



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Diseño de silla de ruedas económica para el desplazamiento en escaleras-Piura, 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTOR:

Br. Ayala Pumachay, Anthony Josué (ORCID: 0000-0002-0851-4378)

ASESOR:

Mg. Rivera Calle, Omar (ORCID: 0000-0002-1199-7526)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

PIURA - PERÚ

2019

Dedicatoria

La presente investigación es dedicada en primer lugar a Dios, por brindarme la sabiduría y fuerzas para la realización del mismo, a mis padres Carlos y Silvia y a toda mi familia Ayala-Pumachay por el apoyo incondicional que me brindan.

Agradecimiento

Agradezco a Dios, por darme la vida, salud y abundante sabiduría durante mi etapa estudiantil.

A la Universidad César Vallejo, a mi asesor Omar Rivera Calle, a mi metodóloga Luciana Torres Ludeña, al coordinador de escuela Hugo García Juárez y a todos los docentes que se involucraron en mi correcta formación universitaria brindándome muchos conocimientos y apoyo moral.

Página del jurado

Declaratoria de autenticidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **AYALA PUMACHAY, ANTHONY JOSUE**, estudiante de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial, de la Universidad César Vallejo, sede Piura, declaro que el trabajo académico titulado: **“DISEÑO DE SILLA DE RUEDAS ECONÓMICA PARA EL DESPLAZAMIENTO EN ESCALERAS-PIURA, 2019”**, presentada en 124 folios para la obtención del título profesional de Ingeniero Industrial, es de mi autoría.

Por lo tanto, declaro lo siguiente:

- He mencionado todas las fuentes empleadas en el presente trabajo de investigación, identificando correctamente toda la cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes de acuerdo con lo establecido por las normas de elaboración de trabajos académicos.
- No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquellas expresamente señaladas en este trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido previamente presentado completa ni parcialmente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
- Soy consciente de que mi trabajo puede ser revisado electrónicamente en búsqueda de plagios.
- De encontrar uso de material intelectual ajeno sin el debido reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el procedimiento disciplinario.

Piura, 03 de diciembre de 2019

Firma

DNI N° 71348206

Índice

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Índice	vi
Índice de Tablas.....	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO	11
2.1. Tipo y Diseño de investigación	11
2.2. Operacionalización de variables	13
2.3. Población, muestra y muestreo	14
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	15
2.5. Procedimiento	16
2.6. Métodos de análisis de datos	17
2.7. Aspectos éticos	17
III. RESULTADOS	19
IV. DISCUSIÓN.....	26
V. CONCLUSIONES.....	28
VI. RECOMENDACIONES	29
REFERENCIAS	30
ANEXOS	36

Índice de Anexos

Anexo 1: Matriz de Consistencia.....	36
Anexo 2: Silla de ruedas Manual.....	37
Anexo 3: Silla de ruedas eléctrica	38
Anexo 4: Sube escaleras Oruga.....	39
Anexo 5: Silla salva Escalera	40
Anexo 6: Personas con discapacidad, 2012.....	41
Anexo 7: Personas con discapacidad que tienen dificultad para ingresar y/o desplazarse en establecimientos públicos, 2012 (Porcentaje)	42
Anexo 8: Personas con discapacidad de locomoción y/o destreza por área de residencia, según apoyo ortopédico que utilizan para desplazarse, 2012 (Porcentaje)	43
Anexo 9: Personas con discapacidad de locomoción y/o destreza por área de residencia, según apoyo ortopédico que utilizan para desplazarse, 2012 (Porcentaje)	44
Anexo 10: Personas con discapacidad según medio de transporte utilizado para desplazarse, 2012 (Porcentaje).....	45
Anexo 11: Pasos del modelo morfológico.....	46
Anexo 12: Cuestionario.....	47
Anexo 13: Constancia de Validación 1	48
Anexo 14: Constancia de Validación 2	49
Anexo 15: Constancia de Validación 3	50
Anexo 16: Evidencia de aplicación de cuestionario en la app Google Maps.....	51
Anexo 17: Evidencia de aplicación de cuestionario en la app Google Maps.....	52
Anexo 18: Evidencia de aplicación de cuestionario en la app Google Maps.....	53
Anexo 19: Evidencia de aplicación de cuestionario en la app Google Maps.....	54
Anexo 20: Evidencia de aplicación de cuestionario en la app Google Maps.....	55
Anexo 21: Resumen de respuestas de pregunta 1 de Cuestionario de Personas con discapacidad.....	56
Anexo 22: Resumen de respuestas de pregunta 2 de Cuestionario de Personas con discapacidad.....	57
Anexo 23: Resumen de respuestas de pregunta 3 de Cuestionario de Personas con discapacidad.....	58
Anexo 24: Resumen de respuestas de pregunta 4 de Cuestionario de Personas con discapacidad.....	59

Anexo 25: Resumen de respuestas de pregunta 5 de Cuestionario de Personas con discapacidad.....	60
Anexo 26: Resumen de respuestas de pregunta 6 de Cuestionario de Personas con discapacidad.....	61
Anexo 27: Atributos de Análisis Morfológico	62
Anexo 28: Resumen de respuestas de pregunta 7 de Cuestionario de Personas con discapacidad.....	63
Anexo 29: Resumen de respuestas de pregunta 8 de Cuestionario de Personas con discapacidad.....	64
Anexo 30: Resumen de respuestas de pregunta 9 de Cuestionario de Personas con discapacidad.....	65
Anexo 31: Resumen de respuestas de pregunta 11 de Cuestionario de Personas con discapacidad.....	66
Anexo 32: Resumen de respuestas de pregunta 12 de Cuestionario de Personas con discapacidad.....	67
Anexo 33: Componente de chasis “Tubería de acero negro cuadrada”	68
Anexo 34: Componente de chasis “Tubería de acero negro circular”.....	69
Anexo 35: Componente de chasis “Placa de acero negro”.....	70
Anexo 36: Componente de mecanismo de ruedas delanteras “Llantas de hule negro”	71
Anexo 37: Componente de mecanismo de ruedas delanteras “Llantas de hule negro”	72
Anexo 38: Rueda delantera con soporte	73
Anexo 39: Componente de mecanismo de ruedas traseras “Llantas de hule negro”	74
Anexo 40: Componente de mecanismo de ruedas traseras “Soporte de 3 ruedas”	75
Anexo 41: Asiento.....	76
Anexo 42: Respaldo	77
Anexo 43: Reposabrazos	78
Anexo 44: Vista Frontal de diseño completo	79
Anexo 45: Otras vistas de diseño completo	80
Anexo 46: Medidas de elevación de contrahuella de escalera de concreto.....	81
Anexo 47: Fase de subida 1	82
Anexo 48: Fase de subida 2	83
Anexo 49: Fase de subida 3.....	84
Anexo 50: Fase de subida 4.....	85

Anexo 51: Fase de subida 5	86
Anexo 52: Fase de subida 6	87
Anexo 53: Fase de subida 7	88
Anexo 54: Fase de subida 8	89
Anexo 55: Fase de subida 9	90
Anexo 56: Simulación de tensión en chasis	91
Anexo 57: Simulación de tensión en rueda de mecanismo trasero	92
Anexo 58: Rueda 1 de hule negro	93
Anexo 59: Momento de Inercia de Rueda 1	94
Anexo 60: Rueda 2	95
Anexo 61: Momento de inercia de rueda 2	96
Anexo 62: Comparación de Momentos de Inercia de Rueda 1 y Rueda 2	97
Anexo 63: Ficha de Costos	98
Anexo 64: Cotización Tubería de acero al carbón cuadrada de 20x20x2 mm	99
Anexo 65: Cotización Tubería de acero al carbón cuadrada de 20x20x2 mm	100
Anexo 66: Cotización Tubería de acero al carbón cuadrada de 20x20x2 mm	101
Anexo 67: Cotización Tubería de acero al carbón cuadrada de 20x20x2 mm	102
Anexo 68: Costo de tubería de acero negro	103
Anexo 69: Costo de placa de acero para reposapiés (En dólares)	104
Anexo 70: Costo rueda de hule negro con soporte (En pesos mexicanos)	105
Anexo 71: Costo Rueda tipo trébol con soportes (En pesos mexicanos)	106
Anexo 72: Tela de poliéster de 15 mm de espesor (En euros)	107
Anexo 73: Costo reposabrazos con interior de espuma	108
Anexo 74: Acta de originalidad de turnitin	109
Anexo 75: Pantallazo de originalidad	110
Anexo 76: Autorización de publicación de tesis	111
Anexo 77: Autorización de versión final del trabajo	112

Índice de Tablas

Tabla 1: Matriz de Operacionalización de variables	13
Tabla 2: Población y muestra	14
Tabla 3: Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	15
Tabla 4: Combinación final del modelo morfológico	20
Tabla 5: Materiales de chasis.....	20
Tabla 6: Materiales de mecanismo de ruedas delanteras.....	20
Tabla 7: Materiales de Mecanismo de ruedas traseras	21
Tabla 8: Materiales de respaldo y asiento	21
Tabla 9: Material de reposabrazos.....	21

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue Diseñar una silla de ruedas económica para el desplazamiento en escaleras. El trabajo de investigación es no experimental, transversal, de tipo de acuerdo al nivel o alcance, descriptiva. La población estuvo conformada por 18413 personas piuranas con discapacidad, obteniéndose una muestra de 68 personas, utilizando la Encuesta con su instrumento “Cuestionario de Personas con Discapacidad”, y el Análisis Documentario. Se diseñó la silla de ruedas en un programa de diseño 3D denominado “SolidWorks”, conformado por 7 materiales estructurales (chasis de la silla, asiento, respaldo para la espalda, reposapiés, ruedas delanteras, ruedas traseras y reposabrazos), 5 características (material del chasis=tubería de acero negro, material de asiento y respaldo=tela de poliéster de 15 mm de espesor, material de reposabrazos=cojín con interior espuma, material de rueda=hule negro y tamaño de rueda trasera=5”), diseñando la silla de Ruedas con 9 especificaciones técnicas que representan la cantidad de materiales de cada componente de la silla. Además, se realizaron evaluaciones obteniendo que, en primera instancia, a través de una simulación de movimiento, la silla de ruedas logra la función de ascender y descender escaleras, a través de una simulación de tensión resiste una fuerza de 1000 Newton con normalidad (Masa de una persona de 102 kg multiplicado por la aceleración de la gravedad de 9.8 m/s^2), y a través de un cálculo se obtuvo una rueda óptima de $625358.2013 \text{ gr} \times \text{mm}^2$ de momento de inercia. Por último, a través de una ficha de costos, se obtuvo un costo de S/656.60, lo cual es una cifra menor que el de las sillas tanto convencionales como eléctricas, que cumplen la función de desplazarse en escaleras.

Palabras Claves: Diseño, Silla de ruedas, Desplazamiento en escaleras, Persona con discapacidad.

ABSTRACT

The aim of the present research was to design an economical wheelchair for movements on stairs. The research work is nonexperimental, cross-sectional, type according to level or scope, descriptive. The population consisted of 18413 persons from Piura with disabilities, obtaining a sample of 68 persons, using the Survey with its instrument "Questionnaire of Persons with Disabilities", and the Documentary Analysis. The wheelchair was designed in a 3D design program called "Solidworks", consisting of seven structural materials (chair chassis, seat, backrest, footrests, front wheels, rear wheels and armrests), five characteristics (chassis material=black steel pipe, seat and backrest material=15 mm thick polyester fabric, armrest material=cushion with inner foam, wheel material=black rubber and rear wheel size=5"), designing the wheelchair with nine technical specifications representing the amount of materials of each component of the chair. In addition, evaluations were carried out showing that, in the first instance, through a simulation of movement, the wheelchair achieves the function of ascending and descending stairs, through a strain simulation resists a force of 1000 Newton normally (Mass of a person of 102 kg multiplied by the acceleration of gravity of 9.8 m/s^2), and through a calculation was obtained an optimal wheel of $625358.2013 \text{ gr} \times \text{mm}^2$ moment of inertia. Finally, through a cost sheet, a cost of S/656.60 was obtained, which is a lower figure than that of both conventional and electric chairs, that fulfil the function of move on stairs.

Keywords: Design, Wheelchair, Movements on stairs, Person with a Disability.

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo, se es de manera concurrente apreciar a personas con discapacidad desplazarse en sus sillas de ruedas, a causa de incontables razones que no hacen posible el uso de sus inferiores extremidades, en un estudio realizado gracias al *Instituto para la medición y Evaluación de la salud* (2015) se obtuvo que de las “Diez causas elementales de discapacidad en el planeta, tres son: Dolor lumbar, depresión, y desordenes de ansiedad”. Así mismo, conforme a la *OMS* (2017), “En aproximación son más de 1’000’000’000 de sujetos que sufren discapacidad alguna, lo cual, aquel monto representa el 15% de la población total mundial”. INEI (2016), por su parte, presenta como cifra que “En el territorio Peruano, habitan más de 1’637’000 de individuos con alguna discapacidad (5,2% de la población general)”, y en la región Piurana El Observatorio Nacional de la discapacidad, de acuerdo a su informe trimestral (2019) expresa que 82’531 es la cantidad de habitantes con discapacidad alguna según la encuesta nacional sobre discapacidad realizada el año 2012. Por otra parte, las sillas de ruedas, al transcurrir el tiempo, partiendo de su origen, no padecieron cambios concernientes a su esencial diseño, pero en lo que respecta en la forma de añadidura de motores para impulsarlos, si lo experimentaron, esto es debido a que la tecnología evolucionó en el globo terráqueo, puesto que se manifestaba algún deterioro físico por parte de los usufructuarios.

En primera instancia, hay solución en lo concerniente a la cuestión del desplazamiento de personas discapacitadas, pero nace un problema en segunda instancia, que es manifestado en los conflictos que se presentan para que los individuos sean trasladados en sus sillas de ruedas en establecimientos o localidades, debido a que en distintos lugares de todo el planeta se encuentran desniveles en lo referente a peatonales áreas, tal es el ejemplo de los escalones en las intersecciones de carreteras, lo que es revelado en un estudio llevado a cabo por el portal informativo del Diario El Comercio (2016), el cual informa que en la capital Limeña 6 de cada 10 personas discapacitadas cuentan con una dificultad para movilizarse en la urbe, bien sea en una silla de ruedas moderna o en una clásica, dado que existe una amplia gama de modelos en el mercado, disponiendo cada una de las opciones ciertas particularidades y componentes que la conforman, teniendo variaciones en su peso, forma, etc., aquello mencionado se ve evidenciado en las técnicas especificaciones de aquellas sillas. La presencia de leyes que aseguran que edificaciones contengan en su diseño el movimiento de individuos con capacidades especiales, como la Ley N° 29973, en muchos casos es omitida

en muchos inmuebles que excluyen a aquellos sujetos que emplean silla de rueda, ya que complican su movilidad por la edificación, ya que en el mayor de los casos son dos, tres o más pisos, y para acceder a estos pisos es requerido el uso de escalones, lo que resulta en el problema de cómo las personas discapacitadas lograrían llegar a un segundo, tercero o posterior nivel, ya sea de un edificio casa, etc., lo mencionado se ve reflejado en un estudio llevado a cabo y publicado en la web de Reumatología clínica (2012) donde es afirmado que “Los individuos que utilizan silla de ruedas revelan el requisito del uso de técnicas para poder desplazarse y requerimientos arquitectónicos en edificaciones de 1 o más pisos”, y mediante el uso de “Dispositivos específicos diseñados para facilitar el movimiento, como una silla de ruedas” (Sol, y otros, 2017)

Los elevadores en aquellos lugares suelen faltar a causa de la dificultad monetaria o por el diseño mismo. es por esta razón, que hay amplia disponibilidad en el mercado, unas novedosas ideas de sillas de ruedas que plantean respuestas a esta adversidad, que en resumen son unas sillas de ruedas a base de electricidad y mecanizadas con la capacidad de ascender y bajar escaleras, pero su precio para adquirirlos es muy elevado; y por ello, no se encuentran al alcance de la capacidad adquisitiva de las personas, es necesario resaltar que su volumen por consecuencia es exorbitante, ya que imposibilita su adecuada utilización en escalones con poca anchura, en virtud a un diseño mal realizado, en ese punto se hallan también las que no funcionan a base de electricidad, pero, de igual forma su valor monetario es alto, gracias materiales que conforman su composición, y esto es manifestado en sus técnicas especificaciones, así como comunican múltiples páginas de internet sobre venta de insumos, tal como la de Ortopediaplaza (2019).

En consecuencia, las probabilidad de sufrir algún accidente en una silla de ruedas al bajar o ascender escaleras es muy alto, ya que al no poseer los usuarios de dichas sillas una alternativa práctica a su desplazamiento por escalones, debido a que las sillas habituales no disponen de mecanismo de alguna clase de movimiento rotatorio para ejecutar lo antes mencionado, como por ejemplo el sufrir por caídas alguna fractura, traumas en la cabeza, torceduras de extremidades, esguinces, y en el peor de los casos la muerte puede ser el resultado, demostrándose lo antes mencionado en el portal periodístico de La República (2017) donde informa que una fémina encontró la muerte al sufrir un fuerte accidente en Portland, en su Aeropuerto Internacional, al caer intempestivamente en la silla de ruedas en la que se desplazaba por el mecanismo de escaleras eléctricas del terminal aéreo.

Es por aquellas circunstancias, que se consideró un diseño de silla de ruedas para la movilidad en escaleras en un programa de diseño 3D denominado SolidWorks, práctico, que resulte seguro para la persona que lo utilizará procediendo a un análisis de las fuerzas que resultan involucradas en el programa 3D ya mencionado, y que sea factible con un precio accesible.

Para el presente estudio se consideraron trabajos previos internacionales y uno nacional, que a continuación se detallan:

Morales (2007), en su investigación titulada **“Control Y Generación De Trayectorias De Un Nuevo Sistema De Locomoción Para Sillas De Ruedas Con La Capacidad De Subir y Bajar Escaleras”**, desarrollada en la **Universidad de Castilla-La Mancha**, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Industrial, Departamento de Ingeniería Electrónica, Automática y Eléctrica, en la tesis para obtener el grado de Doctor, poseyendo un objetivo general: Desarrollo de modelo cinemático con un real sistema y determinación de etapas por las que se puede hallar el modelo en las fases de ascensión y descenso de escalones, surgiendo en primera instancia a Desarrollar un cinemático modelo hacia el mecanismo edificado, después con la Puesta a punto de la experimental plataforma, y posteriormente procediendo con la validación experimental de aquel modelo resultante, finalmente obteniendo así como resultado que se fue factible el diseñar aquella metodología de innovación para lograr obtener cinemáticos modelos de robots con función de andadores y que sean capaz de desplazarse en una superficie trepándose, evidenciada en una compleja función, siendo esta ultima la fundamentación de la elección de la investigación. Su objetivo general fue el que contribuyó a la relación con el Primer objetivo específico del proyecto de Investigación.

Díaz (2012) en su proyecto llamado **“Silla De Ruedas De Bajo Presupuesto Capacitada Para Subir Tramos Escalonados”** de la **Universidad Carlos III de Madrid**, Escuela de Ingeniería de Fluidos y Térmica, como tesis para finalizar la carrera, aquel proyecto como objetivo general tuvo la fabricación de una silla de ruedas que con función de ascender escaleras en tramos, de libre uso y que tenga el precio menor viable, para que sea posible su acceso al mayor número de personas dable. Llevando un estudio de primera instancia de las necesidades, por segunda instancia las posibles soluciones, como tercer paso llevando a cabo el diseño la silla misma acorde a las características de las necesidades, y por último procediendo a la construcción del modelo conforme al diseño realizado. Como conclusión

se tuvo que cumplió el diseño la función que se tenía proyectada, pese que como recomendación sería admisible futuras adiciones como una especie de freno para que se permita a la persona que lo utilice descansar entre cada escalón, siendo el motivo de su elección debido a su objetivo del diseño de una silla de ruedas que funciona para ascender y bajar a un ser humano en una silla que cuente con ruedas por escalones, pese a que cuente con la mecánica de una base tipo oruga, relacionándose así al objetivo general del proyecto.

López (2014) en su estudio titulado: **“Diseño de un prototipo de silla de ruedas eléctrica, con sistema de ascenso y elevación”** realizado en la **Universidad Politécnica Salesiana**, Profesión De Ingeniería Mecánica, en su investigación preliminar a la adquisición del Título de: Ingeniero Mecánico. El fundamento de su objetivo general corresponde al diseño de modelo eléctrico de silla de ruedas, que tenga un método de elevamiento y ascenso, orientado a individuos que poseen capacidades especiales, contando como base diferentes aspectos, tal como indagar métodos de sillas para lograr ascender veredas, como segundo aspecto proceder al diseño de un sistema de silla de ruedas que tenga la capacidad de subir veredas de incluso 18 cm de alto, y en última instancia valorar cual sería el costo de construir la silla con los modelos estimados. Se finalizó con que la investigación fue capaz de resolver la complicación de acceder a veredas que no poseen rampas, consiguiendo que el individuo (persona con capacidades especiales) logre desplazarse por cualquiera de las calles urbanas del pueblo de Cuenca. Con la investigación se logró un diseño de un sistema con base de un gato mecánico que contiene un motor eléctrico, que concede al usuario incrementar su estatura (de manera literal), mientras está sentado y puede cosas no muy pesadas. El objetivo del diseño de un modelo de silla de ruedas se relacionó con la presente investigación al objetivo general, además del objetivo específico tres del cálculo de costos.

López y Martín (2014), en su tesis llamada **“Prototipo de apoyo en el ascenso y descenso de escaleras rectas para personas en sillas de ruedas”** por el **Instituto Politécnico Nacional**, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Avanzadas Tecnologías, a fin de obtener el título en Ingeniería Mecatrónica; la investigación mencionada contó en su principal objetivo, el general, diseñar y llevar a cabo la construcción de un prototipo con un mecanismo apto de ensamblarse a una silla de ruedas común con la misión de lograr a la persona que lo utilice subir, o descender por una escalera ya sea que posea un poco o nula asistencia de un tercero. Inicialmente tuvo que crear una estructura mecánica que pueda aguantar su peso de los componentes del prototipo y del individuo mismo, en un

segundo momento proceder a la implementación del sistema mecánico-eléctrico para conseguir el desplazamiento del prototipo, después aplicar un entorno adecuado de cómputo para la puesta en funcionamiento de la fase de control del sistema, también siguiendo con el diseño y construcción de aquel seguro mecanismo para el encajado prototipo-silla, y por último diseñando y construyendo un mecanismo seguro de acoplamiento prototipo-silla. Llegando a la conclusión de que el prototipo es capaz de realizar de manera satisfactoria su tarea esencial de ascender y bajar sobre escalones a una persona en silla de ruedas, siendo así la razón de su elección ya se encuentra en relación, específicamente en el diseño de un dispositivo que se ensambla a una silla de ruedas realizando la función mencionada anteriormente, a pesar de que es de manera electrónica, en su objetivo general con la del proyecto de Investigación.

Argüello y Calcedo (2015) en su proyecto nombrado **“Diseño y construcción de un salva escaleras para silla de ruedas con guía rectilínea para 150 kg de capacidad”** en la **Universidad politécnica Salesiana Sede Quito, Facultad Ingeniería**, Carrera de Ingeniería Mecánica, en su investigación preliminar a la adquisición del título de: Ingeniería en Mecánica, el cual tuvo como objetivo general: Diseñar y construir un salva-escaleras que se pueda acoplar a una silla de ruedas con guía rectilínea que cuente con unos 150 kg de capacidad, constituyendo en primer lugar los estándares del diseño del salva escaleras, para después poner en funcionamiento la alternancia de movilidad accesible económicamente y fiable para el desplazamiento de individuos con discapacidad de un sitio a otro, sin tener alguna disconformidad al sentirse cómodos los usuarios, y finalmente usar el diseño en el coliseo ubicado en Ecuador, en específico el Nuevo de Manta-Quito, lugar donde se situaría la máquina con el objetivo de adecuarse de manera fácil y se logre mantener en avenencia con su entorno. Llegando a concluir que es factible la ejecución de construcción del salva-escaleras en gradas que ya existen, como en este caso en el Coliseo de Quito mencionado con anterioridad, ya que contiene un diseño simple y parámetros que van de acuerdo al espacio físico, siendo este el principal motivo de la selección del proyecto en relación de su objetivo general con el de la investigación.

Ortiz (2018), en su investigación de título **“Simulación de silla de ruedas autónoma que permita subir y bajar escaleras”**, en la **Universidad Técnica del Norte**, Facultad De Ciencias Aplicadas en Ingeniería, Profesión De Ingeniería Mecatrónica, proyecto de grado preliminar a la adquisición del título de Ingeniería en Mecatrónica. Esta tesis contó en su

objetivo general el Diseño de un modelo de silla de ruedas independiente con la capacidad de subir y descender escalones, apoyándose en objetivos específicos como el Establecimiento de pautas y limitaciones al prototipo, la realización de los cálculos de cada uno de los componentes para lograr así el diseño planteado, el planteamiento del sistema de transmisión de la potencia, el diseño del sistema de conservación que logre evitar que se vuelque el salva escaleras, el diseño de un sistema de tracción que permita subir y bajar de la silla de ruedas, y por último el modelamiento de la silla de ruedas con los modelos que se diseñaron. Como conclusión se obtuvo el diseño de una silla autónoma asciende escalones, con el enfoque de proporcionar un significativo desplazamiento de los individuos con inmovilidad de sus piernas, permitiendo así dinamizar su independencia y rebasar obstáculos inalcanzables, siendo la razón de su selección del presente proyecto gracias a su último objetivo específico que se vincula con el objetivo dos de la investigación, debido a que allí se realiza la evaluación del diseño a través de distintos análisis.

Macedo (2018) en su proyecto titulado **“Análisis cinemático en el diseño conceptual de un mecanismo tipo clúster para el desarrollo de una silla de ruedas eléctrica con capacidad de ascenso en escaleras”** en la **Pontificia Universidad Católica del Perú**, Escuela de posgrado, como Tesis preliminar a la adquisición del título académico de Magister, en Ingeniería Mecatrónica, el ya mencionado proyecto dispuso como objetivo general analizar cinemáticamente un mecanismo prototipo clúster destinado a aquel proceso de silla de ruedas eléctrica que cuente con la capacidad de ascensión en escalones rectos, ofreciendo un conceptual diseño de prototipo silla de ruedas con cualidad de poder desarrollar un ascenso y que pueda ser desplegable sobre escalones rectos uniformes. Culminando en un diseño cabal conceptual de un dispositivo silla de ruedas, apto para ascenso y despliegue sobre escalones rectos uniformes. Su objetivo específico acerca del conceptual diseño es el fundamento de la selección de este proyecto, ya que se relaciona con el objetivo específico uno del proyecto.

Por otro lado, se consideraron los siguientes fundamentos teóricos:

La metodología a emplear concerniente al diseño es la establecida por Dieter (2012), la cual posee los pasos siguientes: “Reconocimiento de la necesidad, Definición de un problema, Recopilación de Información, Conceptualización, Evaluación y comunicación del diseño”. La etapa del reconocimiento de la necesidad se encuentra plasmada al comienzo de la actual

investigación adyacente al paso de la definición del problema. En relación a la recopilación de información se procedido a tomar los conceptos siguientes:

La persona discapacitada es definida por la ley N° 29973 como la que cuenta con uno o más defectos físicos, sensitivos o intelectuales de forma imborrable que, al interrelacionarse con distintas obstrucciones actitudinales y del ámbito, no pueda desempeñar o verse incapacitada en la práctica de los derechos con los que cuenta. “También de la completa reincorporación y favorable de tal persona en su sociedad, en ecuanimidad de eventualidades de las demás personas”. (Pinilla Roncancio, 2015). “Las Naciones Unidas afirman el derecho de las personas unidas, de tener acceso a aparatos con accesible movilidad y participación comunitaria” (Williams, y otros, 2017)

Una silla de ruedas la definen como un dispositivo de contribución técnica utilizado por personas con defecto motriz que indica reducción o eliminación del sistema locomotriz. Las sillas de ruedas “Mejoran la independencia del individuo y abren oportunidades de trabajo y ocio que de otra manera hubieran sido imposibles” (Visagie, y otros, 2015). Sakakibara y otros (2014) informan que “Para personas de edad adulta, la silla de ruedas es aquella forma más resaltante de asistencia”, y para Bray y otros (2016) “Reducen la experiencia de discapacidad en las personas”. Según Wang y otros (2018) son ampliamente utilizadas en centros de salud y centros de rehabilitación.

Hay diversidad de clases de sillas de ruedas, de aquellas las más reconocidas son: A base de electricidad, convencionales (Simples, para tránsito), modelo scooter (Wheelbase), para deportes, que ascienden escalones y pediátricas, y a continuación son detalladas.

“De la diversidad de silla de ruedas, los que más destacan son aquellos de propulsión manual de empuje a la llanta” (Rodríguez Jiménez, y otros, 2018) . La silla manual es la que permite ser desplazada por el usuario o por una persona tercera. Habitualmente cuentan con llantas traseras de 26 a 20 pulgadas de longitud posicionadas a un punto y ubicado de tal manera que los individuos que lo usan consigan movilizar la silla tirando hacia abajo o arriba los extremos de las mencionadas llantas para propulsarlas. Asimismo, de propulsar los extremos, los usuarios son competentes de voltear hacia la izquierda o hacia la derecha, para manipular la silla de manera satisfactoria en su trasladar, pero, los individuos que lo utilizan deben contar con una condición muscular tolerable y concordancia entre sus brazos y hombros. (Véase Anexo 2).

En cambio, la silla eléctrica “Está desarrollada para superar dificultades con un sistema sensorial, un módulo de control y una interfaz usuario máquina” (Boubekeur, y otros, 2015). Trabajan a sustento de baterías que son recargables, que se encuentran adecuadas al asiento en la parte inferior, adicionalmente cooperan la fuerza esencial a los eléctricos motores para desplazar las ruedas que dispone (las inferiores como las posteriores). Y según Jeyeon y otros (2017) es muy útil para personas de edad avanzada como transporte. (Véase Anexo 3)

La silla tipo scooter posee cuatro llantas reducidas que se dilatan en el soporte inferior. La silla ensamblada en este soporte depende de los requisitos y discapacidad del individuo, hasta, son dadas la forma de la postura que más le conviene a su próximo usuario. Una de las ventajas, y la más conocida es que la silla admite el giro y favorece a la persona a ajustarse de los dos lados, por el contrario, la firmeza en la postura a la que el usuario debe elegir al emplear la silla scooter es la desventaja más conocida.

Las Sillas Deportivas son aquellas utilizadas para la deportividad. Estas cuentan con apariencias diferentes, dependiendo del tipo de actividad a realizarse (tenis, básquetball, rugby, baile o atletismo)”. “Desde la introducción del baloncesto se ha realizado un flujo constante de mejoras para satisfacer la necesidad de los deportistas en silla de ruedas” (Wilson, y otros, 1990). Paulson y otros (2017) comentan que el rendimiento deportivo optimizado de una silla de ruedas requiere un enfoque multidisciplinario basado en los requisitos individuales de cada atleta.

También existen las sillas sube escaleras, debido a que el subir peldaños es la mayor dificultad de una silla de ruedas clásica, por esa razón es que hay distintas opciones de solución, como por ejemplo: Soporte de batería en la segmentación superior que proporciona estabilización a la silla concorde va subiendo, sucesión de ruedas flexibles que son encajadas a los peldaños acorde la silla es movida y plataformas autónomas que suben escaleras, a la que se les asegura la silla de ruedas. Esencialmente, las sillas de ruedas que suben peldaños requieren de una persona extra que actúa como auxiliar. (Véase Anexo 4 y Anexo 5). Tao (2017) menciona que este tipo de sillas de ruedas permite a “Muchos pacientes, con imposibilidades de desplazarse a pie, descender escaleras para ser partícipe de actividades al aire libre, y esto mencionado es beneficioso para la rehabilitación del mismo”.

Por último, en la tipología de sillas existen las Sillas pediátricas, que no son más que aquella silla adecuada para infantes con capacidades especiales. Son de pequeño tamaño, además de

regulables para garantizar el bienestar y confort del niño, así mismo le posibilita reclinarsse y ladearse. Según Slavens (2015) “La lesión de la Medula espinal es la principal razón del uso de silla de ruedas en adolescentes e infantes”. Y Tuersley (2018) comenta que “Proporcionarles a los niños y jóvenes discapacitados una silla de ruedas adecuada en el momento correcto posee un gran impacto en su bienestar Holístico”.

En el caso de estadísticas, INEI informó que en sus datos del año 2012: “El cinco por ciento de los individuos en la región peruana (1’575’402 personas con proximidad) experimentan una especie de invalidez o limitación fisionómica, o intelectual. Dicho padecimiento afecta, especialmente, a sujetos que cuentan con edades superiores a los 65 (50% de los ciudadanos en total), adicionalmente los individuos que rondan en las edades de 15 y 64 años (41% de los ciudadanos en total)”. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2014) (Véase Anexo 6)

Además, INEI manifiesta que: “Entre los sustanciales obstáculos experimentados por los sujetos con discapacidad, se localizan los interrelacionados a la entrada, fundamentalmente a áreas urbanas públicas. Esta fracción de la colectividad sufre dificultades en base al acceso o movilización de aquellos, en Instituciones rehabilitatorias (19%), instituciones de salud (29%), puestos de mercado (21%), Centros Bancarios, Bancas y Organizaciones Financieras (19%) Paraderos de autobuses (23%),”. (Véase Anexo 7)

Así mismo, acorde al sector de su morada, 18 de cada 100 sujetos que poseen discapacidad de desplazamiento y destreza de las urbanizaciones aplicaron como asistencia ortopédica con la misión de trasladarse un bastón y 9 individuos de cada 100 emplearon una silla de ruedas, etc.; por otra parte, en sectores rurales, la asistencia ortopédica más empleadas es el bastón (29%).

El 53% de la población con habilidades especiales se desplaza andando a pie y el 38% utiliza los transportes públicos. Dos de aquellos sistemas de movilidad empleados en tercer y cuarta opción son las mototaxis y taxis (28-24% equitativamente). Las sillas de ruedas que utilizan motores a base de energía (0,3%), transportes personales acondicionados (0,5%), triciclos (0,4%) y bicicleta (0,8%), son ejemplos de opciones de traslado que resultan porcentajes en menores proporciones. (Véase Anexo 10)

En el caso del modelo morfológico, Myron (2013) revela que se define como “Técnica metódica- combinatoria que nace en el año de 1969 gracias a Fritz Zwicky, astrónomo de

profesión del Instituto de Tecnología de California (Caltech). El propósito de aquella técnica es la solución de dificultades por medio del análisis de las piezas que lo constituyen”. El soporte de dicha técnica se halla en que algunos de los objetos de nuestras opiniones se encuentran formados por una cantidad de componentes y se contempla que esos cuentan con una identidad personal. Puesto que, parte de una diversidad de particularidades, de manera que así originan una o más nuevas oportunidades, persiguiendo una serie de pasos. (Véase Anexo 11)

Para el diseño de planos de los componentes se utilizó un software de modelación 3D llamado “SolidWorks”.

Para subir escalones, se tiene en cuenta el movimiento rotario, por ello el diseño de las ruedas de la silla las ruedas tiene un diseño en forma de estrella en la parte de atrás de la silla, en otras palabras, tres ruedas por lado unidas por un sistema tipo triangulo.

Para el análisis de ruedas se utilizó el análisis de Tensión, aquel análisis se ejecuta con el propósito de valorar el esfuerzo de las distribuciones de tensión de un material, dicho de otro modo, posibilita conocer si una o más piezas se romperán al aplicarle cierta carga. El análisis mencionado fue ejecutado en el software 3D CAD SolidWorks Simulation.

El momento de inercia es aquella medida de la inercia rotacional de un cuerpo. En el momento que un cuerpo vuelto a uno de los ejes principales de inercia, la inercia rotacional puede ser representada como una magnitud vectorial llamada momento de inercia. Este análisis fue realizado en el software 3D CAD SolidWorks Simulation.

El análisis de costo se utilizó para estimar el posible valor monetario de los insumos resultantes del diseño final de la silla de ruedas. Los tipos de costos para la silla de rueda son: Costo Fijo, el cual contempla los materiales que se emplearían en la silla de ruedas y la mano de obra, la cual es para un ensamblado o soldado.

Se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo sería el diseño de una silla de ruedas económica para el desplazamiento en escaleras?

Así mismo se plantearon preguntas específicas: ¿Qué características presentaría la silla de ruedas que se desplace en escaleras?, ¿Cómo podría desplazarse una silla de ruedas por escaleras? y ¿Cuál sería el coste de la elaboración de una silla de ruedas que se desplace en escaleras?

Además, el estudio se justifica de la siguiente manera: El asunto de desplazamiento de sujetos con capacidades especiales fue atendido por la gobernación de la nació, en el pasado,

donde se respalda por medio del uso de leyes a aquellos ciudadanos, esto es, en el asunto de su movimiento por caminos públicos o en inmuebles privados, no obstante, no se respeta de forma correcta, debido a que muchos lugares no logran amparar el traslado de individuos con discapacidad al no contemplar en su diseño de arquitectura el movimiento de las personas comentadas, es por tanto, que un novedoso diseño de silla de ruedas surgiría como apoyo a una próxima fabricación de aquellas sillas referidas con la función de subir y bajar a la persona discapacitada peldaños en vías urbanas o en establecimientos que posean dos o varios pisos. Aquel diseño iniciaría un amplio interés a nuevos estudios donde en los cuales se podría poner en marcha y perfeccionar el mismo, debido a que su fabricación no exigiría de elevados costos. Favorecería al fragmento de la población con capacidades especiales, ya sean infantes, adolescentes, adultos o personas de la tercera edad que no cuenten con un sustento económico, puesto que pudieran poseer una buena calidad de vida gracias al diseño innovador de la silla de ruedas que es descrita en la presente investigación, en vista de que serían capaces de moverse por escaleras, aumentando su nivel de desplazamiento y transporte.

En el estudio se propuso la siguiente hipótesis general: El diseño de una silla de ruedas económica que se desplace en escaleras se daría utilizando el software 3D SolidWorks con insumos baratos.

De la misma manera, el estudio posee un objetivo general: Diseñar una silla de ruedas económica para el desplazamiento en escaleras. Por el mismo lado, objetivos específicos, los cuales son: Conceptualizar el diseño de silla de ruedas a través del modelo morfológico de la caja de zwcky, evaluar el mecanismo de subida de la silla de ruedas a través de análisis y estimar los resultados de costos a través de un análisis de costos.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de investigación

En el tipo de investigación, de acuerdo con la finalidad perseguida es aplicada., de acuerdo a la investigación respecto al enfoque es cuantitativa., de acuerdo al alcance respecto al nivel es descriptivo.

En el diseño de investigación, por su finalidad es aplicada, debido a que las investigaciones de esta tipología son una forma de conocer la realidad teniendo un sustento estudiado científicamente, y la presente investigación se focaliza en el análisis y resolución de problemas de la población y reales.

Según el nivel o alcance es descriptiva, puesto que los estudios de esta tipología averiguan y determinan las más elocuentes características de sujetos, conjuntos de personas, sociedades o aquel fenómeno diferente objeto de un estudio. Y en este caso se describe un diseño de silla de ruedas que se desplaza en escaleras.

El diseño del presente estudio es No experimental-Transversal. Una investigación de este diseño se define por Sampieri (2005) como “Aquel que es llevado a cabo sin manipulación deliberada de variables, además en el cual que solo se es contemplado los eventos dados en el entorno nativo de los mismos a fin de examinarlos posteriormente. Además es Transversal debido a que no se manipula las variables y no se altera factor alguno.

El diseño de investigación presenta la siguiente fórmula:

$$G \quad O$$

Donde G es el diseño y O son los indicadores, los cuales son: Número de Materiales Estructurales, Número de Características, Número de Especificaciones Técnicas, Movimiento Rotatorio, Tensión, Momento de Inercia y Costos de fabricación. Variables, Operacionalización.

Debido a que la presente investigación se basa solo en un diseño, solo existe una variable, la cual es: Diseño De Silla De Ruedas Económica Para El Desplazamiento En Escaleras.

2.2. Operacionalización de variables

Tabla 1: Matriz de Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Escala de Medición
Diseño de silla de ruedas económica para el desplazamiento en escaleras	“Traza o delineación (...)” (RAE, 2018), de	Se evaluó las cantidades de materiales que presentará la silla de ruedas a través de encuestas a la población discapacitada	Número de materiales estructurales	Ordinal
	“La movilidad personal (...) y ayuda de las personas con discapacidad” (Organización Mundial de la Salud, 2008) de	Se evaluó las características del diseño a través de la técnica de la caja de zwcky (modelo morfológico)	Número de características	Ordinal
	bajo coste para	Se diseñó la silla de ruedas a través de un software de diseño 3D llamado SolidWorks	Número de especificaciones técnicas	Ordinal
	“Acción y efecto de trasladarse” (RAE, 2018) en escaleras.	Se analizó el movimiento rotatorio a través de una simulación del software 3D SolidWorks	Movimiento Rotatorio	De Razón
		Se analizó la Tensión a través de una simulación del software 3D SolidWorks	Tensión	De Razón
		Se analizó el momento de inercia a través de una simulación del software 3D SolidWorks	Momento de Inercia	De Razón
		Se estimó los resultados de costos a través de un análisis de costos	Costos de fabricación	De Razón

Elaborado por el Autor

2.3.Población, muestra y muestreo

Universo

Según INEI (2014) en el Perú, los sujetos que padecen algún tipo de discapacidad o limitación física o psicológica, ascienden a 1'575'402

Población

El Observatorio Nacional de la discapacidad (2019) muestra que en la región Piura el número de sujetos inscritos en el registro nacional de personas con discapacidad es de 18413.

Muestra

En el presente caso que es conocida el número de la población, se empleó la siguiente fórmula para determinar el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{N * Z * p * q}{(e)^2(N - 1) + (Z)^2 * p * q}$$

Dónde:

- Población (N)=18413
- Nivel de Confianza=90%
- Z= 1.65
- Error (e)= 10%
- p= 0.5
- q= 1-p=0.5

$$n = \frac{18413 * 1.65^2 * (0.50)^2}{(0.10)^2(18413 - 1) + (1.65)^2(0.50)^2}$$

$$n = 67.81$$

$$n = 68$$

La utilización de la fórmula previa resultó en una muestra de 68 personas.

Muestreo

Se utilizó el muestreo por conveniencia ya que se eligió a los individuos que conforman una porción de la muestra por adecuación propia, debido que para más viabilidad se hallaron a los sujetos con discapacidad en hospitales o clínicas de la localidad Piurana.

Tabla 2: Población y muestra

Indicadores	Unidad de análisis	Población	Muestra	Muestreo
Número de materiales estructurales	Persona con discapacidad de Piura	18'413	68	Por conveniencia
Número de características	Modelo	1	-	-
Número de especificaciones técnicas	Modelo	1	-	-
Movimiento Rotatorio	Rueda	1	-	-
Tensión	Modelo	1	-	-
Momento de Inercia	Modelo	1	-	-
Costos de fabricación	Modelo	1	-	-

Elaborado por el Autor

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

Como técnicas se utilizó la Encuesta y el análisis documental. Para la encuesta se utilizará el cuestionario como instrumento (Anexo 12). En el caso del análisis documental se utilizará como instrumento el modelo morfológico de la caja de zwcky y los informes que genere el software CAD 3D “SolidWorks”.

La validez del instrumento del cuestionario fue dada por tres Ingenieros con Colegiatura hábil (Anexo 13 y Anexo 14 y Anexo 15).

Tabla 3: Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Elaborado por el Autor

Indicadores	Técnicas	Instrumento
Número de materiales estructurales	Encuesta	Cuestionario de personas con discapacidad (Anexo 12, Anexo 21-Anexo 26)
Número de características	Análisis Documentario	Modelo Morfológico (Tabla 4) (Anexo 27-Anexo 32)
Número de especificaciones técnicas	Análisis Documentario	Informe de Software 3D SolidWorks (Tabla 5-Tabla 9) (Anexo 33-Anexo 45)
Movimiento Rotatorio	Análisis Documentario	Informe de Software 3D SolidWorks (Anexo 47-Anexo 55)
Tensión	Análisis Documentario	Informe de Software 3D SolidWorks (Tabla 5-Tabla 9) (Anexo 56, Anexo 57)
Momento de Inercia	Análisis Documentario	Informe de Software 3D SolidWorks (Anexo 59-Anexo 62)
Costos de fabricación	Análisis Documentario	Ficha de Análisis de Costo (Anexo 63)

2.5.Procedimiento

Para el presente estudio, se siguió una serie de etapas en base a la metodología de diseño propuesta por Dieter (2012), dichas etapas son las siguientes:

2.5.1. Reconocimiento de la necesidad, definición del problema y recopilación de información

En esta etapa se conoció la problemática que existe alrededor del mundo con las personas discapacitadas, a través de la recolección de información y estadísticas.

2.5.2. Conceptualización de diseño

En esta etapa se determinaron los materiales y las características que presenta la silla de ruedas gracias al modelo morfológico de la caja de zwcky, obteniendo los datos para dicho modelo a través de encuestas realizadas a personas con discapacidad en la ciudad de Piura. Luego de definidos los materiales, se procedió a diseñar la silla de ruedas en el programa de diseño 3D llamado SolidWorks. Como evidencia de la aplicación de las encuestas, en el anexo Anexo 16, Anexo 17, Anexo 18, Anexo 19 y Anexo 20, se muestran las rutas capturadas a partir del aplicativo Google rutas en el Hospital Regional Cayetano Heredia y en la Clínica Miraflores Auna.

2.5.3. Evaluación del diseño

En esta etapa se procedió a evaluar el diseño de la silla de ruedas a través del mismo programa 3D denominado SolidWorks, donde en dicha evaluación se analizaron las fuerzas involucradas, tal como la tensión, además de una simulación del movimiento rotatorio del mecanismo de subida de la silla, y el momento de inercia de la silla de ruedas.

2.5.4. Comunicación del diseño

En esta etapa final, para la silla de ruedas se estimó los costos de fabricación de la misma a través de una ficha de análisis de costos.

2.6. Métodos de análisis de datos

Fue utilizada la estadística descriptiva, debido a que la información fue resumida de manera concisa y clara, mostrando un orden preciso, utilizando como soporte los objetivos que se plantearon en la investigación, y por lo consiguiente la variable de estudio.

Los datos fueron procesados por medio de documentos de datos del programa IBM SPSS Statistics. Dicha información es mostrada a través de tablas, para una presentación precisa de los resultados.

2.7. Aspectos éticos

En el presente proyecto, por causa de la aplicación de encuestas a sujetos discapacitados, se protege la confidencialidad de las personas a quien se aplicó el mencionado instrumento, de tal modo, se obtuvo libre autorización de colaboración de aquellos, en tales lugares donde se procedieron a realizar las encuestas, por lo tanto, se logró la recopilación de información

anhelada. Además, en el tema de análisis de costos, se sostiene en reserva el nombre de dichas empresas que no autorizaron la divulgación de sus precios ni del nombre de la entidad.

III. RESULTADOS

3.1. Conceptualización del diseño de silla de ruedas a través del modelo morfológico de la caja de zwcky.

A través de la aplicación de encuestas a la población discapacitada se obtuvieron la cantidad de materiales estructurales y cuáles serán aquellos, además de los esenciales, que poseerá la silla de ruedas:

Las 3 primeras preguntas (Anexo 21, Anexo 22 y Anexo 23) se refieren a datos generales, tales como la aceptabilidad de los materiales seguros, bajo coste y de la silla misma.

Las preguntas 4, 5 y 6 (Anexo 24, Anexo 25 y Anexo 26) informan, que además del chasis de la silla, asiento, respaldo para la espalda, reposapiés y ruedas delanteras y traseras, las personas solo quieren un reposabrazos ya que un respaldo para la cabeza y las pantorrillas no es deseado por ellas, dando un resultado de 7 materiales estructurales que conforman la silla de ruedas.

Modelo Morfológico

La interrogante a resolver por parte del modelo morfológico es cuales son los materiales de cada componente de la silla, además del tamaño adecuado para la rueda trasera de la silla mencionada.

Los atributos que componen el análisis morfológico en este caso son los materiales de cada componente de la silla de ruedas, además del tamaño de la rueda trasera de la silla mencionada. (Anexo 27)

Combinaciones:

1. A-A-A-A-5: Contiene los insumos más económicos, pero menos resistentes
2. B-C-B-B-6: Contiene insumos mediamente económicos y resistentes.
3. C-B-A-B-7: Contiene insumos caros, pero muy resistentes.
4. B-A-C-B-6: Contiene insumos mediamente económicos y resistentes.
5. A-A-C-B-7: Contiene insumos mediamente económicos y poco resistentes.
6. C-C-C-A-7: Contiene insumos caros, pero muy resistentes.
7. A-B-A-B-5: Contiene insumos mediamente económicos y resistentes.
8. B-A-A-B-6: Contiene insumos mediamente económicos y resistentes.

Para una elección de la mejor combinación posible, los resultados del cuestionario contribuyen a la selección de los materiales de los componentes más factibles seleccionados por las personas con discapacidad.

Las respuestas de la mayor cantidad de personas de las preguntas 7, 8, 9, 10, 11 y 12 del cuestionario (Anexo 28, Anexo 29, Anexo 30, Anexo 31 y Anexo 32), hacen alusión a la combinación de materiales N° 7, que es la siguiente: A-B-A-B-5. Dicha combinación corresponde a los siguientes materiales que fueron utilizados para el diseño de la silla de ruedas en el software 3D SolidWorks, obteniendo un número de características de 5.

Tabla 4: Combinación final del modelo morfológico

Material del Chasis	Material de Asiento y respaldo	Material de Reposabrazos	Material de rueda	Tamaño de rueda trasera
A. Tubería de acero negro	B. Tela de poliéster de 15 mm de espesor	A. Cojín con interior espuma	B. Hule Negro	5"

Elaboración Propia

Diseño de la silla de ruedas

Chasis

Tabla 5: Materiales de chasis

Material	Cantidad	Medida
Tubería de acero negro cuadrada (Anexo 33)	7.7 metros	20 mm
Tubería de acero negro circular (Anexo 34)	14.368 cm	10 mm de radio
Placa de acero negro (Anexo 35)	2 und	13cm x 25cm

Elaboración Propia

Mecanismo de ruedas delanteras

Tabla 6: Materiales de mecanismo de ruedas delanteras

Material	Cantidad	Medida
Llantas de Hule Negro (Anexo 36)	2 und	10 cm de diámetro
Soporte de ruedas (Anexo 37)	2 und	Adaptable a rueda

Elaboración Propia

En el diseño de este mecanismo, se utilizaron como piezas la rueda, un soporte para la rueda, un tornillo con tuerca para ensamblar la rueda con el soporte, y un pequeño poste que servirá para adaptar el soporte de la rueda con la silla de ruedas. Cabe resaltar que todos los componentes de este mecanismo vendrían incluidos en una sola compra, y se utilizara un mecanismo para la parte izquierda y uno para la derecha. (Anexo 38)

Mecanismo de ruedas traseras

Tabla 7: Materiales de Mecanismo de ruedas traseras

Material	Cantidad	Medida
Llantas de Hule Negro (Anexo 39)	6 und	5" x 39 mm de ancho
Soporte de 3 ruedas (Anexo 40)	4 und	11"

Elaboración Propia

En el diseño de este mecanismo, se utilizaron como piezas tres ruedas de hule negro, un soporte para las tres ruedas, un perno con tuerca para ensamblar cada rueda con el soporte, y un perno con una tuerca de mayor proporción para adaptar el mecanismo con la silla de ruedas. Cabe resaltar que todos los componentes de este mecanismo vendrían incluidos en una sola compra y se utilizara un mecanismo para la parte izquierda y uno para la derecha.

Respaldo y asiento

Tabla 8: Materiales de respaldo y asiento

Material	Cantidad	Medida
Tela de poliéster de 15 mm de espesor (Anexo 41 y Anexo 42)	1 und	45.002x48.21 x1.5 cm
	1 und	48.21x48.21x 1.5 cm

Elaboración Propia

Reposabrazos

Tabla 9: Material de reposabrazos

Material	Cantidad	Medida
Cojín con interior espuma (Anexo 43)	2	40.80x2x1 cm

Elaboración Propia

Requerimiento de masa estimada a soportar: 100 kg

El modelo completo se encuentra en el anexo Anexo 44 y Anexo 45, dando como resultado 9 especificaciones técnicas en base a las partes de la silla.

3.2. Evaluación del mecanismo de subida de la silla de ruedas a través de análisis

Movimiento de silla de ruedas

Para este caso se simuló la subida de la silla por 3 escalones de concreto. Para la elevación de la contrahuella, el Consejo del Código Internacional (2017) , comenta que la altura mínima es de 6", o 15.24 cm, la cual es la utilizada como referencia para para la elevación de cada contrahuella de la escalera de concreto usada en la simulación (Anexo 46). Se describen las fases de subida de la silla de ruedas por escalones a continuación.

1.-La silla parte de una posición inicial donde se encuentra totalmente a nivel de la base de concreto. (Anexo 47)

2.- Las primeras ruedas del mecanismo trasero hacen contacto a la cara inferior del primer escalón (Anexo 48)

3.- Estando aún en contacto las 2 primeras ruedas del mecanismo trasero, las 2 siguientes hacen contacto con la parte superior del primer escalón (Anexo 49)

4.- El mecanismo hace que las 2 primeras ruedas que hicieron contacto se despeguen del primer escalón, permitiendo girar el mecanismo para el contacto del tercer par de ruedas a la parte superior del segundo escalón (Anexo 50)

5.- El tercer par de ruedas del mecanismo trasero de cada lado logró hacer contacto con la parte superior del segundo escalón (Anexo 51)

6.- El mecanismo permitió que las segundas ruedas del mecanismo trasero de cada lado giren para que las primeras ruedas hagan contacto con el tercer escalón (Anexo 52)

7.- El primer par de ruedas, que se acopló desde un inicio al primer escalón, logró acoplarse esta vez al tercer escalón, gracias al mecanismo que permite que haya un ciclo de acoplo de cada rueda con un escalón diferente cada vez. (Anexo 53)

8.-En el escalón final, el mecanismo permite que dos ruedas de cada lado se asienten en la misma base. (Anexo 54)

9.-Finalmente, las ruedas delanteras se acoplan a nivel del tercer escalón. Logrando así la finalidad de haber ascendido la silla de ruedas por escalones. (Anexo 55)

Tensión

Chasis

Se le aplicó una fuerza total de 1000 Newton al chasis de la silla (representa la masa de una persona aproximadamente de 102 kg junto a la gravedad de 9.8 m/s^2), 250 N a cada viga de los 4 alrededores del asiento.

La simulación muestra una gráfica de colores, donde parte desde el nivel inferior de color azul, donde se representa la fuerza mínima que soporta como nivel aceptable, hasta la parte superior donde el color rojo significa la máxima fuerza aceptable. (Anexo 56)

Gracias a la coloración del chasis, se observa que la silla está con límites permisibles, ya que solo dos tuberías presentan el color rojo, y las demás muestran colores admisibles, lo que significa que la silla de ruedas no se romperá al aplicarle una fuerza máxima de 1000 newton (102 kg aproximadamente de una persona).

Rueda trasera

Se le aplicó una fuerza de 166.67 Newton a una rueda del mecanismo de ruedas traseras, debido a que los dos mecanismos que posee la silla resistirán un total 1000 Newton (representa la masa de una persona aproximadamente de 102 kg junto a la gravedad de 9.8 m/s^2), pero cada mecanismo posee 3 ruedas, y como son dos mecanismos se dividieron los 1000 N entre 6 ruedas en total, dando los 166.67 N que se aplicó a la rueda. (Anexo 57)

Gracias a la coloración del chasis, se observa que la rueda está con límites permisibles, ya que la parte conformada por hule negro se encuentra en una tonalidad de azul y celeste, y la placa de acero se encuentra entre celeste, verde y amarillo, con solamente unas pequeñas coloraciones rojas, lo que significa que cada rueda del mecanismo de ruedas traseras de la silla resisten con normalidad los 166.67 N que se le aplicó en la simulación, y en total los dos mecanismos 1000 N.

Momento de inercia

La inercia es aquella “Resistencia a un objeto que tiende a cambiar en un estado de movimiento” (Chatterjee, 2017). En física se comenta que resulta más difícil lograr un cambio en el estado físico de un sistema cuando posee más inercia.

El cálculo del momento de inercia está dado por la siguiente formula:

$$\sum_{i=1}^n = m_i \cdot r_i^2$$

Es decir, la sumatoria de las masas de cada una de sus partículas multiplicada por la distancia de cada partícula al eje de giro (radio).

La página web Física con ordenador (2011) indica la siguiente fórmula para hallar el momento de inercia en un cilindro:

$$I = \frac{1}{2} \cdot m \cdot R^2$$

Dónde: m=masa del cuerpo

R=radio del cilindro

Se procedió a evaluar el momento de inercia de 2 ruedas de hule negro, una conformada 100% del material (354 gr de masa), y otra conformada por una placa y la rueda de hule negro (283.76 gr de masa). Dicha evaluación se realiza con el fin de conocer cuál de las ruedas posee menos momento de inercia.

Rueda 1 (100% hule negro): (Anexo 58)

Como la rueda contiene un agujero en el centro (5.5 mm de radio), para el acoplamiento al buje, ya no es un cilindro completo. Se procede a calcular 2 momentos de inercia, uno del cuerpo y otro del agujero (como si fuera un sólido), ya que el radio de la rueda contiene también al agujero, obteniendo través de una resta el momento de inercia solo del cuerpo.

La rueda 1 tiene de momento de inercia 747857.5788 gr x mm²(Anexo 59)

Rueda 2 (Hule negro y placa): (Anexo 60)

Se procede a calcular 2 momentos de inercia para cada parte (rueda de hule negro y placa de aluminio), uno del cuerpo y otro del agujero (como si fuera un sólido), ya que el radio de la

rueda contiene también al agujero, obteniendo a través de una resta el momento de inercia solo del cuerpo. Finalmente se suma el momento de inercia de la rueda con el momento de inercia de la placa de aluminio, para obtener el momento de inercia total del sistema.

La rueda 2 presenta de momento de inercia: $625358.2013 \text{ gr} \times \text{mm}^2$ (Anexo 61)

Comparación de Momentos de Inercia

La rueda óptima es la rueda 2 con un momento de inercia de $625358.2013 \text{ gr} \times \text{mm}^2$, debido a que posee menos momento de inercia, y del mismo modo logrará girar más rápido, ya que con menos inercia más fácil se logra un cambio en el estado físico de un sistema. (Anexo 62)

3.3. Estimación de los resultados de costos a través de un análisis de costos

Para el primer material que es la tubería de acero negro cuadrada de $20 \times 20 \times 2 \text{ mm}$ se obtuvo los costos a través de una cotización por una empresa que provee todo tipo de aceros en el País, pero que decidió mantener su confidencialidad debido a la amplia gama de competidores que tiene en el mercado y desea cubrir sus costos ante ellos.

En el caso de la tubería de acero negro circular, un artículo de la página web Mercado Libre (2019) proporciona su costo.

De igual manera los costos de la Placa de acero (2019), la Rueda de hule negro con soporte (2019) y la Rueda tipo trébol con soportes (2019) son proporcionados por artículos de la página web Mercado Libre.

El costo de la Tela de poliéster de 15 mm de espesor fue proporcionado por un artículo de la página web Alibaba (2019).

El costo del reposabrazos con interior de espuma fue dado por un artículo de la página web Linio (2019).

Por último, en lo concerniente de los trabajos de soldadura, se obtuvo el costo en base a un trabajo de soldadura de 4 horas, para la cual la página web de TuSalario.org (2019) proporciona el dato que un soldador por hora cobra entre S/ 10.94 y S/ 28.75, utilizando el valor máximo mencionado para el cálculo total.

El costo total estimado de los materiales es de S/656.60. (Anexo 63)

IV. DISCUSIÓN

El primer, segundo y tercer indicador corresponden al primer objetivo, el cual es conceptualizar el diseño de silla de ruedas a través del modelo morfológico de la caja de zwicky. Este mencionado se basó en el diseño esencial de la silla, primero identificando los materiales posibles que llevaría la silla donde dio un resultado de 7 materiales estructurales (Anexo 24, Anexo 25 y Anexo 26), para luego determinar los materiales a utilizar (Tabla 4, Tabla 5, Tabla 6, Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 9) y finalizando con el diseño de la silla con los materiales escogidos anteriormente (Anexo 44 y Anexo 45), estos resultados son parecidos a los de Macedo (2018), en su tesis para optar el grado académico de magister en Ingeniería Mecatrónica, que tuvo como objetivo el análisis cinemático de un mecanismo tipo clúster, donde se propuso un conceptual diseño de un mecanismo tipo silla de ruedas con la capacidad de desplegarse y ascender sobre escaleras rectas, para ello determinó cuáles serían las partes de la silla (Nº Materiales Estructurales=17), para luego calcular las medidas de cada parte cada una de sus partes y obteniendo un diseño final de la silla. Se concluye que para determinar el diseño de una silla se debe buscar a fondo los materiales, pero no solo en punto de vista del elaborador mismo, sino también del usuario a beneficiar y en este caso se realizaron encuestas para determinar que busca una persona en una silla de ruedas.

Para el segundo objetivo específico, que se evaluó a partir del cuarto, quinto y sexto indicador, se analizó el diseño de la silla de ruedas a través de distintos análisis, primero de subida por la escalera, luego de tensión y momento de inercia, obteniendo un resultado gráfico del movimiento de la silla de ruedas donde se comprueba la aceptable subida de la silla misma por una escalera (Anexo 47, Anexo 48, Anexo 49, Anexo 50, Anexo 51, Anexo 52, Anexo 53, Anexo 54 y Anexo 55), además se obtuvo una aceptable resistencia de la silla al aplicarle una fuerza de 1000 Newton (Anexo 56), y un momento de inercia de la rueda óptima de $625358.2013 \text{ gr} \times \text{mm}^2$ (Anexo 61), estos resultados se ve contrastados con los de Ortiz (2018), en su trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica ya que diseñó un prototipo de sillas de rueda autónoma que permitió subir y bajar escalones, donde modeló la silla de ruedas para su posterior análisis, y en aquello evaluó como se desempeña la silla al bajar tramos escalonados y también aplicándole cierta fuerza de una masa de 100 kg (1000 Newton aproximadamente) para analizar si la silla resistirá gráficamente la masa aplicada, donde se concluyó que de igual manera su investigación obtuvo resultados positivos al sí poder desplazarse en escaleras y al resistir de

manera aceptable la fuerza que se le aplicó. Finalmente, es importante realizar diferentes evaluaciones, ya sea para determinar la seguridad que una maquina o instrumento cumple la función que se planteó, y a través de análisis asegurar su correcto funcionamiento, tal como las evaluaciones que se realizaron en la presente investigación.

Para el último indicador, que corresponde al último objetivo específico se estimaron los costos que poseería la silla a través de una ficha de costos, donde se obtuvo en primera instancia el costo unitario de cada uno de los componentes de la silla para luego obtener un total de costo de las cantidades de cada componente y finalmente el costo total de la silla de ruedas, el cual fue S/656.60 (Anexo 63) , donde esto se ve relacionado con López Celi (2014), en su tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, ya que diseñó un prototipo de silla de ruedas eléctrica con sistema de ascenso y elevación, calculó el costo total de la construcción de la silla de ruedas con los sistema diseñados en el que de igual manera calculó en primer lugar los costos unitarios de cada componente de la silla, para luego obtener un costo total de los componentes en base a las cantidades, y finalmente una sumatoria de todos obteniendo un costo de \$12039.50.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo al objetivo general, se logró diseñar una silla de ruedas de costo económico que tiene la capacidad de desplazarse en escaleras en un software de diseño 3D denominado “SolidWorks”, donde dicho programa permitió además realizar análisis a través de simulaciones.

1. De acuerdo al primer objetivo específico, se conceptualizó el diseño de la silla de ruedas. Se determinaron los materiales estructurales (N^a de materiales=7) que deseaban las personas con discapacidad a través de una encuesta donde solo se obtuvo que de material adicional a los cotidianos el agregado de un reposabrazos en el diseño, para luego con la ayuda del modelo morfológico establecer de que material sería cada componente (N^a de características=5 y N^a de especificaciones técnicas=9), para en última instancia obtener el diseño de la silla de ruedas en el software 3D “SolidWorks”, resaltando que dicho diseño está en base al desplazamiento de la silla con el apoyo de una segunda persona.
2. De acuerdo al segundo objetivo específico se evaluó a través de análisis el diseño de la silla de ruedas obtenido del software 3D “SolidWorks”. Con un análisis del movimiento de la silla se determinó que cumple la función primordial de ascender y descender escaleras. En el segundo análisis, una simulación de tensión, se obtuvo un resultado gráfico donde se demuestra la aceptabilidad a una masa de 102 kg, y en tercer lugar, gracias a una evaluación del momento de inercia de 2 ruedas de diferente composición, se halló cual es la rueda óptima a que se puede utilizar en el mecanismo de ruedas traseras de la silla de ruedas.
3. De acuerdo al tercer objetivo específico, a través de una ficha de costos se estimó el costo de cada uno de los componentes de la silla, así mismo del futuro posible ensamblado de los componentes en trabajos de soldadura, donde finalmente se obtuvo un costo total menor que los costos de sillas tanto convencionales como eléctricas, que cumplen la función de desplazarse en escaleras.

VI. RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones, es posible la agregación de más componentes para la mejoría del diseño de silla de ruedas, como por ejemplo un cinturón de seguridad para aumentar la protección del usuario en el desplazamiento en escaleras si se deseara la construcción de la silla.

Además, se puede realizar un rediseño del modelo presentado, realizando modificaciones en el mecanismo para facilitar el movimiento de la silla de ruedas solo por el usuario, es decir, sin necesitar la ayuda de una segunda persona. También se puede modificar el chasis para agregar la opción de compactar la silla por su anchura cuando el usuario la tenga en desuso y desee guardarla.

Se podría optimizar el costo total de la silla en un futuro gracias a la competitividad del mercado, donde pueden existir proveedores que otorguen costos más reducidos de los componentes de la silla, sin perjudicar la calidad del producto si se llegara a fabricar en físico la silla.

Por último, se podrían elaborar investigaciones relacionadas, pero a base una de silla de ruedas eléctrica, donde interese el tema de reducción de costos a una silla de ese tipo, ya que una así tomando el precio mínimo cuesta S/5600.00 tal como indica un artículo publicado en la tienda virtual de Mercado Libre Perú (2018).

REFERENCIAS

Ali Express. 2019. Alibaba. *100% poliéster 2mm 5mm 10mm 15mm 20mm espesor duro y grueso aguja filtro de fieltro tela almohadilla de fieltro* . [En línea] 2019. [Citado el: 05 de 10 de 2019.] <https://spanish.alibaba.com/product-detail/100-polyester-2mm-5mm-10mm-15mm-20mm-thickness-hard-and-thick-needle-felt-filter-cloth-felt-pad-60527515683.html>.

Argüello León, Carlos Alberto y Caicedo Gaón, Johnny Raúl . 2015. *Diseño y construcción de un salva escaleras para silla de ruedas con guía rectilinia para 150 kg de capacidad*. Universidad politécnica Salesiana Sede Quito. Quito : s.n., 2015. pág. 188, Tesis.

Boubekeur, Djamilia, y otros. 2015. A Control Comparative Study of an Electric Powered. *Electrotehnica, Electronica, Automatica*. 04 de 2015, Vol. 63, 2.

Bray, Nathan, y otros. 2016. Prioritising wheelchair services for children: a pilot discrete choice experiment to understand how child wheelchair users and their parents prioritise different attributes of wheelchair services. *Pilot and Feasibility Studies*. 2016, Vol. Tomo 2. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s40814-016-0074-y>.

Burgos Vargas, Rúben, y otros. 2012. *Problemas con el uso de sillas de ruedas y otras ayudas técnicas y barreras sociales a las que se enfrentan las personas que las utilizan. Estudio cualitativo desde la perspectiva de la ergonomía en personas discapacitadas por enfermedades reumáticas y ot.* Mexico DF : Elsevier Doyma, 2012. pág. 7, Artículo.

Chatterjee, Sidharta. 2017. On the Theoretical Foundations of Gen Inertia. *IUP Journal of Knowledge Management*. 10 de 2017, Vol. 15, 4.

Díaz de Aguilar, Jacobo Mosquera. 2012. *Silla De Ruedas De Bajo Presupuesto Capacitada Para Subir Tramos Escalonados*. Universidad Carlos III de Madrid. Madrid : s.n., 2012. pág. 110, Tesis.

Dieter, George y Schmidt, Linda . 2012. *Engineering Design*. 5. Maryland : McGraw-Hill Education, 2012. pág. 880. ISBN-10: 0073398144.

El comercio. 2016. El drama que viven las personas en silla de ruedas en Lima. *El comercio*. [En línea] 15 de 11 de 2016. [Citado el: 08 de 04 de 2019.] <https://elcomercio.pe/lima/drama-viven-personas-silla-ruedas-lima-148581>.

Franco García, Ángel . 2011. Física con ordenador. *Cálculo de momentos de inercia*. [En línea] 2011. [Citado el: 2019 de 10 de 10.] http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din_rotacion/inercia/inercia.htm.

Hernandez, Sampieri R. , Fernandez, C. C. y Baptista, L. P. 2005. *Metodología de la investigación*,. Mexico D.F. : Mc Graw Hill, 2005.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2016. *Perú: Caracterización de las Condiciones de Vida de la Población con Discapacidad 2016*. INEI. Lima : INEI, 2016. Documento.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2014. *Primera Encuesta Nacional Especializada sobre discapacidad 2012*. INEI. Lima : s.n., 2014. pág. 588, Publicación.

Instituto para la Medición y Evaluación de la Salud. 2015. Dinero. *Vivimos más, pero más enfermos*. [En línea] 28 de 06 de 2015. [Citado el: 14 de 04 de 2019.] <https://www.dinero.com/economia/articulo/principales-causas-discapacidad-mundo/210497>.

International Code Council. 2017. Ehow. [En línea] 20 de 11 de 2017. [Citado el: 2019 de 09 de 30.] https://www.ehowenespanol.com/tamano-promedio-peldanos-escaleras-info_422803/.

Jeyeon, Kim, Hasegawa, Takaaki y Sakamoto, Yuta. 2017. Hazardous Object Detection by Using Kinect Sensor. *Sensors*. 2017, Vol. 17, 12. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/s17122936>.

La República. 2017. Trágico final de mujer en silla de ruedas que cayó por escalera mecánica. [En línea] La República, 30 de 12 de 2017. [Citado el: 14 de 04 de 2019.] <https://larepublica.pe/mundo/1164440-youtube-mujer-en-silla-de-ruedas-murio-al-caer-por-escalera-mecanica>.

Linio Perú. 2019. Linio. *Apoyabrazos Silla Almohadillas De Espuma Suave Con Efecto Memoria Almohada Codo De Apoyo Apropiado Para La Mayoría De Las Sillas*. [En línea] 2019. [Citado el: 05 de 10 de 2019.] <https://www.linio.com.pe/p/apoyabrazos-silla-almohadillas-de-espuma-suave-con-efecto-memoria-almohada-codo-de-apoyo-apropiado-para-la-mayori-a-de-las-sillas-n1299c>.

López Celi, Javier Alejandro. 2014. *Diseño de un prototipo de silla de ruedas eléctrica, con sistema de ascenso y elevación.* Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca : s.n., 2014. pág. 244, Tesis.

López Hernandez, Pedro y Martín del Campo Rodríguez, Juan Manuel. 2014. *Prototipo de apoyo en el ascenso y descenso de escaleras rectas para personas en sillas de ruedas.* Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de Mexico : Unidad profesional interdisciplinaria en ingeniería y tecnologías avanzadas, 2014. pág. 118, Tesis.

Macedo Meza, Carlos Enrique . 2018. *Análisis cinemático en el diseño conceptual de un mecanismo tipo clúster para el desarrollo de una silla de ruedas eléctrica con capacidad de ascenso en escaleras.* Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima : ESCUELA DE POSGRADO, 2018. pág. 386, Tesis.

MercadoLibre Mexico. 2019. Mercado Libre. *Placa De Acero.* [En línea] 2019. [Citado el: 05 de 10 de 2019.] https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-720537134-placa-de-acero-_JM?searchVariation=43725037940&variation=43725037940#position=3&type=item&tracking_id=5bd75d0d-5e06-4062-8ecd-5b64488cb8ad.

MercadoLibre Mexico. 2019. Mercado Libre. *Llantas De Silla Para Oficina Universales.* [En línea] 2019. [Citado el: 05 de 10 de 2019.] https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-717506296-llantas-de-silla-para-oficina-universales-de-poliuretano-_JM?quantity=1&variation=43335294258#position=19&type=item&tracking_id=c506ec2d-8ee4-40b7.

MercadoLibre Mexico. 2019. Mercado Libre. *Rueda Triple 5 Plg Para Diablito, Chamuco De Carga 100 Kg.* [En línea] 2019. [Citado el: 05 de 10 de 2019.] https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-666916009-rueda-triple-5-plg-para-diablito-chamuco-de-carga-100-kg-_JM#position=10&type=item&tracking_id=c02d984d-3106-442f-8faf-80aa557b40d0.

MercadoLibre Perú S.R.L. 2019. Mercado Libre. *Tubería De Acero Negro Sch40 De 3/4.* [En línea] 2019. [Citado el: 05 de 10 de 2019.] https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-432709344-tuberia-de-acero-negro-sch40-de-34-_JM?quantity=1#position=7&type=item&tracking_id=6e2161fa-c64e-42ff-93bf-2aea19469685.

MercadoLibre Perú S.R.L. 2018. Silla De Evacuación Eléctrica Para Escalera. [En línea] 2018. [Citado el: 29 de 10 de 2019.] https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-438477082-silla-de-evacuacion-electrica-para-escalera-_JM?quantity=1#position=1&type=item&tracking_id=e706e8ef-c481-4f5a-a914-240eb2f968ec.

Morales Herrera , Rafale. 2007. *Control y generación de trayectorias de un nuevo sistema de locomoción para sillas de ruedas con capacidad de subir y bajar escaleras.* Universidad de Castilla-La Mancha. Cuenca : UCLM, 2007. pág. 223, Tesis Doctoral. 978-84-8427-509-1 .

Myron S., Allen. 2013. *Morphological Creativity: The Miracle of Your Hidden Brain Power.* Nueva Jersey : CreateSpace Independent Publishing Platform, 2013. pág. 240. ISBN-10: 1438260881.

Observatorio Nacional de la discapacidad. 2019. *Inscripciones en el Registro Nacional de la Persona con Discapacidad.* INEI. Lima : ENEDIS, 2019. pág. 55, Encuesta.

Organización Mundial de la Salud. 2008. *Pautas para el suministro de sillas de ruedas manuales en entornos de menores recursos.* OMS. Ginebra : Geoff Bardsley, Marc Krizack, Abdullah Munish, Kim Reisinger, Sarah Sheldon, 2008. pág. 141, Informe. ISBN 978 92 4 154748 2.

Organización Mundial de la Salud. 2017. WHO. *10 datos sobre la discapacidad.* [En línea] 11 de 2017. [Citado el: 14 de 04 de 2019.] <https://www.who.int/features/factfiles/disability/es/>.

Ortiz Lomas, Pablo Fabían. 2018. *Simulación de silla de ruedas autónoma que permita subir y bajar escaleras.* Universidad Técnica del norte. Ibarra : s.n., 2018. pág. 105, Tesis.

Ortopedia Plaza. 2019. Ortopedia Plaza. *Ortopedia Plaza.* [En línea] 2019. [Citado el: 08 de 04 de 2019.] <https://www.ortopediaplaza.com/>.

Paulson, Thomas y Goosey-Tolfrey, Victoria. 2017. Current Perspectives on Profiling and Enhancing Wheelchair Court Sport Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance.* 03 de 2017, Vol. Tomo 12, 3. DOI: <http://dx.doi.org/10.1123/ijsp.2016-0231>.

- Pinilla Roncancio, Mónica . 2015.** Disability and poverty: two related conditions. *Revista de la Facultad de Medicina*. 13 de 04 de 2015, Vol. 63.
- RAE. 2018.** *Diccionario de la lengua española*. Edición del tricentenario. Madrid : Asociación de Academias de la Lengua Española, 2018.
- Rodríguez Jiménez, Gaspar, y otros. 2018.** A new manual wheelchair propulsion system with self-locking capability on ramps. *Mechanical Sciences*. 2018, Vol. 9, 2.
- Sakakibara, Brodie M., y otros. 2014.** Influences of Wheelchair-Related Efficacy on Life-Space Mobility in Adults Who Use a Wheelchair and Live in the Community. *Physical Therapy*. 11 de 2014, Vol. Tomo 94, 11.
- Slavens, Brooke A., y otros. 2015.** Evaluation of Pediatric Manual Wheelchair Mobility Using Advanced Biomechanical Methods. *BioMed Research International*. 2015, Vol. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/634768>.
- Sol, Marleen Elisabeth, y otros. 2017.** Development of a wheelchair mobility skills test for children and adolescents: combining evidence with clinical expertise. *BMC Pediatrics*. 2017, Vol. Tomo 17.
- Tao, Weijun; Xu, Junyi; Liu, Tao. 2017.** Electric-powered wheelchair with stair-climbing ability. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 07 de 2017, Vol. Tomo 14, 4. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/1729881417721436>.
- Tuersley, Lorna, Nathan, Bray y Rhiannon, Tudor Edwards. 2018.** Development of the Wheelchair outcomes Assessment Tool for Children (WATCH): A patient-centred outcome measure for young wheelchair users. *PLoS One*. 12 de 2018, Vol. 13, 12. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0209380>.
- Visagie, Surona, y otros. 2015.** Is any wheelchair better than no wheelchair? A Zimbabwean perspective. *African Journal of Disability*. 2015, Vol. 4, 1, pág. 10.
- WageIndicator 2019. 2019.** TuSalario.org/Perú. *Soldadores y oxicortadores*. [En línea] WageIndicator, 2019. [Citado el: 05 de 10 de 2019.] <https://tusalario.org/peru/carrera-profesional/peru-salario-y-ocupacion/peru-soldadores-y-oxicortadores>.
- Wang, Song, y otros. 2018.** Impact Responses and Parameters Sensitivity Analysis of Electric Wheelchairs. *Electronics*. 2018, Vol. Tomo 7, 6.

Williams, Emma, Hurwitz, Elizabeth y Obaga, Immacul. 2017. Perspectives of basic wheelchair users on improving their access to wheelchair services in Kenya and Philippines: a qualitative study. 2017, Vol. Tomo 17.

Wilson, A Bennett Jr y McFarland, Samuel R. 1990. Types of wheelchairs. *Journal of Rehabilitation Research and Development*. 03 de 1990.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

Título	Problema General	Objetivo General	Hipótesis	Preguntas Específicas	Objetivos Específicos	Variable	Indicadores	Unidad de análisis	Población	Muestra	Técnicas	Instrumentos
Diseño de Silla de Ruedas Económica Para El Desplazamiento En Escaleras-Piura, 2019	¿Cómo sería el diseño de una silla de ruedas económica para el desplazamiento en escaleras?	Diseñar una silla de ruedas económica para el desplazamiento en escaleras	El diseño de una silla de ruedas económica que se desplace en escaleras se daría utilizando el software 3D SolidWorks con insumos baratos.	¿Qué características presentaría la silla de ruedas que se desplace en escaleras?	Conceptualizar el diseño de silla de ruedas a través del modelo morfológico de la caja de zwcky	Diseño de silla de ruedas económica para el desplazamiento en escaleras	Número de Materiales estructurales	Persona con discapacidad de Piura	18'413	68	Encuesta	Cuestionario de personas con discapacidad (Anexo 12)
					Número de características		Modelo	1		Análisis Documentario	Modelo Morfológico	
					Número de especificaciones técnicas		Modelo	1		Análisis Documentario	Informe de Software 3D SolidWorks	
					Movimiento Rotatorio		Rueda	1		Análisis Documentario	Informe de Software 3D SolidWorks	
					Tensión		Modelo	1		Análisis Documentario	Informe de Software 3D SolidWorks	
					Momento de Inercia		Modelo	1		Análisis Documentario	Informe de Software 3D SolidWorks	
					Costos de fabricación		Modelo	1		Análisis Documentario	Ficha de Análisis de Costo	

Elaborado por el autor



Anexo 2: Silla de ruedas Manual

Fuente: Primfarma.es



Anexo 3: Silla de ruedas eléctrica
Fuente: MedicalExpo.es



Anexo 4: Sube escaleras Oruga
Fuente: Es.ValidaSinBarreras.com

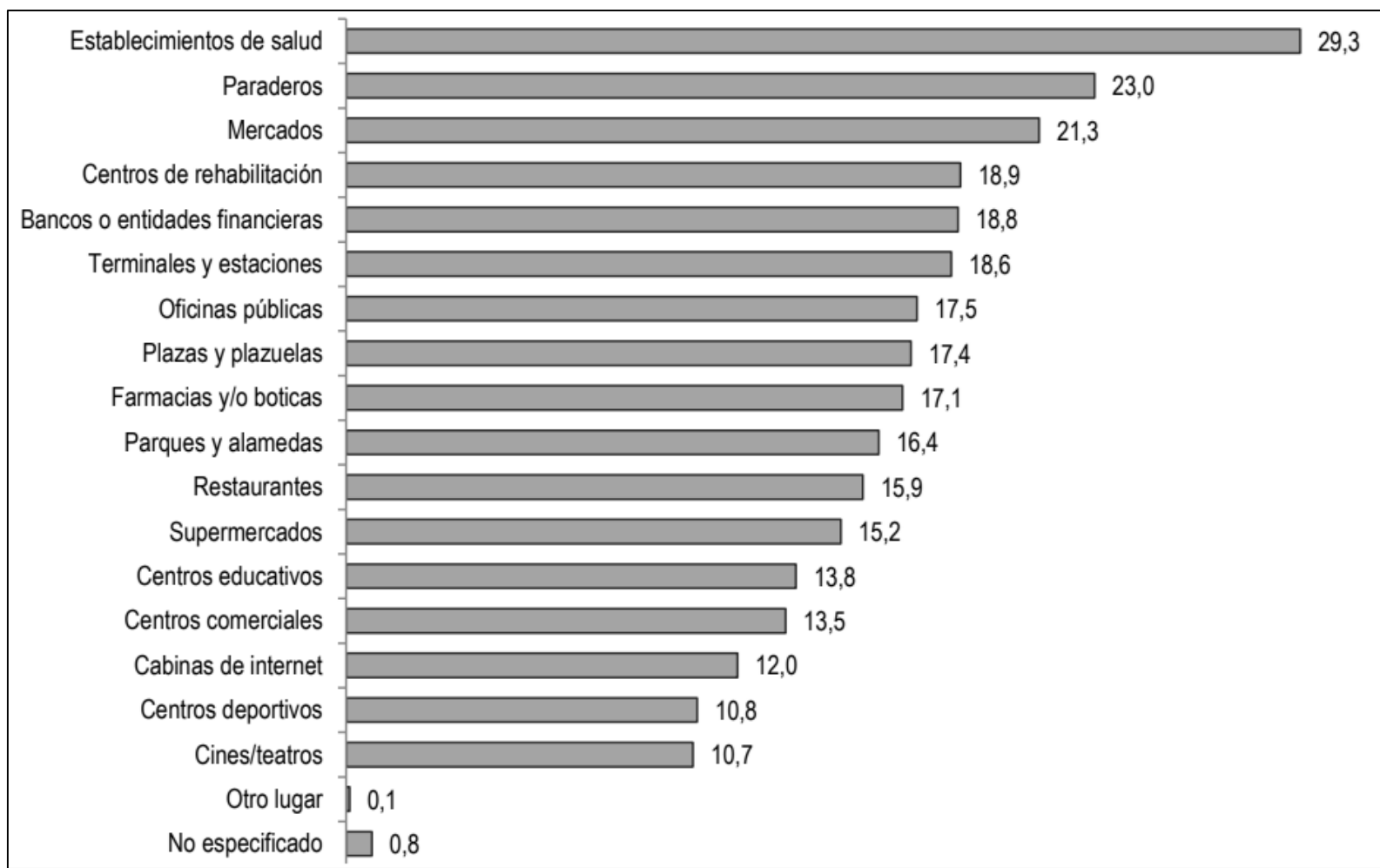


Anexo 5: Silla salva Escalera
Fuente: AscensorsSales.com



Anexo 6: Personas con discapacidad, 2012

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática-Primera Encuesta Nacional Especializada sobre Discapacidad



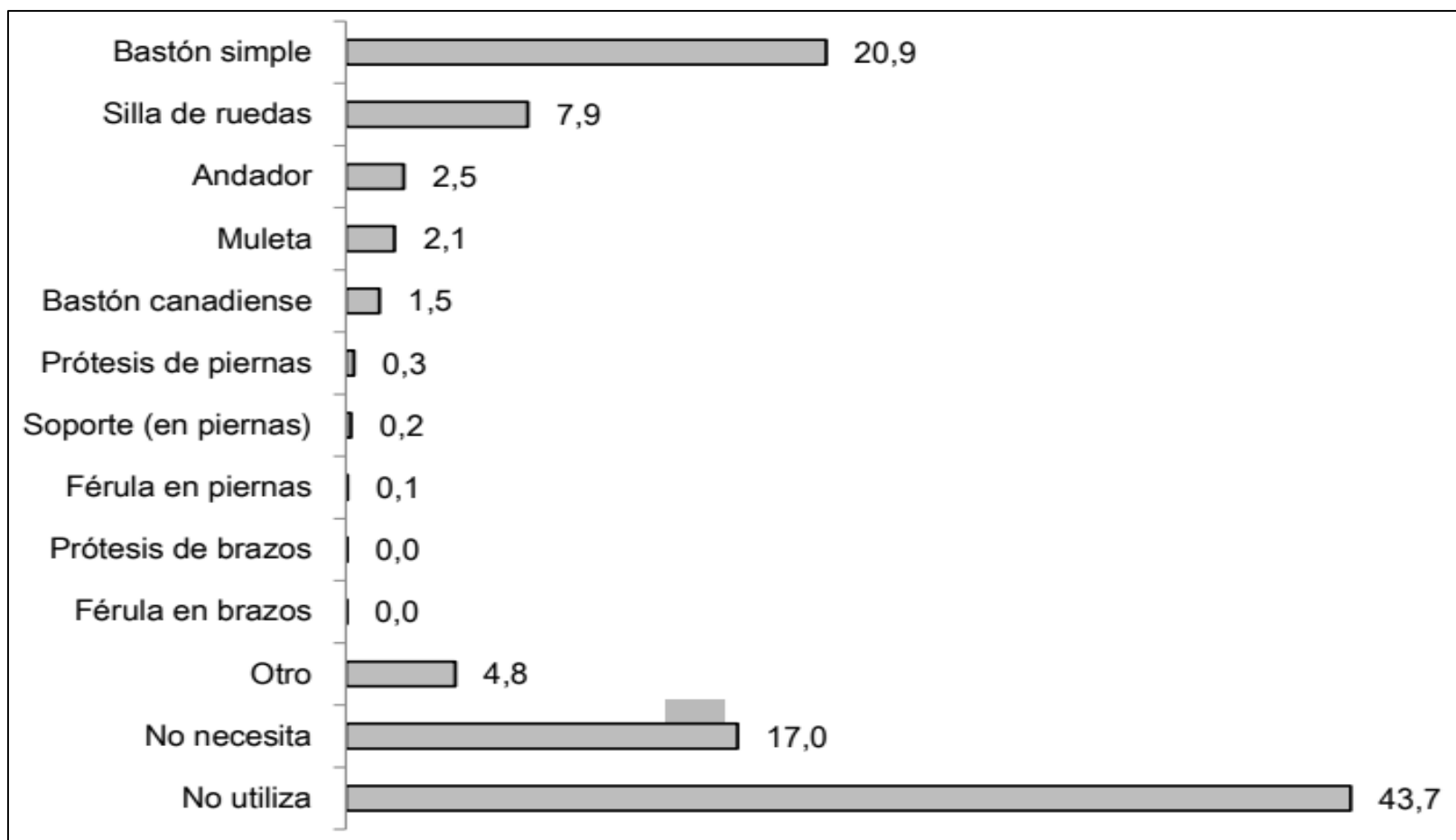
Anexo 7: Personas con discapacidad que tienen dificultad para ingresar y/o desplazarse en establecimientos públicos, 2012 (Porcentaje)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática-Primera Encuesta Nacional Especializada sobre Discapacidad

Apoyo ortopédico que utiliza para desplazarse	Total	Urbana	Rural
Bastón simple	20,9	18,7	29,2
Bastón canadiense	1,5	1,8	0,3
Silla de ruedas	7,9	9,2	2,9
Andador	2,5	3,0	0,6
Muleta	2,1	2,0	2,5
Soporte (en piernas)	0,2	0,3	0,0
Prótesis de brazos	0,0	0,0	0,0
Prótesis de piernas	0,3	0,4	0,2
Férula en brazos	0,0	0,0	-
Férula en piernas	0,1	0,1	0,1
Otro	4,8	3,5	9,7
No utiliza	43,7	43,2	45,6
No necesita	17,0	19,2	8,8

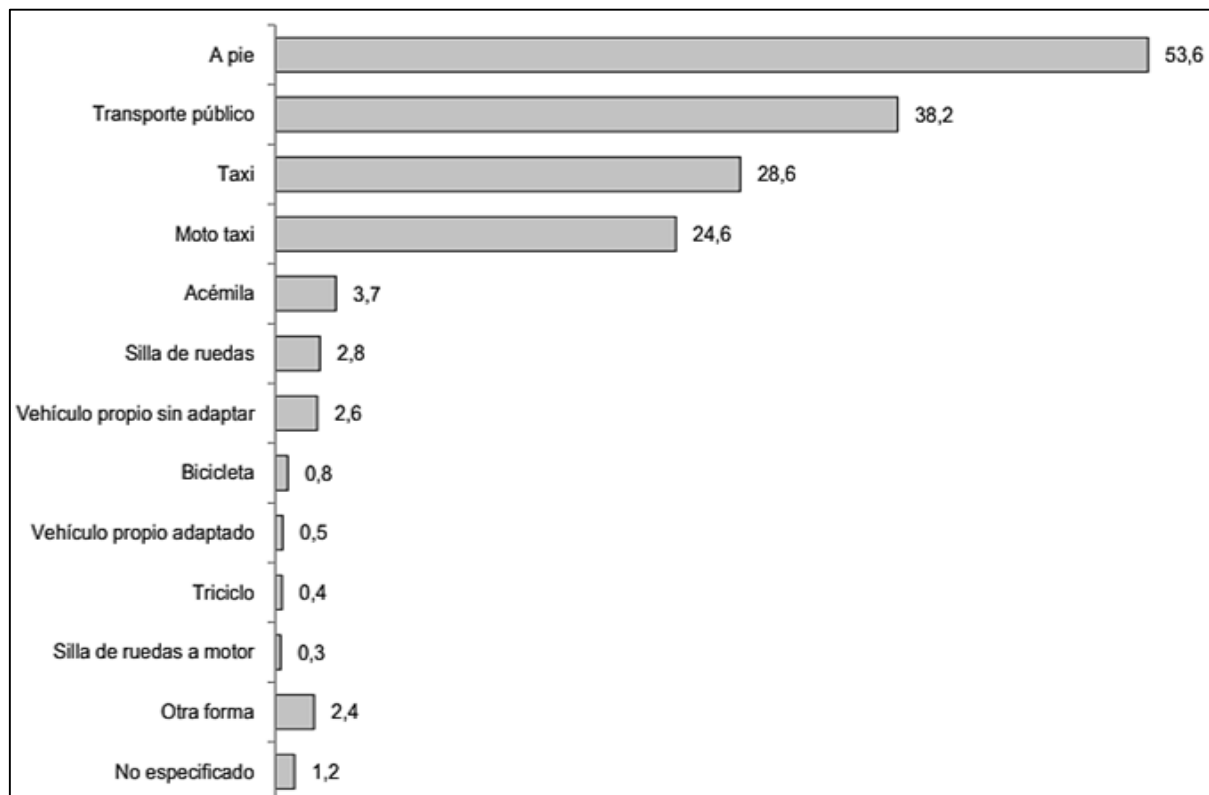
Anexo 8: Personas con discapacidad de locomoción y/o destreza por área de residencia, según apoyo ortopédico que utilizan para desplazarse, 2012 (Porcentaje)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática-Primera Encuesta Nacional Especializada sobre Discapacidad



Anexo 9: Personas con discapacidad de locomoción y/o destreza por área de residencia, según apoyo ortopédico que utilizan para desplazarse, 2012 (Porcentaje)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática-Primera Encuesta Nacional Especializada sobre Discapacidad



Anexo 10: Personas con discapacidad según medio de transporte utilizado para desplazarse, 2012 (Porcentaje)
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática-Primera Encuesta Nacional Especializada sobre Discapacidad

Pasos del análisis morfológico

1. Especificar el problema u objetivo.
2. Analizar que atributos (o elementos, o parámetros) lo componen. Estos pueden ser: partes físicas, procesos, funciones, aspectos estéticos, etc. Se determina si un atributo es lo suficientemente relevante para añadirlo, a través de la siguiente pregunta: ¿Seguiría existiendo el problema sin este atributo.
3. Analizar las variantes o alternativas posibles de cada atributo.
4. Combinaciones: hacer cuantas combinaciones sean posibles, tomando cada vez una variante de cada atributo. El número de atributos y variaciones determinará la complejidad de la matriz. El producto de combinaciones posibles se denomina producto morfológico. Ejemplo: Si se tienen 4 atributos: A, B y C y cada atributo tiene un número de variaciones determinadas A(A1,A2,A3), B(B1,B2,B3), C(C1,C2), el producto morfológico es $3 \times 3 \times 2 = 18$.
5. Búsqueda morfológica: consiste en analizar combinaciones y ver sus posibilidades. Se puede hacer al azar o enumerada como se muestra a continuación.

A1-B1-C1	A2-B1-C1	A3-B1-C1
A1-B1-C2	A2-B1-C2	A3-B1-C2
A1-B2-C1	A2-B2-C1	A3-B2-C1
A1-B2-C2	A2-B2-C2	A3-B2-C2
A1-B3-C1	A2-B3-C1	A3-B3-C1
A1-B3-C2	A2-B3-C2	A3-B3-C2

Anexo 11: Pasos del modelo morfológico

Fuente: Ecured.cu

Anexo 12: Cuestionario

Cuestionario de Personas con Discapacidad

Sexo:

Edad:

Este cuestionario será la base de un proyecto de un diseño de silla de ruedas que permitiría desplazarse en escalones, gracias al mecanismo de 3 ruedas traseras por lado en forma de triángulo que poseerá la silla ya mencionada, es por ello que se ha recurrido a usted que usa o ha usado una silla de ruedas. Marque la alternativa que usted crea conveniente

1. ¿Le agradecería la idea de una silla de ruedas con un mecanismo distinto en las ruedas para su desplazamiento en escaleras?

a) Si b) No

2. ¿Le gustaría que sea de materiales seguros, y por ende resistente?

a) Si b) No

3. ¿Le agradecería que sea de bajo coste?

a) Si b) No

* Considerando que los materiales adicionales incrementarían el costo de la silla, ¿Cuáles de los siguientes le interesaría?

4. Reposabrazos

a) Si b) No

5. Respaldo para pantorrillas

a) Si b) No

6. Respaldo para cabeza

a) Si b) No

7. ¿Qué material le parecería mejor para el chasis de la silla?

a) Tubería de acero negro (buena resistencia y no aumentaría significativamente el costo)

b) Tubería de acero inoxidable (muy buena resistencia y aumentaría su costo)

c) Tubería de acero aluminio (excelente resistencia y aumentaría mucho su costo)

8. ¿Qué material le parecería mejor para el asiento y respaldo de la silla?

a) Tela almohadilla de Fieltro 15 mm de espesor (Resistencia baja)

b) Tela de poliéster de 15 mm de espesor (Buena Resistencia con certificación)

c) Tela de poliéster de 20 mm de espesor (Muy buena Resistencia y firmeza contra el desgarro con Certificación)

9. ¿Qué material le parecería mejor para el reposabrazos?

a) Cojín con interior espuma b) Cojín Afelpado c) Cojín con interior de algodón

10. ¿Qué material le parecería mejor para el Respaldo de cabeza y para el de pantorrillas?

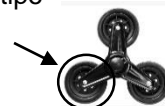
a) Cojín con interior espuma b) Cojín Afelpado c) Cojín con interior de algodón

11. ¿De qué tamaño le agradecería la rueda trasera que forma parte del mecanismo de 3 ruedas tipo triángulo por lado?

a) 5" (13 cm) b) 6" (15 cm) c) 7" (18 cm)

12. ¿De qué material le agradecería las ruedas?

a) Caucho b) Hule Negro



¡GRACIAS POR PARTICIPAR! 😊

Elaborado por el Autor

Anexo 13: Constancia de Validación 1



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Karen Seccey Riveros Silupú con DNI N° , Ingeniera Industrial, con N° CIP 207265, desempeñándome actualmente como Ing. Residente Pre/Comisionado en la empresa EP CoSFyM S.A.C. de Talara.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el instrumento:

- Cuestionario de Personas con Discapacidad

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

Cuestionario de Personas con Discapacidad	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad					✓
4. Organización					✓
5. Suficiencia					✓
6. Intencionalidad					✓
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia					✓
9. Metodología					✓

En señal de conformidad, firmo la presente en la ciudad de Talara a los días dieciocho del mes de junio del dos mil dieciocho.

Ing : Ing. KAREN SECCEY RIVEROS SILUPÚ
DNI : 72178723
Especialidad : Ingeniería Industrial
E-mail : k.riveros@epcosfymsac.com

Ing. Karen Riveros S.
CIP 207265.

Anexo 14: Constancia de Validación 2



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Luciana Mercedes Torres Ludeña con DNI N° 02854952, Magister en Administración con Mención en Gerencia Empresarial, con N° CIP 94321, de profesión Ingeniera Industrial, desempeñándome actualmente como Docente Adscrita en el Departamento de Investigación de Operaciones de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Piura.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el instrumento:

- Cuestionario de Personas con Discapacidad

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

Cuestionario de Personas con Discapacidad	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					✓
2. Objetividad					✓
3. Actualidad					✓
4. Organización					✓
5. Suficiencia					✓
6. Intencionalidad					✓
7. Consistencia					✓
8. Coherencia					✓
9. Metodología					✓

En señal de conformidad, firmo la presente en la ciudad de Piura a los días dieciocho del mes de junio del dos mil dieciocho.

Mgr. : Ing. MBA LUCIANA MERCEDES TORRES LUDEÑA
DNI : 02854952
Especialidad : Ingeniera Industrial
E-mail : ing.lucianatorres@gmail.com

Anexo 15: Constancia de Validación 3



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Omar Rivera Calle con DNI N° 02884212, de profesión Ingeniera Industrial, desempeñándome actualmente como Docente de Tiempo Completo de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo filial Piura.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el instrumento:

- Cuestionario de Personas con Discapacidad

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

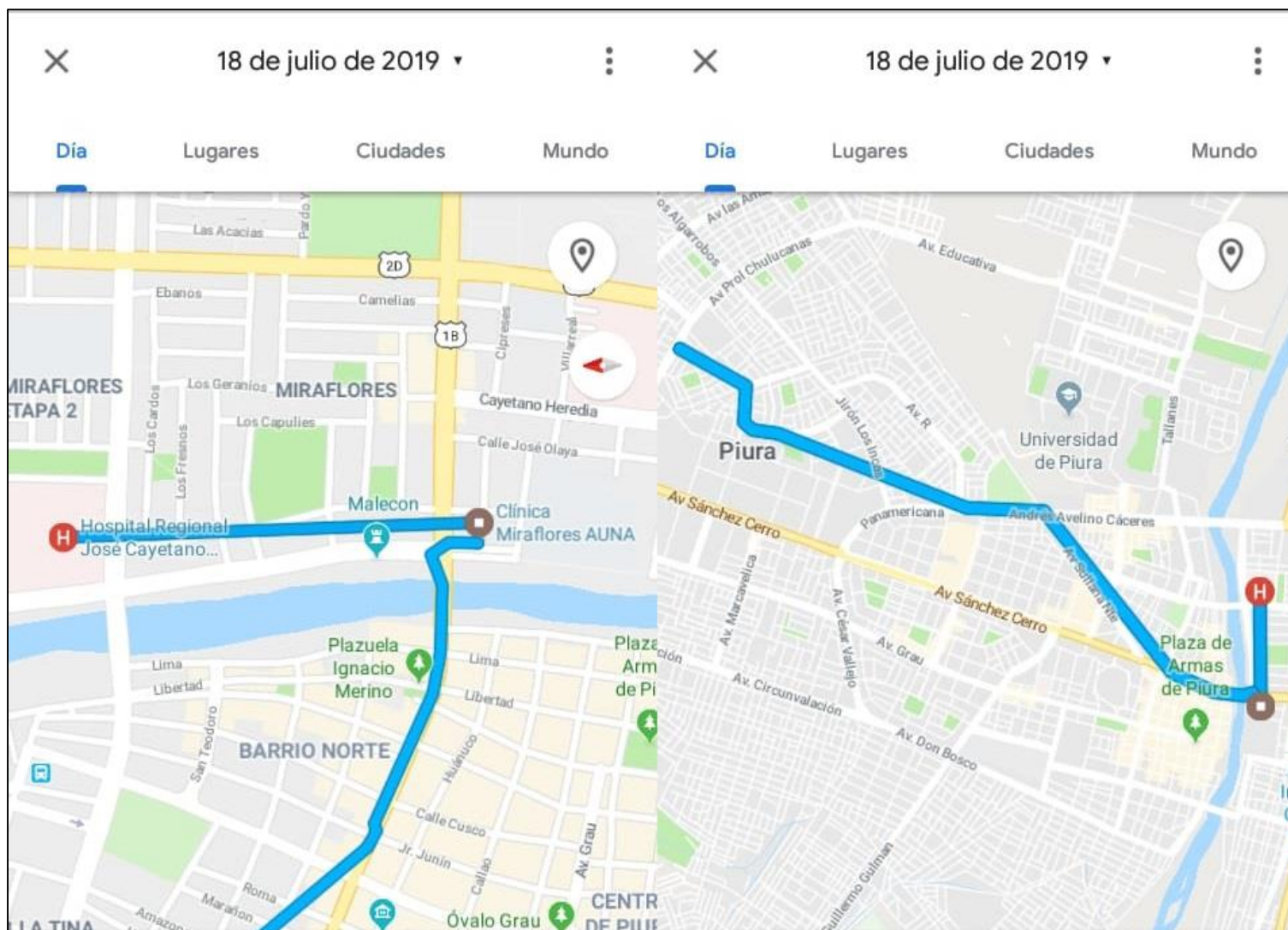
Cuestionario de Personas con Discapacidad	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

En señal de conformidad, firmo la presente en la ciudad de Piura a los días dieciocho del mes de junio del dos mil dieciocho.

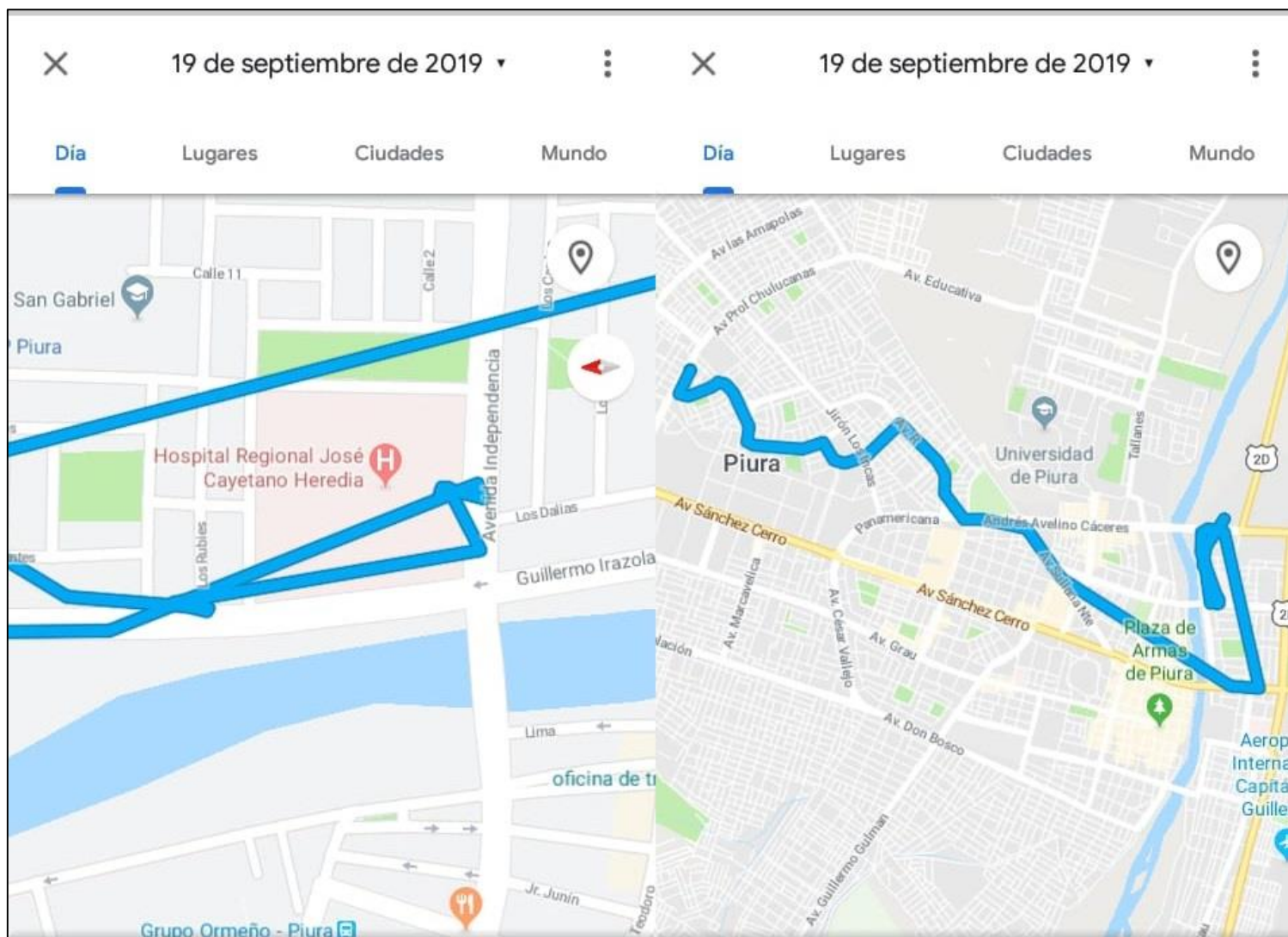
Ing : Ing. OMAR RIVERA CALLE
DNI : 02884212
Especialidad : Ingeniera Industrial
E-mail : orivera@ucv.edu.pe

UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO PIURA
ING. OMAR RIVERA CALLE
CIP. 102776

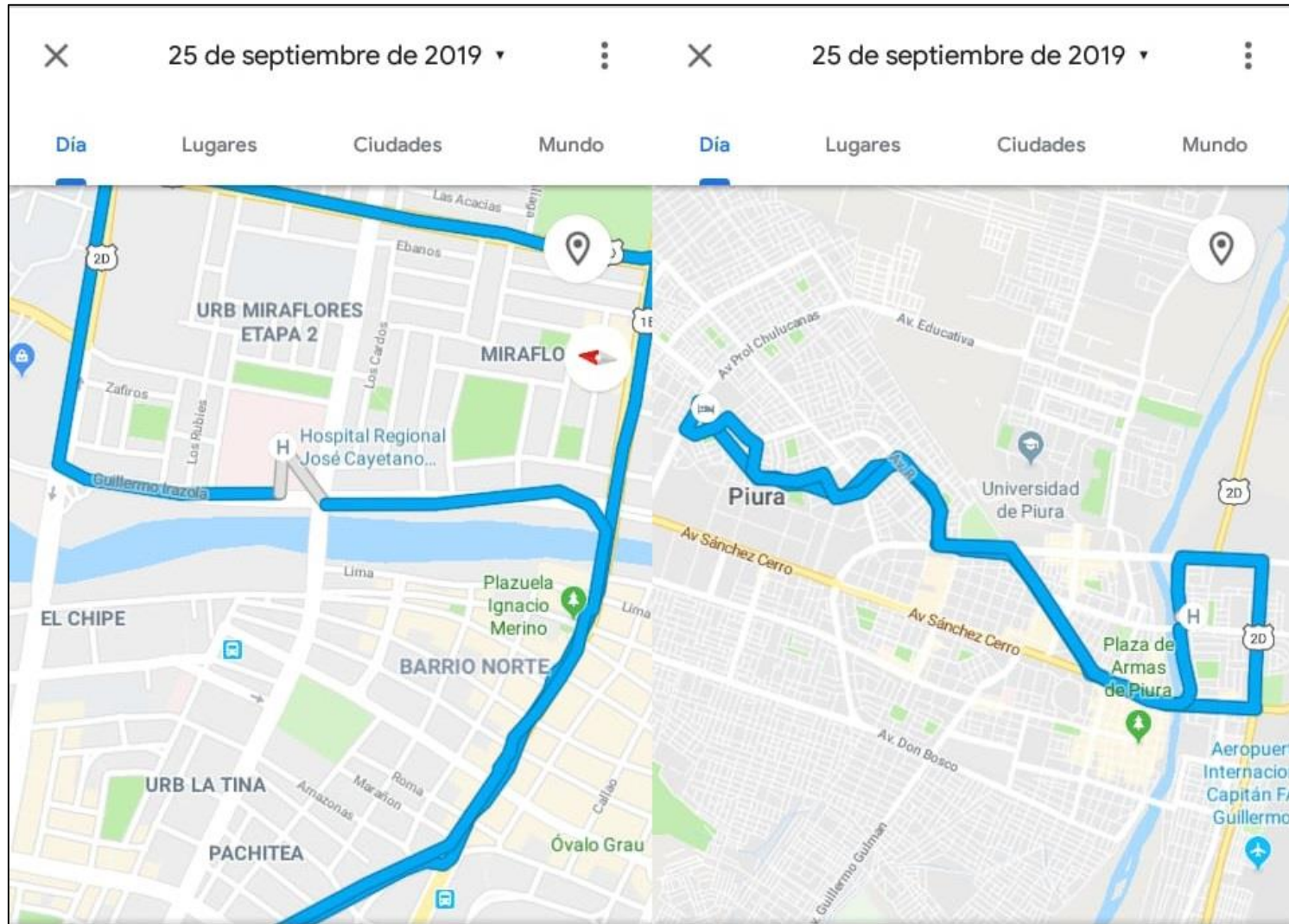
Anexo 16: Evidencia de aplicación de cuestionario en la app Google Maps



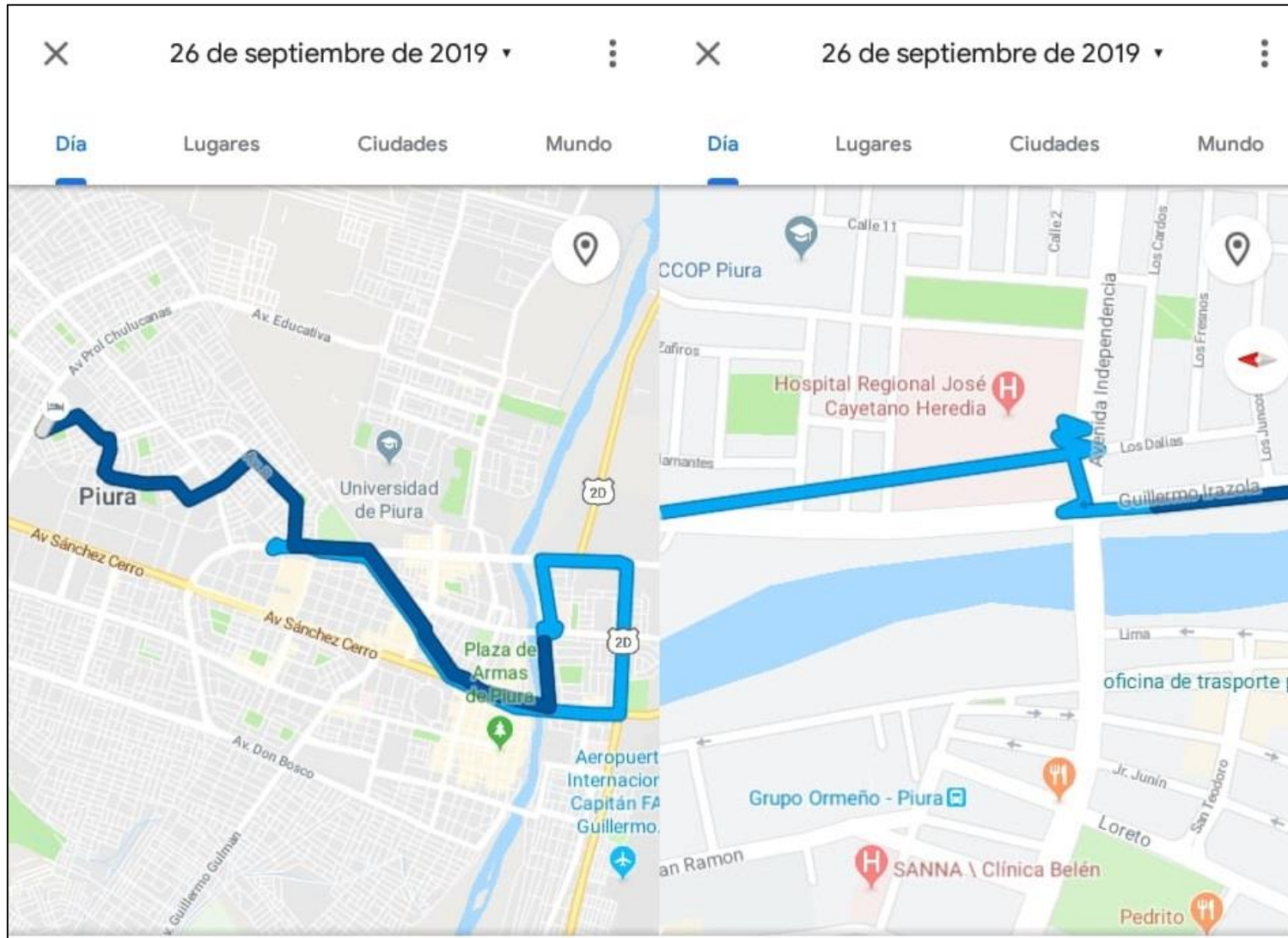
Anexo 17: Evidencia de aplicación de cuestionario en la app Google Maps



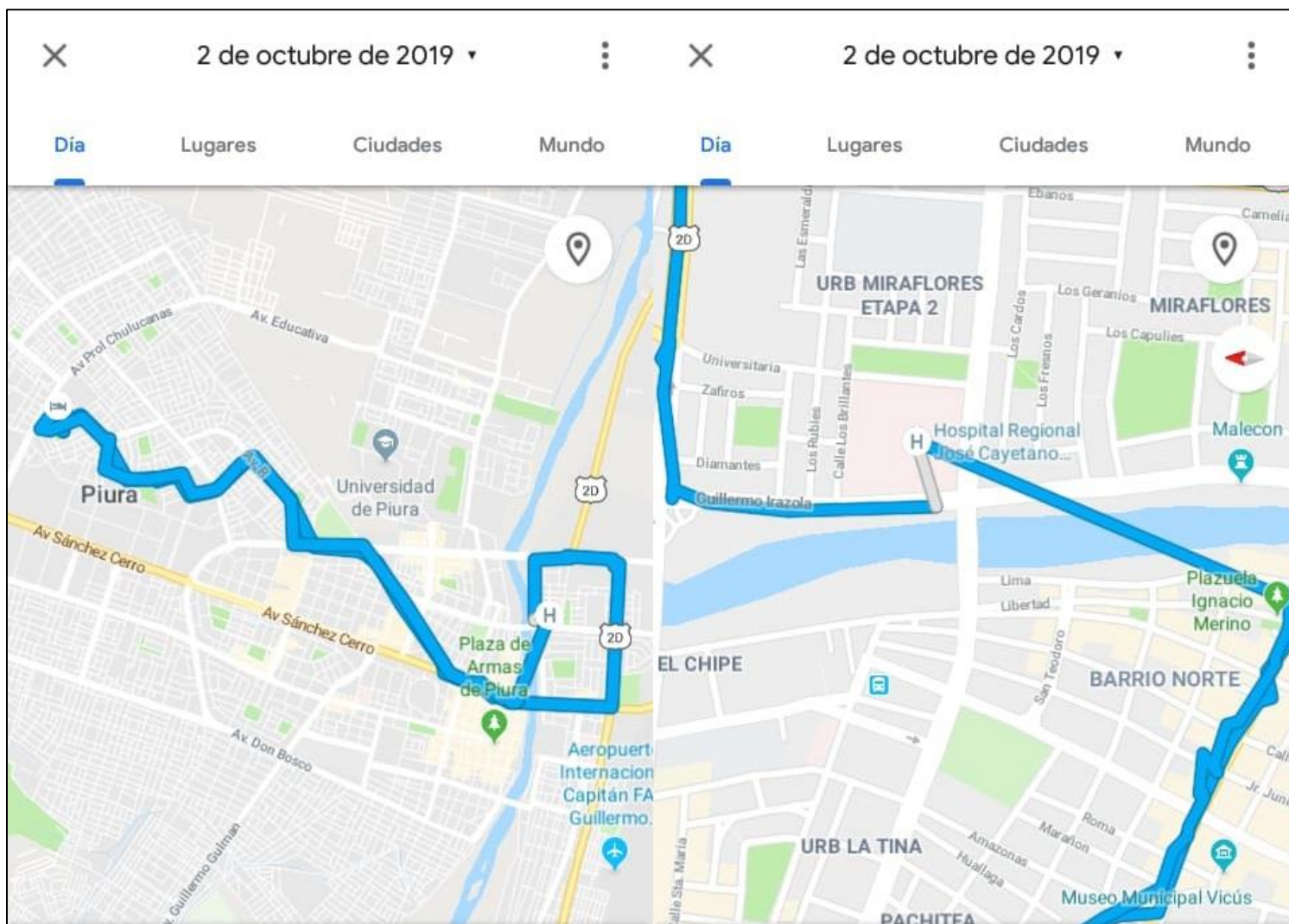
Anexo 18: Evidencia de aplicación de cuestionario en la app Google Maps



Anexo 19: Evidencia de aplicación de cuestionario en la app Google Maps



Anexo 20: Evidencia de aplicación de cuestionario en la app Google Maps



Anexo 21: Resumen de respuestas de pregunta 1 de Cuestionario de Personas con discapacidad

¿Le agradaría la idea de una silla de ruedas con un mecanismo distinto en las ruedas para su desplazamiento en escaleras?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	68	100,0	100,0	100,0

Elaboración Propia

Anexo 22: Resumen de respuestas de pregunta 2 de Cuestionario de Personas con discapacidad

¿Le gustaría que sea de materiales seguros, y por ende resistente?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	68	100,0	100,0	100,0

Elaboración Propia

Anexo 23: Resumen de respuestas de pregunta 3 de Cuestionario de Personas con discapacidad

¿Le agradaría que sea de bajo coste?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	Si	65	95,6	95,6	95,6
Válido	No	3	4,4	4,4	100,0
	Total	68	100,0	100,0	

Elaboración Propia

Anexo 24: Resumen de respuestas de pregunta 4 de Cuestionario de Personas con discapacidad

Reposabrazos					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	Si	66	97,1	97,1	97,1
Válido	No	2	2,9	2,9	100,0
	Total	68	100,0	100,0	

Elaboración Propia

Anexo 25: Resumen de respuestas de pregunta 5 de Cuestionario de Personas con discapacidad

Respaldo para las pantorrillas					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	Si	8	11,8	11,8	11,8
Válido	No	60	88,2	88,2	100,0
	Total	68	100,0	100,0	

Elaboración Propia

Anexo 26: Resumen de respuestas de pregunta 6 de Cuestionario de Personas con discapacidad

Respaldo para la cabeza					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	Si	9	13,2	13,2	13,2
Válido	No	59	86,8	86,8	100,0
	Total	68	100,0	100,0	

Elaboración Propia

Anexo 27: Atributos de Análisis Morfológico

Material del Chasis	Material de Asiento y respaldo	Material de Reposabrazos	Material de rueda	Tamaño de rueda trasera
A. Tubería de acero negro	A. Tela almohadilla de Fieltro 15 mm de espesor	A. Cojín con interior espuma	A. Caucho	5"
B. Tubería de acero inoxidable	B. Tela de poliéster de 15 mm de espesor	B. Cojín Afelpado		6"
C. Tubería de acero aluminizado	C. Tela de poliéster de 20 mm de espesor	C. Cojín con interior de algodón	B. Hule negro	7"

Elaboración Propia

Anexo 28: Resumen de respuestas de pregunta 7 de Cuestionario de Personas con discapacidad

¿Qué material le parecería mejor para el chasis de la silla?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Tubería de acero negro	56	82,4	82,4	82.4
	Tubería de acero inoxidable	10	14,7	14,7	100.0
	Tubería de acero aluminio	2	2,9	2,9	100,0
	Total	68	100,0	100,0	

Elaboración Propia

Anexo 29: Resumen de respuestas de pregunta 8 de Cuestionario de Personas con discapacidad

¿Qué material le parecería mejor para el asiento y respaldo de la silla?					
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	
	Tela almohadilla de Fieltro 15 mm de espesor	6	8,8	8,8	8,8
Válido	Tela de poliéster de 15 mm de espesor	59	86,8	86,8	95,6
	Tela de poliéster de 20 mm de espesor	3	4,4	4,4	100,0
	Total	68	100,0	100,0	

Elaboración Propia

Anexo 30: Resumen de respuestas de pregunta 9 de Cuestionario de Personas con discapacidad

¿Qué material le parecería mejor para el reposabrazos					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Cojín con interior espuma	32	47,1	48,5	48,5
	Cojín Afelpado	10	14,7	15,2	63,6
	Cojín con interior de algodón	24	35,3	36,4	100,0
	Total	66	97,1	100,0	
Perdidos	Sistema	2	2,9		
	Total	68	100,0		

Elaboración Propia

Anexo 31: Resumen de respuestas de pregunta 11 de Cuestionario de Personas con discapacidad

¿De qué material le agradarían las ruedas?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	Caucho	27	39,7	39,7	39,7
Válido	Hule Negro	41	60,3	60,3	100,0
	Total	68	100,0	100,0	

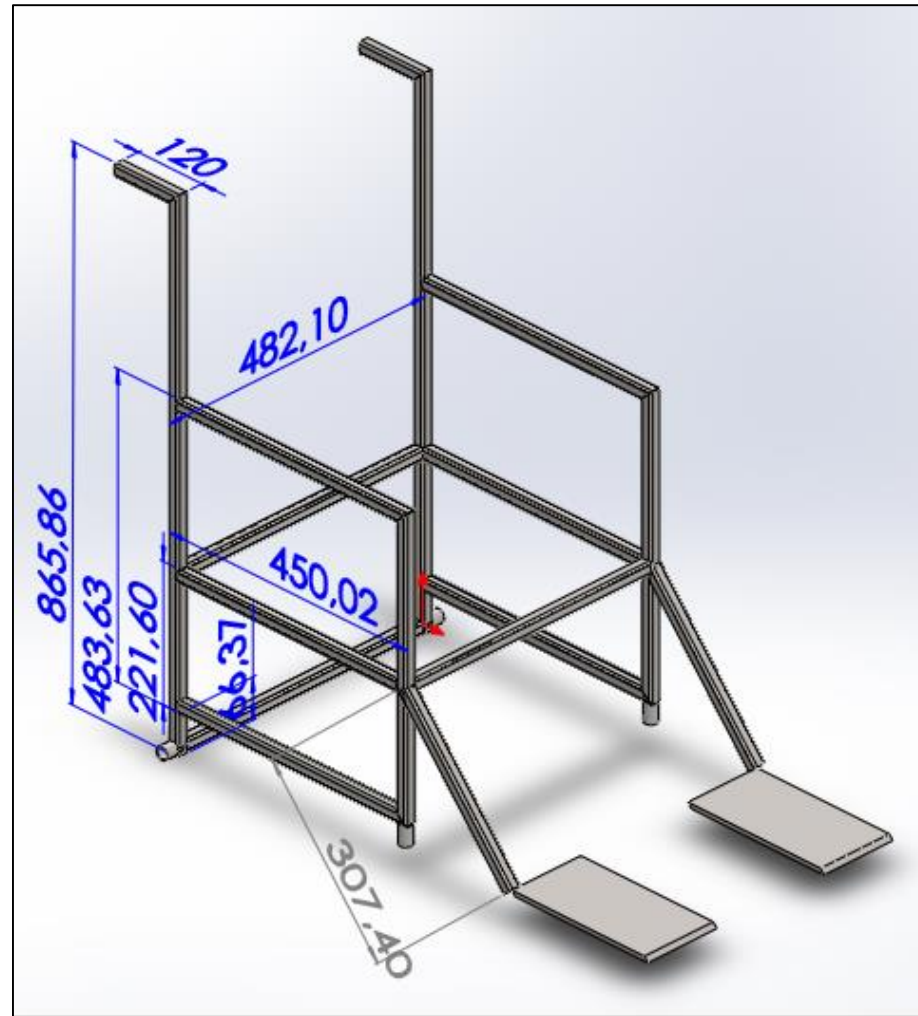
Elaboración Propia

Anexo 32: Resumen de respuestas de pregunta 12 de Cuestionario de Personas con discapacidad

¿De qué tamaño le agradaría la rueda trasera que forma parte del mecanismo de 3 ruedas tipo triangulo por lado?				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	5	46	67,6	67,6
	6	13	19,1	86,8
	7	9	13,2	100,0
	Total	68	100,0	100,0

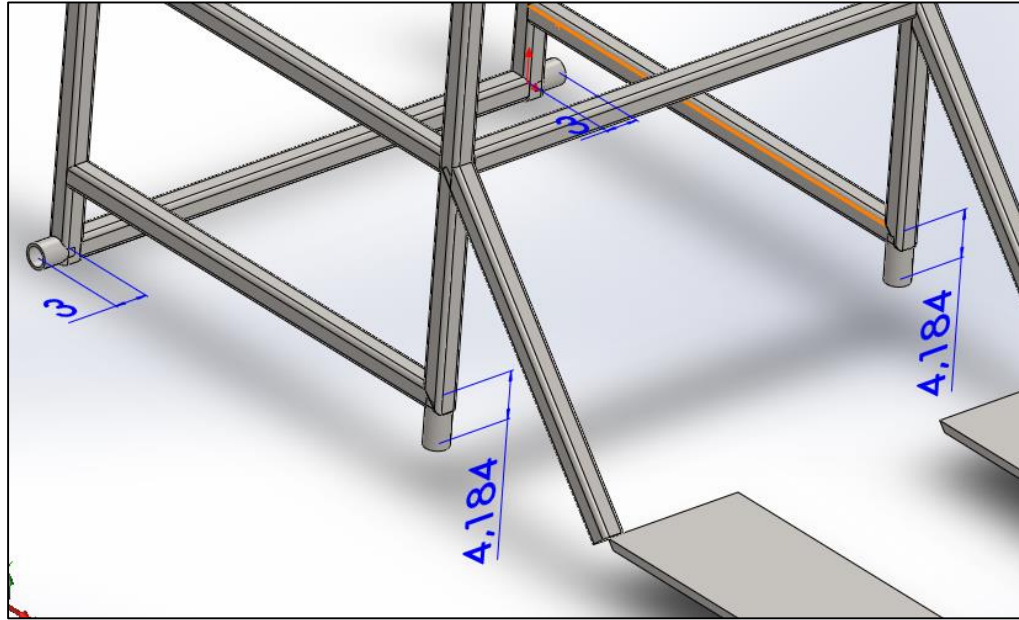
Elaboración Propia

Anexo 33: Componente de chasis “Tubería de acero negro cuadrada”



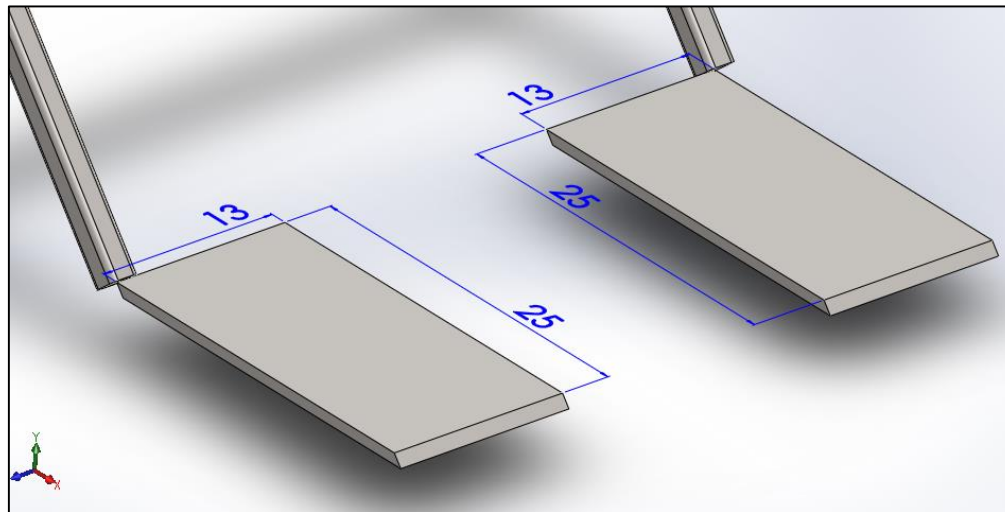
Elaboración Propia

Anexo 34: Componente de chasis “Tubería de acero negro circular”



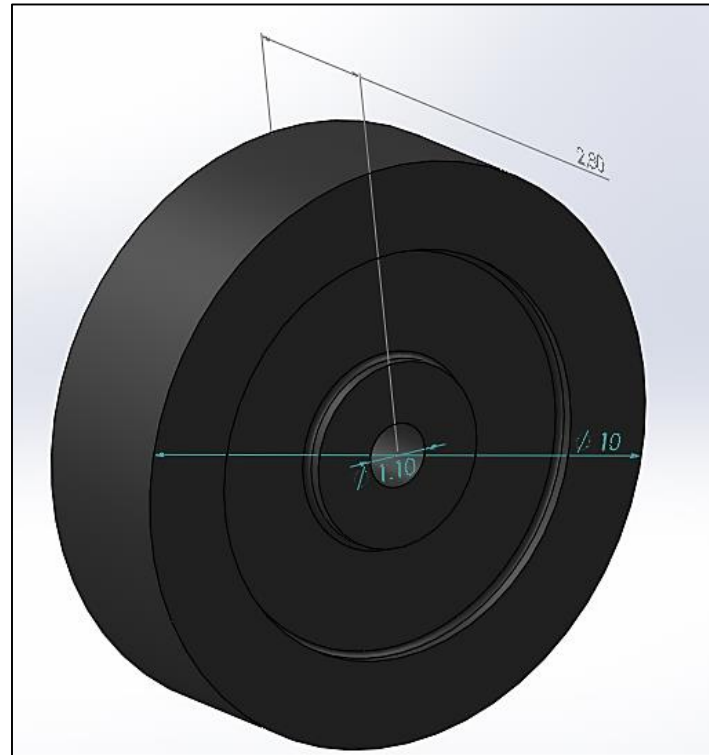
Elaboración Propia

Anexo 35: Componente de chasis “Placa de acero negro”



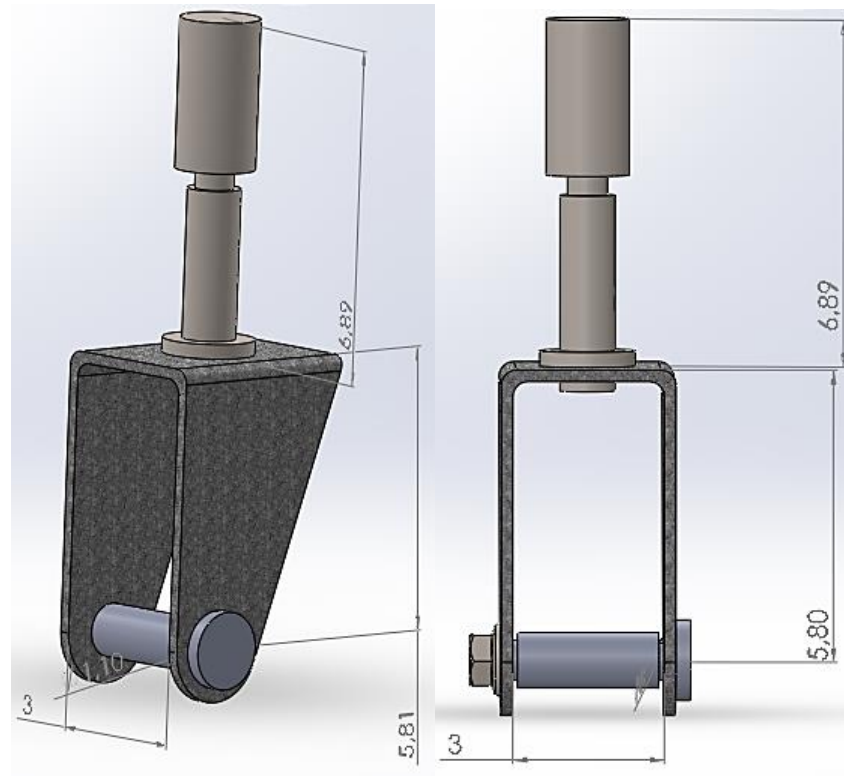
Elaboración Propia

Anexo 36: Componente de mecanismo de ruedas delanteras “Llantas de hule negro”



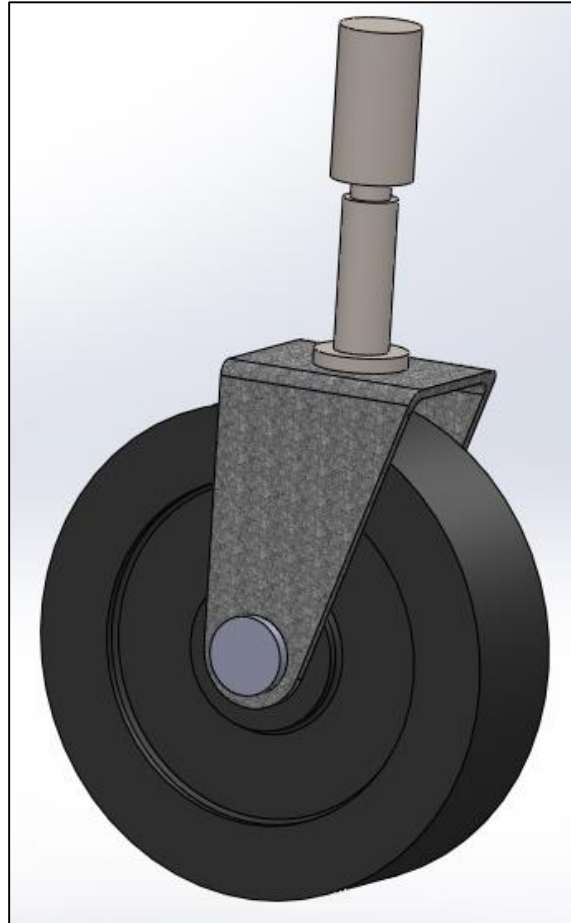
Elaboración Propia

Anexo 37: Componente de mecanismo de ruedas delanteras “Llantas de hule negro”



Elaboración Propia

Anexo 38: Rueda delantera con soporte



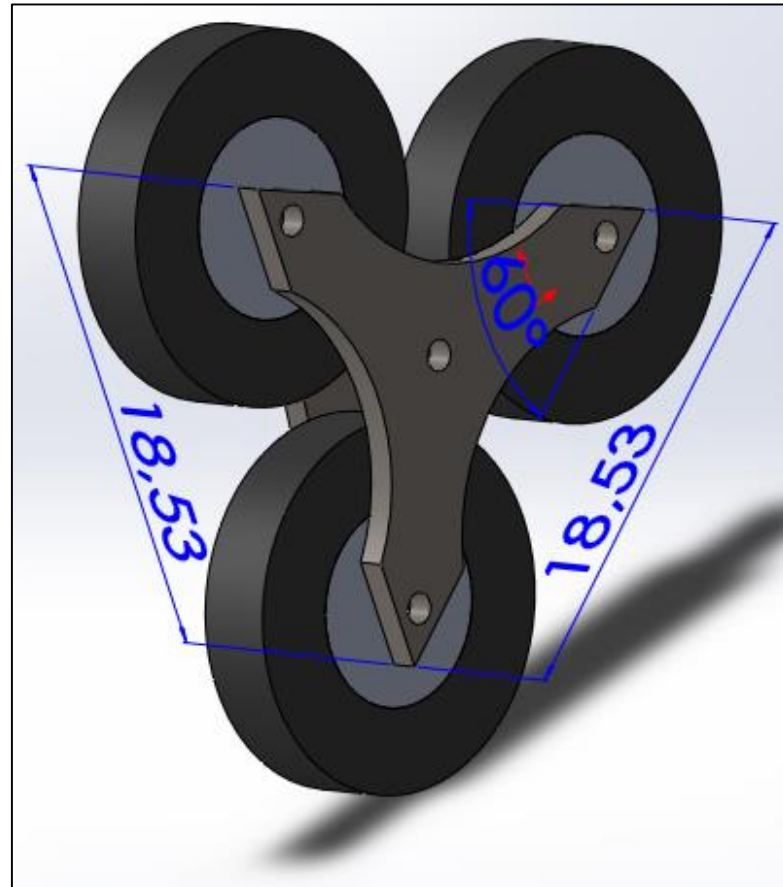
Elaboración Propia

Anexo 39: Componente de mecanismo de ruedas traseras “Llantas de hule negro”



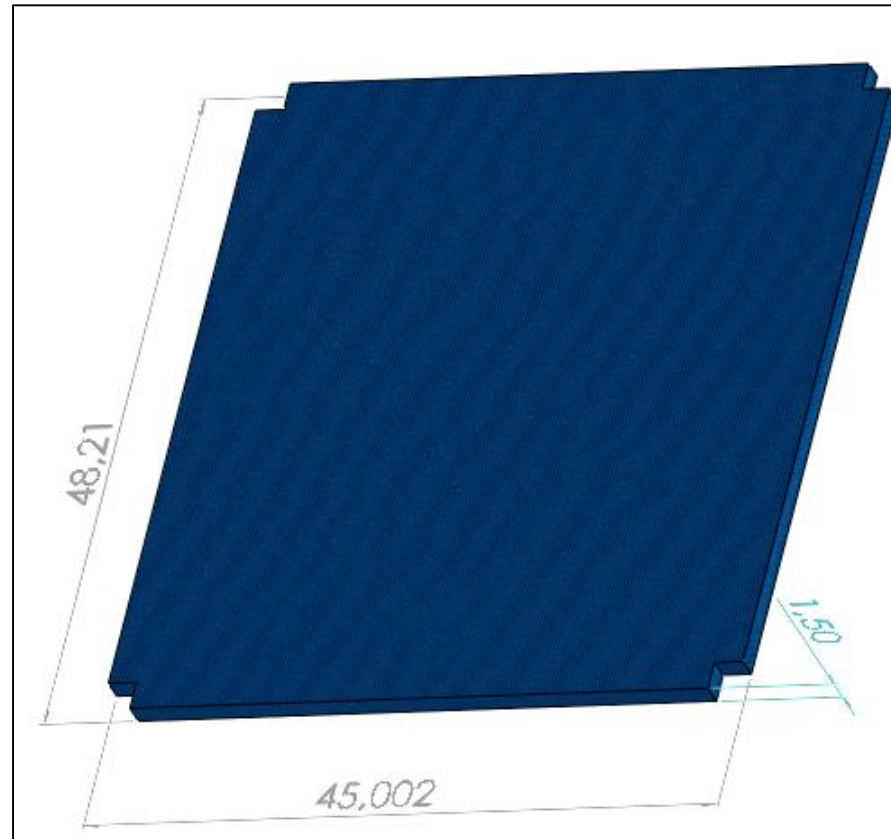
Elaboración Propia

Anexo 40: Componente de mecanismo de ruedas traseras “Soporte de 3 ruedas”



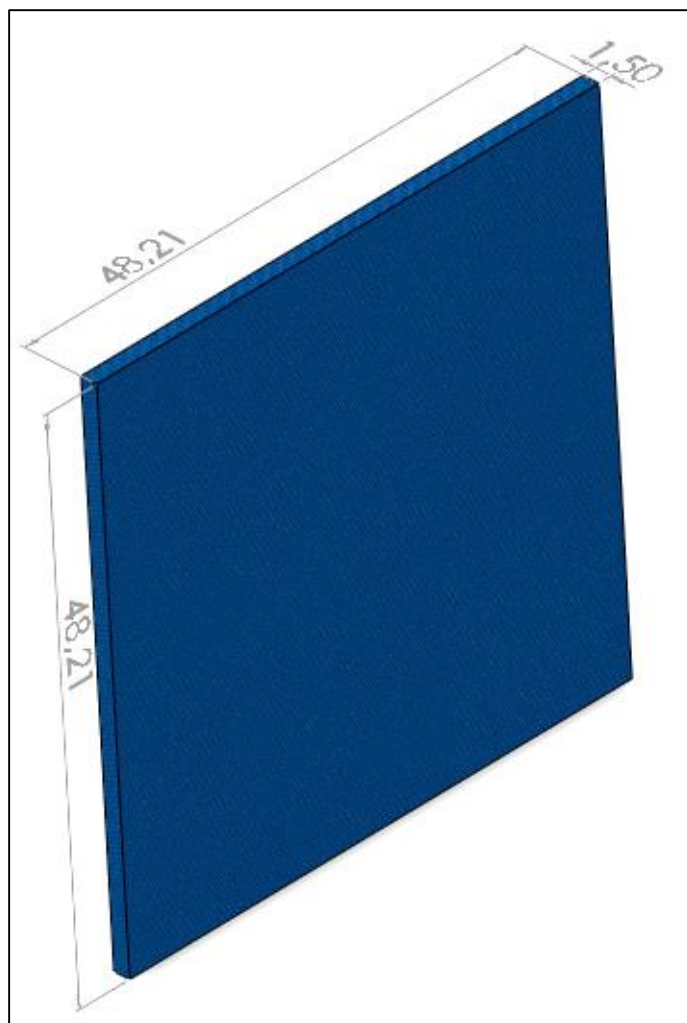
Elaboración Propia

Anexo 41: Asiento



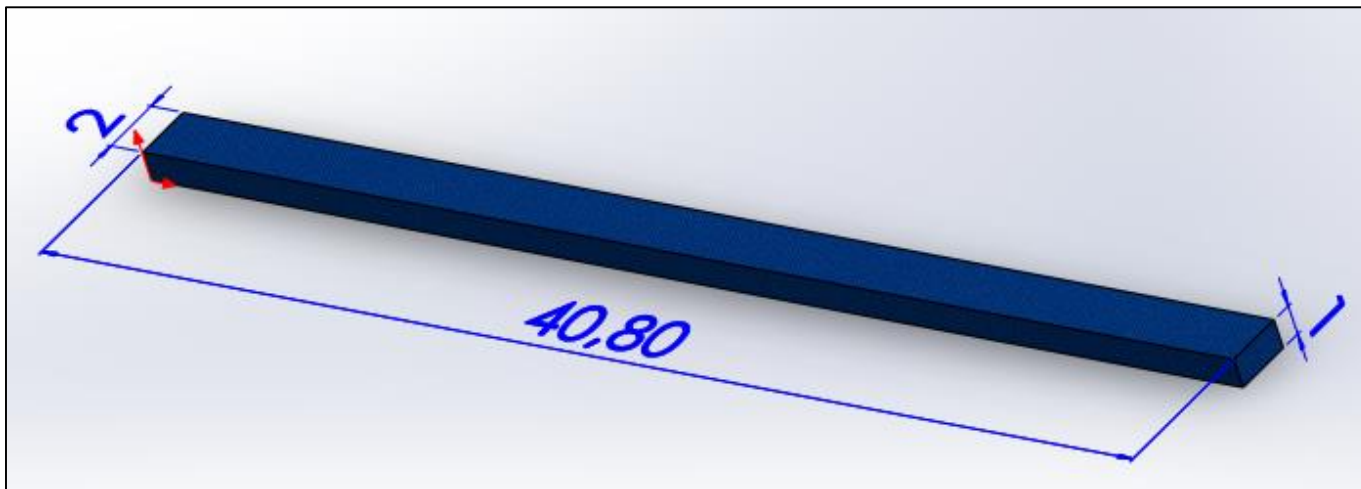
Elaboración Propia

Anexo 42: Respaldo



Elaboración Propia

Anexo 43: Reposabrazos



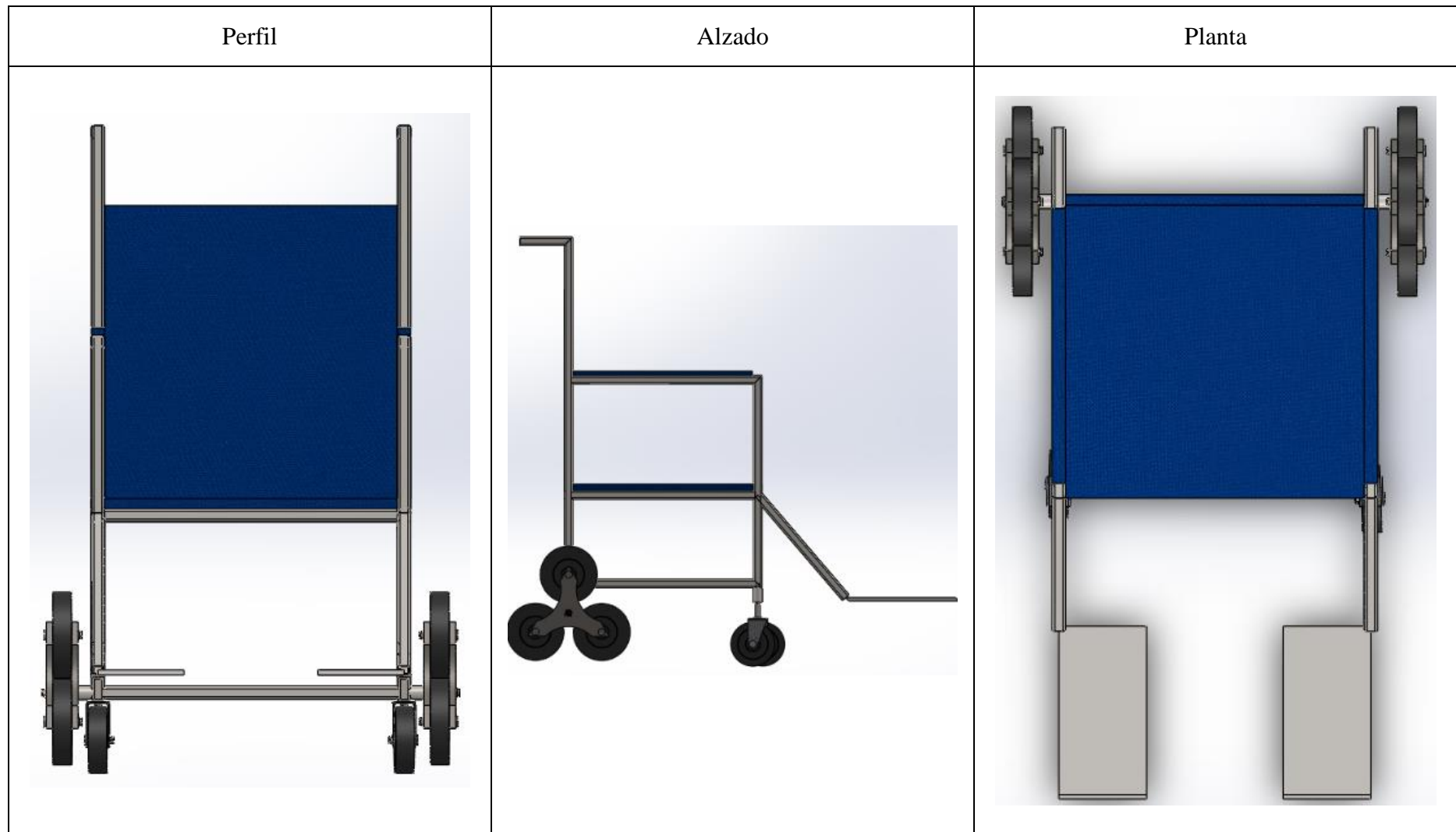
Elaboración Propia

Anexo 44: Vista Frontal de diseño completo



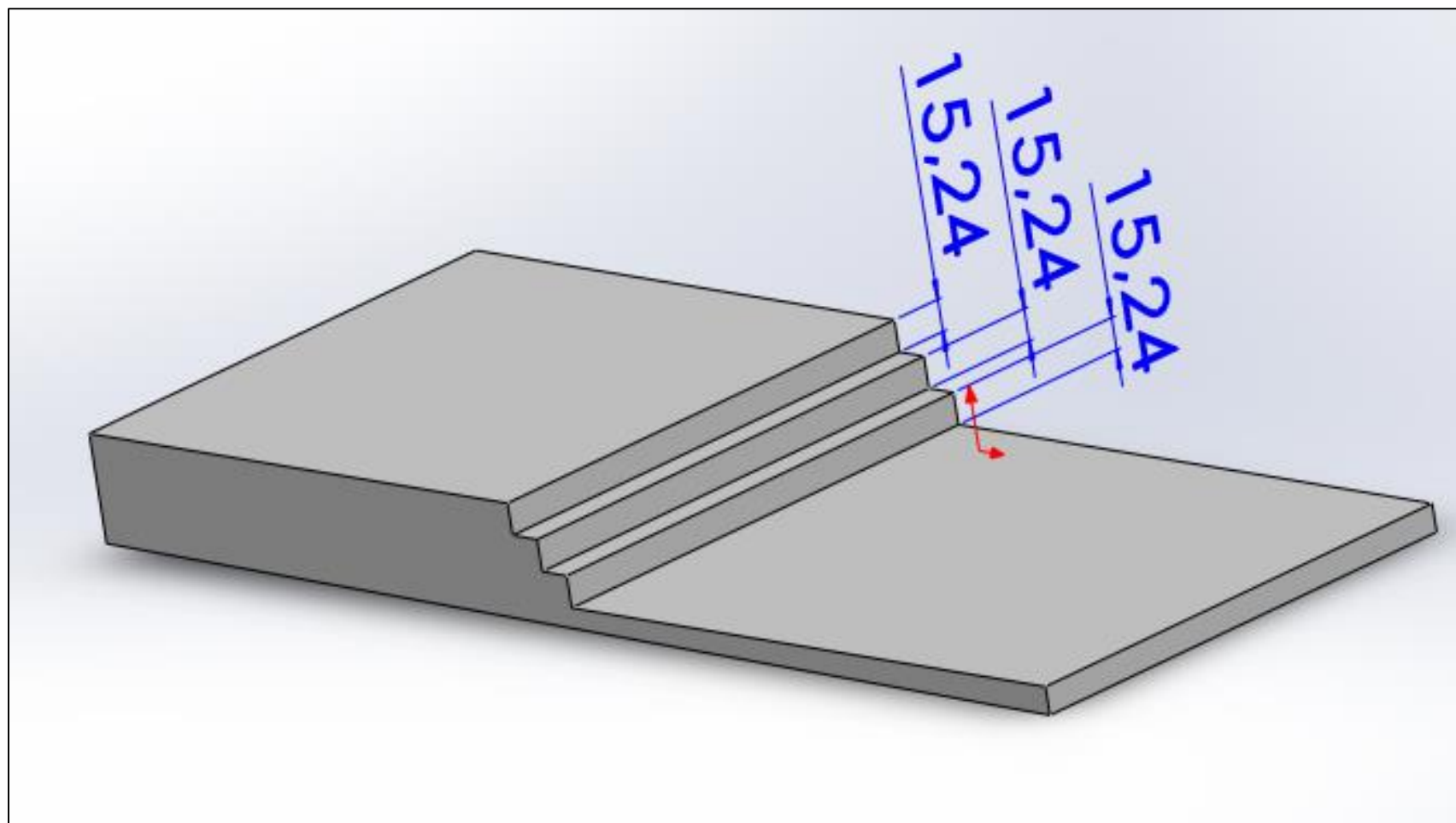
Elaboración Propia

Anexo 45: Otras vistas de diseño completo



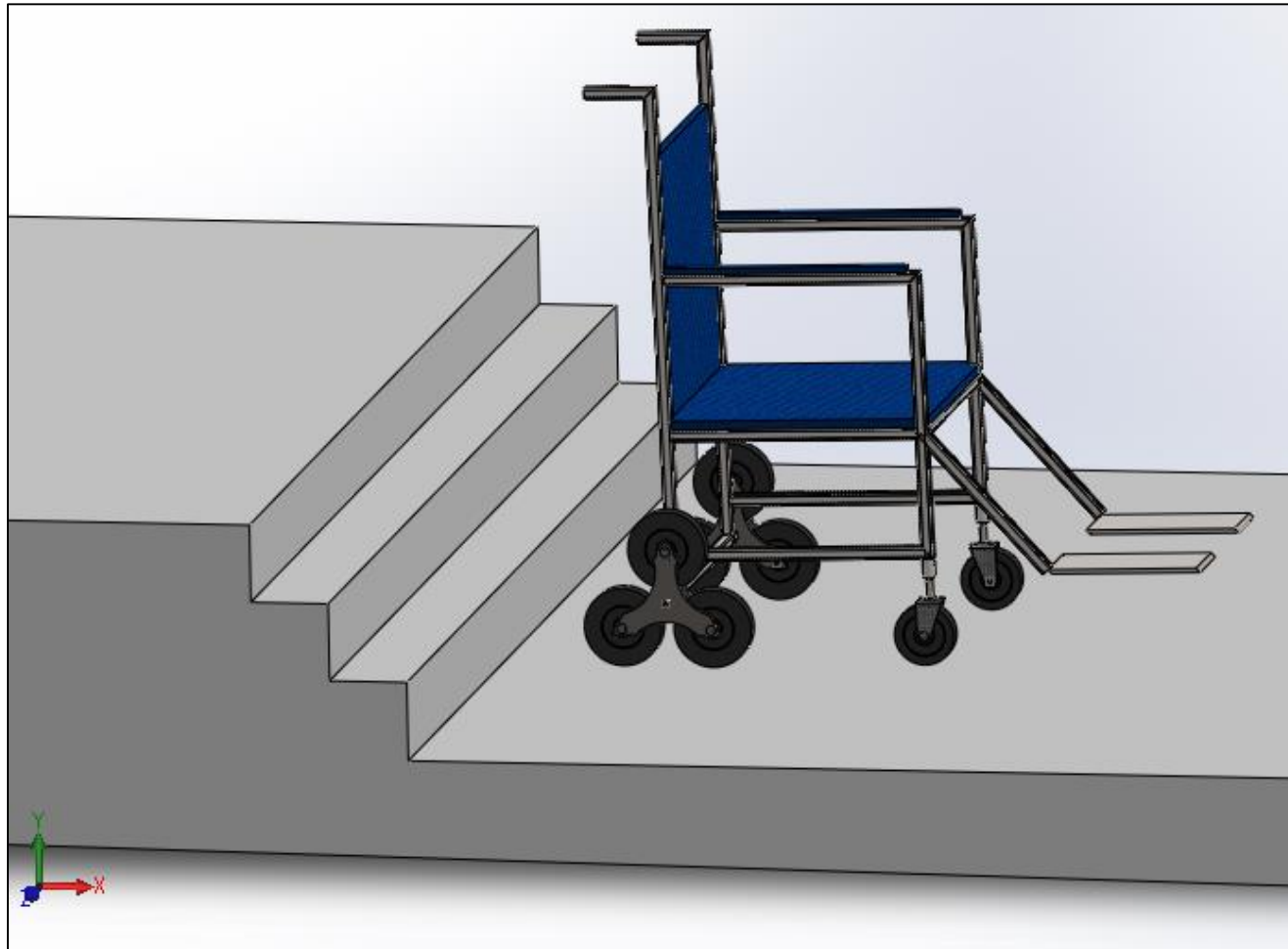
Elaborado por el autor

Anexo 46: Medidas de elevación de contrahuella de escalera de concreto



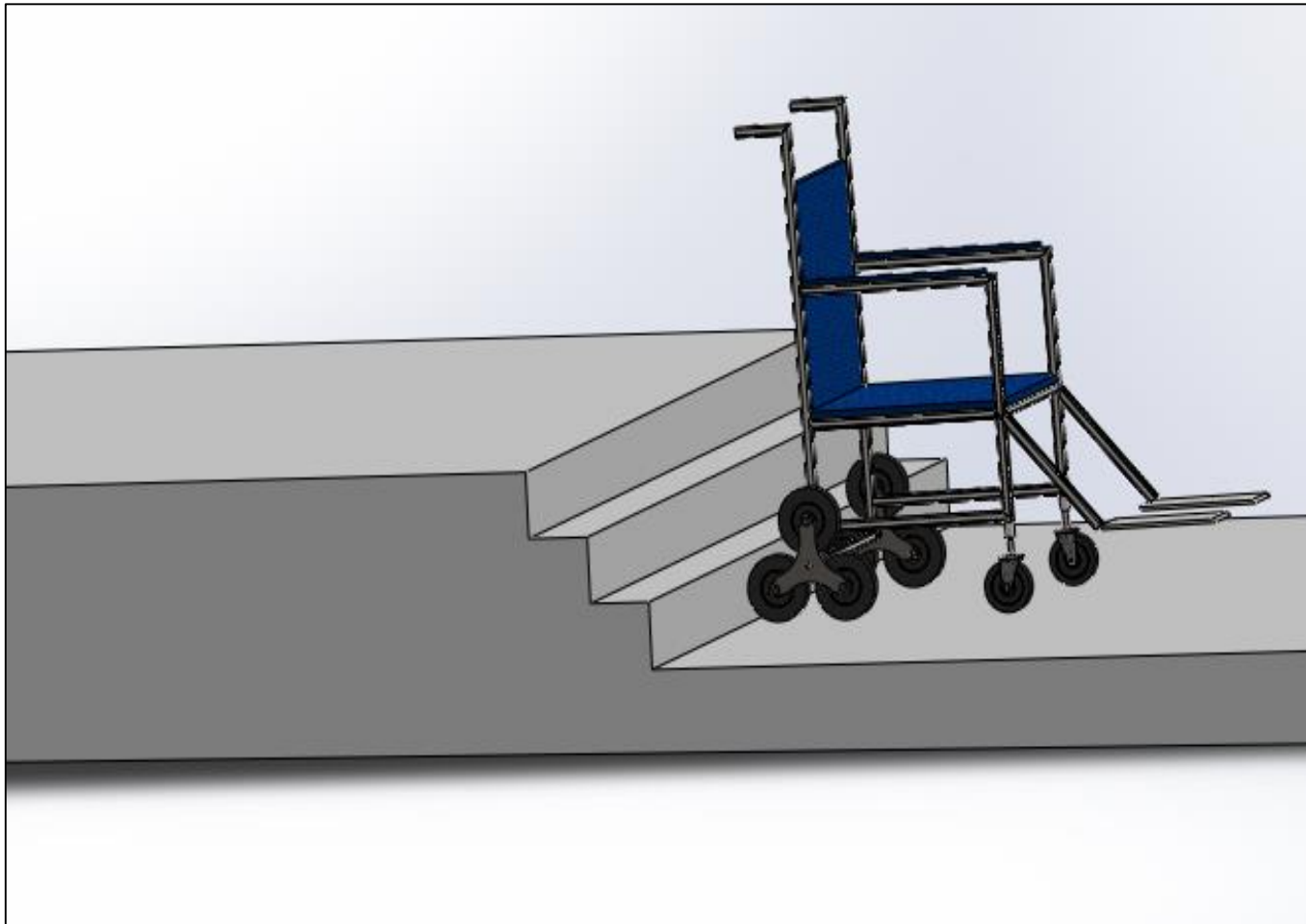
Elaboración Propia

Anexo 47: Fase de subida 1



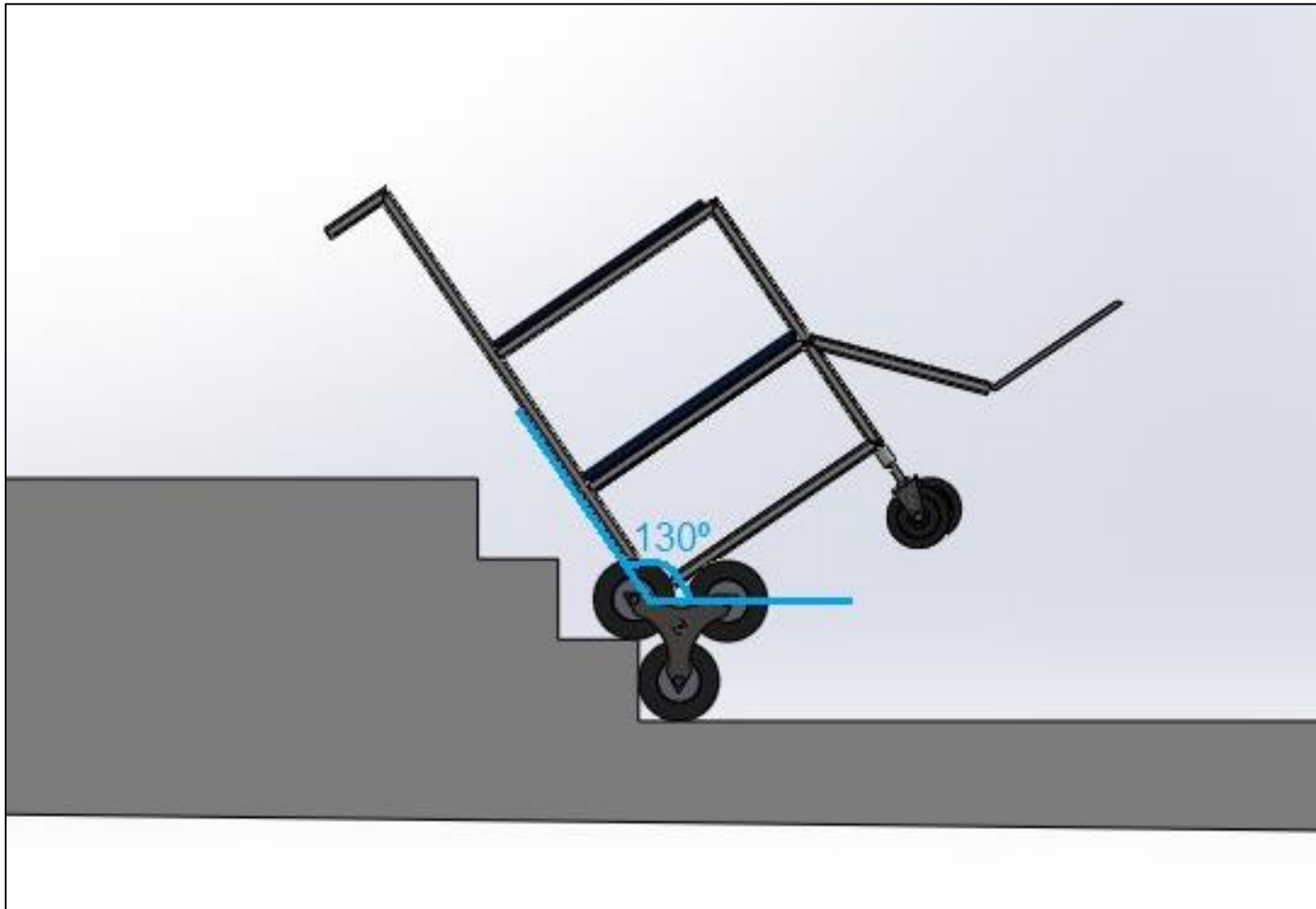
Elaboración Propia

Anexo 48: Fase de subida 2



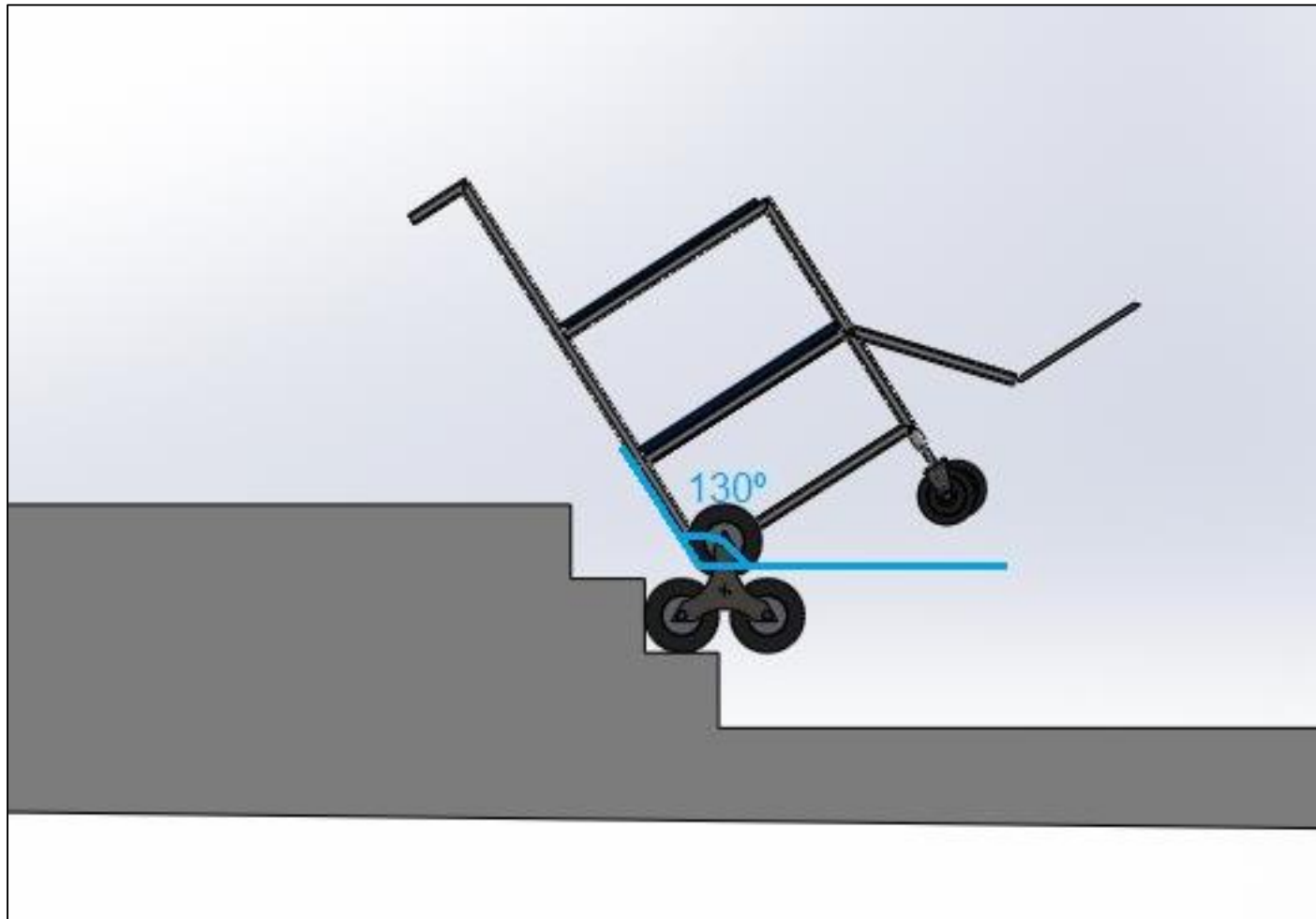
Elaboración Propia

Anexo 49: Fase de subida 3



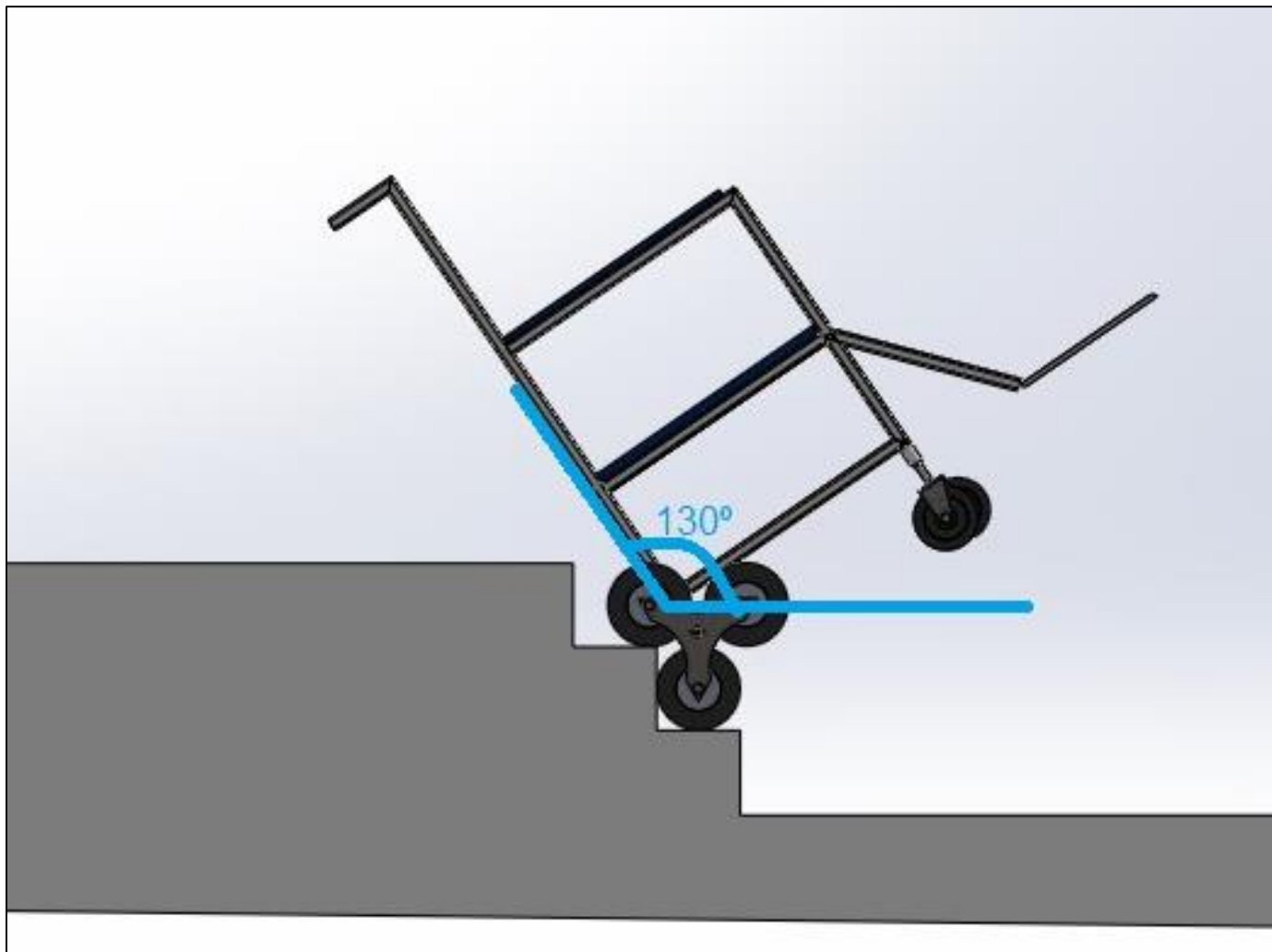
Elaboración Propia

Anexo 50: Fase de subida 4



Elaboración Propia

Anexo 51: Fase de subida 5



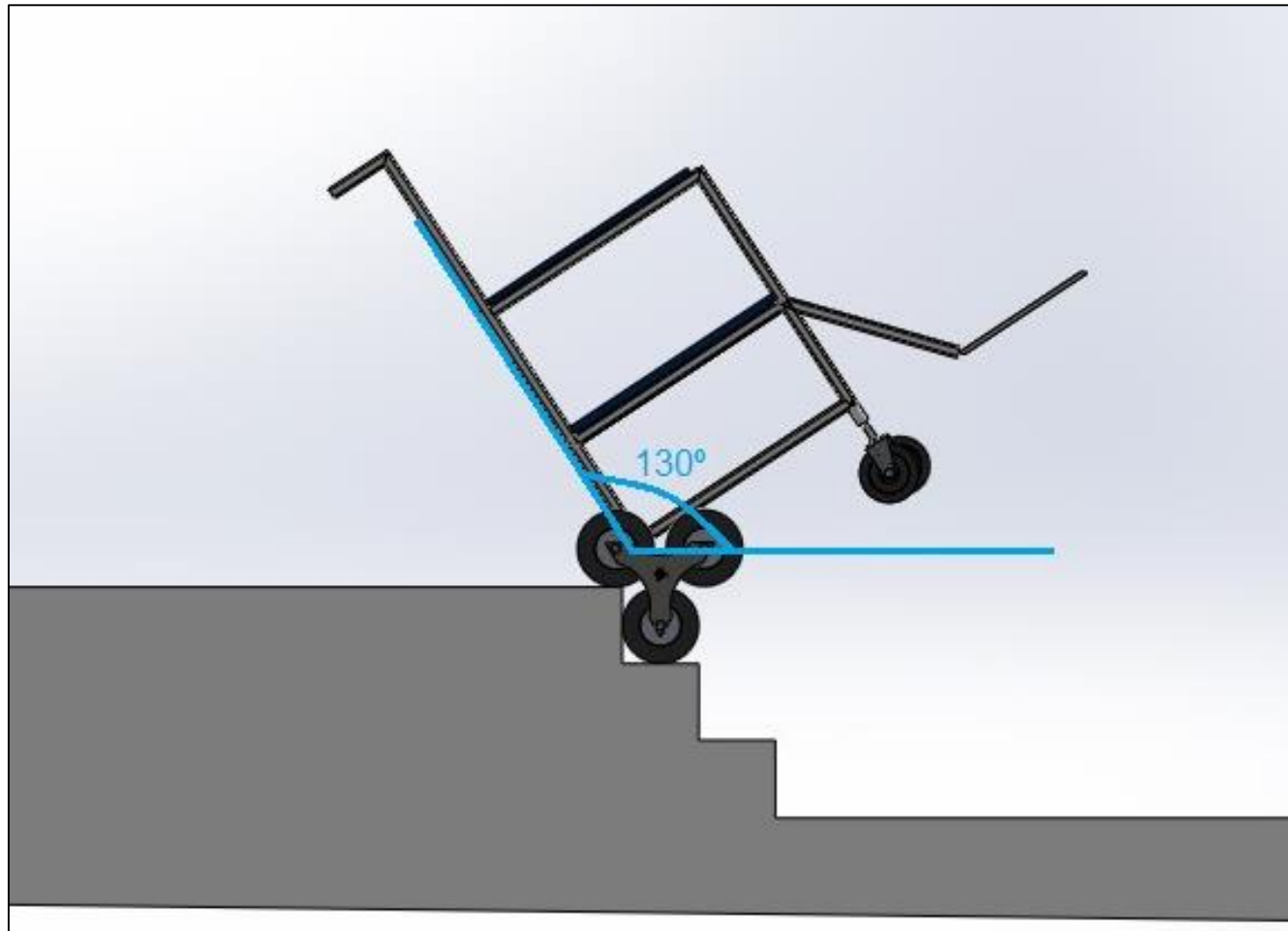
Elaboración Propia

Anexo 52: Fase de subida 6



Elaboración Propia

Anexo 53: Fase de subida 7



Elaboración Propia

Anexo 54: Fase de subida 8



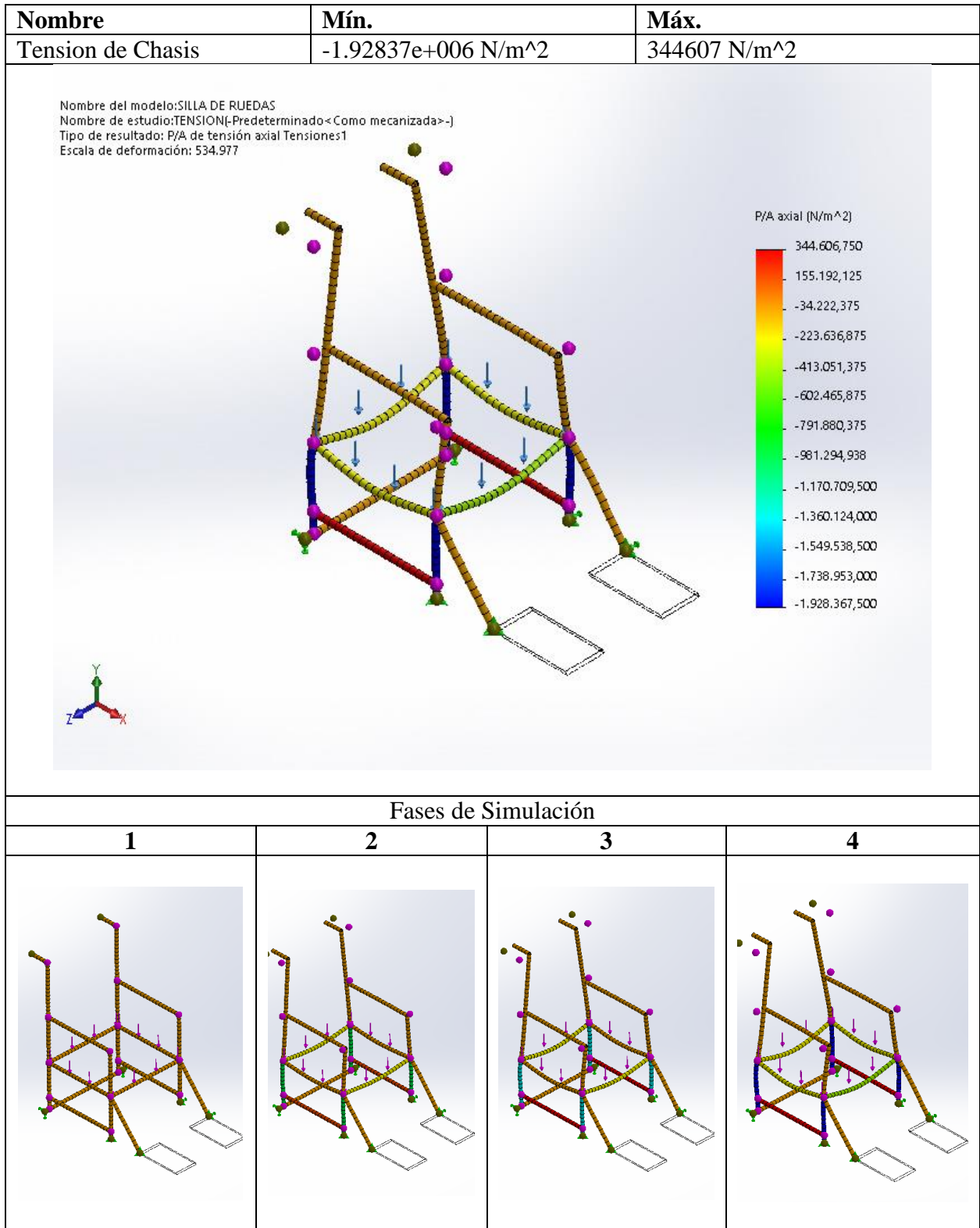
Elaboración Propia

Anexo 55: Fase de subida 9



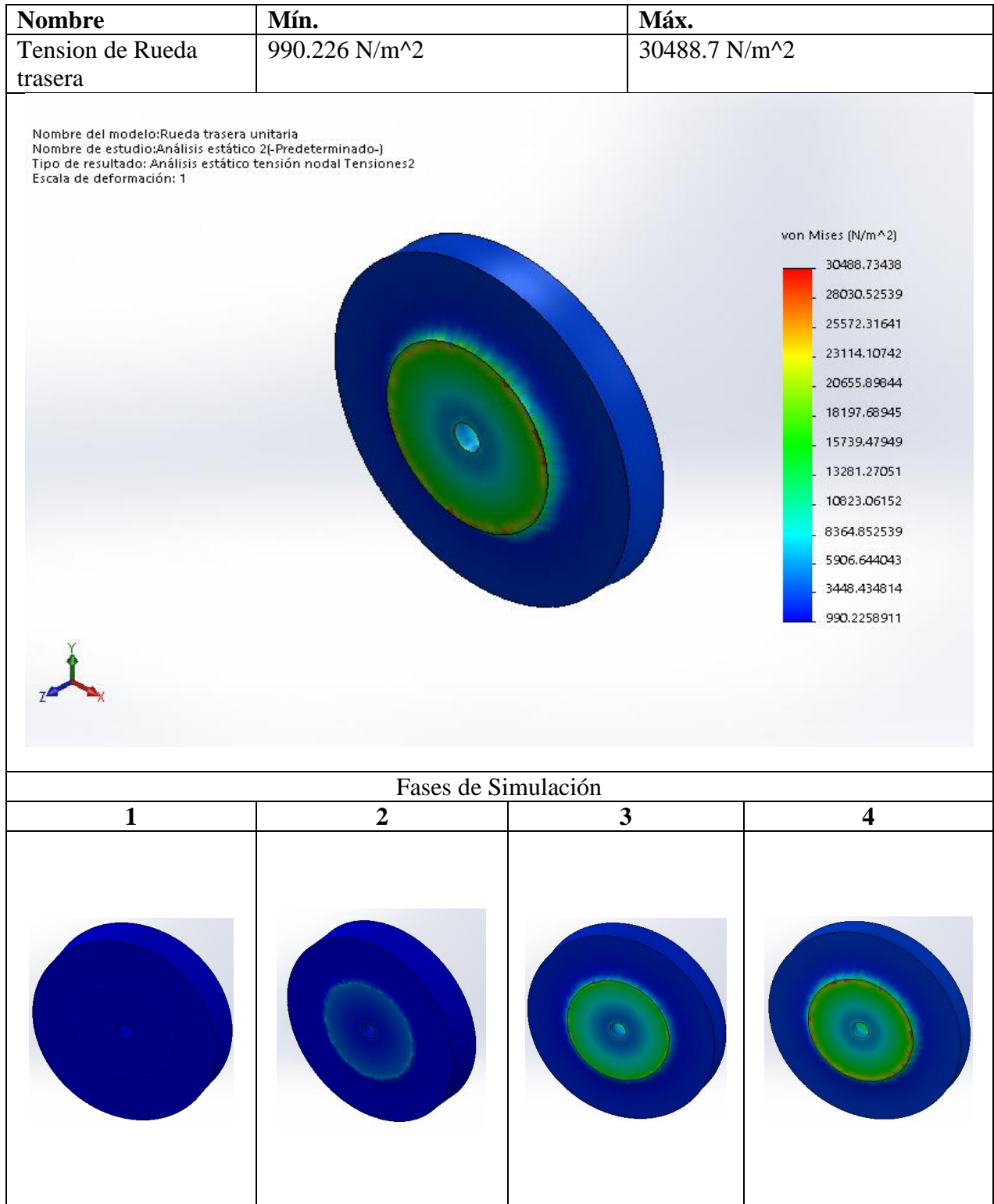
Elaboración Propia

Anexo 56: Simulación de tensión en chasis



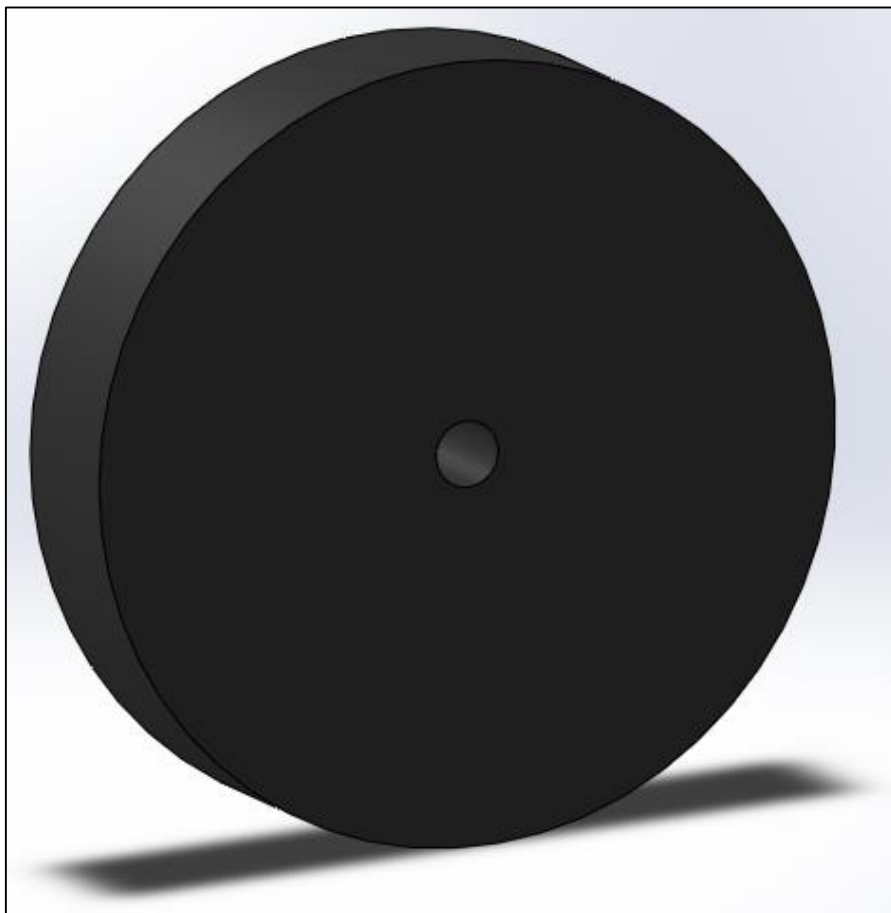
Elaboración propia

Anexo 57: Simulación de tensión en rueda de mecanismo trasero



Elaboración propia

Anexo 58: Rueda 1 de hule negro



Elaboración Propia

Anexo 59: Momento de Inercia de Rueda 1

Cuerpo completo	Cilindro del orificio
<p>M=354.23 gr R=65 mm</p> $I_1 = \frac{1}{2} \cdot 354.23 \text{ gr} \cdot (65 \text{ mm})^2$ $I_1 = \frac{1}{2} \cdot 354.23 \text{ gr} \cdot 4225 \text{ mm}^2$ $I_1 = 748310.875 \text{ gr} \times \text{mm}^2$	<p>M=29.97 gr R=5.5 mm</p> $I_2 = \frac{1}{2} \cdot 29.97 \text{ gr} \cdot (5.5 \text{ mm})^2$ $I_2 = \frac{1}{2} \cdot 29.97 \text{ gr} \cdot 30.25 \text{ mm}^2$ $I_2 = 453.29625 \text{ gr} \times \text{mm}^2$
<p>Inercia Total:</p> $I_1 - I_2 = 748310.875 \text{ gr} \times \text{mm}^2 - 453.29625 \text{ gr} \times \text{mm}^2 =$ $747857.5788 \text{ gr} \times \text{mm}^2$	

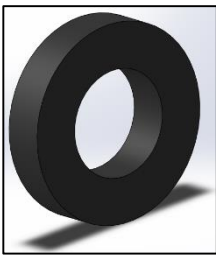
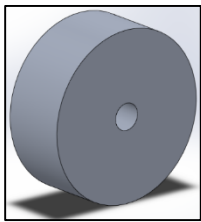
Elaboración Propia

Anexo 60: Rueda 2



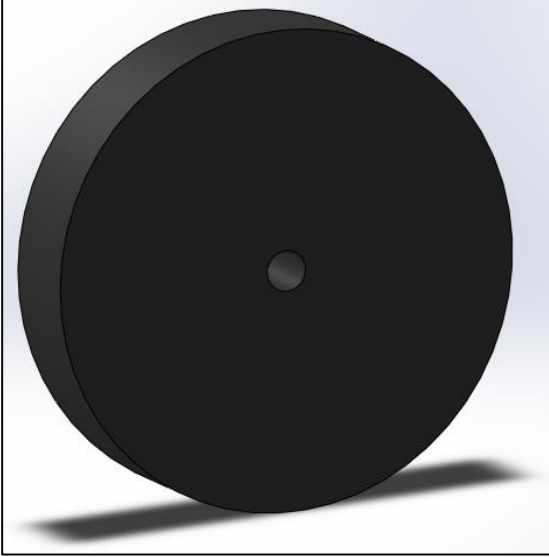
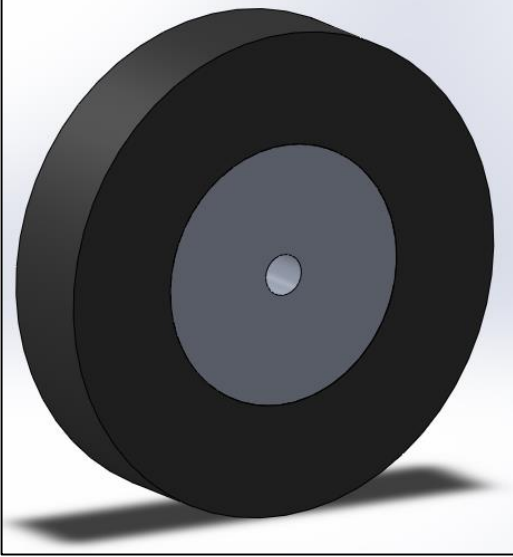
Elaboración Propia

Anexo 61: Momento de inercia de rueda 2

	Cuerpo completo	Cilindro del orificio
Primer componente: Rueda de Hule negro	M=253.34 gr R=65 mm $I_1 = \frac{1}{2} \cdot 253.34gr \cdot (65mm)^2$ $I_1 = \frac{1}{2} \cdot 253.34gr \cdot 4225mm^2$ $I_1 = 535780.75 gr \times mm^2$	M=136.41 gr R=35 mm $I_2 = \frac{1}{2} \cdot 136.41gr \cdot (35mm)^2$ $I_2 = \frac{1}{2} \cdot 136.41gr \cdot 1225mm^2$ $I_2 = 83551.125 gr \times mm^2$
	Inercia Total:	
		$I_1 - I_2$ $535780.75 gr \times mm^2 - 83551.125 gr \times mm^2$ $452229.625 gr \times mm^2$
Segundo componente: Placa de acero	M=283.76 gr R=35 mm $I_1 = \frac{1}{2} \cdot 283.76 gr \cdot (35mm)^2$ $I_1 = \frac{1}{2} \cdot 283.76 gr \cdot 1225mm^2$ $I_1 = 173803 gr \times mm^2$	M=44.59 gr R=5.5 mm $I_2 = \frac{1}{2} \cdot 44.59gr \cdot (5.5mm)^2$ $I_2 = \frac{1}{2} \cdot 44.59gr \cdot 30.25mm^2$ $I_2 = 674.42375 gr \times mm^2$
	Inercia total:	
		$I_1 - I_2$ $173803 gr \times mm^2 - 674.42375 gr \times mm^2$ $173128.5763 gr \times mm^2$
Inercia Total del Sistema=Inercia de Rueda + Inercia de Placa $I_T = 452229.625 gr \times mm^2 + 173128.5763 gr \times mm^2$ $I_T = 625358.2013 gr \times mm^2$		

Elaboración propia

Anexo 62: Comparación de Momentos de Inercia de Rueda 1 y Rueda 2

Rueda 1 (100% hule negro):	Rueda 2 (Hule negro y placa):
	
$I_T = 747857.5788 \text{ gr} \times \text{mm}^2$	$I_T = 625358.2013 \text{ gr} \times \text{mm}^2$

Elaboración Propia

Anexo 63: Ficha de Costos

Materia Prima						
Material		Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Referencia
1	Tubería de acero negro cuadrada de 20x20x2mm	m	7.7	S/92.33 x 6 m	S/118.49	Anexo 64-67
2	Tubería de acero negro circular	cm	14.4	S/85.00 x 5.8 m	S/2.10	Anexo 68
3	Placa de acero	m ²	1	S/3.40	S/3.40	Anexo 69
4	Rueda de hule negro con soporte	und	2	S/70.00	S/140.00	Anexo 70
5	Rueda tipo trébol con soportes	und	2	S/77.10	S/154.20	Anexo 71
6	Tela de poliéster de 15 mm de espesor	m ²	1	S/15.00	S/15.00	Anexo 72
7	Reposabrazos con interior de espuma	und	2	S/54.20	S/108.40	Anexo 73
Mano de obra						
8	Trabajos de soldadura	Horas/hombre	4	S/28.75	S/115	-
COSTO TOTAL					S/656.60	

Elaboración Propia

TUBOS LAF MECÁNICO ELECTROSOLDADO



Rev: 1 - 2019/04/11

Anexo 65: Cotización Tubería de acero al carbón cuadrada de 20x20x2 mm

DESCRIPCIÓN:

Son tubos con costura conformados en frío soldados mediante el proceso de soldadura por inducción de alta frecuencia (HFIW), a partir de flejes de bobinas de acero laminados en frío.

Su utilización es para aplicaciones diversas, entre ellas destacan:

- Estructura metálica liviana. (barandas, tijerales, portones, cocinas, etc.)
- Industria automotriz. (sistema de escape y carrocerías, motocars, bicicletas)
- Industria del mueble y en general. (sillas, mesas, etc.)

ESTÁNDAR INTERNACIONAL DE REFERENCIA:

ASTM A1008/A1008M "Standard Specification for Steel, Cold-Rolled, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy, High-Strength Low-Alloy with Improved Formability, Solution Hardened, and Bake Hardenable"

JIS G 3141 "Cold-reduced carbon steel sheet and strip"

ASTM A513/A513M "Standard Specification for Electric-Resistance-Welded Carbon and Alloy Steel Mechanical Tubing."

COMPOSICIÓN QUÍMICA:

Composición Química (% máximo)			
C	Mn	P	S
0.15	0.60	0.030	0.035

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES Y DE FORMA:

Tubo LAF Redondo Mecánico									
Dimensión Exterior		Espesores (mm)							
Pulgadas	mm	0.6	0.75	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	2.0
1/2"	12.7	X	X	X	X	X	X	X	X
5/8"	15.9		X	X	X	X	X	X	X
3/4"	19.1		X	X	X	X	X	X	X
7/8"	22.2		X	X	X	X	X	X	X
1"	25.4		X	X	X	X	X	X	X
1 1/8"	28.6		X	X	X	X	X	X	X
1 1/4"	31.8		X	X	X	X	X	X	X
1 3/8"	34.9		X	X	X	X	X	X	X
1 1/2"	38.1		X	X	X	X	X	X	X
1 3/4"	44.5		X	X	X	X	X	X	X
2"	50.8						X	X	X
2 1/4"	57.2						X	X	X
2 1/2"	63.5						X	X	X
3"	76.2						X	X	X

Nota: Los diámetros exteriores en pulgadas son equivalentes a los diámetros exteriores en milímetros.

Anexo 66: Cotización Tubería de acero al carbón cuadrada de 20x20x2 mm

LONGITUD:

Todos los tubos redondos, cuadrados y rectangulares se suministran en longitudes de 6.0 m. Otras longitudes previo acuerdo

Tubo LAF Cuadrado Mecánico									Tubo LAF Rectangular Mecánico										
Dimensión Exterior		Espesores (mm)							Dimensión Exterior		Espesores (mm)								
Pulgadas	mm	0.6	0.75	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	2.0	Pulgadas	mm	0.6	0.75	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	2.0
1/2"		X	X	X	X	X	X	X		1/2" x 1"		X	X	X	X	X	X		
	15	X	X	X	X	X	X	X		1/2" x 1.1/2"			X	X	X	X	X	X	X
5/8"		X	X	X	X	X	X	X	X		20 x 30		X	X	X	X	X	X	X
3/4"		X	X	X	X	X	X	X	X		20 x 40		X	X	X	X	X	X	X
	20	X	X	X	X	X	X	X	X		20 x 50		X	X	X	X	X	X	X
7/8"			X	X	X	X	X	X	X		30 x 40		X	X	X	X	X	X	X
	25	X	X	X	X	X	X	X	X		25 x 50		X	X	X	X	X	X	X
1"		X	X	X	X	X	X	X	X		1" x 2"		X	X	X	X	X	X	X
	30		X	X	X	X	X	X	X		30 x 50		X	X	X	X	X	X	X
1.3/16"			X	X	X	X	X	X	X		20 x 60		X	X	X	X	X	X	X
1.1/4"			X	X	X	X	X	X	X		30 x 60						X	X	X
1.1/2"			X	X	X	X	X	X	X		40 x 50						X	X	X
	40		X	X	X	X	X	X	X		40 x 60						X	X	X
	45							X	X		40 x 80						X	X	X
	50							X	X		50 x 70						X	X	X
2"								X	X										

TOLERANCIAS DIMENSIONALES:

Características	Redondo	Cuadrado / Rectangular
Dimensiones Exteriores	<p>Tubos con diámetro exterior $\leq 2"$ $\pm 0.010"$ (0.25 mm)</p> <p>Tubos con diámetros exterior $> 2"$ $\pm 0.016"$ (0.41 mm)</p>	<p>Lado mayor A, mm:</p> <p>4.80 < A ≤ 15.88: ± 0.20 15.88 < A ≤ 28.58: ± 0.25 28.58 < A ≤ 38.10: ± 0.35 38.10 < A ≤ 50.80: ± 0.45 50.80 < A ≤ 63.50: ± 0.55 63.50 < A ≤ 76.20: ± 0.65 76.20 < A ≤ 101.60: ± 0.90</p>
Espesor de pared	De acuerdo a ASTM A513 para espesores iguales o inmediatamente mayores. $\pm 10\%$ del espesor de pared	
Rectitud	0.76 mm / m	1.7 mm / m

Rev: 1 – 2019/04/11

Anexo 67: Cotización Tubería de acero al carbón cuadrada de 20x20x2 mm

Escuadrado	No aplica	La variación permisible en el escuadrado de la sección está determinada por la siguiente ecuación: $b = A \times 0.006$ Donde: A: dimensión exterior mayor (en mm o pulgadas)
Ovalidad	Dentro de la tolerancia del diámetro exterior, excepto cuando el espesor de pared es menor que el 3% del diámetro exterior. En tal caso la ovalidad sería 50% mayor que la tolerancia del diámetro exterior	No aplica
Longitud	- 0 mm / + 30 mm	- 0 mm / + 30 mm

IDENTIFICACIÓN DE ESPESORES:

Ambos extremos de los tubos son pintados de acuerdo al siguiente código de colores, para identificar los espesores


Espesor mm	0.6	0.75	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	2.0
Color	Marrón	Verde	Rosado	s/pintar	Blanco	Azul	Naranja	s/pintar

PRECIOS DE TUBO LAF MECÁNICO CUADRADO SEGÚN DIMENSIÓN EN MM POR 6 M DE LONGITUD:

Tubo LAF Cuadrado Mecánico								
Dimensión Exterior	Espesores (mm)							
	0.6	0.75	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	2.0
15	S/ 67.98	S/ 68.42	S/ 69.26	S/ 69.80	S/ 70.12	S/ 70.68	S/ 71.08	S/ 71.50
20	S/ 88.14	S/ 88.98	S/ 89.41	S/ 90.03	S/ 90.55	S/ 91.05	S/ 92.17	S/ 92.33
25	S/ 118.97	S/ 119.80	S/ 120.25	S/ 121.65	S/ 122.10	S/ 122.62	S/ 123.40	S/ 124.96
30	S/ 170.12	S/ 171.98	S/ 173.12	S/ 174.20	S/ 175.41	S/ 177.15	S/ 178.21	S/ 180.63
40	S/ 220.48	S/ 222.70	S/ 223.12	S/ 224.52	S/ 225.64	S/ 226.45	S/ 228.64	S/ 230.65
45	S/ 273.12	S/ 274.98	S/ 275.80	S/ 276.42	S/ 277.80	S/ 279.65	S/ 281.65	S/ 284.41
50	S/ 333.48	S/ 335.50	S/ 336.12	S/ 337.90	S/ 339.64	S/ 342.14	S/ 345.20	S/ 350.45

Rev: 1 – 2019/04/11

Anexo 68: Costo de tubería de acero negro





Nuevo

Tubería De Acero Negro Sch40 De 3/4

S/ 85

Hasta 12 cuotas


VISA  

Más información sobre Mercado Pago

Envío gratis a todo el país
Lima
[Ver costos de envío](#)


Cantidad: 1 Unidad (18 disponibles)

[Comprar](#)

 **Compra Protegida**, recibe el producto que esperabas o te devolvemos tu dinero.

Fuente: MercadoLibre.com.pe

Anexo 69: Costo de placa de acero para reposapiés (En dólares)



Características

Marca:	Ahmsa	Forma:	Rectangular
Material:	acero al carbon e inoxidable	Largo:	3 m
Ancho:	2 m	Espesor:	2.54 mm
Calibre:	varios	Rendimiento:	10000 m ²
Unidad de venta:	Lámina	Cantidad de láminas:	5000

Descripción

Placa y lámina rolada en caliente en grados y especificaciones que cubren todos los aceros para aplicaciones de las industrias automotriz y de la construcción, así como para la fabricación de maquinaria pesada, tubería, estructuras, recipientes a presión, etc.



Nuevo

Placa De Acero

\$ 1/lámina

El precio por m² es de \$ 0⁰⁰

18 meses de \$ 0⁰⁶ sin intereses

VISA  

Más información

Entrega a acordar con el vendedor
Gustavo A. Madero, Distrito Federal
[Ver costos de envío](#)

Color: **acero**

1

Rinde: 10,000.00 m² | Subtotal: \$ 1⁰⁰

Placa De Acero
\$ 1/lámina



[Comprar ahora](#)

[Conocer más sobre garantía](#)


Medios de pago

¡Paga en hasta 18 meses sin intereses!

Tarjetas de crédito

VISA  

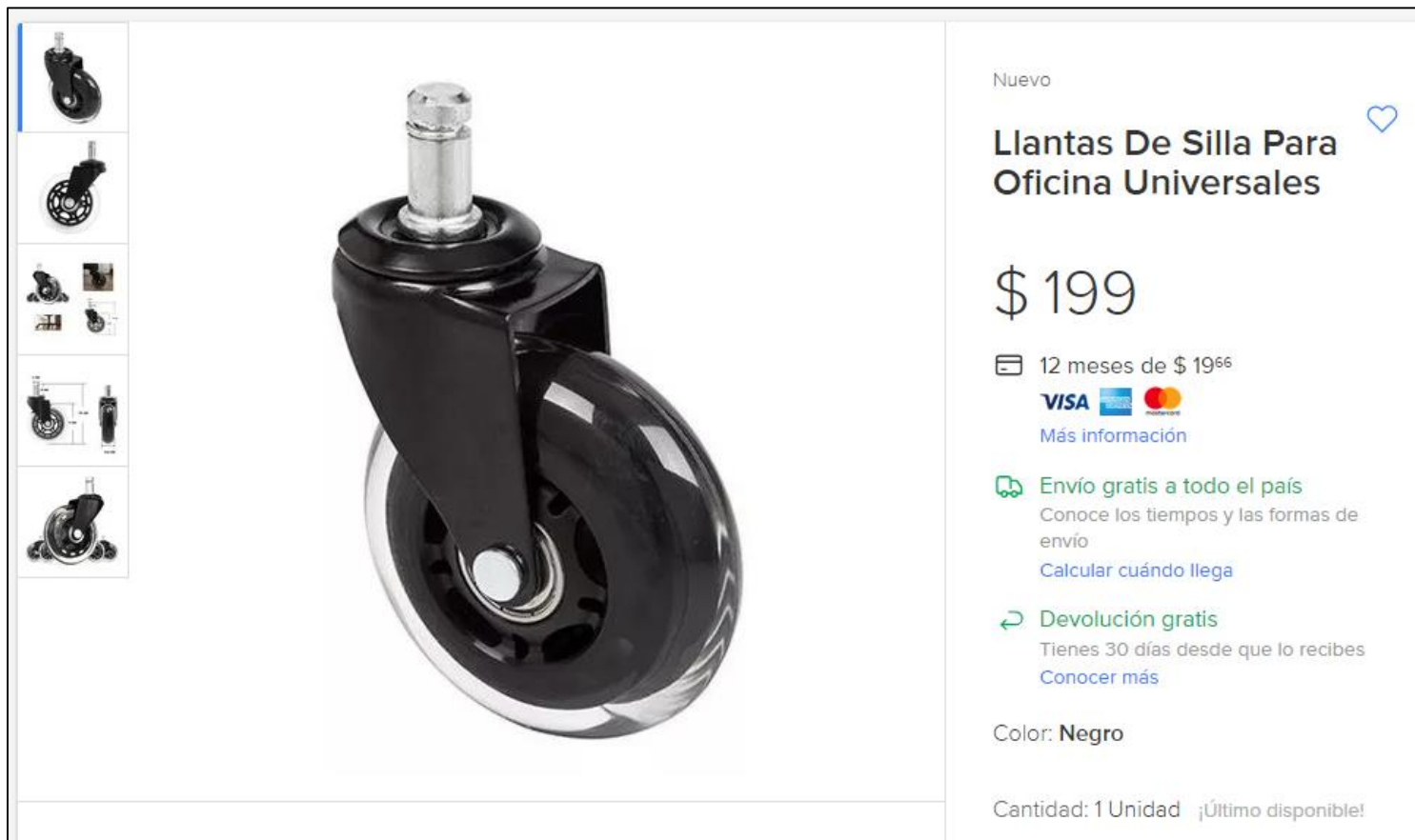
Tarjetas de débito

VISA Débito 


[Conoce otros medios de pago](#)

Fuente: MercadoLibre.com.mx


Anexo 70: Costo rueda de hule negro con soporte (En pesos mexicanos)






Nuevo


Llantas De Silla Para Oficina Universales 

\$ 199

 12 meses de \$ 19⁶⁶

  [Más información](#)

 **Envío gratis a todo el país**
Conoce los tiempos y las formas de envío
[Calcular cuándo llega](#)


 **Devolución gratis**
Tienes 30 días desde que lo recibes
[Conocer más](#)

Color: **Negro**

Cantidad: 1 Unidad ¡Último disponible!

Fuente: MercadoLibre.com.mx


Anexo 71: Costo Rueda tipo trébol con soportes (En pesos mexicanos)



Nuevo - 3 vendidos ♥

Rueda Triple 5 Plg Para Diablito, Chamuco De Carga 100 Kg

\$ 442³⁷

📅 12 meses de \$ 437⁰
VISA 
[Más información](#)

📦 Envío a todo el país
Conoce los tiempos y las formas de envío
[Calcular cuándo llega](#)

↻ **Devolución gratis**
Tienes 30 días desde que lo recibes
[Conocer más](#)

Rueda Triple 5 Plg Para Diablito,...
\$ 442³⁷

[Comprar ahora](#)



[Agregar al carrito](#)

Garantía

Compra Protegida con Mercado Pago
Recibe el producto que esperabas o te devolvemos tu dinero
[Conocer más sobre garantía](#)

Medios de pago

Tarjetas de crédito
¡Paga en hasta 18 meses!

VISA  

Características

Modelo: TRIPLE 5"	Diámetro: 5 "
Espesor: 39 mm	Unidades por paquete: 1
Peso máximo soportado: 100 kg	Material: Hule Negro

Descripción


Rueda Triple 5" para diablito o chamuco de carga 100 kg
* Consulta la existencia del producto y cantidad requerida antes de realizar la compra.
Si requieres más de la cantidad visible disponible, consultanos para abrirte un paquete.

Descripción:

- Material: Hule Negro
- Diámetro de rueda: 5" / 150 mm.
- Ancho de rueda: 39 mm.
- Tipo de balero: rodillo
- Altura: 6.5"
- Placa: Fija
- Capacidad de carga aproximada: 100 kg.

Fuente: MercadoLibre.com.mx

Anexo 72: Tela de poliéster de 15 mm de espesor (En euros)



jucongfelt.en.alibaba.com

Ver imagen más grande

Añadir para co... [Compartir](#)

100% poliéster 2mm 5mm 10mm 15mm 20mm
espesor duro y grueso aguja filtro de fieltro tela
almohadilla de fieltro

FOB Referencia Precio: [Consiga El Último Precio](#)

USD 0.10 - USD 4.00 / Metro | 1000 Metro/s
Cuadrado/s (Pedido mínimo)

[Contactar Proveedor](#)

[Hablar ahora](#) [Solicitar muestra GRATIS](#)

Asistencia del ... [Garantía comercial](#)
Para proteger sus pedidos del pago a la entrega

Pago: [VISA](#) [MasterCard](#) [TT](#) [Online Bank Payment](#)
[Pay Later](#) More [v](#)

Envío: Alibaba.com servicio de envíos internacionales de China a Estados Unidos

Detalles rápidos


Técnicas:	No tejida, No tejido
Tipo de suministro:	Hacer el pedido
Material:	100% poliéster
Técnicas de no teji...	Punzonado
Patrón:	Impreso, Teñido
Estilo:	Sencillo
Anchura:	Max 2.4 m
Característica:	Antibacteria, Antitirones, Antiestático, Respetuoso del medio ...
Uso:	Agricultura, Bolsa, Coche, Ropa, Textil hogar, Industria, Entrete...
Certificación:	CE, SGS
Peso:	100-4000gsm, 50gsm-5000gsm
Lugar del origen:	Hebei, China
Marca:	JC
Número de Modelo:	Tela no tejida
Ancho:	2.4 Metro Max
Color:	Cualquier color
Espesor:	1-40mm
Tipo de alimentaci...	Que a fin de
No tejido technics:	Punzonado
Nonwoven:	Seguro
Entrega tiempo:	Entregar a tiempo

Fuente: Spanish.alibaba.com

Anexo 73: Costo reposabrazos con interior de espuma

Apoyabrazos Silla Almohadillas De Espuma Suave Con Efecto Memoria Almohada Codo De Apoyo Apropiado Para La Mayoría De Las Sillas

Marca [Generic](#) | [Más Root Category de Generic](#) · 4 disponibles · [Se el primero en escribir una reseña](#)



- está personalizado: No
- Tipo: Presidente de la almohadilla del apoyabrazos
[Más información](#)

ENVÍO GRATIS
Entrega entre el 11 al 15 de noviembre y recíbelo en Lima, San Isidro
[Calcular envío en otra dirección](#)

Envío Internacional

- **Garantía Linio**, cuentas con 14 días. Devoluciones gratuitas.
- Producto no disponible con método de pago contra entrega.
- **Factura fiscal**: No disponible.
- [Más información](#).

¡Tus compras están seguras! Devoluciones gratuitas
*Aplican condiciones

Enviado y Vendido por:
[Eibest](#) 4.2 ★

[Protección al comprador](#)

[Ayuda telefónica \(01\)](#)

~~S/ 77.00~~ - 29%
S/ 54.15

AÑADIR AL CARRITO

Fuente: Linio.com.pe