.097*0.03 + 951.57*0.03 + 2.83509*0.3 - 0.08*F_{\text{motor}} = 0$$

$$0.297 + 0.0329 + 28.54 + 0.85 - 0.08*F_{\text{motor}} = 0$$

$$0.08*F_{\text{motor}} = 37.1 \text{ F}_{\text{motor}}$$

$$37.1/0.08$$

$$F_{\text{motor}} = 371.498 \text{ N}$$

Se procederá a hallar las reacciones

Reacciones plano xy

$$\sum \text{momentos} = 0$$

Tomando como referencia el punto R1y

Se toma la fuerza del peso como en el eje y debido a que los ejes de transmisión están paralelos.

$$-R_{2y}*0.1 + 2.83509*0.195 - 951.57*0.0525 = 0$$

$$R_{2y} = -49.4/0.1$$

$$R_{2y} = -494 \text{ N}$$

$$\sum \text{fuerzas y} = 0$$

$$-951.57 + R_1 + R_2 + 2.83509 = 0$$

$$R_{1y} = 948.734$$

Reacciones plano xz

$$\sum \text{momentos} = 0$$

Tomando como referencia el punto R1z

$$-R_{2z} * 0.1 - 371.498 * 0.1675 - 11.022 * 0.0525 = 0$$

$$R_{2z} = - 62.8 / 0.1$$

$$R_{2z} = - 628 \text{ N}$$

$$\sum \text{fuerzas } z = 0$$

$$-11.022 + R_{1z} + R_{2z} + 371.498 = 0$$

$$R_{1z} = 245.48 \text{ N}$$

Cálculo del torque máximo

$$T_{xy} = \frac{t * c}{J}$$

Previo al cálculo del torque máximo se debe saber cuál es el toque máximo en los engraves para

ello

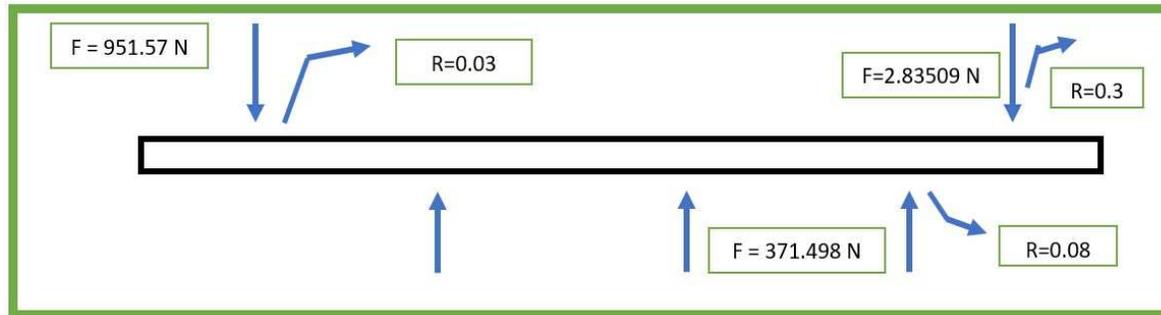


Figura 25 Diagrama de cuerpo libre del eje del equipo en posición para subir escaleras xy xz

Fuente: Propia

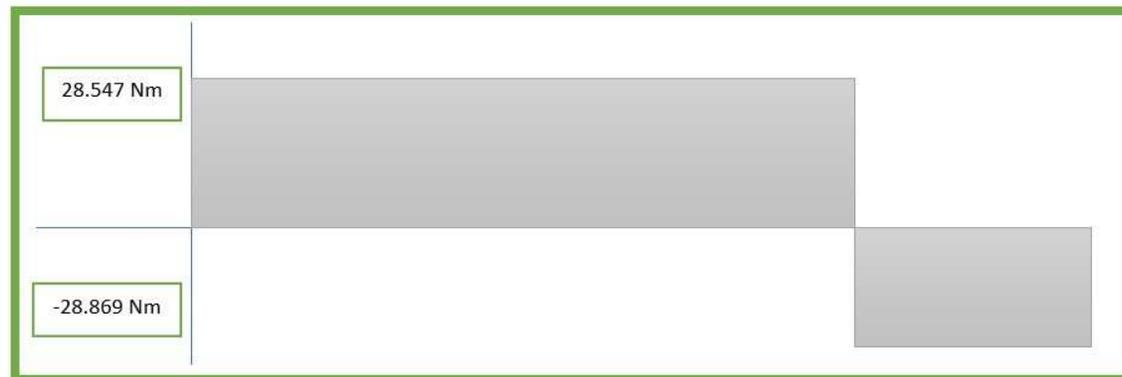


Figura 26 Diagrama de torque

Fuente: Propia

Hallando el Txy

$$J = \frac{\pi}{2} * C^4$$

$$c = \frac{d}{2}$$

$$Txy = \frac{28.869 * c}{J}$$

$$Txy = \frac{28.869 * 16}{\pi * d^3}$$

$$Txy = \frac{147.028}{d^3}$$

Momentos máximos

En el punto Carrier

$$My = R1y * 0.0525$$

$$My = 951.57 * 0.0525$$

$$My = 49.957 \text{ Nm}$$

$$Mz = R1z * 0.0525$$

$$Mz = -245.48 * 0.0525$$

$$M_z = -12.887 \text{ Nm}$$

$$|M_{carrier}| = \sqrt{49.57^2 + -12.887^2}$$

$$|M_{carrier}| = \sqrt{2623.259}$$

$$|M_{carrier}| = 51.217 \text{ Nm}$$

En el punto motor

$$M_y = R_{2y} * 0.0675$$

$$M_y = -494 * 0.0675$$

$$M_y = -33.345 \text{ Nm}$$

$$M_z = R_{2z} * 0.0675$$

$$M_z = -628 * 0.0675$$

$$M_z = -42.39 \text{ Nm}$$

$$|M_{rueda}| = \sqrt{33.345^2 + -42.39^2}$$

$$|M_{rueda}| = \sqrt{2908.8}$$

$$|M_{rueda}| = 53.9 \text{ Nm}$$

Se usará el momento en el motor debido a que se desea calcular el eje en condiciones máximas de trabajo y se calculará por el método de tresca shigley (1990). Esfuerzos

$$\sigma = \frac{M * C}{I}$$

$$I = \frac{\pi * C^4}{4}$$

$$C = \frac{d}{2}$$

Formula reemplazada

$$\sigma = \frac{M * 32}{\pi * d^3}$$

$$\sigma = \frac{717.3020132 * 32}{\pi * d^3}$$

$$\sigma = \frac{7306.37831}{d^3}$$

Esfuerzo admisible

$$\sigma_{admissible} = \frac{S_{ut}}{n}$$

$$\sigma_{admissible} = \frac{220000000}{2.5}$$

$$\sigma = 88000000$$

Para hallar los esfuerzos máximos

$$Ga - Gb = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\frac{\sigma_x^2}{2^2} + Txy^2} - \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\frac{\sigma_x^2}{2^2} + Txy^2}$$

$$d = 3 \sqrt{\frac{16}{\pi * \sigma_{admissible}} + \sqrt{M^2 + T^2}}$$

$$d = 3 \sqrt{\frac{16}{\pi * 88} + \sqrt{53.9^2 + 28.869^2}}$$

$$d = 3 \sqrt{0.057 + \sqrt{3738.629}}$$

$$d = \sqrt[3]{61.2}$$

$$d = 3.94 \text{ cm}$$

Posición normal

Para este cálculo se creyó conveniente realizar el dimensionamiento con la teoría de Mohr coulomb y Mohr modificada shigley (1990)

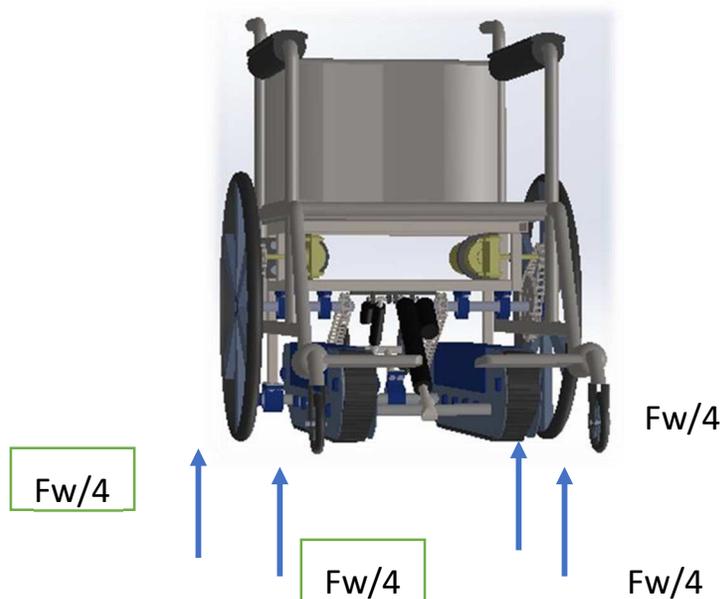


Figura 27 Diagrama de cuerpo libre del equipo en posición normal xy

Fuente: Propia

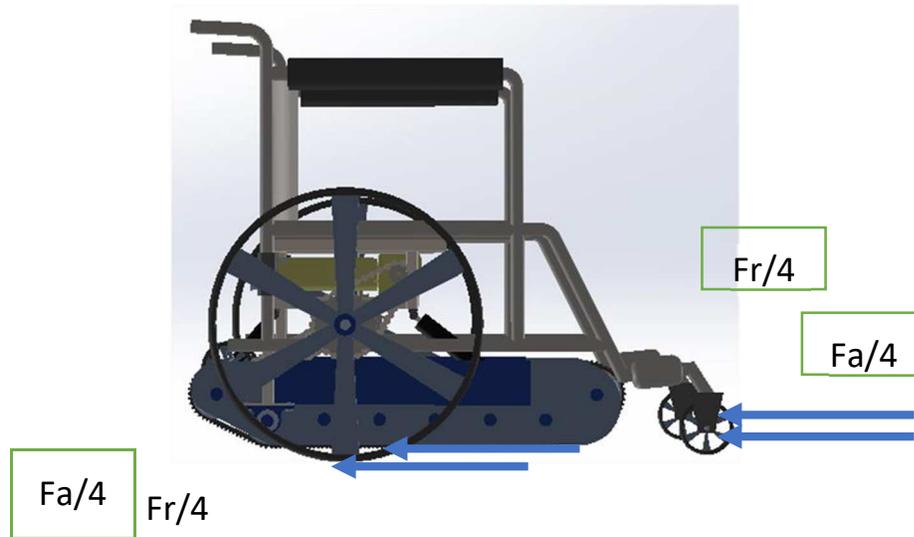


Figura 28 Diagrama de cuerpo libre del equipo en posición normal xz

Fuente: Propia

El diagrama de cuerpo libre de la silla en posición normal nos muestra la fuerza de rodadura, aerodinámica y gravedad divididas entre cuatro debido a los apoyos con los que cuenta la silla, se procederá a hallar las reacciones en los respectivos planos.

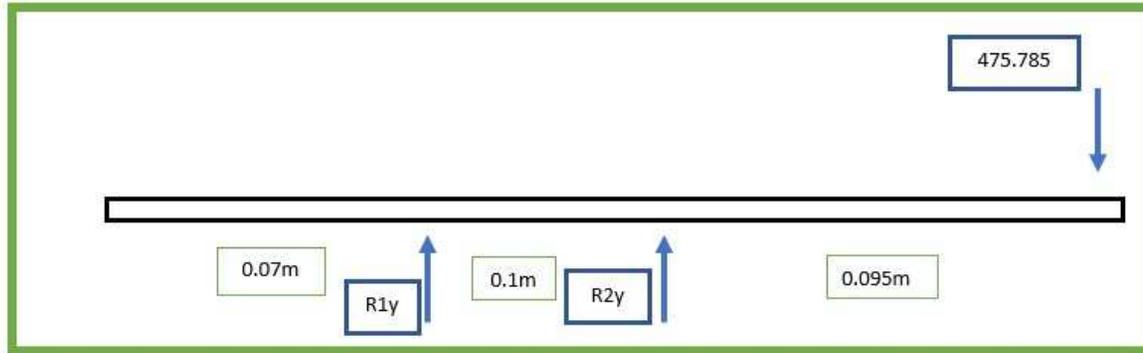


Figura 29 Diagrama de cuerpo libre del eje del equipo en posición normal xy

Fuente: Propia

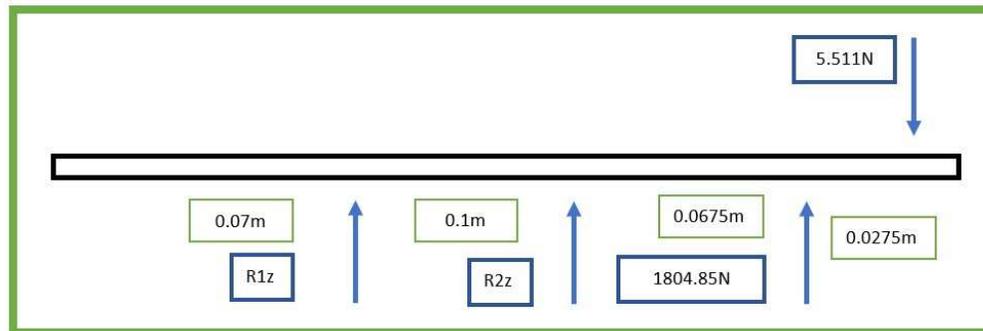


Figura 30 Diagrama de cuerpo libre del eje del equipo en posición normal xz

El torque y la fuerza que tendrá el motor se obtiene a través de la sumatoria de todos los torques

$$\sum \text{torques} = 0$$

$$475.785 * 0.3 + 4.9625 * 0.3 + 0.5485 * 0.3 - F_{\text{motor}} * 0.08 = 0$$

$$F_{\text{motor}} = 144.3888 / 0.08$$

$$F_{\text{motor}} = 1804.85 \text{ N}$$

Se procederá a hallar las reacciones

Reacciones plano xy

$$\sum \text{momentos} = 0$$

Tomando como referencia el punto R1y

$$R_{2y} * 0.1 = 475.785 * 0.195$$

$$R_{2y} = 92.778 / 0.1$$

$$R_{2y} = 927.78$$

$$\sum \text{fuerzas } y = 0$$

$$R_{1y} + R_{2y} - 475.785 = 0$$

$$R_{1y} = 475.785 - 927.78$$

$$R_{1y} = -451.995 \text{ N}$$

Reacciones planas xz

Tomando como referencia R_{1z}

$$R_{2z} * 0.1 + 1804.85 * 0.1675 - 5.511 * 0.195 = 0$$

$$R_{2z} * 0.1 = -301.2377$$

$$R_{2z} = -301.2377 / 0.1$$

$$R_2 = -3012.377 \text{ N}$$

$$\sum \text{fuerzas } z = 0$$

$$R_{1z} + R_{2z} + 1804.85 - 5.511 = 0$$

$$R_{1z} = 1213.038 \text{ N}$$

Cálculo del torque máximo

$$T_{xy} = \frac{t * c}{J}$$

Se realizará un diagrama de torque para determinar los torques máximos en los engranes y poder hallar el torque máximo en el eje.

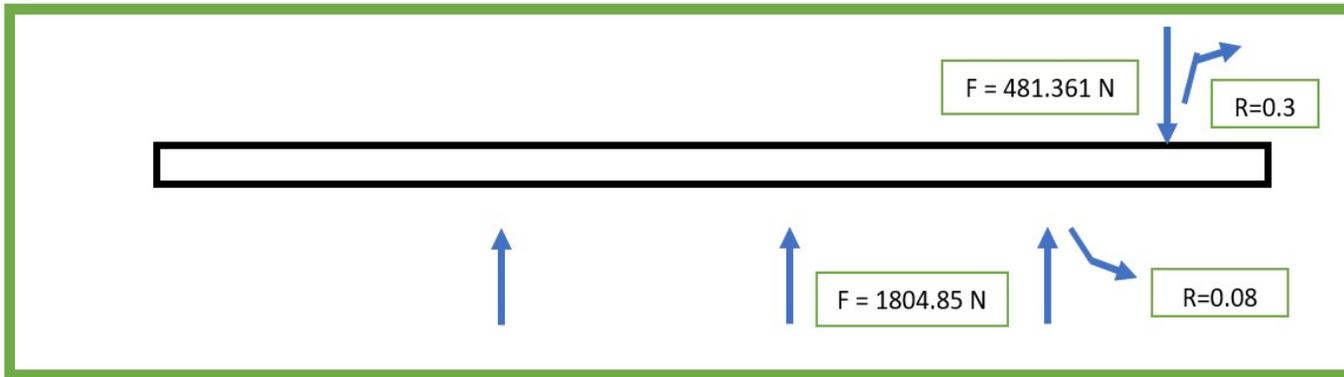


Figura 31 Diagrama de cuerpo libre del eje del equipo en posición normal xy xz

Fuente: Propia

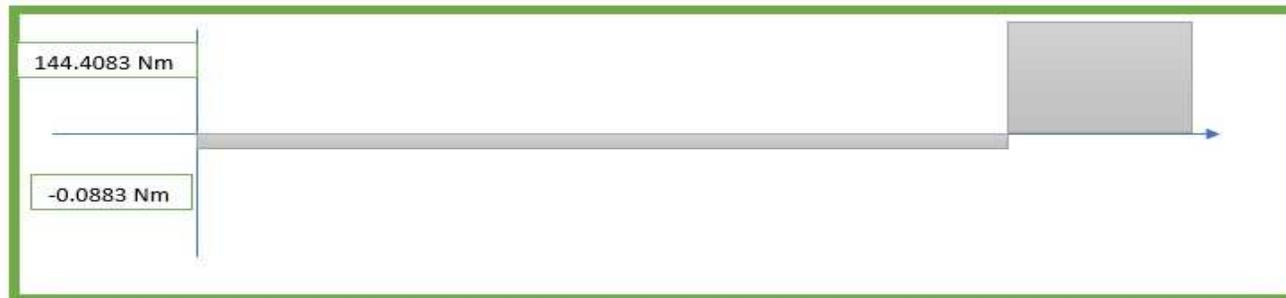


Figura 32 Diagrama de torque

Fuente: Propia

allando el Txy

$$J = \frac{\pi}{2 * C^4}$$

$$c = \frac{d}{2}$$

$$Txy = \frac{144.4083 * c}{J}$$

$$Txy = \frac{144.8043 * 16}{\pi * d^3}$$

$$Txy = \frac{735.4450}{d^3}$$

Momentos máximos

En el punto llanta

$$My = R2y * 0.095$$

$$My = 927.78 * 0.095$$

$$My = 88.1391 \text{ Nm}$$

$$Mz = R2z * 0.095$$

$$Mz = - 3012.377 * 0.095$$

$$Mz = - 286.17515$$

$$|Mrueda| = \sqrt{88.1391^2 + 286.17515^2}$$

$$|Mrueda| = \sqrt{89664.71743}$$

$$|Mrueda| = 299.44 \text{ Nm}$$

En el punto motor

$$My = R2y * 0.0675$$

$$My = 927.78 * 0.0675$$

$$My = 62.62 \text{ Nm}$$

$$Mz = R2z * 0.0675$$

$$Mz = -3012.377 * 0.0675$$

$$Mz = 203.335$$

$$|Mmotor| = \sqrt{62.62^2 + 203.335^2}$$

$$|Mmotor| = \sqrt{45266.38663}$$

$$|Mmotor| = 212.7589872 \text{ Nm}$$

Se trabajará con el torque perteneciente en la rueda que es igual a 299.44 Nm Esfuerzos

$$\sigma = \frac{M * C}{I}$$

$$I = \frac{\pi * C^4}{4}$$

$$C = \frac{d}{2}$$

Formula reemplazada

$$\sigma = \frac{M * 32}{\pi * d^3}$$

$$\sigma = \frac{299.44 * 32}{\pi * d^3}$$

$$\sigma = \frac{3050.1}{d^3}$$

Para hallas los esfuerzos máximos

$$G_{max}, G_{min} = \frac{\sigma x}{2} \pm \sqrt{\frac{\sigma x^2}{2^2} + Txy^2}$$

$$G_{max}, G_{min} = \frac{3050.1}{d^3} \pm \sqrt{\frac{3050.1^2}{d^3 \cdot 2^2} + \frac{74.35718941^2}{d^3}}$$

$$G_{max}, G_{min} = \frac{1525.55}{d^3} \pm \sqrt{\frac{1525.55^2}{d^3} + \frac{735.4450^2}{d^3}}$$

$$G_{max}, G_{min} = \frac{1}{d^3} [1525.55 \pm \sqrt{1525.55^2 + 735.4450^2}$$

$$G_{max}, G_{min} = \frac{1}{d^3} [1525.55 \pm \sqrt{2868182.151}$$

$$G_{max}, G_{min} = \frac{1}{d^3} [1525.55 \pm 3653.945811$$

$$G_{max} = \frac{5179.495811}{d^3}$$

$$G_{min} = - \frac{2128.395811}{d^3}$$

$$\bar{\sigma} = \frac{sut}{n}$$

$$\frac{5179.495811}{d^3} = \frac{220000000}{3}$$

$$d = \frac{17.30}{444.796}$$

$$d = 0.03889 \text{ m}$$

$$d = 3.889 \text{ cm}$$

Potencia del motor eléctrico considerando que:

P= M. n / 9 550. η_m Dónde:

P: Potencia en kW

M: par de giro del vehículo en Nm n:

Número de revoluciones por minuto

η_m : Rendimiento de la máquina:

F: fuerza (peso, fricción): en N

V: velocidad en m/s

Rendimiento del sistema de transmisión: Los sistemas de transmisión por cadenas se obtienen rendimientos del orden del 98%, debido a que se excluyen problemas de deslizamiento entre los componentes del sistema

Cálculo de la potencia del motor eléctrico Procedimiento para seleccionar un motor: La elección del motor para el vehículo diseñado se determina al hacer una evaluación de los requerimientos de la carga y por consideraciones económicas Los parámetros que se deben tomar en cuenta para seleccionar un motor eléctrico son los siguientes:

- Condiciones ambientales
- Índice de protección
- Disposición de instalación
- La potencia nominal
- Ciclo de trabajo
- Velocidad de rotación
- Esfuerzos necesarios para realizar el trabajo

Y demás datos que podemos hacerlos referencia a la placa de datos del motor

Otro factor que se ve necesario a analizar antes de seleccionar un motor es el tipo de movimiento que se va a realizar, por ejemplo:

Rectilíneo sobre rodadura (Arrastre de una carga sobre ruedas o desplazamiento de un vehículo)

Selección del motor

Certificación: CE

Tipo: Motor de engranajes

Par: Variable de la relación de transmisión

Conmutación: cepillo

Característica de protección: Totalmente cerrado

Velocidad (RPM): velocidad variable

Corriente continua (A): depende del voltaje y la potencia

Potencia de salida:

Voltaje(V): 12V

Eficiencia: IE 2

Protección contra sobrecalentamiento: clase B, clase F

Nombre del producto: Motor de corriente continua de alto torque 12v ;3000rpm

Material del marco: aleación de aluminio, hierro fundido, alta calidad

Humedad ambiente: $\leq 85\%$ (sin condensación)

Temperatura ambiente: $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Sin congelación)

Servicio: Diseño y marca del cliente

Potencia motriz necesaria para la silla

$P = M \cdot n / 9550 \cdot \eta_m$ Dónde:

P: Potencia en kW

M: par de giro del vehículo en Nm n:

Número de revoluciones por minuto

η_m : Rendimiento de la máquina

F: fuerza (peso, fricción) en N

V: velocidad en m/s

En el presente diseño se considera cada rueda de la silla con su propio sistema de transmisión y con la distribución de todo el sistema de transmisión en el centro de ambas ruedas de la silla de tal manera que la carga total (silla, carrier y batería) se divide entre las dos ruedas y el par de giro del vehículo se considera tanto de las ruedas de la silla como la del carrier considerando ambas calcularlas por separado.

La relación de transmisión entre el eje del motorreductor y la rueda dentada del árbol de transmisión Empleando la formula.

P: Potencia en kW M: par de giro del
vehículo n: Número de revoluciones
por minuto η_m : Rendimiento de la
máquina

F: fuerza (peso, fricción) en N

V: velocidad en m/s

Donde

$$P = M \cdot n / 9550 \cdot \eta_m$$

Par de giro en las ruedas: Para poder calcular el motor se tomará la fuerza máxima de este con el radio máximo que es el de la rueda Diámetro de la rueda: 30 cm n: Velocidad :5,4 rpm

M_r : par de giro en las ruedas:

$$M_r = 1804.85 * 0,08 = 144.388 \text{ N.m}$$

$$P_r = 144.388 * 5,4 / 9550 * 0,98$$

$$P_r = 0.0833 \text{ kW}$$

$$P_r = 83.3 \text{ watts}$$

Potencia total requerida para cada rueda

La mayoría de los motores eléctricos están diseñados para funcionar entre el 50% y el 100% de la carga nominal.

La eficiencia máxima suele estar cerca del 75% de la carga nominal. (eficiencia de un motor eléctrico y los valores más comunes). Pineda (2010).

Consideramos un valor de 70%

$$Pt = \frac{Pr}{n}$$

$$Pt = \frac{83.3}{0.7}$$

$Pt = 119$ watts, pero de acuerdo al mercado se usarán motores de 150 watts

Se especifica dos motores de 150 watts. Anexo 3

Cálculo del sistema de transmisión por cadena él según López (2013) indica que sistema no se producen resbalamientos, se mantiene constante la relación de velocidad, Rendimiento de hasta 98%. Así mismo también indica que un sistema por cadena se usa para transmitir granes pares de fuerza. Es por ende que nuestro diseño optara estas cualidades ya que se necesita precisión de velocidad sin deslizamientos que nos garantice estabilidad en su equilibrio al momento de subir las escaleras.

Según el algoritmo de cálculo del libro Inge mecánica (2019) menciona que hay 3 tipos de transmisión por cadena, por potencia que se usan en sistema de árbol de engranajes que giran a velocidades en sus respectivas velocidades, también cadena de tipo manutención donde son usadas en fajas para llevar cargas de un punto hacia otro y finamente la cadena de carga que son aplicadas para levantar grandes cargas. En lo cual nuestro sistema va enfocado en un tipo de cadena por potencia ya que transmitiremos relación de velocidades desde un eje motriz proporcionado par de

torque en las ruedas de la silla y en el sistema carrier, para ello se tiene los siguientes datos para proceder al cálculo y selección de la cadena a usar en nuestro sistema electromecánico.

Potencia de 150w transmitida por un motor eléctrico en dc con diámetro de eje 20mm Número revoluciones $n_1=60$ r.p.m. $n_2=5.4$ r.p.m.

Distancia entre centros 156.20 mm.

Luego se procede a llegar a una potencia corregida es decir los 150w se multiplicará por 3 factores de corrección (factor de trabajo, numero de dientes y la relación de transmisión) en lo se les indica en la siguiente figura 33.

Tipo de carga	Ejemplo de máquinas	Motor eléctrico o turbina	Accionamiento Motor de combustión interna	
			Trans. hidráulica	Trans. mecánica
Regular	Agitadores de líquidos. Bombas centrífugas y de engranajes. Compresores centrífugos. Elevadores y transportadores con carga regular. Generadores y alternadores. Hiladoras. Maquinaria de imprenta. Maquinaria para la fabricación de papel. Montacargas y ascensores. Teleféricos. Maquinas herramientas (toros, taladradoras, fresadoras, rectificadoras). Ventiladores y máquinas soplantes.	1	1	1.2
Irregular	Agitadores de sustancias poco fluidas. Bombas de émbolo de más de 2 cilindros. Compresores alternativos de más de 2 cilindros. Hélices (aplicaciones marinas). Elevadores y transportadores con carga irregular. Laminadoras. Mezcladores. Maquinaria para carpintería. Maquinaria para formar tubos. Trefiladoras. Molinos para materias homogéneas y blandas. Telares.	1.3	1.2	1.4
A golpes	Aparejos de elevación. Bombas de 1 y 2 cilindros. Dragas. Excavadoras. Elevadores y transportadores con carga muy irregular y pesada. Gruas. Maquinaria para perforación. Maquinaria para fabricar ladrillos. Maquinas herramientas (prensas, cizallas, limadoras, cepilladoras). Molinos para materias duras e irregulares. Rotocultivadores. Trituradoras.	1.5	1.4	1.7

Figura 33 Factor de trabajo f_1

Fuente: catalogo Joresa

Debido a que nuestro sistema funcionara a bajas rpm se considera un factor de trabajo regular en el tipo de carga y el accionamiento motor eléctrico es decir $f=1$ así como se muestra en la 28

Para el segundo coeficiente f_2 se trabaja en función del número de dietes del piñón para ello se selecciona con la siguiente figura 34.

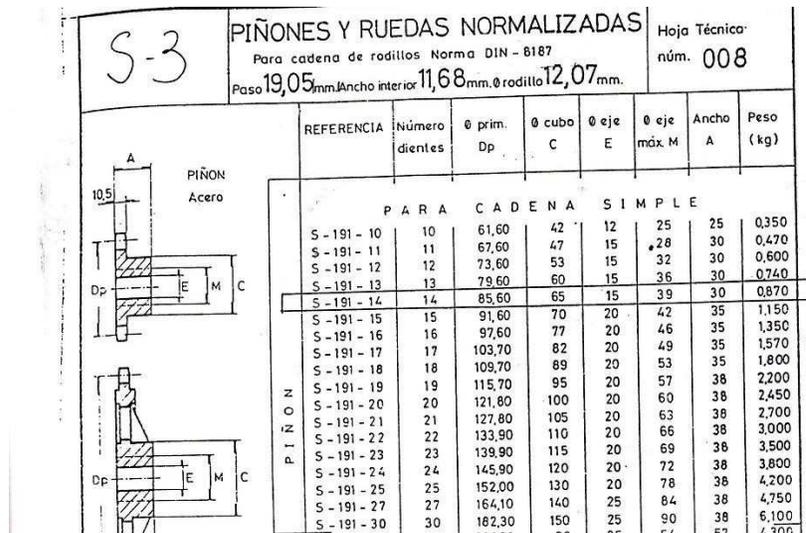


Figura 34 Selección de piñones

Fuente: Ing mecánica

De acuerdo con la 29 se seleccionará un piñón de $z_1=15$ dientes a partir de un diámetro de eje del motor eléctrico equivalente a 20mm. Luego se procede a selecciona f_2 dada en la siguiente figura

35

Tabla N° II

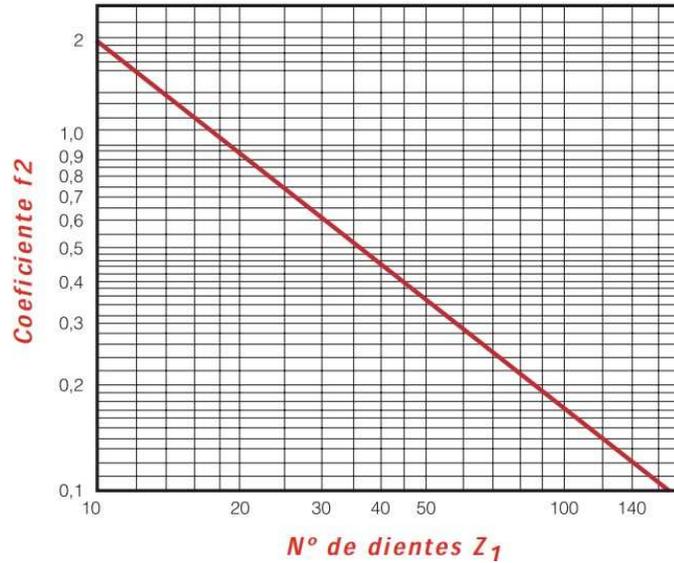


Figura 35 factor f_2 en función al número de dientes

Fuente: catalogo Joresa

Se obtiene un factor $f_2=1.5$ aproximado a partir de 15 dientes y finalmente un f_3 en función a la relación de transmisión mostrada en la siguiente figura 36.

Tabla N° III (Coeficiente f_3)

		Relación de transmisión							
		1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1	7:1	8:1
Distancia entre centros, C	20 pasos	1,45	1,25	1,15	1,08	1,03	0,99	0,96	0,92
	30 pasos	1,31	1,14	1,06	1,01	0,97	0,94	0,91	0,87
	40 pasos	1,22	1,07	1,00	0,95	0,92	0,89	0,86	0,84
	50 pasos	1,15	1,01	0,95	0,91	0,88	0,85	0,83	0,81
	60 pasos	1,08	0,97	0,91	0,87	0,85	0,82	0,81	0,78
	80 pasos	1,00	0,87	0,84	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73

Figura 36 factor f_3 en relación de transmisión

Fuente: catalogo Joresa

Se seleccionó un $f_3 = 0.92$ en función al número de pasos desde sus centros a partir del número de pasos de la cadena seleccionada en su potencia inicial a 150w.

Finalmente se calculará una potencia corregida en función a los 3 factores de corrección.

$$P_c = P_{Me} * F_1 * F_2 * F_3$$

$$P_c = 150w * 1 * 1.5 * 0.92 = 207w$$

Dado la nueva potencia corregida se selecciona una cadena en la siguiente tabla 32 que se muestra.

Gráfico para la selección de cadenas Norma ISO 606 (Serie europea)

Tabla N° V

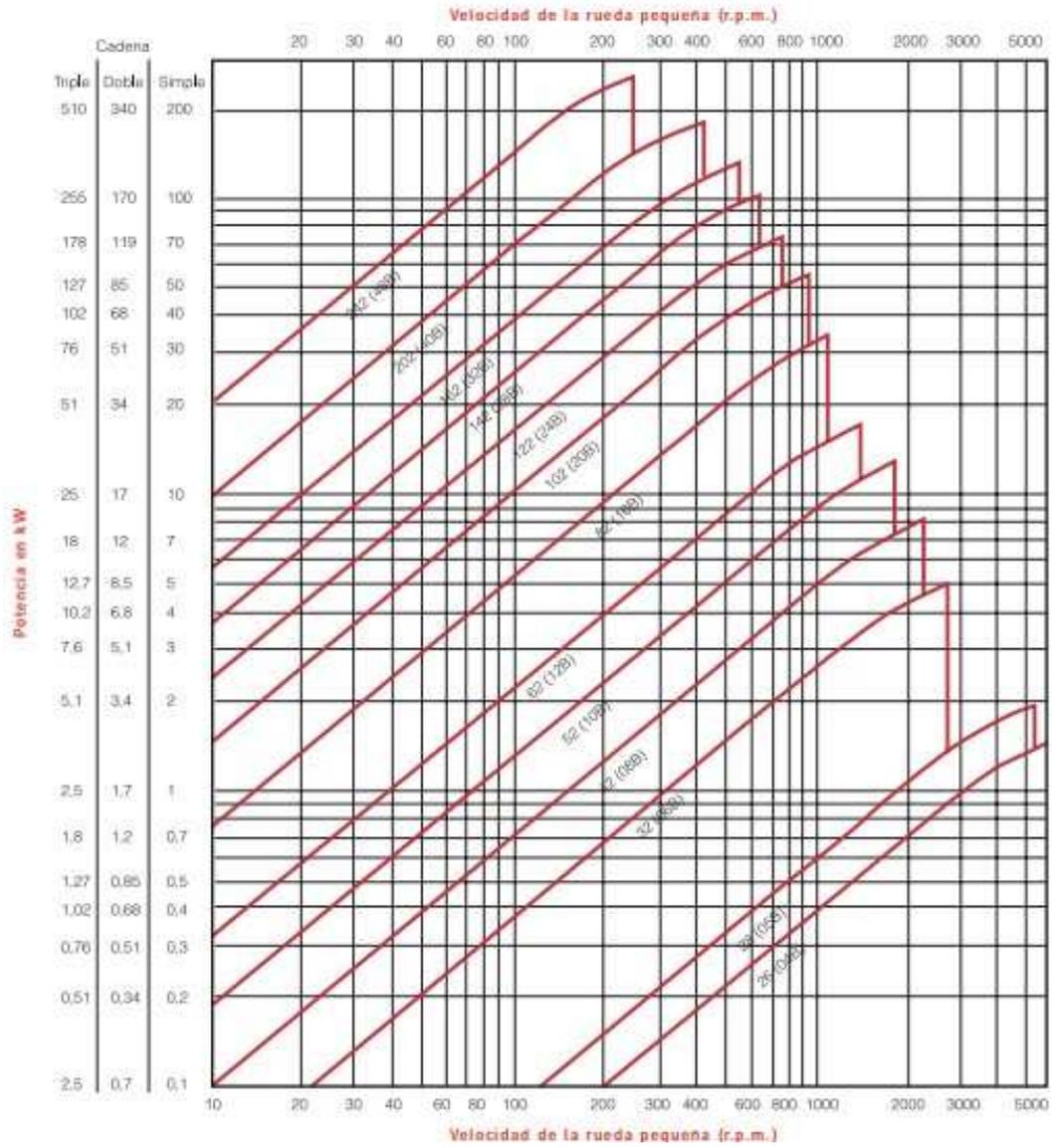


Figura 37 selección de cadena en serie europea

Fuente: catalogo Joresa

En la figura 37 se selecciona una cadena simple rodillos en norma 06B-1 en función de la potencia corregida y su rpm

Velocidad de cadena
$$v = \frac{PZ_1n_1}{1000} = \frac{9.525 \cdot 15 \cdot 60}{1000} = 8.572 \text{ m/min}$$

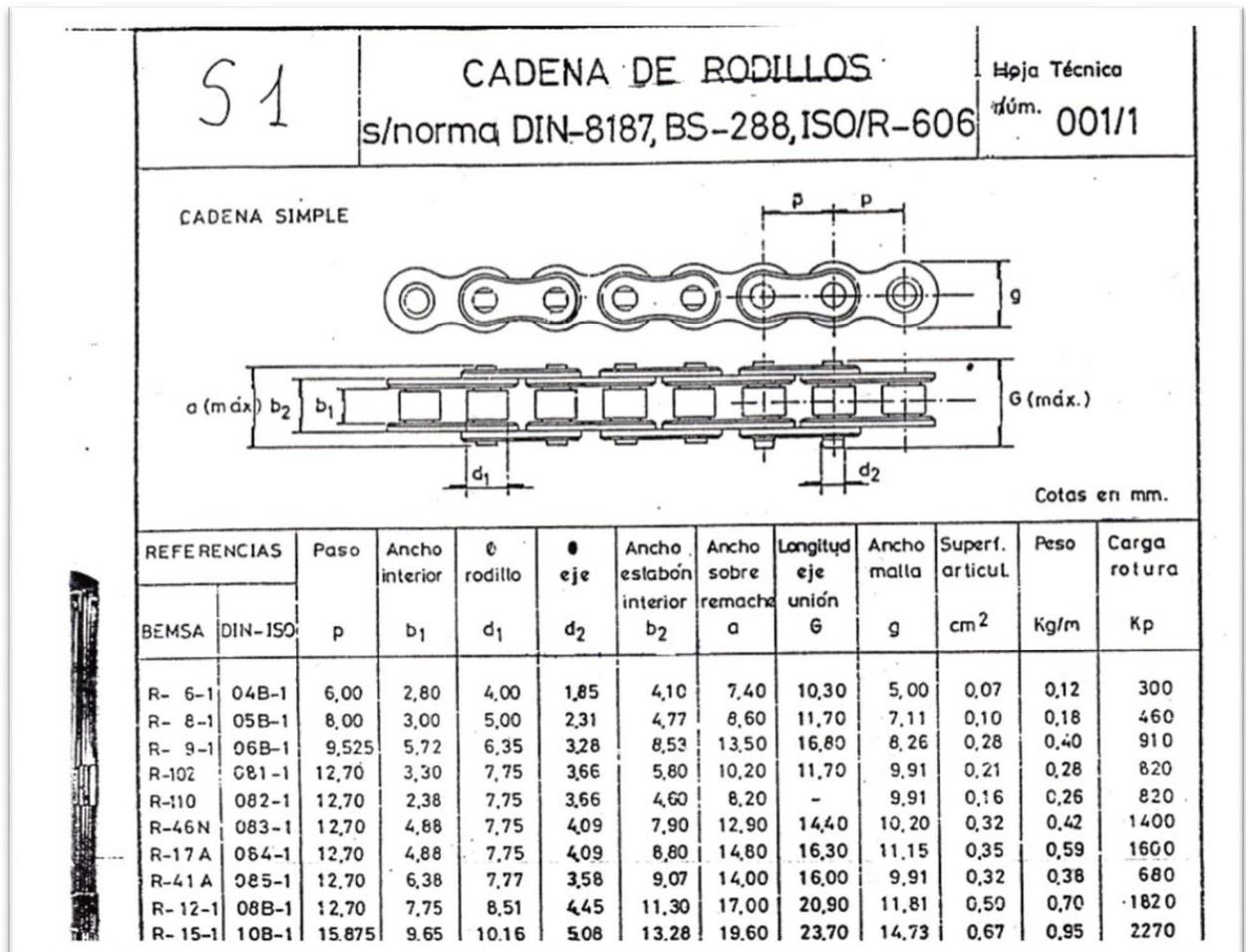


Figura 38 Cadena serie 6006 Europea

Fuente: Inge mecánica

Tensión en el ramal del conductor

$$T = \frac{6120 * W}{V} = \frac{6120 * 0.150}{8.572} = 107.09K$$

El resultado del esfuerzo que produce en tensionar la primera articulación de su eslabón que se engranada con su respectiva rueda por el ramal esto va disminuyendo en sentido de giro de la cadena.

Figura 39 Sistema de transmisión en el eje motriz

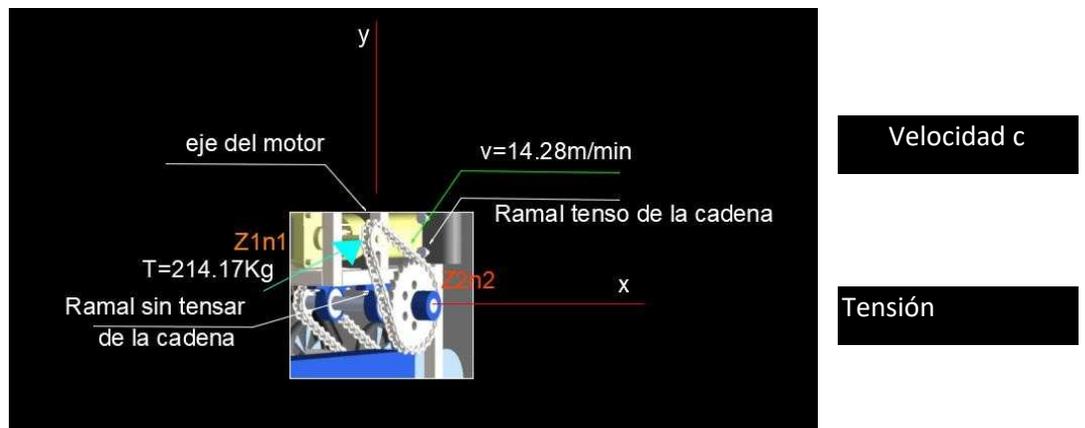


Figura 39 DCL

Fuente: Propia

Coefficiente de seguridad de la cadena en función de su carga por rotura

$$K = \frac{kp}{T} = \frac{910}{107.09} = 8.49$$

presión en las articulaciones

$$t = \frac{T}{s} = \frac{107.09}{0.28} = 382.46 \text{ Kg/cm}^2$$

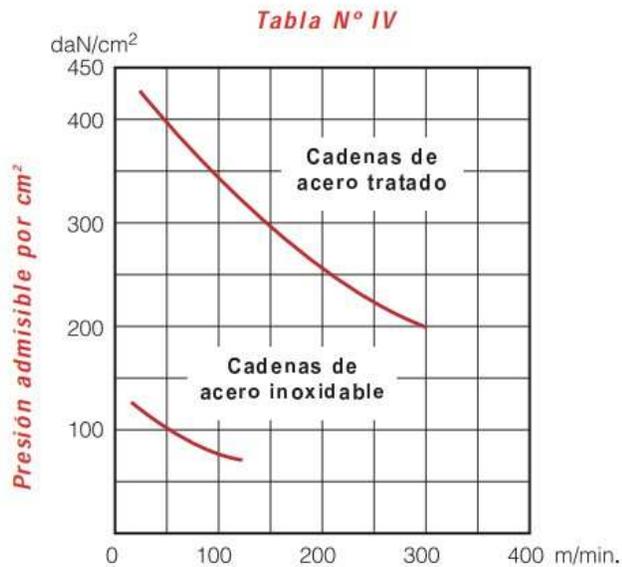


Figura 40 Presión admisible de operación

Fuente: catalogo Joresa

Respeto a la figura 40 nos indica que la velocidad de la cadena que gira a 8.572 m/min midiendo en su eje vertical de la presión admisible a 120kg/cm² por lo que resulta aceptable, es decir es menor a 382.46kg/cm²

$$L = 2 \frac{C}{P} + \frac{Z1 + Z2}{2} + \frac{\left(\frac{Z1 - Z2}{2 * 3.14}\right) * P}{C} = 8.49$$

$$L1 = 2 \frac{156.20}{9.525} + \frac{10 + 10}{2} + \frac{\left(\frac{15 - 10}{2 * 3.14}\right) 2 * 9.525}{156.20} = 45.4cm$$

$$L2 = 2 \frac{350.39}{9.525} + \frac{15 + 10}{2} + \frac{\left(\frac{15 - 10}{2 * 3.14}\right)^2 * 9.525}{350.39} = 86.12cm$$

Para una velocidad de la silla de ruedas en función a la tabla 2 se indica una velocidad promedio a 1.5m/seg a partir de ahí decimos que las ruedas de la silla giran a 5.4 rpm con piñones de 4 cm equivalente a 10 dientes, se muestra en la tabla 36 la misma manera la velocidad del carrier igual con diámetro de piñón 6cm a 15 dientes por iteración con fines se ir a una velocidad constante.

Number of teeth	Pitch dia. Dp	Tip dia. Do	Single sprocket with hub on one side (B type/ BW type)						Flat plain (A type)			Number of teeth
			Bore d		Hub		Approx. weight (Kg)	Material	Stock d	Approx. weight (Kg)	Material	
			Stock	Max.	(Dia.) DH	(Length) L						
9	37.13	42	9	15	28 *	22	0.11		9			9
10	41.10	46	9	16	32 *	22	0.14		9	0.05		10
11	45.08	51	10	20	37 *	22	0.19		10	0.06		11
12	49.07	53	10	22	40 *	22	0.22		10	0.10		12
13	53.07	58	13	20	37	22	0.23		13	0.10		13
14	57.07	63	13	24	42	22	0.28		13	0.11		14
15	61.08	67	13	28	46	22	0.34		13	0.15		15
16	65.10	71	13	30	50	22	0.40		13	0.17		16
17	69.12	75	13	32	54	22	0.46		13	0.20		17
18	73.14	78	13	35	57	22	0.51		13	0.20		18

Figura 41 Diámetro de piñones DID41

Fuente: DID 41 Standard Sprocket

En el cálculo por correa dentada: según el libro de Inge mecánica (2019) indica que las transmisiones de potencia son flexibles y es fácil de acoplar sobre poleas independientes en cada eje con su magnitud físicas para su giro ya que este trabaja por rozamiento montado sobre un sistema de ejes con poleas como también no se garantiza una transmisión constante por su deslizamiento además este sistema resulta económico ya que no requiere de un mantenimiento. Este sistema va enfocado en nuestro sistema Carrier con la funcionalidad de ascender escaleras compuesto por polines de 5cm de diámetro apoyadas en sus ejes para ello se procede a realizar dicho cálculo de sistema de transmisión por correas.

Fuente de accionamiento Motor eléctrico

Potencia: 150w

Revoluciones: 60 rpm

Diámetro polea salida: 120 mm.

La potencia transmitida (P_c)

$P_c = P \cdot K$, donde

$P = 150w$

$K = 1$

$P_c = 150 \cdot 1 = 150w$

Máquinas motrices	Motores eléctricos cd = 2 cn Motores térmicos: multicilindros > 600 rpm			Motores eléctricos c maxi > 2 cn Monocilindro < 600 rpm		
	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d
<i>Cargas uniformes ligeras:</i> Agitadores para líquidos, bombas y compresores centrifugos-ventiladores hasta 7,5 Kw Pequeños transportadores.	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
<i>Cargas uniformes medias:</i> Transportadores de cinta (arena, grano) Ventiladores superiores 7,5 Kw Generadores-alternadores, máquinas herramientas Maquinaria artes gráficas, prensas, cizallas, lavadoras, bombas rotativas.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
<i>Cargas irregulares con sobrecargas:</i> Maquinaria para ladrillos y cerámica Elevadores con canchales. Compresores y bombas de pistones. Maquinaria papel. Pulverizadores, Maquinaria textil.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
<i>Cargas irregulares y sobrecargas importantes:</i> Molinos, machacadoras, laminadoras, calandras mezcladoras. Gruas, dragas.	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8
<i>Cargas muy irregulares y grandes sobrecargas:</i>	2	2	2	2	2	2

Figura 42 factor de corrección K

Fuente: Inge mecánica

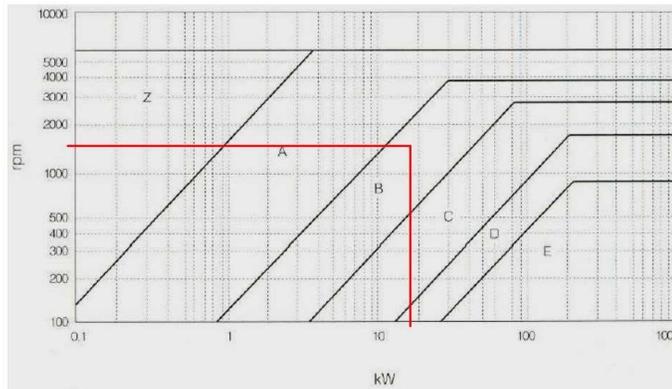


Figura 43 Selección de la correa en función a la potencia 150w a 60rpm

Fuente: Universidad Carlos III de Madrid

Según la figura 43 se usará una correa de tipo A en el catálogo (Texrope) Relación de transmisión

$$R = \frac{N1}{n2} = \frac{60}{3.6} = 16/1$$

R=Relación de transmisión

N1=rpm de la rueda motriz

N2=rpm del polín de carrier

Luego se procede a calcular una longitud total de correa dentada a usar en el sistema ya que se partió por las dimensiones de silla de ruedas manual ya fabricada

$$L = 2E \frac{3.14}{2} (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4 * E}$$

$$L = 2E \frac{3.14}{2} + (120 + 120) + \frac{(120 - 120)^2}{4 * 893.52}$$

$$L=2027.57=2.0278m$$

Donde:

L= Longitud de la correa

E=distancia entre centros=893.52mm

D=diamtro mayor moriz=120mm

.d=diametro de la polea=120mm

Area de contacto donde se monta la correa dentada con la polea

Angulo

$$A = 180 - 57 \frac{(D - d)}{E}$$

$$A = 180 - 57 \frac{(120 - 120)}{893.52}$$

$$A=123^\circ$$

Calculo de la Velocidad lineal de la correa dentada

$$Vt = \frac{(3.14 * d * N)}{60.100}$$

$$Vt = \frac{(3.14 * 120 * 3.6)}{60.100}$$

$$Vt=1.3\text{m/seg}$$

Donde

Vt= velocidad lineal

.d=diamtro

$N = \text{rpm de la polea}$

Cálculo del acumulador

Se considera la potencia de cálculo debido a que el motor consume la corriente en para la que fue diseñada sin importar su potencia. Pineda (2010).

Voltaje de trabajo 48 v

Potencia total: 50 + 50 + 120 + 120

Potencia total = 340 watts

Según la ley de ohm

$$P = V * I$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{340}{24}$$

$$In = 14.16 Ah$$

Para el cálculo de la capacidad de baterías se tomará como base el cálculo del sistema fotovoltaico.

Piqueras (2009).

$$\text{Capacidad de bateria Ah} = \frac{In * Horas * \eta_{general 25^{\circ}c}}{\eta_{bateria} * \eta_{para prevenir da\~{n}os}}$$

$$IN = \frac{14.16 * 10 * 1}{0.95 * 0.75}$$

$$IN = 198.7 A$$

Se considerará 2 baterías lipo de 110 amperios cada una conectada en serie.

Diseño y simulación en SolidWorks: para poder comprobar que es viable utilizar el chasis de una silla convencional y además que es factible colocar el sistema electromecánico en esta se realizó el análisis en SolidWorks.

Resultados del estudio estático en SolidWorks

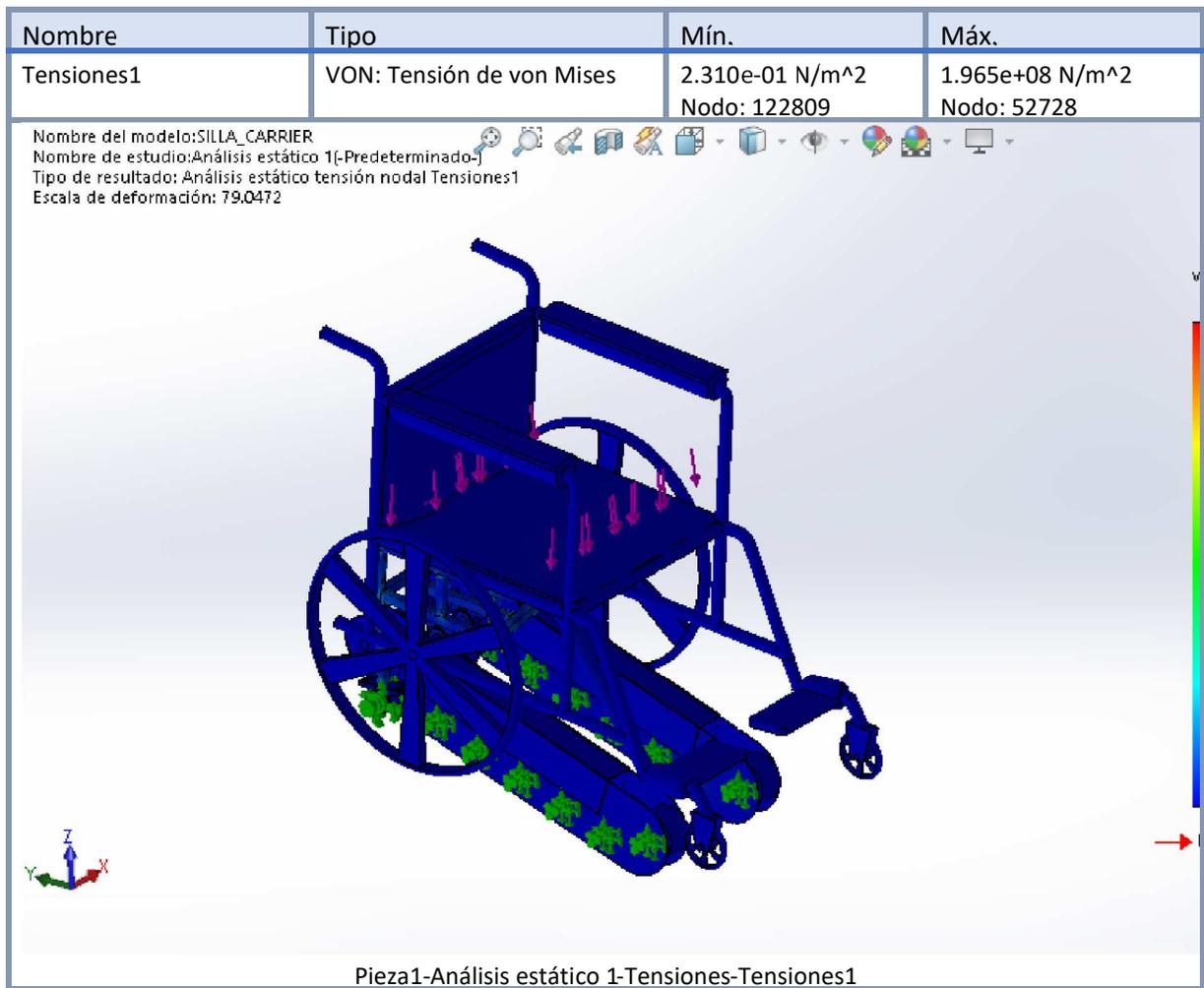


Figura 45 análisis estático de tensión silla

Fuente propia

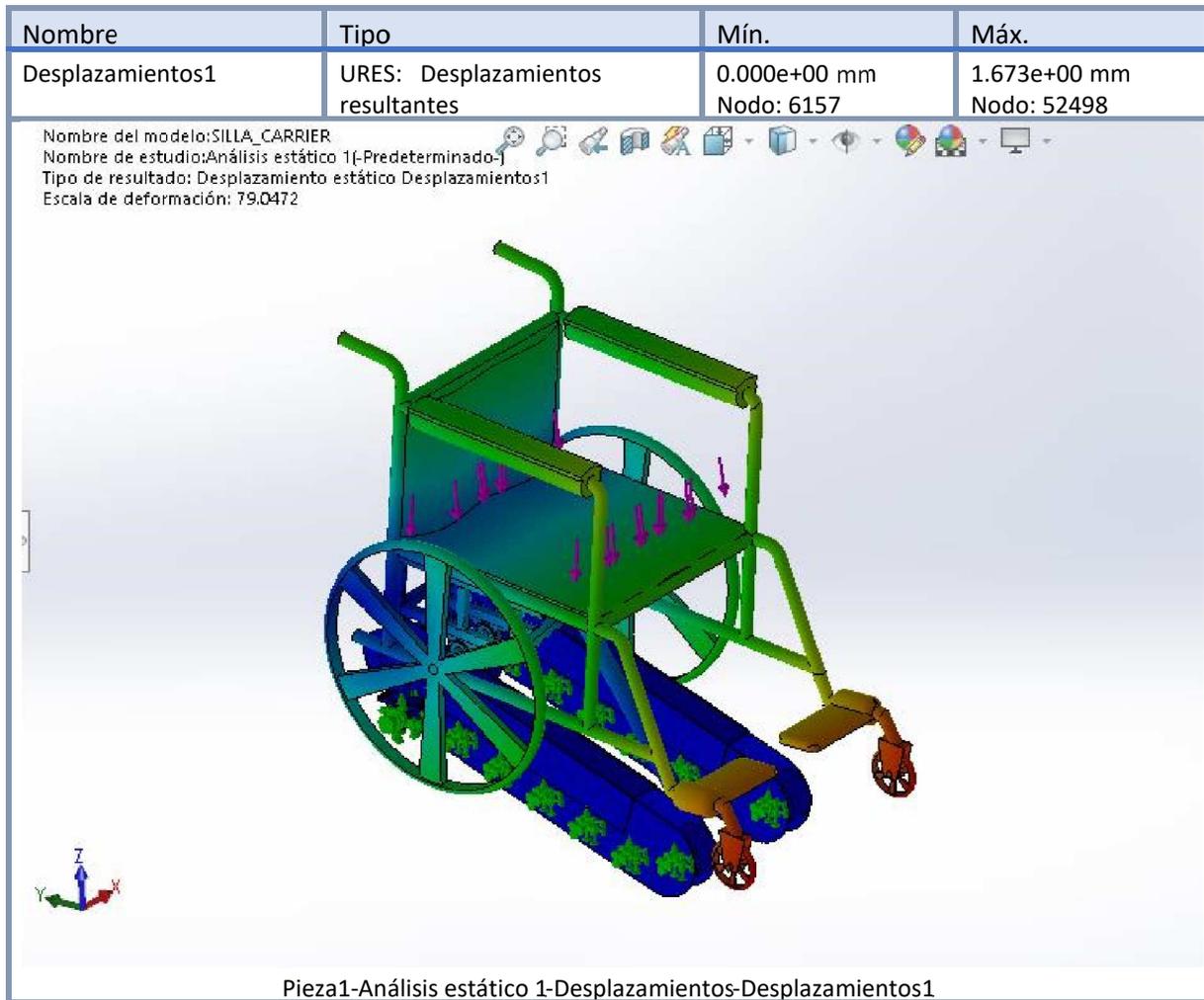


Figura 46 análisis estático de desplazamiento silla

Fuente propia

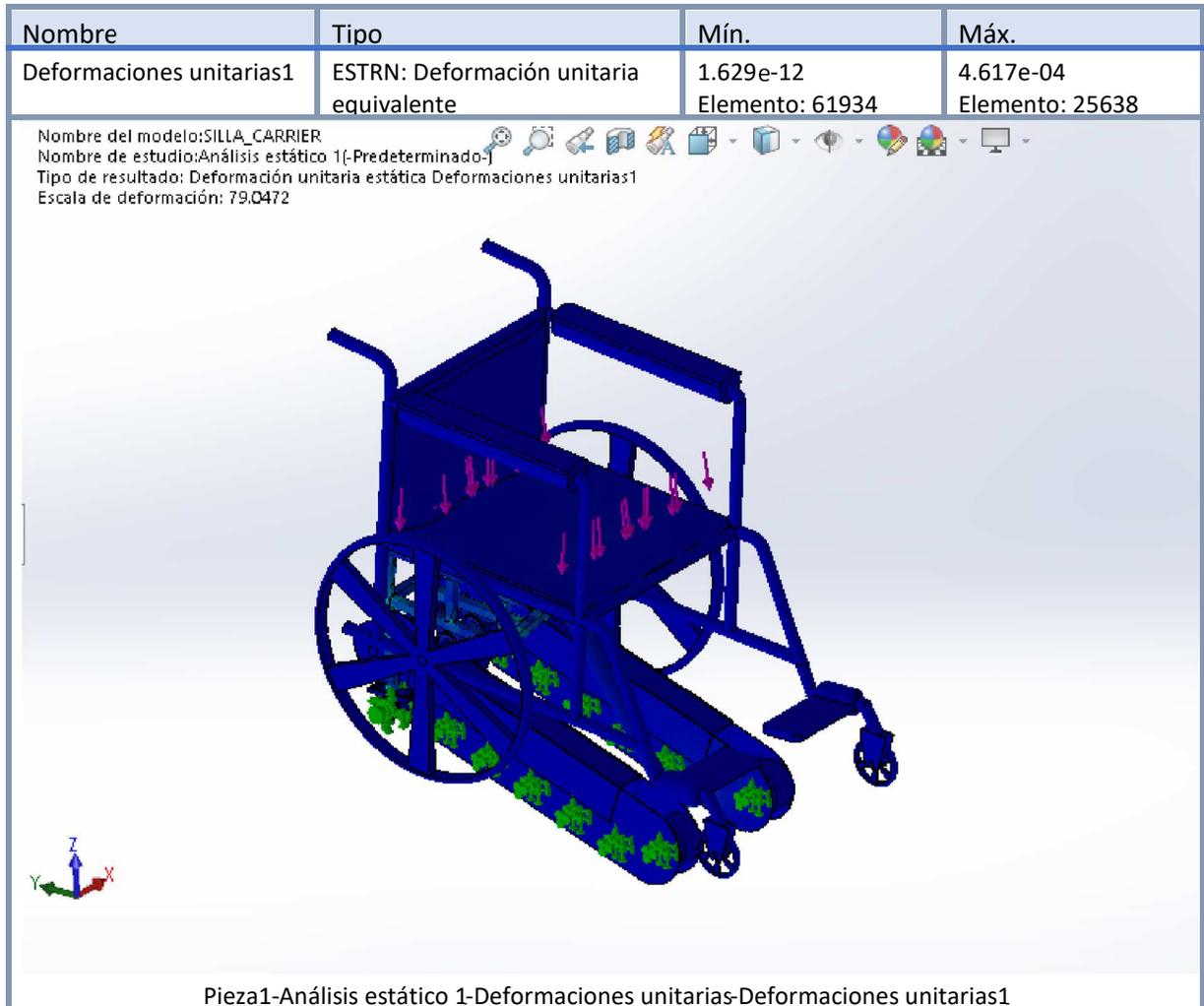


Figura 47 análisis estático de deformación silla

Fuente propia

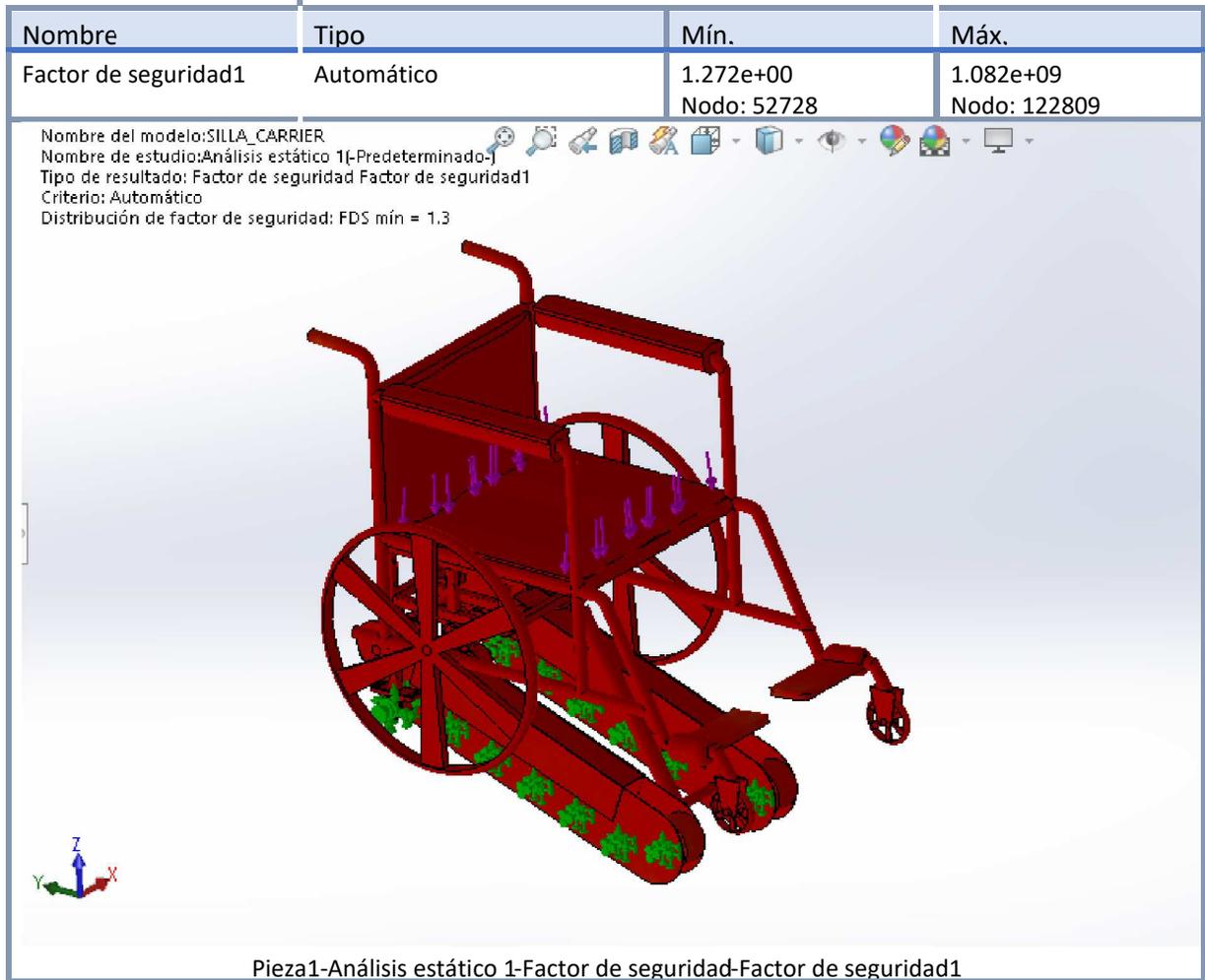


Figura 48 análisis estático de factor de seguridad silla

Fuente propia

Comportamiento del árbol de transmisión de SolidWorks

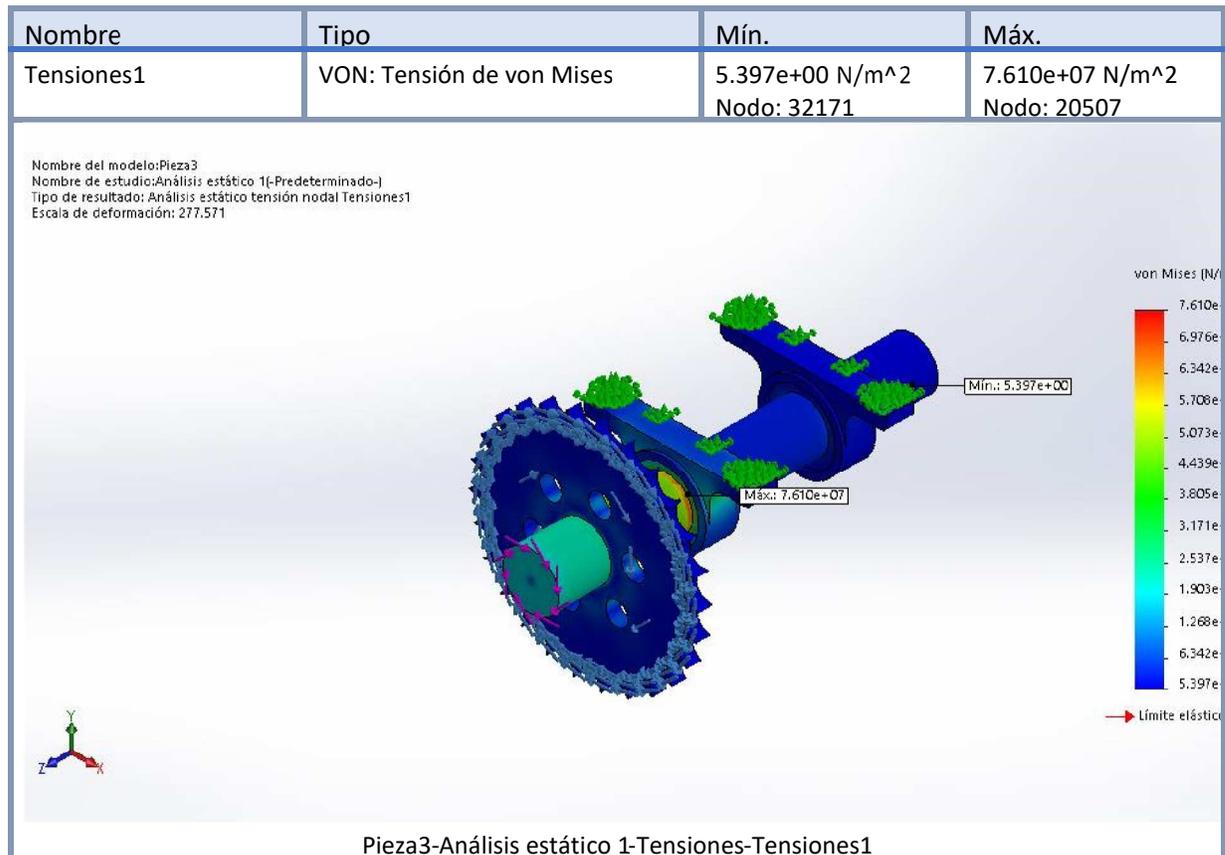


Figura 49 análisis estático de tensión eje

Fuente propia

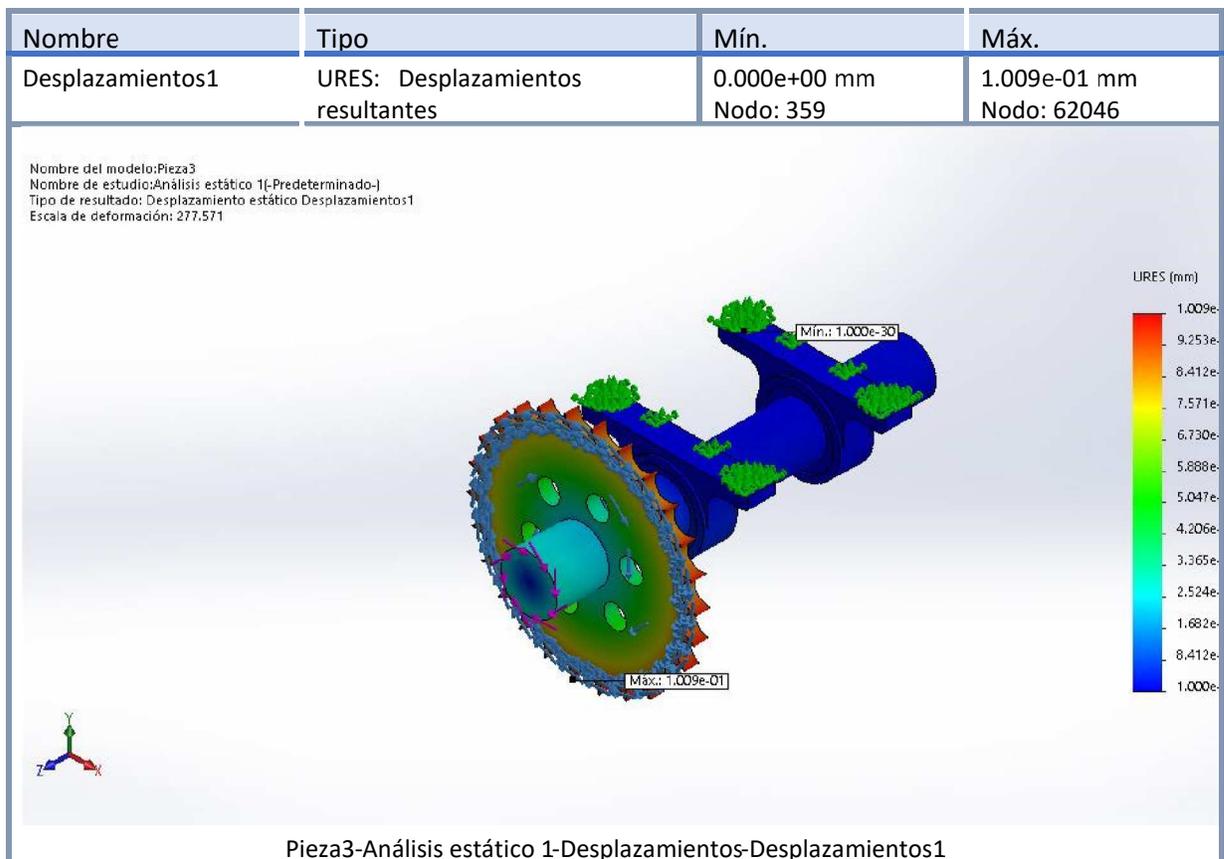


Figura 50 análisis estático de desplazamiento eje

Fuente propia

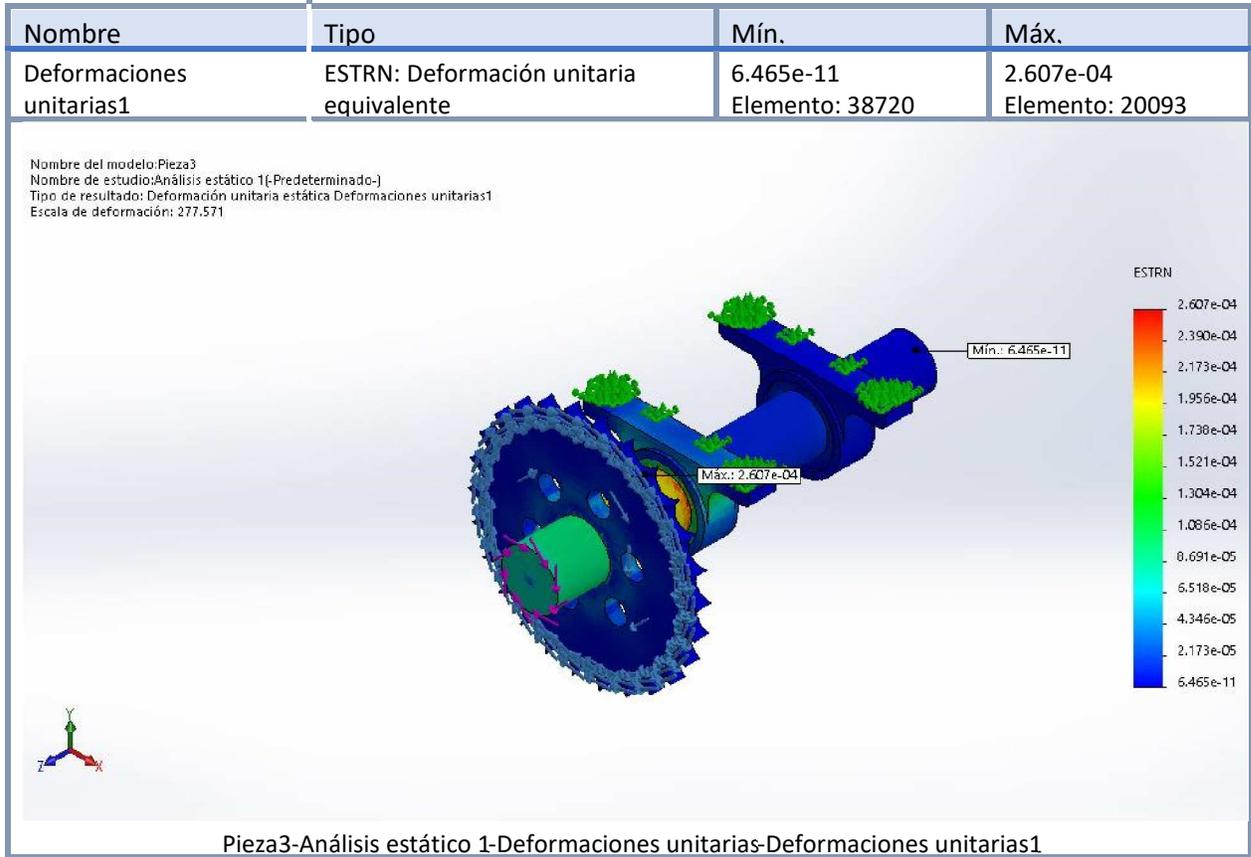


Figura 51 análisis estático de deformación eje

Fuente propia

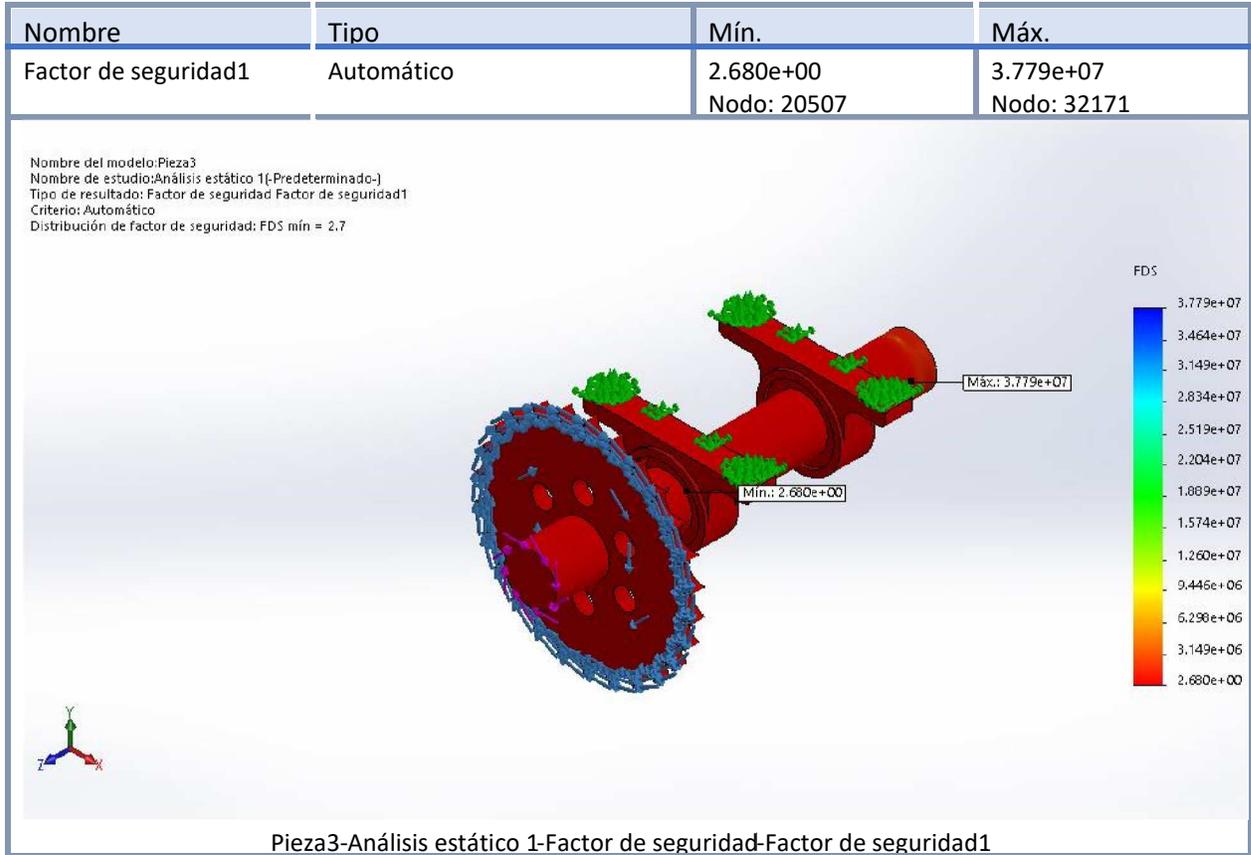


Figura 48 análisis estático de factor de seguridad eje

Fuente propia

Presupuesto

Tabla nro. 28. lista de exigencias

LISTA DE EXIGENCIAS						
NOMBRE Y APELLIDO	ELEVACION	SESTA PARA OBJETOS	SISTEMA DE CARGA DE CELULARES	CUBIERTA DE SOL Y LLUVIA	OTROS	PRESUPUESTO POR PERSONA
RODRIGO DELGADO SEGUNDO	X	X	X	X	TINA PARA MICCIONAR	5000
FERNANDO JULCA MANTILLA						4000
PEDRO ENRIQUE BALTAZAR ROBEZ		X		X		1000
AURELIO VILLEGAS BECERRA	X	X		X	COMODA	5000
ALVARADO GARCIA JULIO	X			X		4500
WALTER CHACON	X	X	X	X	ASIEN TO MAS ACOLCHONADO	1500
GLADIS MORALES PASCUAL	X	X	X	X	MESA, LUCES, CLAXON Y ASIEN TO ACOLCHONADO	5000
PROMEDIO						3500

Fuente propia

El promedio económico total de los discapacitados encuestados dispuestos a invertir es

S/.3500.00 según la tabla N°11

Presupuesto

Se dividirá los egresos necesarios para automatizar la silla de ruedas convencional de la siguiente manera: materiales y elementos de maquinas

Tabla nro. 29. Materiales

Materiales			
Descripción	Costo	unidad	Consultado en
Plancha de 1/4 de pulgada acero sae 1020 de 1 metro x 1 metro	70	s/.	3A
Tubo SAE 1020 de 6'' de diámetro x 1.5 metro	35	s/.	3A
Barra lisa SAE 1020 de 3/4' de diámetro x 2	20	s/.	3A
Plancha de pvc de 1 metro x 1 metro	50	s/.	Albarracin
Total	s/. 175		

Tabla nro. 30. Elementos electrónicos y mecánicos

Elementos de maquinas				
Descripción	Cantidad	Costo	unidad	Consultado en
Kit de 2 motores y joystick	1	1493	s/.	Aliexpress
Batería	1	250	s/.	Aliexpress
Sistema de elevación	1	800		Aliexpress
Catalinas	6	100	s/.	Aliexpress
Cadenas 3.5 metros	1	69,96	s/.	Aliexpress
Fajas	2	140.39	s/.	Aliexpress
Rodamientos de polines	40	112.46	s/.	Aliexpress
Cojinetes de pie	2	106.6362	s/.	Aliexpress
Pernos tuercas 1/2'' x 1''	50	25	s/.	Ferretería
Cargador de baterías	1	165	s/.	Aliexpress
Total	s/. 3262.4462			

Costo total del sistema electromecánico s/. 3262.4462

IV. DISCUSIÓN

- Las encuestas realizadas a la muestra de 7 personas con un peso promedio de 65.75 kg en la tabla 27 se muestra el total de carga del sistema equivalente a 194kg así mismo una edad promedio 49años lo cual se detalla en la tabla 2 para ello el 57% optaron a una velocidad moderada, Campos (2016) en su investigación terminal II titulada diseño de acople mecatrónico para automatización de sillas de ruedas convencionales indica que su peso máximo es de 120kg así mismo con una velocidad de 10km/ equivalente a 2.7m/seg
- En la tabla N°25 se muestra los diseños ganadores tras una elección por criterios de diseño que se consideró para la parte de función en la tabla 20 tales como seguridad ergonomía ,facilidad de superar obstáculos , costo y mantenimiento en lo que el diseño 2 cumplió con todas las expectativas ya que a diferencia del resto de diseño tiene todas las funciones operables al subir escaleras por un sistema de carrier con faja dentada con la ayuda de dos motores eléctricos en dc y para su elevación un sistema hidráulico por dos actuadores uno en la parte central del reposa pies, el otro en la parte trasera conectado a dos ruedas auxiliares para lograr equilibrio, por otra parte el diseño ganador del chasis en la tabla 26 fue diseño 1 en lo que se consideró los criterios de diseño, como fácil de manipular, fácil de modificar, resistencia de la estructura ya que este diseño cumple con todo lo requerido ya que es fácil de acoplar un sistema electromecánico, con respecto a la elevación se dé opto por un diseño 3 ya que es mecánico eléctrico denominado actuador lineal eléctrico por la dimensión de sus componentes, más practico en nuestro sistema es decir fácil montaje. Por otro lado, Digenova (2004) en su investigación desarrollada titulada “diseño axiomático de un mecanismo de elevación de silla de ruedas accionado manualmente donde es accionado por un pistón mecánico llegando a una altura de 15 pulgadas sin contar con un motor eléctrico para su desplazamiento como también no considero dar autonomía para llegar a zonas dificultosas como subir escaleras por lo que el autor solo se basó en elevación vertical.
- Siguiendo el algoritmo de cálculo de la lista de exigencias del sistema electromecánico en función a la mecánica clásica aplicada La resistencia a la rodadura se produce por el desplazamiento del vehículo. Se opone a la fuerza de empuje; su valor depende de la masa del vehículo, de la geometría de dirección, del tipo, perfil y presión de inflado de las ruedas de la velocidad de marcha, estado de la carretera y de la superficie de la misma en función

al peso se consideró 194 kg de masa por lo que se requiere de una fuerza de 19;85N para mover la silla de su centro de masa rompiendo la inercia como también la fuerza aerodinámica que ejerce el aire que se opone a la marcha del vehículo y que depende principalmente de su forma exterior. La fuerza de la resistencia del aire depende del tamaño y forma del vehículo, de la velocidad de marcha, de la densidad del aire y de la dirección y fuerza del viento. Considerando a una temperatura ambiente 25°C se requiere una fuerza de 2.1940N considerando el área donde impacta el viento igual a 0,8 m². así mismo se necesita de una fuerza primordial en el presente proyecto el vehículo deberá ascender por gradas de concreto en función a las normas se opta por un ángulo estándar de 30° por lo que se debe tener en cuenta la resistencia de una pendiente y que depende del perfil de las referidas gradas y de la masa del vehículo; por lo que el vehículo requerirá de una mayor fuerza de propulsión para vencer dicha resistencia ofrecida por la pendiente. Por lo tanto, se requerirá de mayor potencia del motor para evitar un descenso de la velocidad y compensar la potencia de pendiente. Se llega a obtener una fuerza de 951.6N para subir escaleras. Los sistemas de transmisión por cadenas se obtienen rendimientos del orden del 98%, debido a que se excluyen problemas de deslizamiento entre los componentes del sistema La elección del motor para el vehículo diseñado se determina al hacer una evaluación de los requerimientos de la carga y por consideraciones económicas Los parámetros que se deben tomar en cuenta para seleccionar un motor eléctrico se consideró Condiciones ambientales Índice de protección Disposición de instalación La potencia nominal Ciclo de trabajo Velocidad de rotación Esfuerzos necesarios para realizar el trabajo Y demás datos que podemos hacerlos referencia a la placa de datos del motor Otro factor que se ve necesario a analizar antes de seleccionar un motor es el tipo de movimiento sumado todas las potencias el sistema de transmisión se llega a una potencia del motor eléctrico de 150kw. Se obtuvo un par de 144.8Nm en el eje motriz sometido a un esfuerzo de 1804.84N siguiendo el algoritmo de cálculo según las ecuaciones de Tresca nos arroja un diámetro de eje $D=2.5\text{cm}$ como también se calculó un el sistema de elevación lo cual se tiene 2 actuadores eléctricos lineales de 3000N. En la tabla 32 se selecciona una cadena simple rodillos en norma 06B-1 en función de la potencia corregida y su rpm con longitud para las ruedas de la silla a 45.4cm y 86.12 cm al carrier. Así mismo

López (2014) en su desarrollo de tesis II titulada “diseño de un prototipo de silla de ruedas eléctrica, con sistema de ascenso y elevación” obtiene los resultados del diámetro del eje motriz 2cm lo cual es accionada por un motor eléctrico de 180w.

- Con respecto al análisis estático en SolidWorks usando en todo el equipo acero ASTM 1020 con un límite fluencia de 210 Mpa obtenemos un factor de seguridad en el eje de 2,5 pero al simularlo en SolidWorks el sistema Carrier adaptado a la silla de rueda manual arroja un factor de seguridad de 1.3, por el contrario Lopez (2014) usa un acero de 540 Mpa de resistencia a la tracción en su eje y en su tuerca 275 Mpa debido a que diseña una silla de ruedas automática con transmisión de corona y su factor de seguridad no varía.
- Con respecto al análisis del presupuesto el promedio económico total de los discapacitados encuestados dispuestos a invertir es S/.3500.00 según la tabla 11 para ello se hizo una lista de costos de todos los materiales electrónicos en la tabla 47 Costo total del es de s/. 4153 frente a esto es factible económicamente Campos (2016) en su investigación terminal II titulada diseño de acople mecatrónico para automatización de sillas de ruedas convencionales, como también se procedió a la obtención de los resultados más importantes el costo de los componentes de mecánicos y electrónicos es alrededor de S/.1852. por lo que solo consta de un kit para trasladarse por superficies planas

V.CONCLUSIONES

- Las encuestas realizadas a una muestra de 7 personas dan lugar a la conclusión que prefieren que 7 de 7 prefieren una silla automática de las mismas dimensiones que la manual, que 5 de 7 prefieren tenga elevación, que tenga sesta para objetos y que sube escaleras. Además, el costo accesible promedio es de 3500 soles. Dando a notar que el producto es adquirible por el usuario según encuestas. Tabla 11
- Se llegó a concluir que el chasis utilizar para adatar el sistema electromecánico es el de la silla convencional, con un sistema de transmisión que suba escaleras y un sistema de elevación con actuadores eléctrico, todo ello a través de una matriz de selección ponderada. Tabla 24
- Los cálculos empleados dieron como resultado una potencia de motor nominal de 83.3 Watts, pero se le coloco una potencia de 150 debido a factores de eficiencia y teniendo en cuenta que el peso puede variar. Además de un diámetro de 3.8 cm con un factor de seguridad de 3.5,
- Se sometió a la carga de 1200 N la silla con el sistema electromecánico acoplado, En el proceso de análisis estático la deformación simplemente es $1.629e-12$ lo cual es bajísimo y esto se da en la parte delantera de la silla. Además, el factor de seguridad es igual a 1.3 y no se encuentra desplazamiento alguno. Figura 29
- El presupuesto necesario para la elaboración del sistema electromecánico para automatizar silla de ruedas manuales es 3262.4462 soles. Tabla 32 – 33

VI.RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un sistema de control y mando propio para automatizar a detalle todo el equipo.
- Se recomienda para hallar el diámetro del eje usar la fuerza del peso cuando el equipo no tiene ningún ángulo de inclinación debido a que esto produce una reducción en la fuerza y este estará sometido en varias circunstancias a la fuerza de gravedad que forma ángulo de 90° con la horizontal y así obtendrá la mayor fuerza.
- Es viable colocar un motor que se encuentre en el mercado de hasta 50 % más de la capacidad dimensionada debido a que con ello tendremos mayor acceso al producto y podremos evitar fallas en estos por sobrecarga.

VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Valero, J., Bonilla, Y., Sandoval, C., & Duque, C. (2012, June). Sistema de control de una silla de ruedas para seguimiento automático. In *Memorias del Congreso ASME USB* (pp. 1-
- Fernando, S. L., René, T. C., Guillermo, U. S., & Beatriz, R. A. (2011). Rediseño para la Optimización de una Silla de Ruedas Eléctrica de dos Posiciones. *Instituto Politécnico Nacional, Sección de estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos", Zacatenco.*
- Paredes, M., Fernando, J., & Gutiérrez Garrido, A. (2007). Silla de Ruedas Controlada por Voz. *Asociación mexicana de Mecatrónica AC, Departamento de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Politécnica de Pachuca, Sahagún, México.*
- Cano, R. E., Hincapié, J. P., & García, J. I. (2014). Caracterización de requisitos funcionales de una silla de ruedas eléctrica usando técnicas del diseño de productos centrado en el usuario. *Memorias VIII Congr. Latinoam. Ing. Mecánica, COLIM, 2, 1278-1285.*
- Méndez Agama, V. D., & Ramírez de la Cruz, D. O. (2015). *Diseño e implementación del sistema de movimiento direccional de una silla de ruedas para ser controlada por reconocimiento de un patrón de voz mediante electrónica de potencia y motores Dc como actuadores* (Bachelor's thesis).
- Cifuentes, A., Plaza, M., & Rondón, S. (2016). Diseño de un módulo de transformación para sillas de ruedas eléctricas en silla de ruedas inteligente. *Ciencia y Poder Aéreo, 11(1).*
- Pérez, J. I., & Garaigordobil, M. (2007). Discapacidad motriz: autoconcepto, autoestima y síntomas psicopatológicos. *Estudios de Psicología, 28(3), 343-357.*
- Floyd, M. H., Zambrano, J. A., Antó, A. M., Jiménez, C. S., Solórzano, C. P., & Díaz, A. L. (2012). Identificación de las barreras del entorno que afectan la inclusión social de las personas con discapacidad motriz de miembros inferiores. *Salud Uninorte, 28(2), 227-237*
- Rosales, M. A. O. (2007). Actividad física y discapacidad. *MHSalud, 4(2), 1-5.*
- Pérez, J. I., & Garaigordobil, M. (2007). Discapacidad motriz: autoconcepto, autoestima y síntomas psicopatológicos. *Estudios de Psicología, 28(3), 343-357.*

- Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. Pearson educación.
- Herrera, H. H., Espinosa, R. G., Rodríguez, J. M., & Jackson, I. M. (2004). Cálculo de tensiones en uniones soldadas con costuras de filete asimétricas sometidas a flexión. //Bending shear stresses calculation in welded joints with asymmetric welding fillets. *Ingeniería Mecánica*, 7(3), 53-58.
- Hall, A. S., Holowenko, A. R., & Laughlin, H. G. (1988). *Teoría y problemas de diseño de máquinas*. McGraw-Hill,.
- Gere, J. M., Goodno, B. J., Rosales, L. P., Villarreal, M. D. P. C., & Guzmán, J. N. P. (2016). *Mecánica de materiales*. Cengage Learning.
- Quintana, B. M. (2014). Modelo de masificación de vehículos eléctricos en Bogotá DC. *Universidad Nacional de Colombia, Bogotá DC*.
- Guerrero, E., Linares, J., Guzman, E., Sira, H., Guerrero, G., & Martinez, A. (2017). DC Motor Speed Control through Parallel DC/DC Buck Converters. *IEEE Latin America Transactions*, 15(5), 819-826.
- Guerrero, E., Linares, J., Guzman, E., Sira, H., Guerrero, G., & Martinez, A. (2017). DC Motor Speed Control through Parallel DC/DC Buck Converters. *IEEE Latin America Transactions*, 15(5), 819-826.
- Lémez, R. (2005). *La integración de las personas con discapacidad en la educación superior en el Uruguay. Report. Instituto Universitario CLAEH, Montevideo*.
- S., & Roquet, J. V. (2012). *Metodología de la investigación. México: Red Tercer Milenio*
- Hibbeler, R. C. (2006). *Mecánica de materiales*. Pearson educación.
- Gere, J. M., & Timoshenko, S. P. (2009). *Mecánica de materiales*. Cengage Learning, México.
- Tamayo, J. T. (1985). Comportamiento de los materiales bajo carga repetida. *Ingeniería e Investigación*, (12), 22-29.

ANEXOS

Anexo 1: Carrera dentada Texrope

B - Secciones de correas trapezoidales

anchura x altura (mm)	estrechas	clásicas	agricolas	variador VRX
6,0 x 4,0		Y		
6,4 x 4,1		RMA 2L		
8,0 x 5,0		DIN 8		
9,7 x 5,6		RMA 3L		
9,7 x 8,0	XPZ / SPZ / 3V			
10,0 x 6,0		Z		
12,7 x 7,9		RMA 4L		
12,7 x 10,0	XPA / SPA			
13,0 x 6,0				VNN
13,0 x 8,0		A		
15,8 x 13,5	5V			
16,3 x 13,0	XPB / SPB			
16,8 x 9,7		RMA 5L		
17,0 x 6,0				W 16
17,0 x 11,0		B		
18,6 x 15,0	DIN 19			
20,0 x 12,5		DIN 20		
21,0 x 7,0				W 20
22,0 x 8,0				VNN
22,0 x 14,0		C		
22,0 x 18,0	XPC / SPC			
25,0 x 16,0		DIN 25		
25,0 x 23,0	8V			
25,4 x 12,7			HI	
26,0 x 8,0				W 25
28,0 x 8,0				VNN
31,8 x 15,1			HJ	
32,0 x 16,0			AGRI	
32,0 x 19,0		D		
33,0 x 10,0				W 31,5
37,0 x 10,0				VNN
38,0 x 25,0		E		

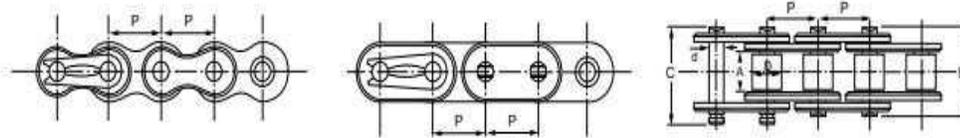
Fuente: catalogo Texrope

Anexo 2: Cadena de rodillos simple



Cadenas de rodillos serie ISO 606

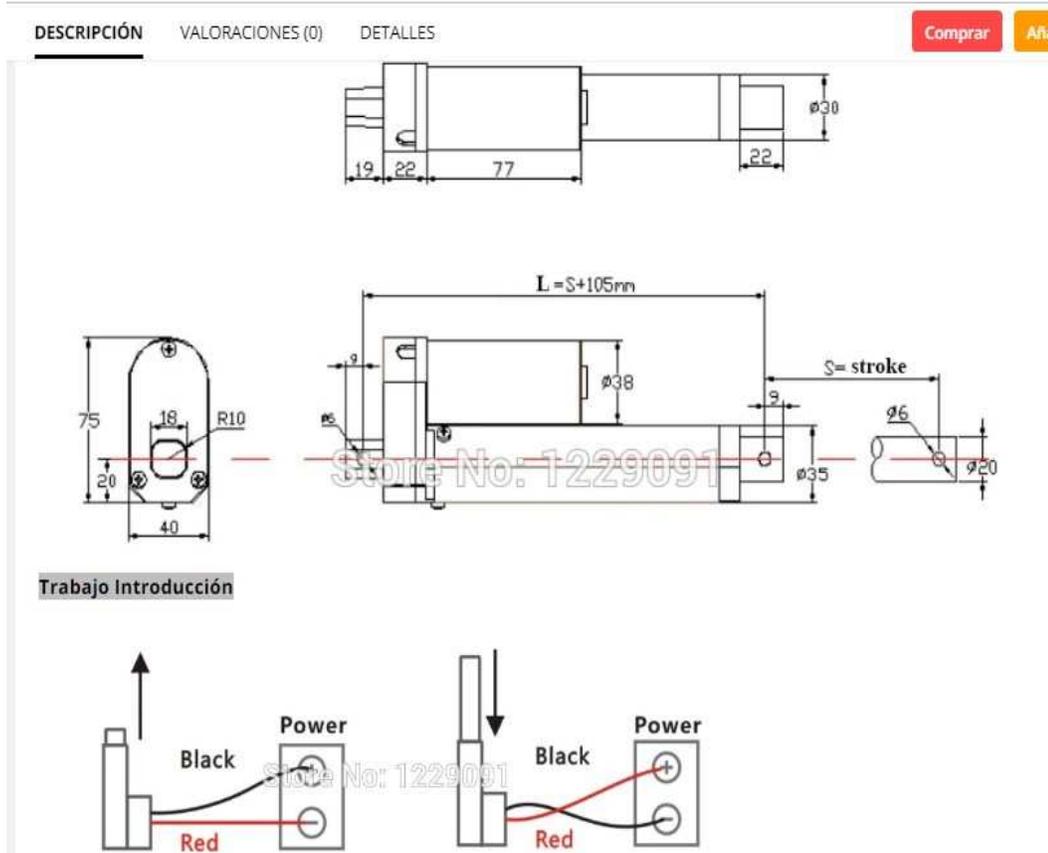
Derivadas de las normas europeas
BS-228 y DIN 8187



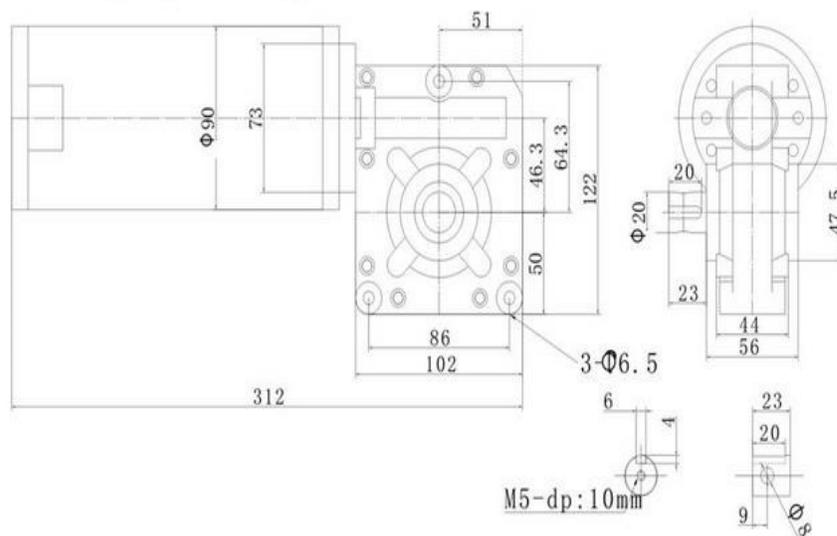
Cadenas simples													
Referencia	Norma	Paso P	Paso P	Ancho interior mínimo	Diámetro del rodillo	Diámetro del eje	Ancho máximo sobre ejes	Ancho sobre ejes de unión	Superficie de articulación	Carga aprox. de rotura	Eslabones por metro aprox.	Peso por metro	
JORESA	ISO	Pulgada	mm	A mm	D mm	d mm	H mm	C mm	cm ²	daN		Kg	
26	04 B-1	-	6	2,80	4	1,85	7,40	10,10	0,07	300	167	0,120	
28	05 B-1	0,315	8	3	5	2,31	8,50	11,50	0,10	550	125	0,180	
32*	06 B-1	3/8	9,525	5,72	6,35	3,28	12,40	16,10	0,285	1.000	105	0,400	
42	08 B-1	1/2	12,70	7,75	8,51	4,45	17,00	19,50	0,50	2.000	79	0,720	

Fuente: catalogo Joresau

Anexo 3: Planos del actuador lineal



Anexo 4: Planos del motor reductor 150w 200rpm/60rpm



Fuente: Aliexpress

Anexo 5: Encuesta

Encuesta I

NOMBRE Y APELLIDOS:

SEXO:

EDAD:

GRADO DE INSTRUCCIÓN:

OCUPACION:

PESO:

INSTRUCCIONES: completa los siguientes ítems colocando del Si y No. En la cual 1 es la puntuación más baja y 5.

questionario	Si	no
1. Tiene problemas para alcanzar objetos que están en altura		
2. Presenta dificultad para llevar objetos de un lado a otro		

Instrucciones: marca con una x según corresponda

1. A que velocidad le gustaría transitar en la silla de ruedas automática
 - a) lenta (caminar)
 - b) moderada (trotar)
 - c) rápida (correr)

2. qué cualidades debe tener su silla automática para su comodidad.
 - a) Reposo pies
 - b) Asiento reclinable
 - c) Elevación
 - d) cesta para objetos
 - e) sistema de carga para celular
 - f) cubierta de sol y lluvia
 - g) Todas las anteriores
 - h) Otros:
 1. Que dimensiones le gustaría que tenga la silla de ruedas automática para poder desplazarse
 - largo.....
 - ancho.....
 - altura.....

Fuente: fuente propia

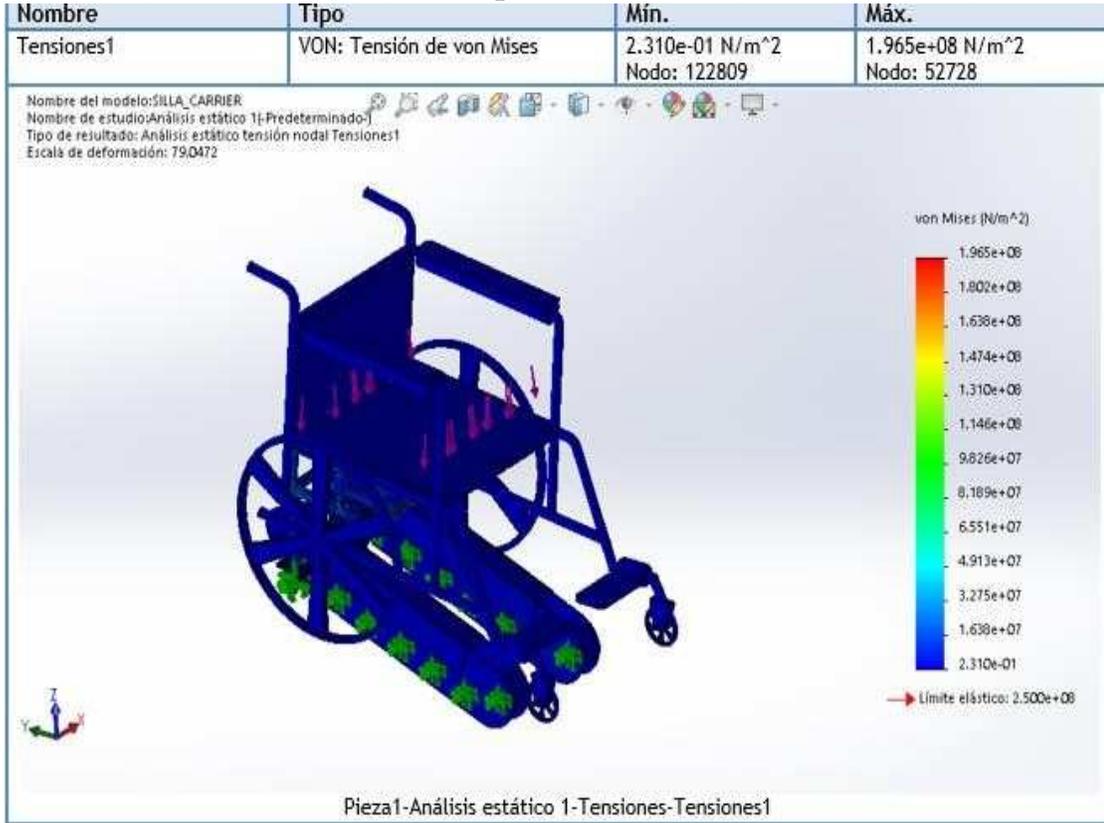
Anexo 6: Plan de mantenimiento preventivo

CARTILLA DE MANTENIMIENTO CHECK LIST					
TIPO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		Hora: Inicio	Final	Fecha:	248hr
TRABAJOS A REALIZAR				OK	COMENTARIO
1	LIMPI	Lavado de la silla			
2		Lavado del sistema carrier			
18	ELECTRIC	Revisar baterías (comprobar nivel de electrolitos)			
19		Inspeccionar y limpiar los bornes de las baterías.			
20		Revisar el alamamiento del motor eléctrico			
25	LUBRICACION	Inspeccionar Sistema de Lubricación Automática.			
26		Verificar y lubricar - Cojinetes del eje motriz			
27		Verificar y lubricar - Cojinetes del eje de la silla de ruedas			
28		Verificar y lubricar - Cojinete cadena de transmision			
47		Inspeccionar soportes de motor.			
48		Inspeccionar montajes de la transmisión.			
49		Inspeccionar montaje de ejes de transmisión			
50		Inspeccionar montaje de la silla de ruedas			
51		Inspeccionar montaje de los actuadores electricos lineales			
52		Inspeccionar llantas			
53	Inspeccionar tuercas				
54	Inspeccionar el chasis				
Observaciones:					
Observaciones:					
Observaciones:					



Fuente: fuente propia

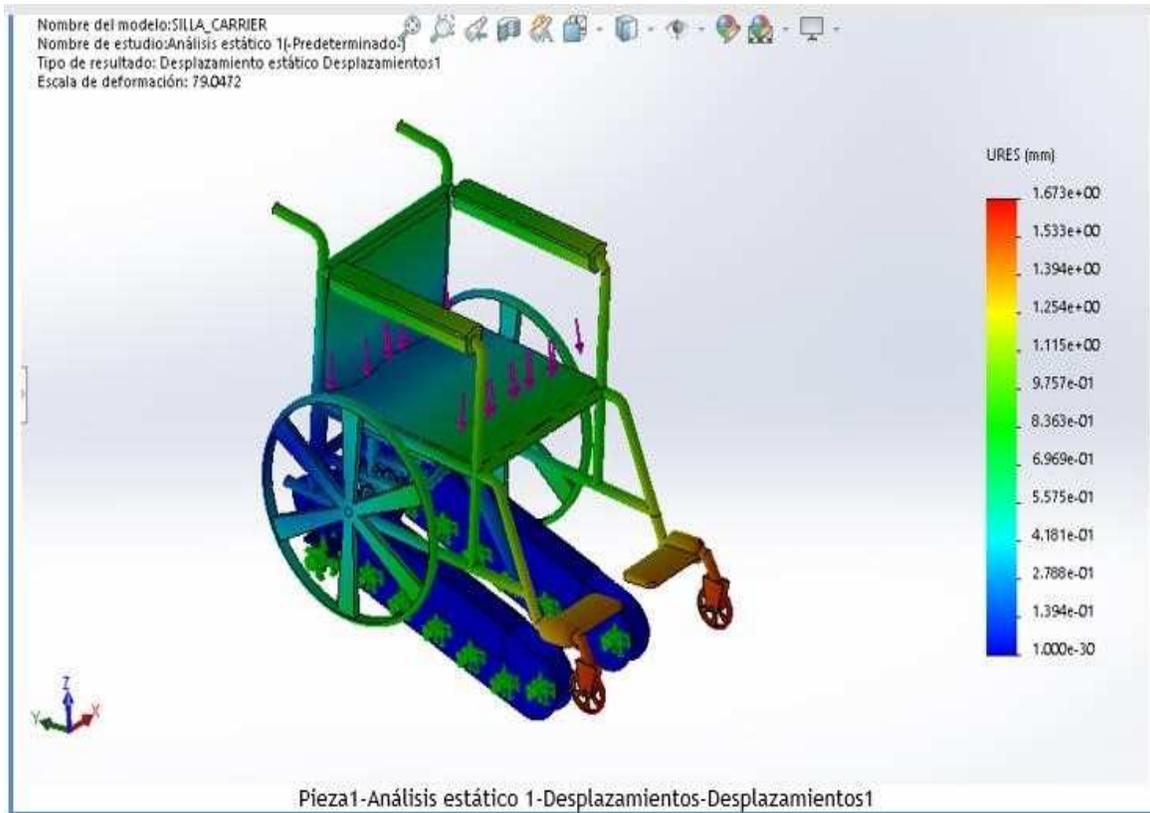
Anexo 7: Análisis estático de tensiones en posición de subir escaleras



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00 mm Nodo: 6157	1.673e+00 mm Nodo: 52498

Fuente: fuente propia

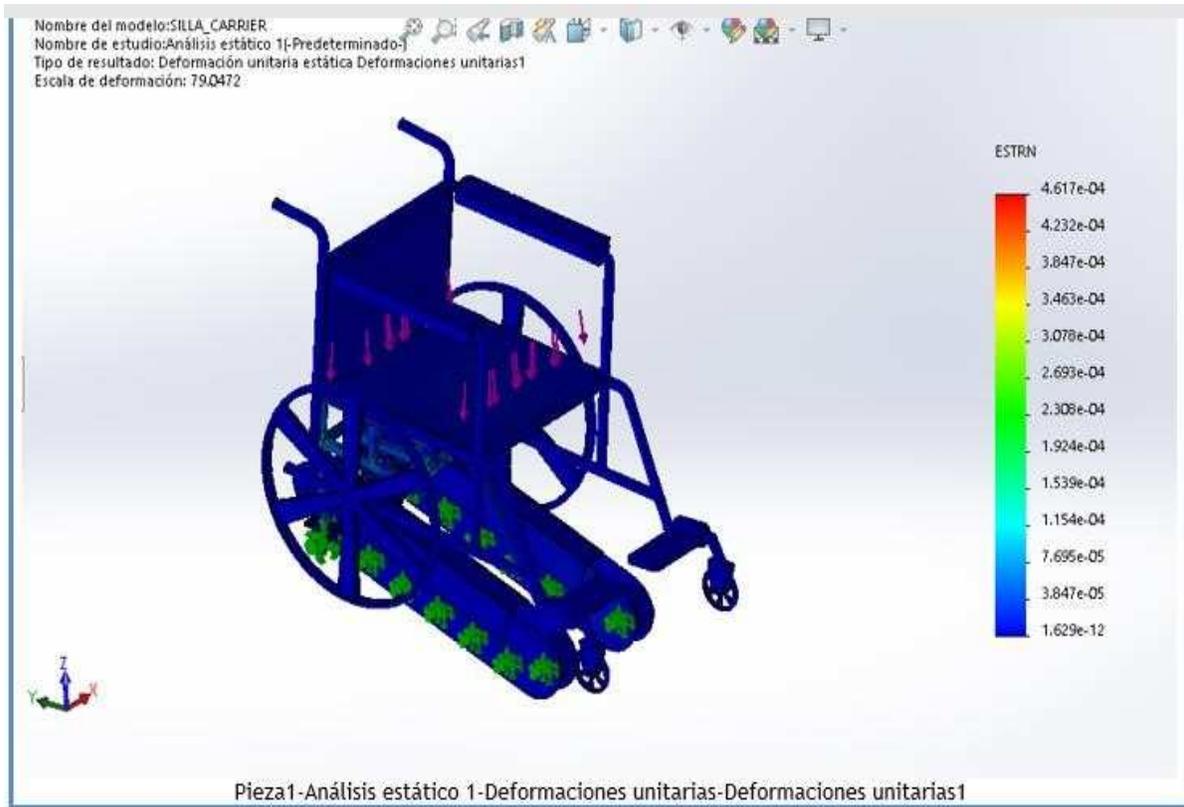
Anexo 8: Análisis estático desplazamientos en posición de subir escaleras



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.629e-12 Elemento: 61934	4.617e-04 Elemento: 25638

Fuente: fuente propia

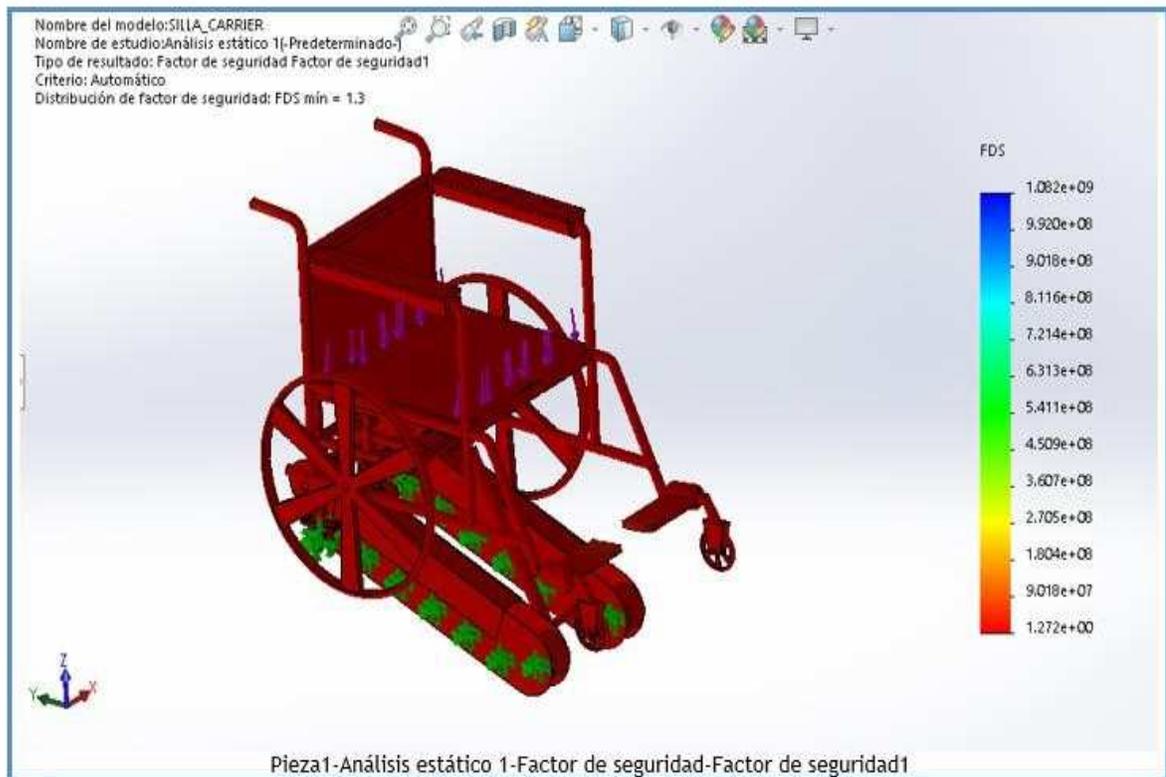
Anexo 9: Análisis estático deformación unitarias en posición de subir escaleras



Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	1,272e+00 Nodo: 52728	1,082e+09 Nodo: 122809

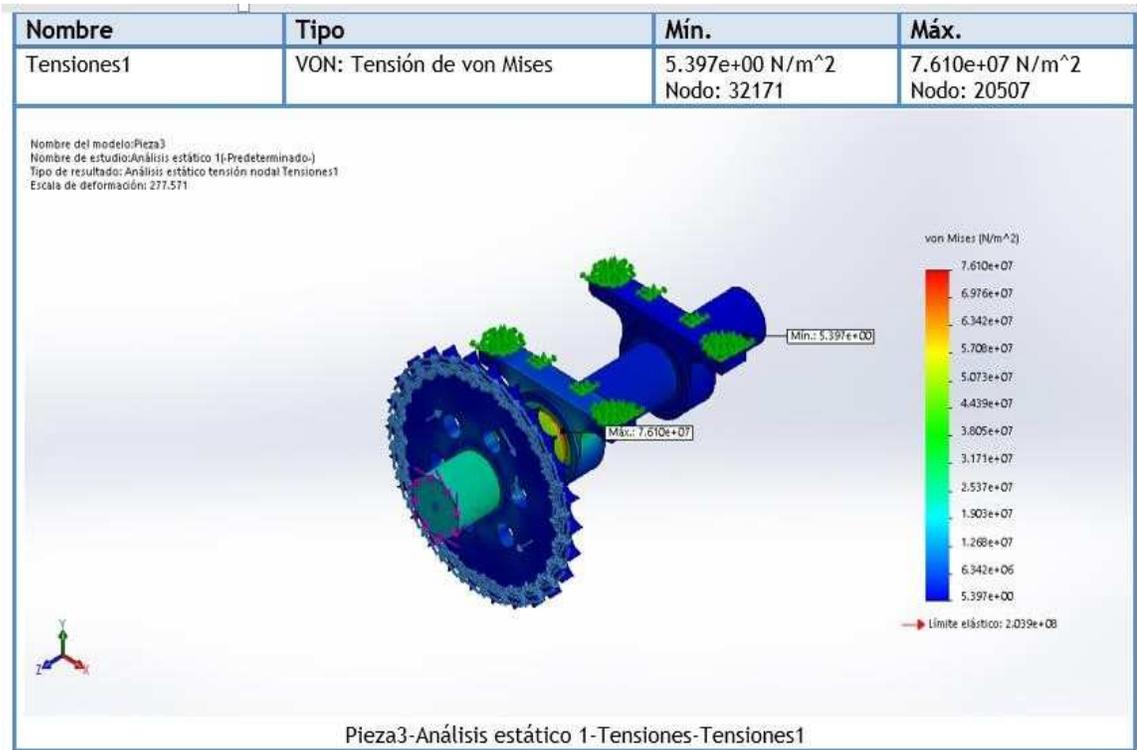
Fuente: fuente propia

Anexo 10: Análisis estático factor de seguridad



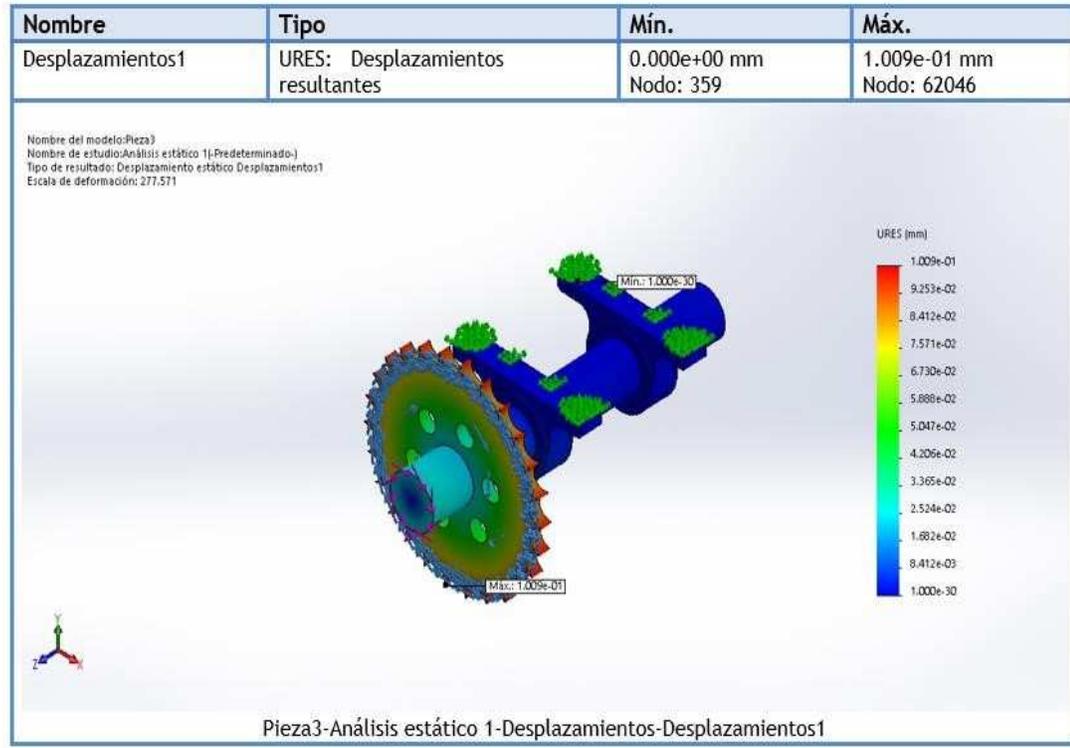
Fuente: fuente propia

Anexo 11: Análisis estático de tensiones en el eje motriz



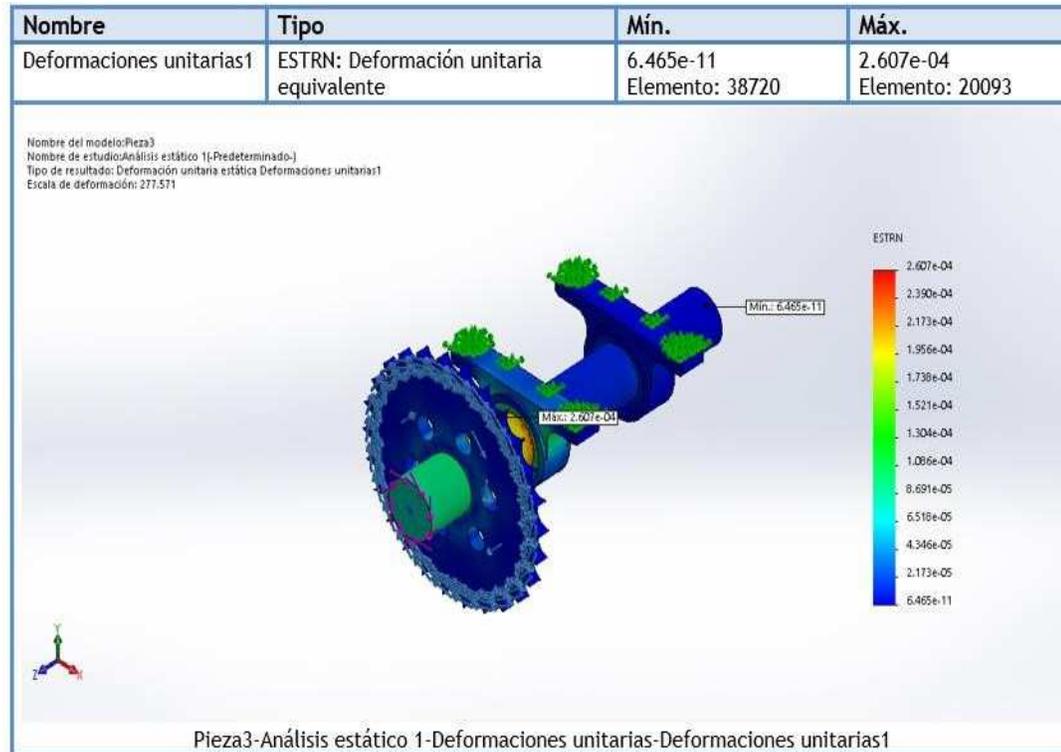
Fuente: fuente propia

Anexo 12: Análisis estático de desplazamientos



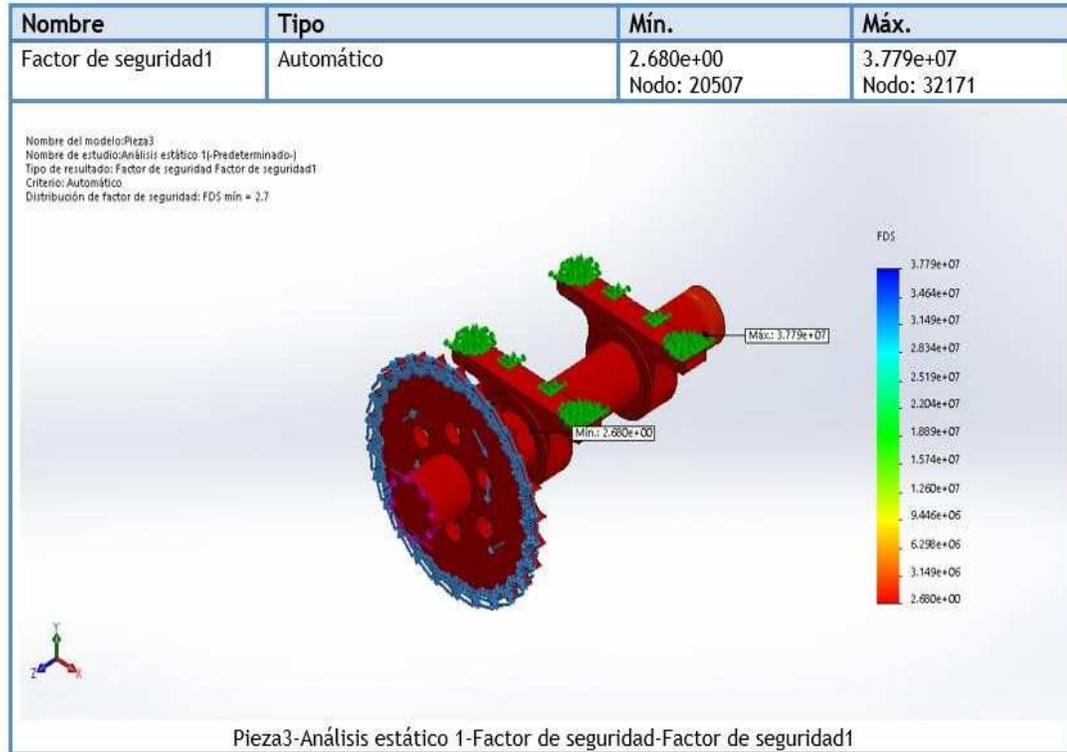
Fuente: fuente propia

Anexo 13: Análisis estático de las deformaciones unitarias el eje motriz



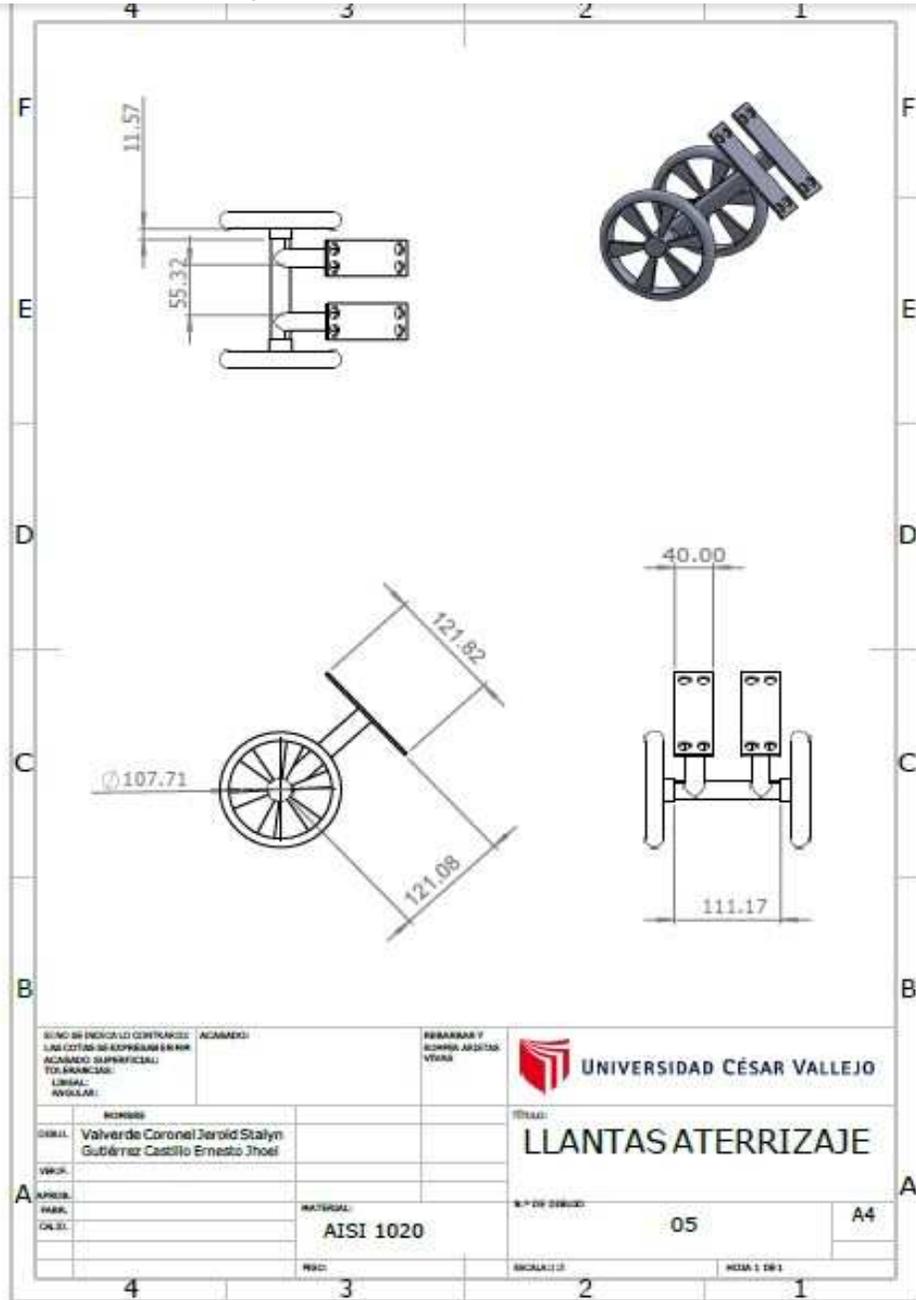
Fuente: fuente propia

Anexo 14: Análisis estático de factor de seguridad en el eje motriz



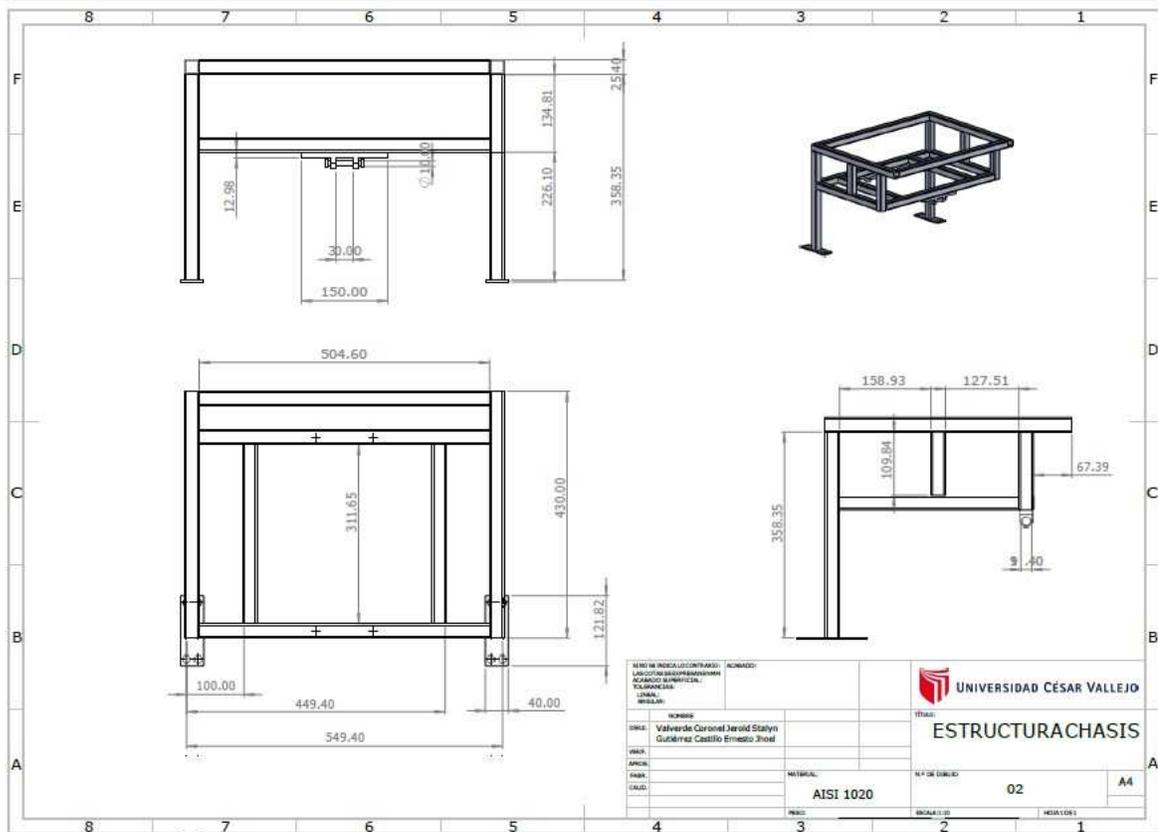
Fuente: fuente propia

Anexo 15: Tren de aterrizaje



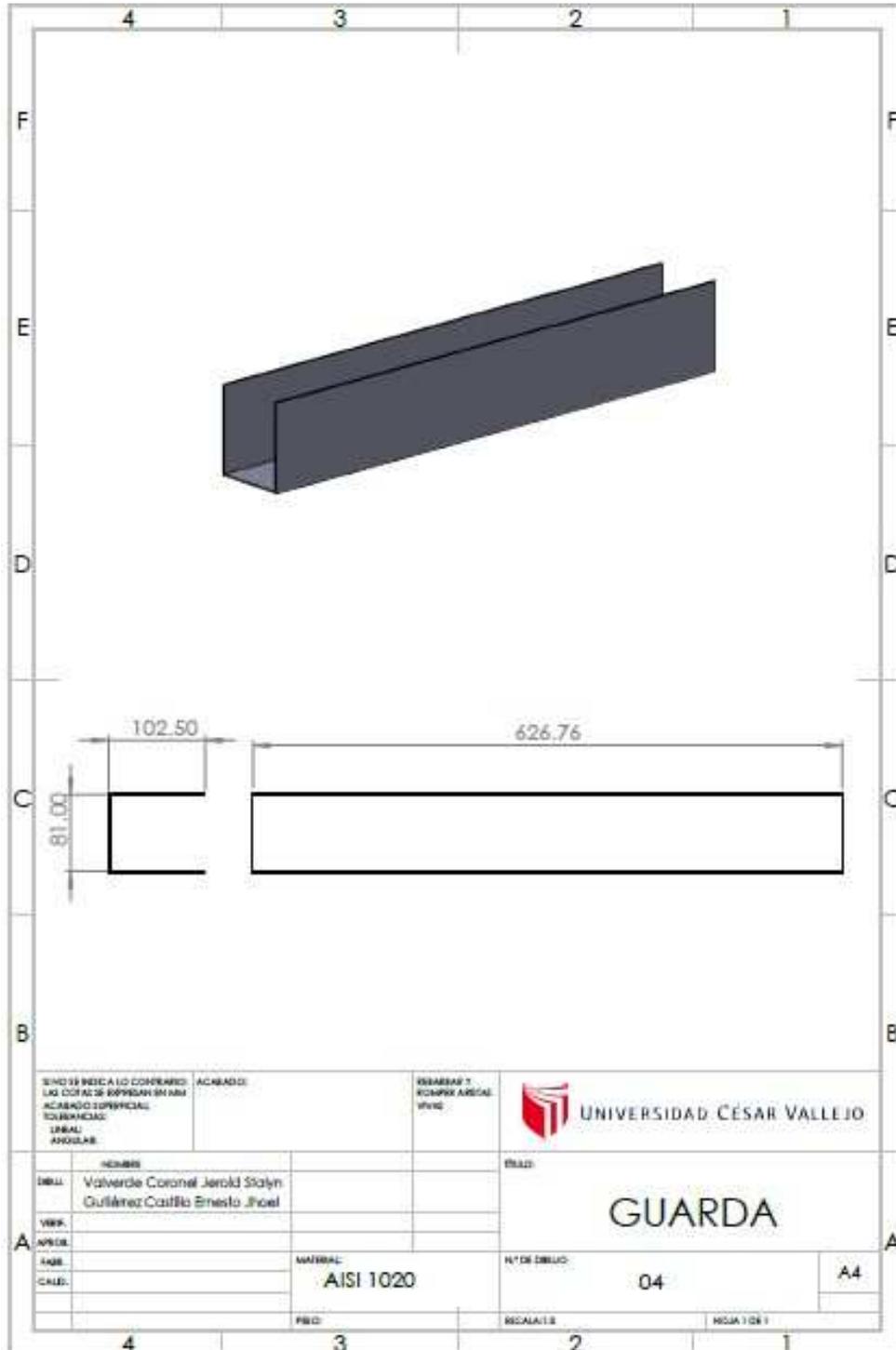
Fuente: fuente propia

Anexo 16: Base chasis



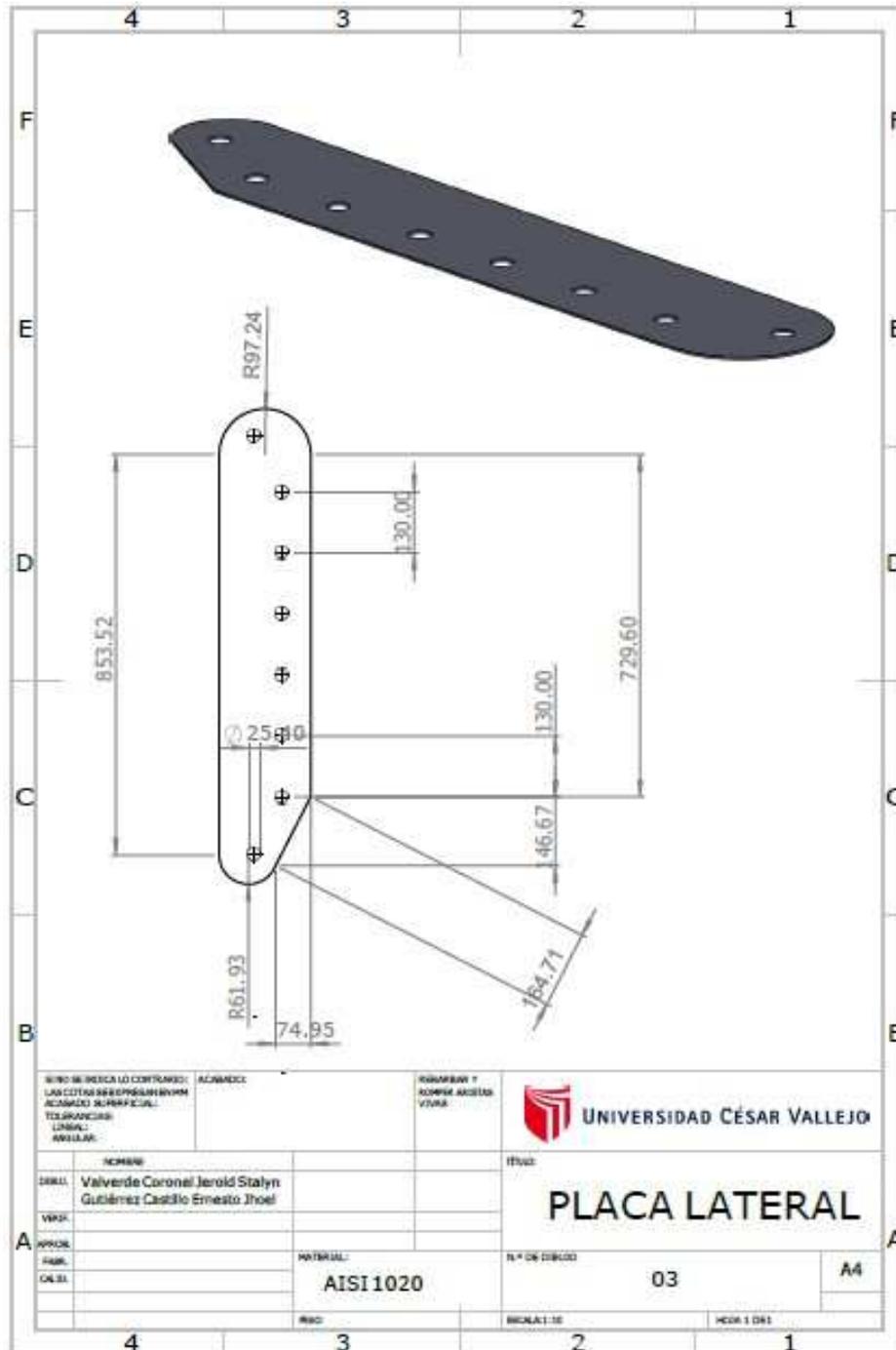
Fuente: fuente propia

Anexo 17: Guarda del sistema carrier



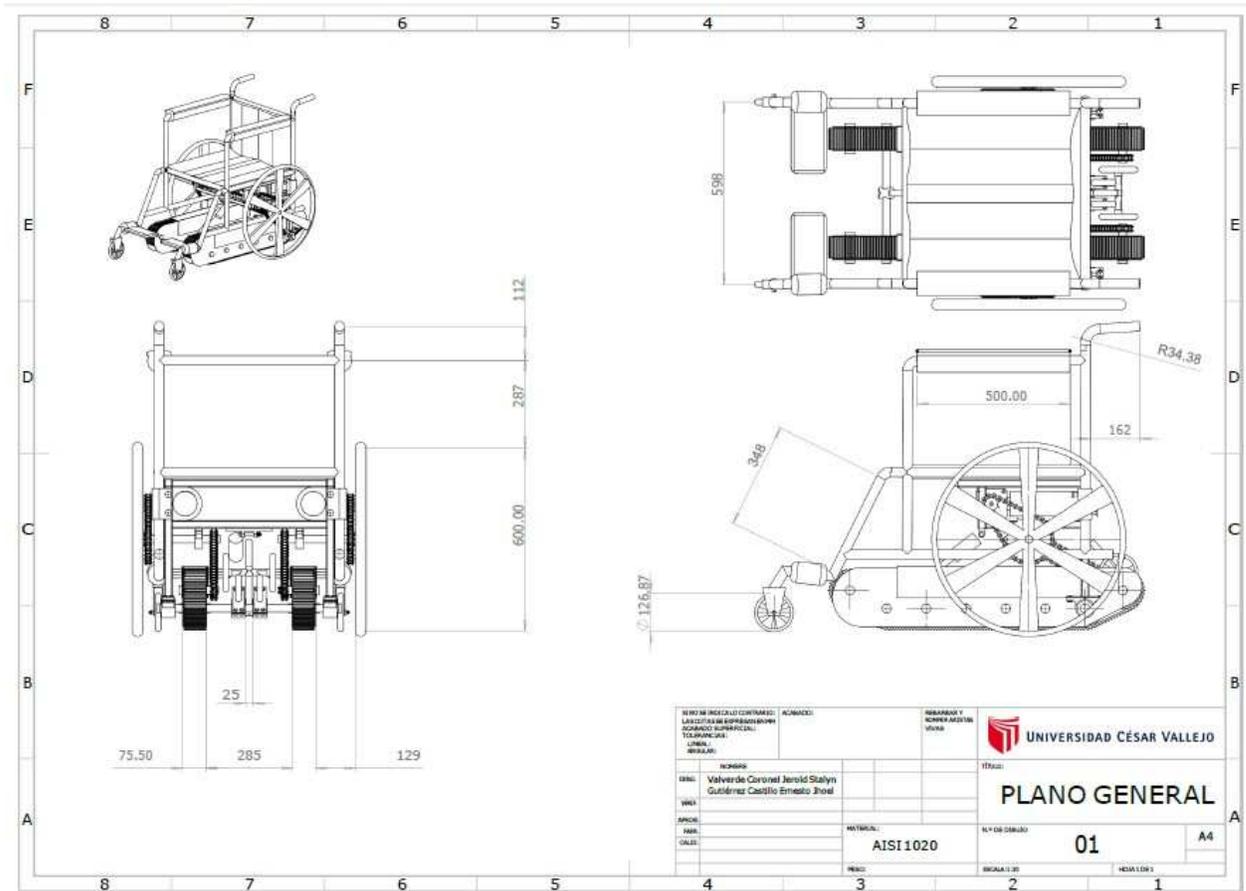
Fuente: fuente propia

Anexo 18: Placa lateral del sistema carrier



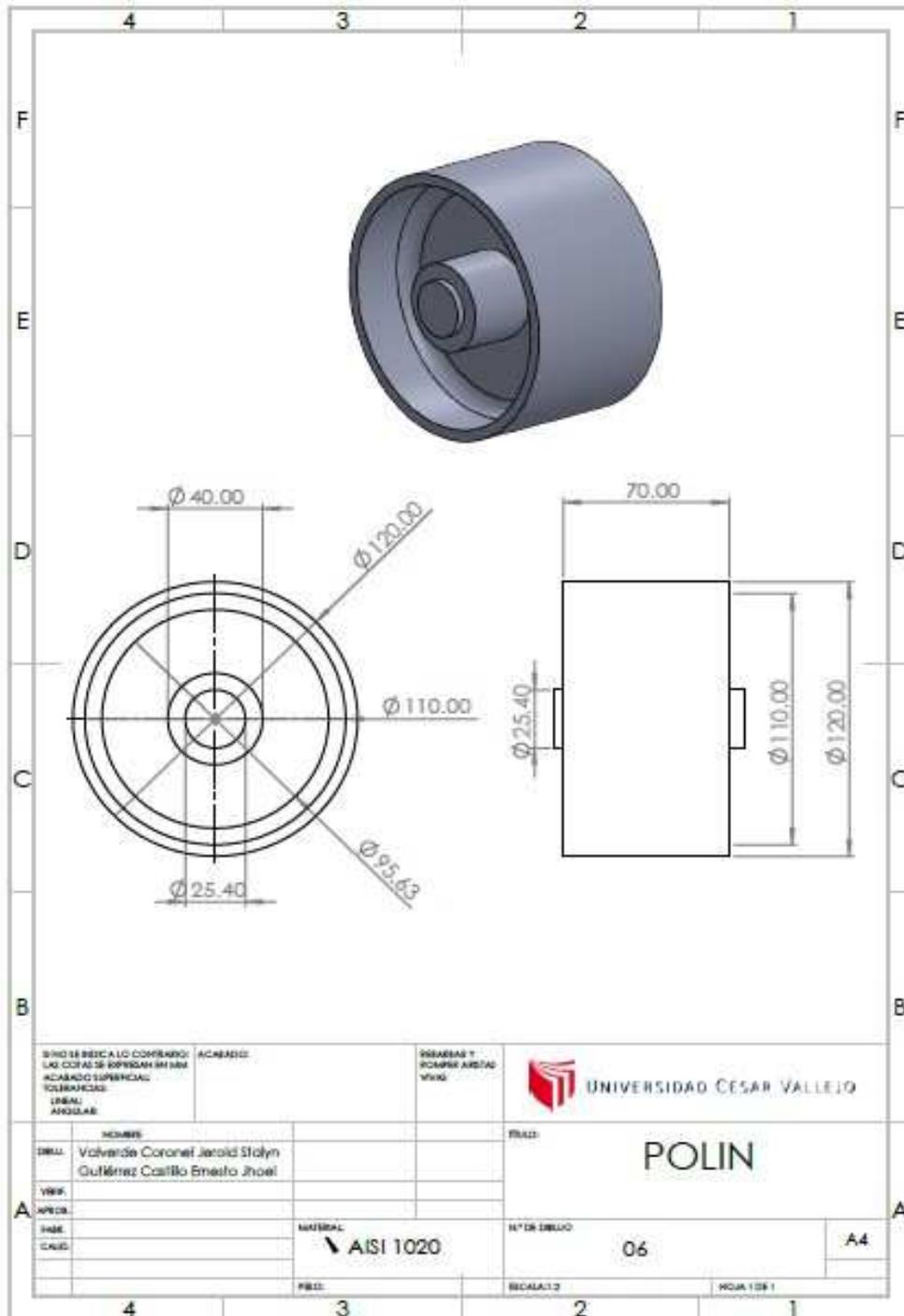
Fuente: fuente propia

Anexo 19: Plano general isométrico



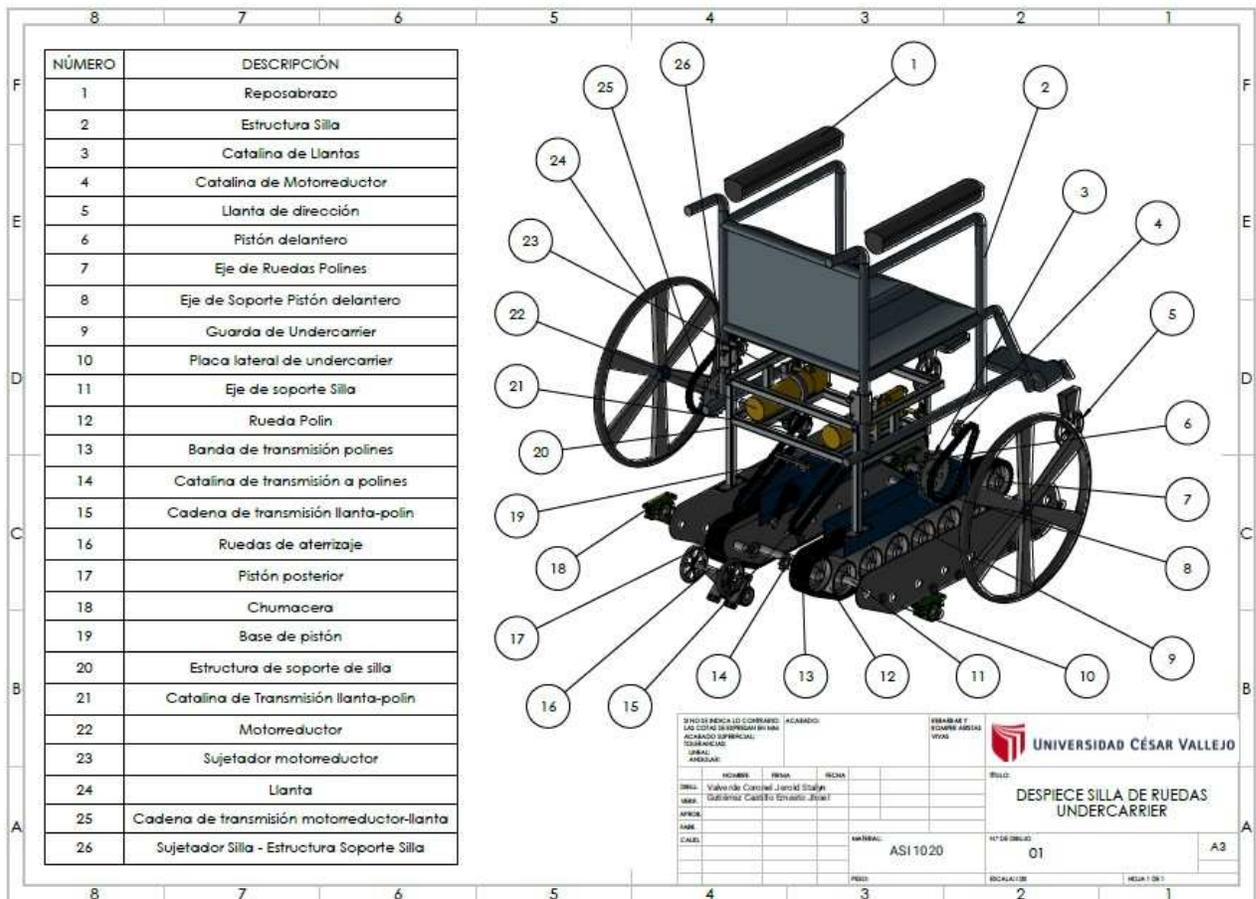
Fuente: fuente propia

Anexo 20: Polín del sistema carrier



Fuente: fuente propia

Anexo 21: Despiece general sistema electromecánico



Fuente: fuente propia