



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE ACOPLER
HÍBRIDO CON TRANSMISIÓN MANUAL Y CON MOTOR
ELÉCTRICO PARA SILLA DE RUEDAS PARA PERSONAS CON
DISCAPACIDAD DE MIEMBROS INFERIORES PARA
MOVILIDAD EN ÁREAS URBANAS.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTOR:

FAUSTO ENRIQUE OROZCO HERNÁNDEZ

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE ACOPLE
HÍBRIDO CON TRANSMISIÓN MANUAL Y CON MOTOR
ELÉCTRICO PARA SILLA DE RUEDAS PARA PERSONAS CON
DISCAPACIDAD DE MIEMBROS INFERIORES PARA
MOVILIDAD EN ÁREAS URBANAS.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTOR: FAUSTO ENRIQUE OROZCO HERNÁNDEZ

DIRECTOR: Ing. SOCRATES MIGUEL AQUINO ARROBA

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Fausto Enrique Orozco Hernández

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Fausto Enrique Orozco Hernández, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 22 de diciembre de 2023

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and vertical lines, positioned above the printed name.

Fausto Enrique Orozco Hernández

060464360-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE ACOPLÉ HÍBRIDO CON TRANSMISION MANUAL Y CON MOTOR ELÉCTRICO PARA SILLA DE RUEDAS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD DE MIEMBROS INFERIORES PARA MOVILIDAD EN ÁREAS URBANAS**, realizado por el señor: **FAUSTO ENRIQUE OROZCO HERNÁNDEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Edwin Fernando Viteri Núñez PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2023-12-22
Ing. Sócrates Miguel Aquino Arroba DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2023-12-22
Ing. Geovanny Guillermo Novillo Andrade ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2023-12-22

DEDICATORIA

Este proyecto es un tributo de gratitud dedicado a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en cada paso de este camino. También quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi madre, cuyo amor incondicional y sabios consejos han sido mi inspiración constante. A mi esposa, mi compañera de vida, gracias por tu apoyo inquebrantable y por ser mi roca en los momentos difíciles. A mi hija, que ilumina cada día con su inocencia y alegría, este proyecto es un legado que te dedico con amor y esperanza en un futuro lleno de posibilidades. Y a toda mi familia, por su inquebrantable apoyo y aliento a lo largo de este viaje, gracias por ser mi red de seguridad y mi mayor motivación. Que este proyecto sea una expresión de mi gratitud hacia ustedes, quienes han sido mi mayor fuente de inspiración y fortaleza.

Fausto Orozco.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a dios por brindarme sabiduría a lo largo de mi carrera profesional. En segundo lugar, agradezco a mi madre por haberme dado la vida y darme su apoyo incondicional para cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ella fue quien me ha impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. También fue la que me ha brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos.

En tercer lugar, agradezco a mi tutor por brindarme todos sus conocimientos, ya que con su paciencia y correcciones precisas se pudo llegar a estas instancias tan anheladas. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevaré grabados para siempre en mi memoria por todo mi trayecto de vida profesional y personal.

Fausto Orozco.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.3.1. <i>Justificación teórica</i>	4
1.3.2. <i>Justificación social</i>	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Las sillas de ruedas.....	6
2.1.1. <i>Tipos de sillas de ruedas</i>	6
2.1.1.1. <i>Sillas de ruedas manuales</i>	6
2.1.1.2. <i>Sillas de ruedas eléctricas</i>	7
2.1.2. <i>Partes de la silla de ruedas</i>	8
2.1.2.1. <i>Chasis</i>	8
2.1.2.2. <i>Asiento</i>	8
2.1.2.3. <i>Respaldo</i>	9
2.1.2.4. <i>Reposabrazos</i>	10
2.1.2.5. <i>Reposapiés</i>	10
2.1.2.6. <i>Llantas</i>	10
2.1.2.7. <i>Motores</i>	11

2.1.2.8.	<i>Frenos</i>	12
2.1.3.	<i>Accesorios para transporte de sillas de ruedas</i>	12
2.2.	Usuarios de sillas de ruedas	13
2.3.	Impulsor de autónomo	14
2.3.1.	<i>Partes de un impulsor frontal autónomo</i>	14
2.3.1.1.	<i>Chasis</i>	15
2.3.1.2.	<i>Sistema de dirección</i>	15
2.3.1.3.	<i>Sistema de transmisión</i>	15
2.3.1.4.	<i>Sistema de freno</i>	15

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	16
3.1.	Metodología para la selección de las características del producto	16
3.1.1.	<i>Planteamiento de encuestas para determinación de requerimientos del usuario</i> ...	16
3.1.2.	<i>Definición del producto</i>	17
3.1.3.	<i>Análisis de competencias en el mercado</i>	17
3.1.3.1.	<i>Sistemas Batec Movility</i>	17
3.1.3.2.	<i>Sistemas Empulse Attitude</i>	18
3.1.3.3.	<i>Sistemas Rodem</i>	19
3.2.	Metodología para el desarrollo de la casa de la calidad	20
3.2.1.	<i>Despliegue de la función calidad</i>	22
3.2.2.	<i>Diseño conceptual</i>	24
3.2.2.1.	<i>Matriz morfológica</i>	24
3.2.3.	<i>Evaluación de alternativas</i>	25
3.2.3.1.	<i>Funcionalidad</i>	25
3.2.3.2.	<i>Costo</i>	25
3.2.3.3.	<i>Seguridad</i>	25
3.2.3.4.	<i>Ergonomía</i>	25
3.2.3.5.	<i>Movilidad</i>	25
3.3.	Metodología para la definición de parámetros de diseño	26
3.3.1.	<i>Parámetros</i>	26
3.3.1.1.	<i>Parámetros iniciales</i>	26
3.3.1.2.	<i>Parámetros de diseño</i>	27
3.3.1.3.	<i>Análisis de fuerzas estático sobre la silla de ruedas</i>	28
3.3.2.	<i>Fuerzas</i>	34
3.3.2.1.	<i>Fuerza de rozamiento</i>	34

3.3.2.2.	<i>Fuerza aerodinámica</i>	34
3.3.2.3.	<i>Fuerza de escalada</i>	35
3.3.2.4.	<i>Fuerza de tracción</i>	35
3.4.	Metodología para la selección de elementos del prototipo	35
3.4.1.	<i>Selección de rueda</i>	36
3.4.2.	<i>Selección de elementos del sistema de transmisión</i>	38
3.4.3.	<i>Selección del sistema eléctrico</i>	48
3.4.4.	<i>Selección del sistema de frenado</i>	53
3.4.4.1.	<i>Datos de entrada</i>	53
3.5.	Selección de las características del producto para su construcción	54
3.6.	Selección de elementos para la construcción	56
3.6.1.	<i>Resultados de selección de rueda</i>	56
3.6.2.	<i>Construcción del sistema de transmisión</i>	56
3.6.3.	<i>Resultados de selección del sistema eléctrico</i>	59
3.6.4.	<i>Selección del sistema de freno</i>	62
3.7.	Desarrollo de la propuesta	63
3.8.	Metodología para el desarrollo de la propuesta	69
3.9.	Metodología para el análisis estructural	73
3.9.1.	<i>Software ANSYS</i>	73
3.10.	Metodología para la construcción y montaje del prototipo	75
3.10.1.	<i>Construcción de los elementos del prototipo.</i>	75
3.11.	Costos	76
3.11.1.	<i>Costos directos</i>	76
3.11.2.	<i>Costos indirectos</i>	78
3.11.3.	<i>Costos totales</i>	79

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	80
4.1.	Resultados del análisis estructural	80
4.1.1.	<i>Resultados del software ANSYS</i>	80
4.2.	Resultados de construcción y montaje del prototipo	85
4.2.1.	<i>Resultados de la construcción de los elementos del prototipo</i>	85
4.2.1.1.	<i>Primera etapa (adquisición)</i>	86
4.2.1.2.	<i>Segunda etapa (modulación y marcado)</i>	88
4.2.1.3.	<i>Tercera etapa (operaciones y ensamble)</i>	88
4.2.1.4.	<i>Cuarta etapa (pintura)</i>	95

4.2.2.	<i>Montaje del prototipo</i>	98
4.2.2.1.	<i>Manual de montaje del prototipo</i>	98
4.3.	Resultados del funcionamiento del prototipo	118
4.3.1.	<i>Calibración</i>	118
4.3.1.1.	<i>Calibración para la silla de ruedas</i>	118
4.3.1.2.	<i>Calibración para el usuario</i>	119
4.4.	Plan de mantenimiento	119
4.4.1.	<i>Mantenimiento preventivo de frecuencia diaria</i>	120
4.4.2.	<i>Mantenimiento preventivo de frecuencia semanal</i>	121
4.4.3.	<i>Mantenimiento preventivo de frecuencia mensual</i>	122
4.4.4.	<i>Mantenimiento preventivo de frecuencia trimestral</i>	123
4.4.5.	<i>Mantenimiento preventivo de frecuencia semestral</i>	124
4.4.6.	<i>Mantenimiento preventivo de frecuencia anual</i>	125
4.4.7.	<i>Resumen del plan de mantenimiento</i>	125
4.5.	Resultados del protocolo de pruebas	128

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	131
5.1.	Conclusiones	131
5.2.	Recomendaciones	132

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Propiedades de los materiales para silla de ruedas	9
Tabla 2-2: Características de los motores	12
Tabla 3-1: Datos arrojados de la encuesta	16
Tabla 3-2: Sistemas Batec Movility	17
Tabla 3-3: Características del modelo Batec Movility Hybrid	18
Tabla 3-4: Sistemas Empulse Attitude.....	18
Tabla 3-5: Características del modelo Empulse Attitude hibrid	19
Tabla 3-6: Sistemas rodem.....	19
Tabla 3-7: Características del modelo striker neodrives	19
Tabla 3-8: Análisis de competencia	20
Tabla 3-9: Matriz morfológica.....	24
Tabla 3-10: Datos referenciales	26
Tabla 3-11: Datos de la silla	28
Tabla 3-12: Posiciones.....	31
Tabla 3-13: Datos de posición según inclinación de la silla	32
Tabla 3-14: Matriz morfológica.....	35
Tabla 3-15: Parámetros de selección de rueda.....	37
Tabla 3-16: Análisis de los valores de velocidad y torque en función del tamaño de rueda	38
Tabla 3-17: Parámetros de selección del sistema de transmisión	38
Tabla 3-18: Características de transmisión	39
Tabla 3-19: Cálculos del uso de la transmisión	41
Tabla 3-20: Datos de selección de motor.....	48
Tabla 3-21: Especificaciones técnicas del kit de conversión eléctrica.....	49
Tabla 3-22: Datos de construcción de la curva característica del motor.....	51
Tabla 3-23: Datos de entrada para el sistema de frenado.....	53
Tabla 3-24: Datos de los discos comerciales	54
Tabla 3-25: Resultado de selección de rueda.....	56
Tabla 3-26: Resultado de selección de transmisión	57
Tabla 3-27: Resultado de selección de sistema eléctrico	59
Tabla 3-28: Resultado de selección de sistema de freno.....	62
Tabla 3-29: Propiedades de los materiales para construcción del prototipo	73
Tabla 3-30: Costo de materiales.....	76
Tabla 3-31: Costo de mano de obra	77
Tabla 3-32: Costo de máquinas y herramientas	77

Tabla 3-33: Costo por transporte	78
Tabla 3-34: Costos directos	78
Tabla 3-35: Costos indirectos	78
Tabla 3-36: Costos totales.....	79
Tabla 4-1: Elementos para la construcción del bastidor y mecanismos de anclaje.....	86
Tabla 4-2: Accesorios para la construcción del prototipo.....	86
Tabla 4-3: Materiales para la construcción del prototipo.....	87
Tabla 4-4: Corte del material	88
Tabla 4-5: Proceso constructivo del marco principal de montaje.	92
Tabla 4-6: Proceso constructivo de la horquilla de dirección	93
Tabla 4-7: Proceso constructivo del brazo articulado.	94
Tabla 4-8: Proceso constructivo de la corredera del brazo articulado	94
Tabla 4-9: Proceso constructivo de las pinzas de anclaje superior	94
Tabla 4-10: Aplicación de primera base	96
Tabla 4-11: Corrección de fallas	96
Tabla 4-12: Capa de pintura final	97
Tabla 4-13: Mantenimiento rutinario con frecuencia diaria	120
Tabla 4-14: Mantenimiento rutinario con frecuencia semanal	121
Tabla 4-15: Mantenimiento rutinario con frecuencia mensual	122
Tabla 4-16: Mantenimiento rutinario con frecuencia trimestral	123
Tabla 4-17: Mantenimiento rutinario con frecuencia semestral	124
Tabla 4-18: Mantenimiento rutinario con frecuencia anual.....	125
Tabla 4-19: Mantenimiento del freno	126
Tabla 4-20: Mantenimiento de los cambios.....	126
Tabla 4-21: Mantenimiento de los rodamientos.....	127
Tabla 4-22: Mantenimiento de las ruedas.....	127
Tabla 4-23: Mantenimiento del anclaje	127
Tabla 4-24: Mantenimiento de otros accesorios	128
Tabla 4-25: Resultados en función del ajuste y confort	129
Tabla 4-26: Resultados en función de la evaluación de las manivelas	129
Tabla 4-27: Resultados en función de la evaluación de controladores y dispositivos	130
Tabla 4-28: Resultados en función de la estabilidad.....	130
Tabla 4-29: Resultados en función de la respuesta de frenado	130
Tabla 4-30: Resultados en función de la probabilidad de volcamiento	131
Tabla 4-31: Resultados en función de la vibración.....	131

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Silla de ruedas.....	6
Ilustración 2-2: Silla de ruedas manual	7
Ilustración 2-3: Partes de una silla de ruedas eléctrica.....	7
Ilustración 2-4: Componentes de una silla de ruedas manual	8
Ilustración 2-5: Tipos de reposabrazos.....	10
Ilustración 2-6: Tipos de reposapiés.....	10
Ilustración 2-7: Partes de las ruedas	11
Ilustración 2-8: Tipos de ruedas	11
Ilustración 2-9: Motor de una silla eléctrica.....	11
Ilustración 2-10: Clasificación de los frenos.....	12
Ilustración 2-11: Accesorios para el transporte de sillas de ruedas	13
Ilustración 2-12: Consideraciones de las sillas de ruedas	14
Ilustración 2-13: Sistema de transmisión por cadena	14
Ilustración 2-14: Sistema de transmisión por cadena.....	15
Ilustración 3-1: Desarrollo de la casa de la calidad.....	21
Ilustración 3-2: Casa de la calidad (Parte 1).....	22
Ilustración 3-3: Casa de la calidad (Parte 2).....	23
Ilustración 3-4: Alternativas para el diseño del prototipo	25
Ilustración 3-5: Parámetros de diseño del prototipo.....	26
Ilustración 3-6: Parámetros dimensionales de diseño del prototipo.....	27
Ilustración 3-7: Parámetros de diseño del prototipo.....	27
Ilustración 3-8: Dimensiones tomadas de una silla de ruedas convencional [mm].....	28
Ilustración 3-9: Dimensiones referenciales de una silla de ruedas convencional.....	29
Ilustración 3-10: Esquematización de una silla de ruedas 2D.....	29
Ilustración 3-11: Esquematización de la silla de ruedas en posición normal e inclinada.....	31
Ilustración 3-12: Representación vectorial de puntos de interés	31
Ilustración 3-13: Gráficas de fuerza y torque vs ángulo de inclinación	33
Ilustración 3-14: Selección de elementos.....	36
Ilustración 3-15: Ruedas comercialmente disponibles para bicicleta.....	36
Ilustración 3-16: Gráfica de velocidad angular vs número de dientes del piñón	42
Ilustración 3-17: Gráfica de torque en manivela vs número de dientes del piñón	43
Ilustración 3-18: Gráfica de fuerza en manivelas vs número de dientes del piñón	44
Ilustración 3-19: Gráfica torque vs velocidad angular para el piñón de 28 dientes	45
Ilustración 3-20: Gráfica torque vs velocidad angular para el piñón de 24 dientes	45

Ilustración 3-21: Gráfica torque vs velocidad angular para el piñón de 21 dientes	46
Ilustración 3-22: Gráfica torque vs velocidad angular para el piñón de 18 dientes	46
Ilustración 3-23: Gráfica torque vs velocidad angular para el piñón de 16 dientes	47
Ilustración 3-24: Gráfica torque vs velocidad angular para el piñón de 14 dientes	47
Ilustración 3-25: Gráfica torque vs velocidad angular para el piñón de 12 dientes	48
Ilustración 3-26: Gráfica de fuerza en manivelas vs número de dientes del piñón	52
Ilustración 3-27: Sistema de freno de disco	53
Ilustración 3-28: Gráfica de fuerza en manivelas vs número de dientes del piñón	54
Ilustración 3-29: Características posibles para usuarios del prototipo	55
Ilustración 3-30: Especificaciones de funcionamiento del prototipo	56
Ilustración 3-31: Elementos del kit Shimano Tourney TZ.....	57
Ilustración 3-32: Gráfica de fuerza en manivelas vs número de dientes del piñón	58
Ilustración 3-33: Gráfica de la mecánica de transmisión manual con el motor eléctrico.....	60
Ilustración 3-34: Elementos del kit de conversión de bicicleta eléctrica de Magnetx.....	61
Ilustración 3-35: Elementos del kit de conversión de bicicleta eléctrica de Magnetx.....	61
Ilustración 3-36: Elementos del kit de freno de disco	62
Ilustración 3-37: Elementos y esquematización del marco principal de anclaje.....	63
Ilustración 3-38: Elementos y esquematización de la horquilla de dirección	64
Ilustración 3-39: Elementos y esquematización del marco principal de anclaje.....	65
Ilustración 3-40: Elementos y esquematización del marco principal de anclaje.....	65
Ilustración 3-41: Elementos y esquematización del marco principal de anclaje.....	66
Ilustración 3-42: Elementos y esquematización de la pinza de anclaje inferior.....	66
Ilustración 3-43: Elementos y esquematización de la pinza de anclaje superior.....	67
Ilustración 3-44: Elementos y esquematización del timón.....	68
Ilustración 3-45: Elementos y esquematización del pivote del soporte de las manivelas	68
Ilustración 3-46: Elementos y esquematización del soporte roscado de manivelas	69
Ilustración 3-47: Algoritmo del proceso de modelado por medio de SolidWorks	70
Ilustración 3-48: Algoritmo del proceso de ensamblaje por medio de SolidWorks.....	71
Ilustración 3-49: Algoritmo del proceso de dibujo en el plano por medio de SolidWorks	72
Ilustración 3-50: Algoritmo para el análisis por método de elemento finito.....	74
Ilustración 3-51: Construcción de elementos del prototipo.....	75
Ilustración 4-1: Análisis por método de elemento finito del marco principal de montaje	80
Ilustración 4-2: Análisis del esfuerzo equivalente de la horquilla	81
Ilustración 4-3: Análisis del esfuerzo equivalente del soporte anclaje lateral.....	82
Ilustración 4-4: Análisis del esfuerzo equivalente del brazo articulado.....	83
Ilustración 4-5: Análisis del esfuerzo equivalente de la corredera de anclaje superior.....	84
Ilustración 4-6: Análisis del esfuerzo equivalente del timón	85

Ilustración 4-7: Elementos de los kits de la rueda 20”	87
Ilustración 4-8: Elementos de los kits de pedales.....	88
Ilustración 4-9: Construcción del marco principal de montaje.....	89
Ilustración 4-10: Construcción de la horquilla de dirección	90
Ilustración 4-11: Construcción del timón.....	91
Ilustración 4-12: Construcción del pivote del soporte de manivelas.....	91
Ilustración 4-13: Primer paso de montaje del prototipo	99
Ilustración 4-14: Segundo paso de montaje del prototipo	100
Ilustración 4-15: Tercer paso de montaje del prototipo.....	101
Ilustración 4-16: Cuarto paso de montaje del prototipo	102
Ilustración 4-17: Quinto paso de montaje del prototipo.....	103
Ilustración 4-18: Sexto paso de montaje del prototipo.....	105
Ilustración 4-19: Séptimo paso de montaje del prototipo.....	106
Ilustración 4-20: Octavo paso de montaje del prototipo	107
Ilustración 4-21: Noveno paso de montaje del prototipo	107
Ilustración 4-22: Décimo paso de montaje del prototipo	108
Ilustración 4-23: Décimo primer paso de montaje del prototipo.....	110
Ilustración 4-24: Décimo segundo paso de montaje del prototipo	111
Ilustración 4-25: Décimo tercer paso de montaje del prototipo	112
Ilustración 4-26: Décimo cuarto paso de montaje del prototipo	113
Ilustración 4-27: Décimo quinto paso de montaje del prototipo	114
Ilustración 4-28: Décimo sexto paso de montaje del prototipo.....	115
Ilustración 4-29: Décimo séptimo paso de montaje del prototipo.....	117
Ilustración 4-30: Calibración para la silla de ruedas	118
Ilustración 4-31: Calibración para el usuario	119
Ilustración 4-32: Usuarios del prototipo.....	129

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PLANOS DE CONJUTNO Y DETALLE

ANEXO B: MANUAL PARA CONVERSIÓN ELÉCTRICA DE BICICLETAS

ANEXO C: MANUAL PARA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE
BICICLETA

ANEXO D: CATÁLOGO DE NOVACERO DE PERFILES ESTRUCTURALES REDONDOS

ANEXO E: CATÁLOGO DE NOVACERO DE PLANCHAS

ANEXO F: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SILLA DE RUEDAS

RESUMEN

El proyecto técnico tuvo como objetivo diseñar y construir un prototipo de acople híbrido destinado a sillas de ruedas, que fusiona una transmisión manual con un motor eléctrico, específicamente dirigido a personas con discapacidad en los miembros inferiores para mejorar su movilidad en entornos urbanos en la ciudad de Riobamba. En una primera etapa, se llevó a cabo un análisis detallado para determinar los requerimientos funcionales y los parámetros de diseño cruciales para el desarrollo del prototipo, asegurando la alineación con las necesidades y expectativas de los usuarios finales. Posteriormente, se procedió al diseño y selección de los componentes y sistemas necesarios para el acople híbrido con transmisión manual y con motor eléctrico de la silla de ruedas. La etapa siguiente implicó el desarrollo del sistema híbrido, donde se realizaron selecciones meticulosas de componentes eléctrico-electrónicos apropiados, considerando factores como la eficiencia energética y la compatibilidad con el motor eléctrico seleccionado. La diferencia involucrada entre el sistema manual y eléctrico no son los torques sino la rapidez con la que pueden alcanzar su punto máximo de trabajo, de este modo los dos sistemas requieren un torque inicial aproximado a los 950Nm para romper el reposo y al llegar a los 25km/h necesitan 50Nm. El análisis estructural identificó el esfuerzo máximo en el marco principal, con una magnitud de 208,5601 MPa, para el cual se empleó acero INEN 2415 Gr. A con un límite de fluencia de 230 MPa. Se concluyó que el sistema permite velocidades de 0 a 12 km/h para un manejo fácil, de 13 a 25 km/h para una conducción moderada con reacción rápida, y velocidades superiores a 25 km/h, que requieren una reacción más ágil y limitan la maniobrabilidad. Se recomienda utilizar el prototipo a una velocidad promedio de 25 km/h.

Palabras clave: <PROTOTIPO>, <SILLA DE RUEDAS>, <TRANSMISIÓN MANUAL>, <MOTOR ELÉCTRICO>, <SISTEMA HÍBRIDO>, <ANÁLISIS ESTRUCTURAL>



0672-DBRA-UPT-2024

SUMMARY

The objective of the technical project was to design and build a hybrid coupling prototype for wheelchairs that fuses a manual transmission with an electric motor. It is specifically aimed at people with disabilities in the lower limbs to improve their mobility in urban environments in Riobamba. In the first stage, a detailed analysis was carried out to determine the functional requirements and design parameters crucial for the development of the prototype, ensuring alignment with the needs and expectations of the end users. Subsequently, the design and selection of the necessary components and systems for the hybrid coupling with manual transmission and electric motor of the wheelchair was carried out. The next stage involved the development of the hybrid system, where meticulous selections of appropriate electrical-electronic components were made, considering factors such as energy efficiency and compatibility with the selected electric motor. The difference involved between the manual and electric systems is not the torques but the speed with which they can reach their maximum working point; in this way, the two systems require an initial torque of approximately 950Nm to break the rest, and when reaching the 25km/h requires 50Nm. The structural analysis identified the maximum stress in the main frame, with a magnitude of 208.5601 MPa, for which INEN 2415 Gr. A steel was used with a yield limit of 230 MPa. It was concluded that the system allows speeds from 0 to 12 km/h for easy driving, from 13 to 25 km/h for moderate driving with quick reaction, and speeds above 25 km/h, which require a more agile reaction that limits maneuverability. Using the prototype at an average 25 km/h speed is recommended.

Keywords: <PROTOTYPE> <WHEELCHAIR> <MANUAL TRANSMISSION>, <ELECTRIC MOTOR> <HYBRID SYSTEM> <STRUCTURAL ANALYSIS>



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

INTRODUCCIÓN

La ingeniería de manera imprescindible busca el facilitar las actividades humanas diarias, mediante el aporte y desarrollo en el ámbito técnico, de este modo es posible encontrar alternativas u soluciones viables a necesidades existentes en cada una de sus ramas de estudio. Dentro del área de mecanismos se permite de manera práctica la vinculación de conocimientos ingenieriles y teóricos al facilitar las actividades al grupo vulnerable de personas que no gozan de libre movilidad, así de manera directa se busca la aplicación inmediata del “diseño y construcción de un prototipo de acople híbrido con transmisión manual y con motor eléctrico para silla de ruedas para personas con discapacidad de miembros inferiores para movilidad en áreas urbanas”. Fundamentalmente el trabajo puso su enfoque hacia los usuarios que por diversas razones perdieron su movilidad de manera parcial, para ello se concentró en personas con discapacidad en miembros inferiores como grupo vulnerable o de interés para el desarrollo de este proyecto, así el prototipo fue diseñado para dotar al usuario de libertad y autonomía en su movilidad dentro de áreas urbanas, es decir la meta principal del trabajo fue permitir al usuario de silla de ruedas con impedimentos de movilidad de miembros inferiores su desplazamiento en áreas urbanas.

Para el desarrollo del trabajo se inició por la búsqueda de los requerimientos del usuario haciendo uso de la encuestas, matriz morfológica y la casa de la calidad, en el proceso de selección de elementos se consideró características de productos disponibles en el mercado nacional, así también como parámetros específicos que fueron determinantes para el análisis mecanismos de transmisión, frenos, eléctricos de impulsión, posterior a ello se realizó la esquematización geométrica del prototipo y el análisis del mecanismo de anclaje de tipo montable y desmontable hacia el bastidor de la silla de ruedas, adicional y posterior al diseño y selección se requirió del desarrollo de planos de conjunto y detalle, de hojas de procesos de manufactura, y guías de montaje, así se procedió con la parte constructiva del prototipo para finalmente pasar a la parte de pruebas y validación del prototipo.

Es importante destacar que el proceso de diseño y construcción del prototipo híbrido tiene como objetivo principal la selección de elementos para los sistemas de transmisión y freno, así como el diseño del bastidor y el sistema de anclaje o acople del prototipo con la silla de ruedas.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Es imprescindible notar como la tecnología ha avanzado a tal punto de facilitar la vida de las personas, el inicio del uso de sillas de ruedas es posible remontarlo al año 525 a.C., al parecer se tuvo registros del uso de este artículo que en la actualidad es tan usado, así el prototipo de ese entonces al parecer constaba de tres ruedas mostrándose en una lámina china que concretaría su existencia, posterior a este modelo de 1595 se cuenta con registros de modelos iniciales más confiables, pero no fue hasta 1933 donde Harry Jennings destacado ingeniero mecánico se enfoca en la creación de un modelo aligerado, desplegado y de acero, que la mayoría de modelos siguen conservando en la actualidad, por otro lado en 1950 George Klein facilita el modelo que se impulsa eléctricamente, el cual buscaba la ayuda a soldados que presentaban discapacidad como producto de la segunda guerra mundial. Estos modelos fueron promotores o pioneros en facilitar la movilidad de personas con discapacidad por lo que en la actualidad se han presentado variedad de modelos, tamaños, materiales y funciones (Total Care Europe, 2017).

Según datos proporcionados por la Organización Mundial de la Salud (2011, pp 22-25) en el informe referente a la discapacidad en el mundo se ha mencionado que una cifra cercana a mil millones de personas la sufre en algún rango, este índice cada día ha ido creciendo, lo cual se debe a factores como: envejecimiento de la población, aumento de enfermedades de carácter hereditario. Las personas con discapacidad, debido a las limitaciones que enfrentan en su movilidad, a menudo experimentan tasas de empleo considerablemente más bajas que aquellas sin discapacidad. Esta disparidad no solo se percibe como un acto discriminatorio, sino que también representa una limitación significativa para el sector productivo. La inclusión efectiva de personas con discapacidad en el mercado laboral requiere una inversión en entornos laborales adaptados a sus necesidades específicas, lo cual se refleja en informes que muestran una marcada diferencia en las tasas de empleo entre hombres y mujeres con discapacidad y aquellos sin ella.

Por otro lado, CEPAL en 2012 afirmaba que por lo menos el 12% de la población latinoamericana y caribeña presentaba discapacidad en algún grado (5.4% en Caribe y 12,4% en América Latina), especialmente esta condición prevalecía en personas que superaban los 60 años, sobre todo tendía a elevarse esta tasa cuando se trataba de adultos mayores de zonas rurales. Otro dato importante que se muestra es que en América Latina al menos 80% por ciento de discapacitados están desempleados. Uno de los problemas más severos con el que se enfrenta una persona con discapacidad es la accesibilidad y movilidad ya que no tiene las condiciones físicas para desplazarse de un lugar a otro, convirtiéndose en un grupo vulnerable. En la actualidad se ha buscado suprimir estas limitaciones brindando apoyo por medio de recursos mecánicos, eléctricos y electrónicos para que estas condiciones no sean más una limitante de independencia (Conadis, 2020).

Hay que tener en cuenta que muchas veces la solución a un problema puede venir de donde menos se espera, y usualmente las ideas más extravagantes son aquellas capaces de crear las soluciones más radicales e innovadoras. Al respecto del uso del criterio de desarrollo de un producto bajo el código abierto, se considera que, la universidad dentro de su función social debe participar en este tipo de iniciativas que pongan al alcance de los más necesitados el conocimiento generado en las aulas, por lo que nos sumamos a este tipo de iniciativas que cada vez cobran más fuerza a nivel global (Sierra A, 2018).

De este modo y haciendo énfasis dentro del enfoque en personas con discapacidad se presentó el apoyo a los sectores de vulnerabilidad con el trabajo de integración curricular del tipo técnico donde se buscó la aplicación práctica de conocimientos dentro de la Carrera Mecánica por parte de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con el “diseño y construcción de un prototipo de sistema impulsor acoplable a sillas de ruedas para personas con discapacidad de miembros inferiores para movilidad en áreas urbanas” ubicando a las personas que presentan discapacidad en miembros inferiores como beneficiarios del trabajo, permitiendo evitar su condición limitante de movilidad y permitiendo posibilitando de manera autónoma su libre movimiento haciendo uso del dispositivo diseñado (Chamba J & Toledo S, 2023).

1.2. Planteamiento del problema

Haciendo un enfoque en las personas con discapacidad en miembros inferiores, se analiza las dificultades que pueden notarse dentro de su rutina diaria a simple vista, donde la mayoría de veces limitan su desempeño y desarrollo de varias actividades por falta de movilidad, de este modo se mostraría una dependencia a terceros que faciliten el desarrollo de sus actividades diarias., sus desventajas básicamente erradican en sus condiciones limitadas por su desempeño motriz, por lo que necesariamente requieren de ayuda de terceros para realizar sus actividades, el diseño y construcción de un prototipo híbrido de accionamiento manual y eléctrico desmontable para una silla de ruedas va enfocado en este sector de vulnerabilidad que imposibilita su libre movilidad dentro del área urbana de la ciudad de Riobamba perteneciente a la provincia de Chimborazo.

En la actualidad las personas con este tipo de limitaciones físicas muestran la necesidad de ayuda de una silla de ruedas para realizar su traslado o movilidad de un lugar a otro este tipo de silla de ruedas en su totalidad de accionamiento manual esto quiere decir que se necesita de un esfuerzo físico realizado por una persona provocando que se dependan de terceros para su movilización. A través de conocimientos adquiridos e investigación se pretende contribuir hacia las personas con el tipo de discapacidad motriz en miembros inferiores permitiendo su libre movilidad y autonomía, evitar así la intervención de terceros para su movilidad de un lugar a otro.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación teórica

El presente Trabajo de Integración Curricular, propuesto en la Carrera de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, está dirigido al sector urbano de la ciudad de Riobamba, en la provincia de Chimborazo, Ecuador. Este proyecto busca proporcionar una solución para facilitar la movilidad autónoma de personas con discapacidad en las extremidades inferiores. Para ello, se diseñará un prototipo híbrido con un sistema de accionamiento que permita el desplazamiento independiente de estas personas. El diseño y la construcción de este prototipo no solo representan un avance tecnológico significativo, sino que también tienen un impacto directo en la autonomía y la independencia de las personas con discapacidad de miembros inferiores en entornos urbanos. Al proporcionar una solución de movilidad eficiente y versátil, se facilita su integración en la vida cotidiana y se promueve su participación activa en la sociedad.

1.3.2. Justificación social

El desarrollo de este prototipo de acople híbrido con transmisión manual y motor eléctrico para silla de ruedas destinado a personas con discapacidad de miembros inferiores para la movilidad en áreas urbanas está directamente vinculado a la búsqueda de soluciones inclusivas y accesibles para mejorar la calidad de vida de este segmento de la población. En línea con este enfoque, el proyecto contribuye al cumplimiento de los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2021-2024, específicamente con el Eje Social y su objetivo de proteger a las familias, garantizar sus derechos y servicios, erradicar la pobreza y promover la inclusión social. Además, este prototipo contribuye a mitigar las barreras físicas y sociales que enfrentan las personas con discapacidad al desplazarse en áreas urbanas, lo que les permite acceder a servicios, empleo y oportunidades de una manera más equitativa y digna. En última instancia, el diseño y la implementación de este acople híbrido no solo mejoran la movilidad de las personas con discapacidad, sino que también promueven la inclusión y la igualdad de oportunidades en la comunidad urbana.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar y construir un prototipo de acople híbrido con transmisión manual y con motor eléctrico para silla de ruedas para personas con discapacidad de miembros inferiores para movilidad en áreas urbanas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar los requerimientos funcionales y determinar los parámetros de diseño.
- Diseñar el acople del prototipo híbrido para la silla de ruedas de un usuario promedio con discapacidad de miembros inferiores.
- Diseñar y seleccionar los elementos para el prototipo de silla de ruedas de forma que el sistema de transmisión manual genere el torque necesario para la movilidad del equipo.

- Diseñar y seleccionar los elementos para el prototipo de acople para silla de ruedas de forma que el sistema eléctrico se use en zonas con pendiente.
- Desarrollar el sistema de control del prototipo híbrido.
- Construir y montar el prototipo de acople híbrido con transmisión manual y con motor eléctrico para silla de ruedas para personas con discapacidad de miembros inferiores para movilidad en áreas urbanas.
- Desarrollar pruebas y evaluar resultados de funcionamiento del prototipo de acople híbrido para silla de ruedas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Las sillas de ruedas



Ilustración 2-1: Silla de ruedas

Fuente: Gima, 2017

Las sillas de ruedas son dispositivos que mediante una manera mecánica y técnica facilitan la movilidad de una persona que de algún modo presente una dificultad a su traslación, como el que se muestra dentro de la Ilustración 2-1 de un modelo convencional de silla de ruedas. El equipo busca el suprimir la limitación que puede presentar una persona al trasladarse, de este modo básicamente lo que buscan es mediante un bastidor fijo con características geométricas de silla permitir que el paciente en una postura sentada mediante las ruedas que dispone el dispositivo pueda movilizarse de una manera fácil en caso su discapacidad fuera de miembros inferiores por sí mismo, y en caso sea imposible su movilidad se podría facilitar su desplazamiento con el apoyo de terceras personas. Por tanto, las sillas de ruedas buscan la autonomía e integración en actividades cotidianas de personas con discapacidad (Gorgues J, 2005).

2.1.1. Tipos de sillas de ruedas

Existen dos tipos principales de sillas de ruedas las cuales se describen a continuación con su nombre y sus características principales.

2.1.1.1. Sillas de ruedas manuales.

Las sillas de ruedas manuales fueron las precursoras de este tipo de dispositivos, se caracterizan por ser el tipo más sencillo, estas se basan únicamente en hacer girar las ruedas posteriores con las extremidades superiores del usuario para así conseguir un desplazamiento de traslación aprovechando la característica física de fricción. Hoy en día se busca el facilitar más el principio mediante el uso de materiales ligeros y resistentes, que a su vez permitan el pliegue de la silla (Castainer, Mendía, 2018).

La Ilustración 2-2 muestra un ejemplo de uno de los modelos manuales de sillas de ruedas comercialmente distribuidos.



Ilustración 2-2: Silla de ruedas manual

Fuente: Medecu, 2023

2.1.1.2. Sillas de ruedas eléctricas.

Básicamente toman su nombre por hacer uso de motores eléctricos que son alimentados por baterías, donde el usuario de manera fácil mediante una interfaz eléctrica-electrónica controla el desplazamiento y la velocidad del equipo, existen variantes de estas sillas en el mercado y dependen de las necesidades del paciente, son bastante prácticas, de mayor costo que las manuales y en la mayoría de los casos por sus aditamentos presentan mayor peso (Castainer, Mendía, 2018).

La Ilustración 2-3 refleja un ejemplo de una silla de ruedas eléctricas, nombrando y ubicando sus partes.

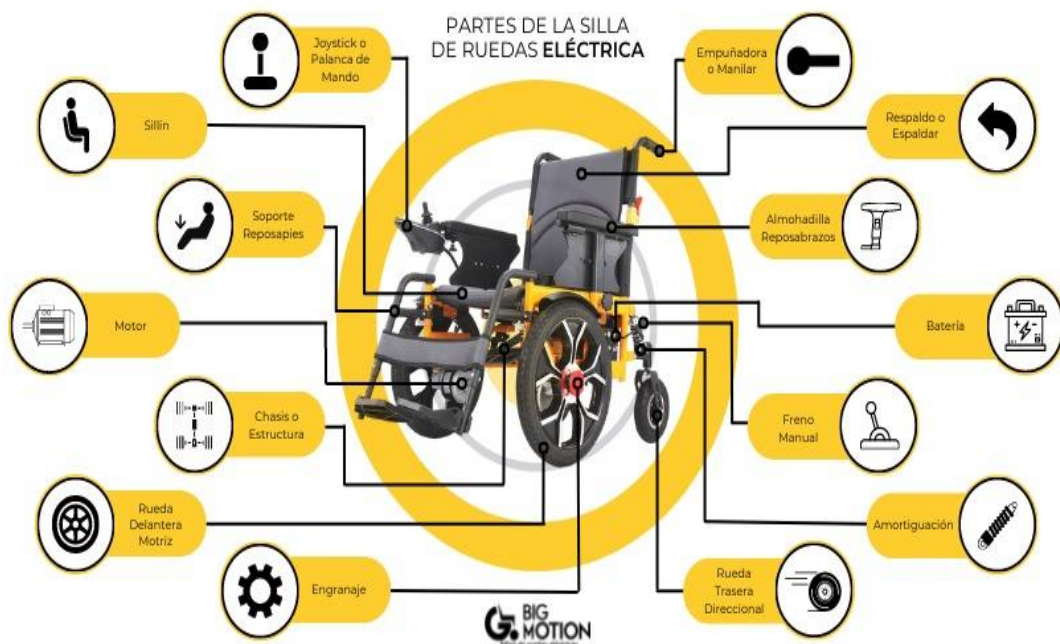


Ilustración 2-3: Partes de una silla de ruedas eléctrica

Fuente: BigMotion, 2023

2.1.2. Partes de la silla de ruedas

Como se pudo observar dentro de la Ilustración 2-3 y la Ilustración 2-4 existen varios componentes que conforman una silla de ruedas tanto para los modelos manuales como los eléctricos, los cuales se presentan, detallan y enuncian a continuación, con varias de sus características principales.

componentes

0. Chasis o estructura
1. Respaldo
2. Empuñadura
3. Reposabrazos - Almohadilla
4. Reposabrazos - Panel
5. Freno manual
6. Rueda trasera motriz
7. Horquilla rueda delantera
8. Rueda delantera direccional
9. Reposapiés - Paleta
10. Reposapiés - Soporte
11. Cruceta o tijera - Sistema de plegado
12. Aro de empuje



Ilustración 2-4: Componentes de una silla de ruedas manual

Fuente: Rubio, Yuste, 2009

2.1.2.1. Chasis

Es el elemento de mayores dimensiones dentro del dispositivo y se define como el bastidor donde van montadas las piezas o accesorios que conforman el ensamblaje de la silla de ruedas, así se podrían caracterizar por la existencia de chasis rígidos y plegables. Los rígidos se caracterizan por ser livianos y económicos, de otro modo los plegables presentan otro tipo de funciones y sirven para no ocupar mucho espacio físico al estar en desuso. Los materiales más utilizados para la fabricación de una silla de ruedas se pueden observar en la Tabla 2-1 donde de acuerdo con el material listado se detallan las características de cada uno de estos.

2.1.2.2. Asiento

Brinda el soporte total de la persona, este transporta y distribuye la carga hacia el resto de los elementos de la silla de ruedas, puede ser flexible o rígido. El asiento flexible busca el confort adecuado para el usuario, y puede presentar características de versatilidad, adaptabilidad, impermeabilidad, resistencia a la abrasión, de fácil limpieza. El asiento rígido presenta un volumen sólido de material, el cual puede conformarse por materiales como poliuretano, grafito, composite, etc. De este modo es importante el paralelismo entre el asiento y el suelo con una ligera inclinación hacia atrás para evitar un deslizamiento de usuario.

Tabla 2-1: Propiedades de los materiales para silla de ruedas

Material	Propiedades físicas y mecánicas
Acero	Resistente Económico Fácil adquisición Baja resistencia a la corrosión Alta conductividad térmica y eléctrica Resistencia a la tracción en aceros estructurales 310 MPa Densidad de 7850 kg/m ³
Aluminio	Larga vida útil Económico Fácil adquisición Alta resistencia a la corrosión Densidad de 2700 Kg/m ³ La aleación de la serie 6000 es ideal para perfiles y estructuras Resistencia a la tracción 290MPa
Titanio	Muy resistente Alta resistencia a la corrosión Elevado costo Poca conductividad térmica y eléctrica Resistencia a la tracción entre 345 a 896 MPa dependiendo del tipo de titanio Biocompatible Densidad 4507 Kg/m ³
Fibra de carbono	Alta resistencia mecánica Buena resistencia a la corrosión y al fuego Conductor térmico Resistencia a la tracción entre 1380 a 3100MPa Densidad de 1750 Kg/m ³

Fuente: Castainer, Méndia, 2018

2.1.2.3. Respaldo

Proporciona descanso y soporte a la columna, su altura dependerá de las necesidades de los pacientes, este deberá mantener la espalda en una buena posición, evitar la fatiga y permitir una mayor movilidad.

2.1.2.4. Reposabrazos

Son partes de la silla de ruedas que permiten el descanso de los brazos del usuario, además de permitir el soporte al momento de requerir el usuario levantarse del dispositivo, presentando una rigidez y resistencia adecuada ante la carga que lo sometería a flexión. La altura ideal es el nivel del codo.



Ilustración 2-5: Tipos de reposabrazos

Fuente: Minas, 2023

2.1.2.5. Reposapiés

Por lo general dispuestos en forma de plataformas, cuya utilidad es el brindar el soporte a los miembros inferiores, permiten una correcta postura y permiten en gran parte de los casos ser regulables.



Ilustración 2-6: Tipos de reposapiés

Fuente: Minas, 2023

2.1.2.6. Llantas

Las sillas de ruedas constan de dos tipos de ruedas, las más grandes se caracterizan por permitir el movimiento (motrices) y las más pequeñas permiten el cambio de dirección del dispositivo (direccionales), las mismas que permiten el desplazamiento y soportan el peso de la silla de ruedas. Las llantas motrices son las de mayor tamaño y reciben toda la potencia del motor, de

igual forma las llantas direccionales ayudan en el desplazamiento. Las llantas direccionales constan de ruedas, horquilla y casquillo (Castainer D, 2018).

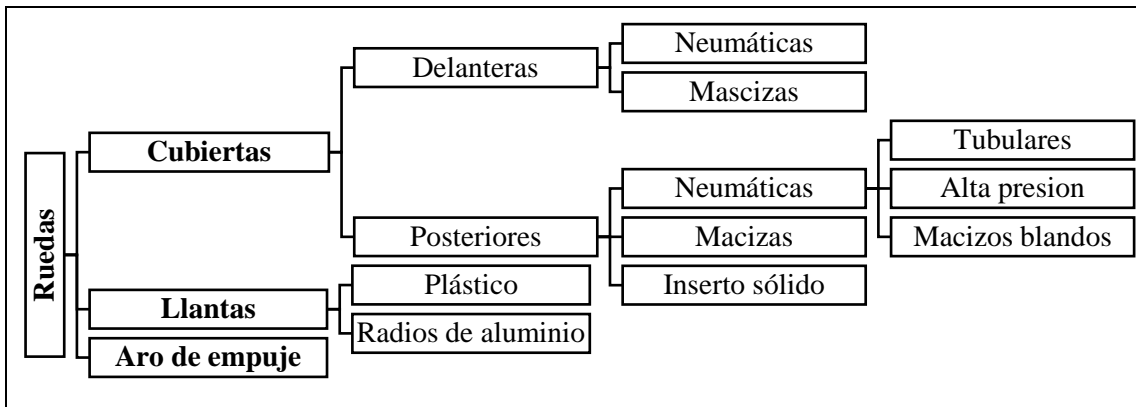


Ilustración 2-7: Partes de las ruedas

Fuente: Minas, 2023



Ilustración 2-8: Tipos de ruedas

Fuente:Minas, 2023

2.1.2.7. Motores.

Estos determinan la velocidad y dirección de la silla, existen diferentes tipos, como se puede ver en la Ilustración 9-2.



Ilustración 2-9: Motor de una silla eléctrica

Fuente:Adaptado, 2015

La Tabla 2-2 por otro lado clasifica a los motores empleados para impulsión de sillas de ruedas con sus características y descripción, así se dividen en cuatro grandes grupos que permitirán la motricidad de la silla en función de su aplicación.

Tabla 2-2: Características de los motores

Motor	Características
Con escobillas	Son los más comunes en las sillas de ruedas eléctricas comerciales. Accionamiento simple, basta con conectar a la fuente de alimentación. Si se requiere control de velocidad y sentido de giro es necesario implementar un controlador. Costo accesible.
A pasos	No requieren de caja reductora para operar a baja velocidad. Es necesario agregar un control para ponerlo en marcha. Es utilizado en tareas que requieren precisión de posicionamiento.
Servomotor	Incorpora un circuito de control para la velocidad y posición Son utilizados en aplicaciones críticas y de mucha precisión. Su consumo es reducido Tiene mayor costo En sillas de ruedas pueden ser utilizados para la locomoción de esta, donde se requiere un control preciso de velocidad y posición.

Fuente: Castainer, Méndiz 2018

2.1.2.8. Frenos

Los frenos son dispositivos instalados en la estructura de la silla de ruedas con finalidad de detener u reducir la velocidad de movimiento de esta, de este modo se ubican los de la clasificación que se muestra en la Ilustración 2-10 donde se los diferencia según el mecanismo accionador y según el tipo de contacto o resistencia al movimiento, al igual que la bicicleta de este modo en el primer grupo se encuentran los accionados por un mecanismo de tijera y un mecanismo alargador y dentro del segundo grupo se encuentran los de tambor y los de zapata (Guzmán, 2019).

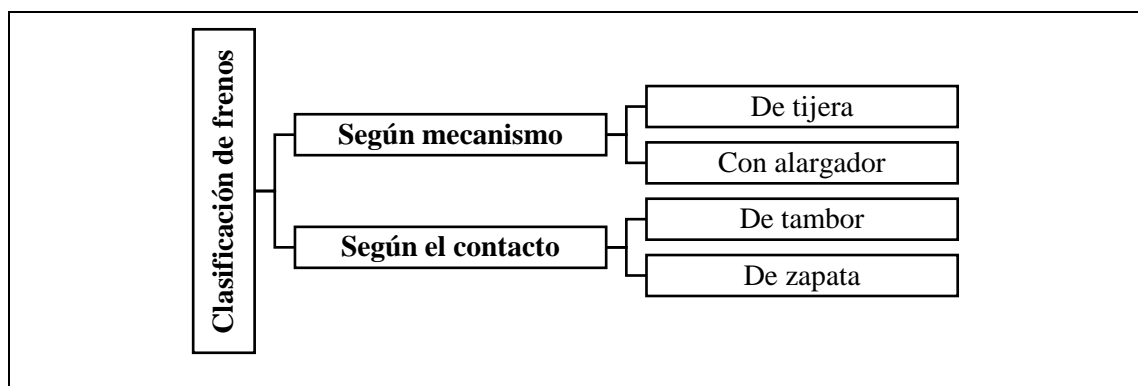


Ilustración 2-10: Clasificación de los frenos

Fuente: Guzmán, 2019

2.1.3. Accesorios para transporte de sillas de ruedas

Como es posible notar en la Ilustración 2-11 la silla de ruedas por su geometría podría presentar ventajas al acoplamiento de nuevos accesorios, de este modo varios investigadores y empresas en

el mercado han mostrado accesorios como los de impulsión que se clasificarían por el lugar de aplicación hacia la silla de ruedas y el tipo de impulsión que permitirían a los usuarios de las sillas de ruedas, normalmente las sillas de ruedas permiten el ser transportadas haciendo el usados para el transporte de sillas de ruedas cada vez es más común y su variedad va creciendo cada vez más, así se clasifica a la manera de impulsión en autónoma que se caracteriza por el autotransporte del usuario es decir el usuario de una silla de ruedas se encarga y controla según su necesidad el transporte de su silla, y el impulsor asistido se caracteriza por que el usuario es impulsado por terceros es decir es ayudado por otra persona para su movimiento.

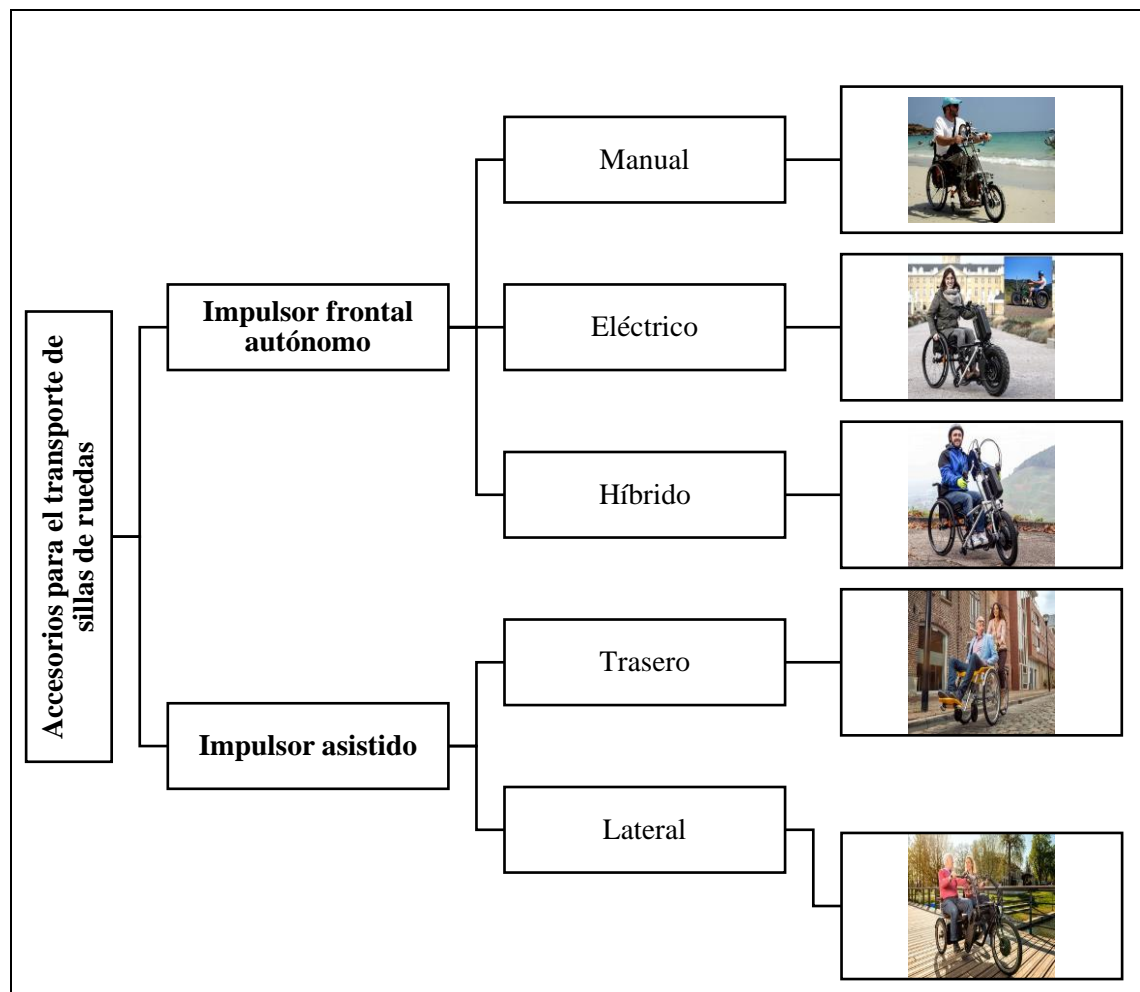


Ilustración 2-11: Accesorios para el transporte de sillas de ruedas

Fuente: Castainer, Mendía 2018

2.2. Usuarios de sillas de ruedas

La Organización Mundial de la Salud afirma que los usuarios de sillas de ruedas buscan la comodidad y la capacidad de continuar con sus actividades cotidianas es decir no debe ser un impedimento el uso de estos equipos. Por este motivo el enfoque postural de una silla de ruedas no deberá interferir en la movilidad, en la entrada y salida del usuario, así como en el uso de escritorios, espacios de trabajo y medios de transporte. La Ilustración 2-12 muestra de manera resumida las consideraciones que se deberían tomar en cuenta a la hora de analizar un apoyo

postural y las dificultades que podría presentar el uso de una silla de ruedas a cualquier usuario (Frost et al, 2016).

Consideraciones de la silla de ruedas	Apoyo postural	Versatilidad	
		Facilidad de uso	
		Comodidad	
		Evitar molestias	
		Facilitar actividades	
		Esteticos	
	Dificultades al uso continuo	Postura	Incomoda
			Restringida
		No aceptación	
		No estética	

Ilustración 2-12: Consideraciones de las sillas de ruedas

Fuente: Frost et al, 2016

2.3. Impulsor de autónomo

Un impulsor frontal autónomo es un accesorio con posibilidad de montaje a la silla de ruedas cuyo propósito es facilitar el desplazamiento del usuario de la silla de ruedas bajo su control y necesidad, este es normalmente aplicable a la movilidad dentro de áreas urbanas. Los impulsores frontales autónomos generalmente se usan en versiones manuales, eléctricas u híbridas, y sus partes no son tan variadas de una a otra versión (Adaptado, 2012). De este modo se puede notar que todos los impulsores van a tener las partes que se mostrarán a continuación.



Ilustración 2-13: Sistema de transmisión por cadena

Fuente: Adaptado, 2012

2.3.1. Partes de un impulsor frontal autónomo.

Dentro de las partes se subdivide al impulsor en sistemas con la finalidad de agrupar todos los elementos que en conjunto determinan una acción de movimiento a la silla de ruedas.

2.3.1.1. Chasis

Se lo conoce como la parte estructural del accesorio y se caracteriza por brindar soporte a todas

2.3.1.2. Sistema de dirección

Timón: Permite al usuario el control de la dirección en la que se transporta, a su vez con una rotación de este en cualquier sentido permitirá el cambio de esta. Es igual al de una bicicleta y sobre el van montados los controles del accesorio. Va acoplado al eje de dirección.

Eje de dirección: Este componente del sistema de dirección permite la conexión entre el timón y la rueda delantera de tracción.

Rueda delantera de tracción: Esta rueda es la que permite el desplazamiento de la silla de ruedas, es importante el notar que ella se mueve por medio de mecanismos de transmisión por cadena en el sistema manual, y en el sistema eléctrico una de las piezas principales que la conforman son el motor.

2.3.1.3. Sistema de transmisión

El sistema de transmisión del accesorio netamente es aplicado cuando se trata de un sistema manual o un híbrido con la finalidad de permitir al usuario la relación de torque para la rueda adecuada y hacerlo de fácil uso, así este sistema al igual que el de una bicicleta constaría de un sistema de transmisión por elementos flexibles de cadena, piñones y catalinas(estrellas), y un sistema de cables para el selector de torque como el que se muestra en la Ilustración 2-14 de un sistema de transmisión de torque variable por cadena. Adicional se requiere de los pedales para la generación de torque, los cuales al igual que un motor quedarán anclados a la rueda de tracción.

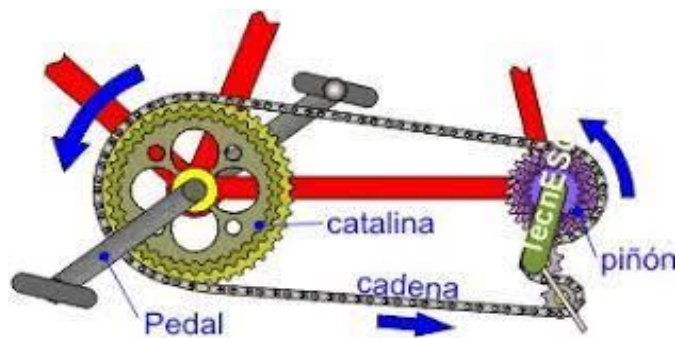


Ilustración 2-14: Sistema de transmisión por cadena

Fuente: Arellano, 2015

2.3.1.4. Sistema de freno

Este permite al usuario la disminución de velocidad en caso de necesitar hasta el cero absoluto por medio de una resistencia mecánica al movimiento por accionamiento de mecanismos, de este modo se los podría clasificar de la misma manera que en la Ilustración 10-2 donde se ubican los tipos de frenos usados para una silla de ruedas, normalmente estos son usan un sistema de movimiento por cables o por movimiento hidráulico semejantes a los de una bicicleta o a los de una moto, el mecanismo por palancas puede ser una alternativa pero no es muy usual.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo describe de manera detallada el proceso de manufactura del prototipo híbrido para la impulsión de una silla de ruedas. De este modo se proporciona las metodologías empleadas en el desarrollo a detalle de cada punto necesario para el diseño del equipo por medio de la determinación de requerimientos del usuario hasta el montaje del equipo, así se ve involucrado el análisis de cada parámetro que podría influir en los datos constructivos, el proceso de manufactura del equipo, el detalle de los materiales.

3.1. Metodología para la selección de las características del producto

El proceso de selección de las características del producto involucra el buscar las necesidades específicas detalladas por los usuarios las cuales vendrán planteadas no como datos específicos ni cuantificables sino como características y cualidades interpretativas para guiar al diseñador, sin más preámbulos se inicia por plantear encuestas a los usuarios de sillas de ruedas.

3.1.1. Planteamiento de encuestas para determinación de requerimientos del usuario

Tabla 3-1: Datos arrojados de la encuesta

Clase.	No	Requerimientos del diseño	1	2	3	4	5	Valor	Descripción	Calificación
Funcional	1	Piezas livianas	4	5	8	10	3	4	Muy importante	1
	2	Recursos de armado mínimos	5	2	10	5	8	3	Muy importante	1
	3	Pocas piezas	3	3	5	11	8	4	Muy importante	1
	4	Transportación fácil	2	5	4	12	7	4	Muy importante	1
Físico	5	Resiste las cargas establecidas	5	3	8	5	9	5	Bastante importante	0,75
	6	Resiste al medio ambiente	8	10	4	4	4	2	Bastante importante	0,75
	7	Fuerza de tracción	3	4	2	3	18	5	Bastante importante	0,75
Ergonómicos	8	Comodidad	5	5	6	4	10	5	Bastante importante	0,75
	9	Fácil de operar	3	3	4	11	9	4	Bastante importante	0,75
Confiabilidad	10	Segura	2	2	5	11	12	5	Extremadamente importante	1
	11	Vida útil prolongada	7	3	12	4	4	3	Bastante importante	0,75
	12	Fácil mantenimiento	4	2	3	12	9	4	Importante	0,75
	13	Resistencia a cargas	4	5	13	2	6	3	Bastante importante	0,75
Económicos	14	Más económico que las importadas	2	2	3	4	19	5	Importante	0,75
	15	Buena relación costo-beneficio	5	5	12	4	4	3	Bastante importante	0,75
	16	Repuestos económicos	3	6	5	11	5	4	Bastante importante	0,75

Realizado por: Orozco, F., 2023

El modelo de encuesta aplicable a los usuarios se muestra dentro de la Tabla 3-1 donde se listan varios de los puntos que toman mayor importancia, clasificándolos en clases como funcionalidad, propiedades físicas, ergonomía, confiabilidad, economía destacando sobre el resto los parámetros de detalle funcional. Las demás características, lejos de ser irrelevantes también muestran una importancia considerable presentada por parte de los usuarios, si bien no es motivo para focalizar el diseño dentro de dichas características se recomienda tomar en consideración.

3.1.2. Definición del producto

Es importante para este punto el análisis de trabajos realizados de manera reciente por lo que dentro del trabajo denominado “Diseño y construcción de un prototipo de sistema impulsor acoplable a sillas de ruedas para personas con discapacidad de miembros inferiores para movilidad en áreas urbanas” se obtuvo los resultados para un tamaño de muestra de treinta personas.

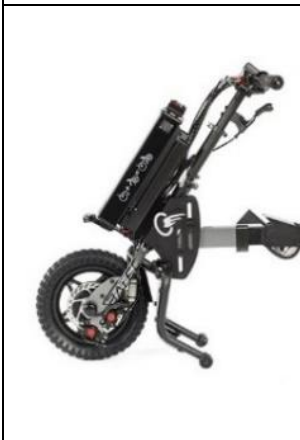



3.1.3. Análisis de competencias en el mercado

A continuación, es importante el análisis de productos disponibles en el mercado por lo que su punto de análisis de competencias buscará la descripción de varios impulsores y marcas, de este modo se procede con el análisis de los accesorios comercialmente disponibles, de este modo se listan por lo que se listan tres empresas con una descripción de varias opciones.

3.1.3.1. Sistemas Batec Movility

La marca Batec Movility muestra varias propuestas para la libre movilidad de pacientes con discapacidad en miembros inferiores, de este modo es una marca ya establecida y competitiva, por lo que se muestra en la Tabla 3-2 los diferentes modelos y diseños que se ofertan, de forma particular se analiza las características en la Tabla 3-3 del modelo Batec Hybrid 2 (Batec Movility, 2023).


Tabla 3-2: Sistemas Batec Movility

Batec mini 2	Batec eléctrico 2	Batec rapid 2	Batec scrambler 2
			

Fuente: Batec Movility 2016

Realizado por: Orozco, F., 2023

Tabla 3-3: Características del modelo Batec Movility Hybrid

Impulsor	Características
	<p>Material: Aluminio 7005 T6</p> <p>Tamaño de ruedas: 20 in (Aluminio de doble pared)</p> <p>Cambios: 8 piñones</p> <p>Freno: 203mm (doble freno de disco)</p> <p>Autonomía: 30-50 kilómetros</p> <p>Potencia del motor: 500W y 36V</p> <p>Batería: 11 Ah</p> <p>Peso de las piezas: 14,9 Kg</p> <p>Peso total: 23,9 kg</p> <p>Luces: Delanteras (900 lúmenes) Traseras (doble led).</p>




Fuente: Batec movility 2023

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.1.3.2. *Sistemas Empulse Attitude*

Por otro lado, una de las marcas de igual impacto que se encuentra despuntando dentro del área de impulsores para sillas de ruedas es Empulse Attitude con sus modelos y versiones autónomas manuales, eléctricas e híbridas como se muestra en la Tabla 3-4 de los que se analiza las características del modelo Empulse Attitude hybrid descrito en la Tabla 3-5 (Empulse, 2023a).

Tabla 3-4: Sistemas Empulse Attitude

Empulse attitude Manual	Empulse attitude Power	Empulse attitude Híbrid
		

Fuente: Empulse 2023a

Realizado por: Orozco, F., 2023

Tabla 3-5: Características del modelo Empulse Attitude hibrid

Impulsor	Características
	Tamaño de rueda: 20 in Longitud de manivela: 170mm Ancho de manivela en V: 470mm Freno: 180mm(disco) Potencia del motor: 250W Batería: 17,5Ah Peso total: 21,5kg Peso máximo del usuario: 100kg

Fuente: Empulse 2023b

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.1.3.3. Sistemas Rodem

Finalmente, dentro de la tercera marca se posiciona a rodem con varios de sus modelos que se muestran en la Tablas 3-6 de la cual se destaca el modelo striker neodrive descrito en la Tabla 3-7. Con fines de comparativa entre los impulsores categorizados bajo la misma descripción, así el caso de las marcas batec y empulse attitude (Rodem, 2023a).


Tabla 3-6: Sistemas rodem

Striker city max	Striker lomo litio eld	Striker smart para 20"
		

Fuente: Rodem 2023a

Realizado por: Orozco, 2023

Tabla 3-7: Características del modelo striker neodrive

Impulsor	Características
	Ruedas de: (20-24) in Numero de marchas: 24 Batería: 14,5 Ah Potencia del motor: 250W Velocidad máxima: 25 Km/h Peso del impulsor sin batería: 19,8 kg

Fuente: Rodem 2023b

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.2. Metodología para el desarrollo de la casa de la calidad

Con la ayuda del criterio del usuario y sus necesidades se obtiene los parámetros de la voz del usuario y la voz del ingeniero donde los primeros parámetros reflejaran necesidades existentes y los segundos especificaciones y características técnicas.

Tabla 3-8: Análisis de competencia

N°	Denominación	Prototipo	Competencia	Competencia	Competencia
1	Piezas livianas	4	1	2	2
2	Recursos	3	2	2	3
3	Pocas piezas	4	2	1	2
4	Transportación	4	3	1	3
5	Resiste cargas	5	2	3	4
6	Resistencia al medio	2	4	3	4
7	Fuerza a la tracción	5	1	2	2
8	Comodidad	5	4	5	4
9	Fácil de operar	4	4	4	4
10	Segura	5	4	5	4
11	Vida útil	3	5	4	4
12	Mantenimiento	4	2	3	2
13	Resistencia a fuerzas	3	3	3	3
14	Económico	5	3	2	3
15	Costo/beneficio	3	3	3	3
16	Repuestos	4	2	2	2

Realizado por: Orozco, F., 2023

Según el análisis competitivo los puntos de enfoque para ser competitivos son la resistencia al medio ambiente, la resistencia a fuerzas, la relación costo beneficio y la facilidad de operar con relación a las marcas posicionadas en el mercado. Es importante intentar cumplir con los requerimientos del usuario.

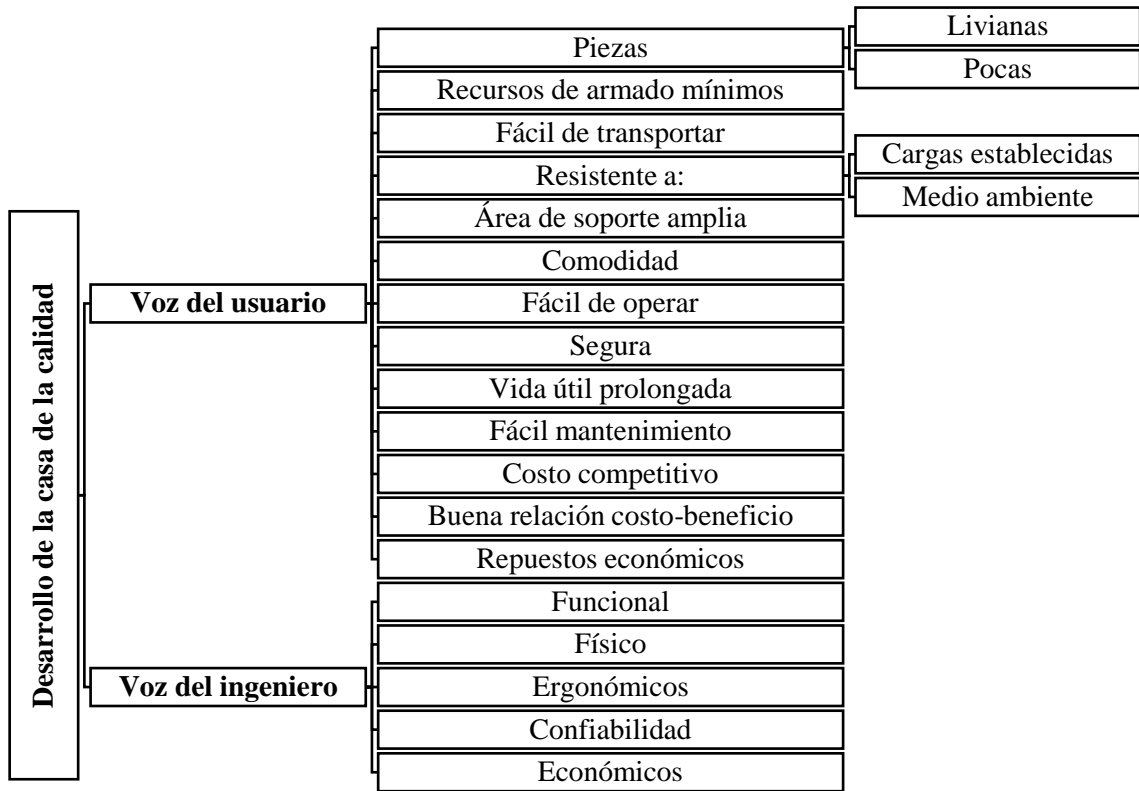


Ilustración 3-1: Desarrollo de la casa de la calidad

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.2.1. Despliegue de la función calidad

		Características de calidad (¿Cómo?)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Subgrupo	Requisitos del cliente (¿Qué?)	Importancia relativa	Ajustar las dimensiones del prototipo a medidas	Diseñar un sistema de seguros de fácil	Seleccionar un sistema de frenos adecuados	Seleccionar un sistema de transmisión con cambios	Seleccionar un sistema eléctrico adecuado para la	Uso de sistemas y materiales comerciales	Evitar el uso de sistemas y elementos complejos	Desarrollar un sistema que admita el fácil desmontaje	Recubrir los elementos superficialmente para	Diseñar el sistema antivuelco del equipo	Seleccionar accionamientos de sistemas de fácil uso	Analizar las relaciones de fuerza y torque adecuadas	Analizar condiciones de frenado	Analizar los sistemas de asistencia para pendientes	Analizar la interacción del sistema eléctrico y manual
	Regulable al usuario	4	9		1	1								9			
	Tamaño de bielas acorde al usuario	2	3			1		3					9				
Ergonomía	De fácil anclaje	5	3	9				1	9			9	9				

Ilustración 3-2: Casa de la calidad (Parte 1)

Realizado por: Orozco, F., 2023

Confort	Frenado eficiente	4			9			1	1				3		9		
	Velocidad variable	4			1	9	9	1	1				3	9	3		3
	Asistencia para pendiente	5				1	9		3					3	3	9	9
	De fácil uso	4		3	3	3	3		9			9	9	1	3	3	3
	Sistema de cambios	4				9	1	9	9				9	9	3	1	9
Versatilidad	Adaptable a diferentes tipos de sillas	5	1	3					3	3		1				3	
	Asistencia eléctrica	4				1	9	9	9					3	3	9	9
	Desmontable	3		9	1		3		9	1		3	3				
Economía	Materiales de costo accesible	3		1	3	3	3	9	3		3	3		1	3		
	Elementos necesarios	3	1	3	3	3	3		9	9		3	9	1	3		3
	Sistemas simples	4		3	1	1	1	1	9	9		3	9	1	9	3	3
	Mantenimiento sencillo	4		3	3	3	3	1	9	9		3	1	3	3	3	3
	Motor y sistema eléctrico no sobredimensionados	2					9	3	3	1				3			3
Estética	Color llamativo	2									9						
	Resistente a condiciones ambientales	5					1				9						
Accesorios	Independiente a la silla de ruedas	4		9	3	3	9			9			1	3		3	
	Anclajes a la silla de ruedas	4		9				3	9	3			9				
	Patas antivuelco al desmontar	3		1				3	3			9	3				
	Ruedas auxiliares para guardar	3		1				3	3			9	3				
Total																	

Ilustración 3-3: Casa de la calidad (Parte 2)





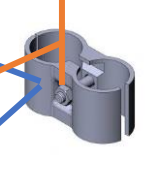









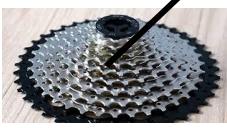
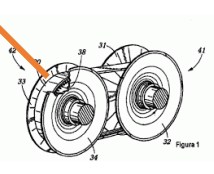

Elaborado por: Orozco, F., 2023

3.2.2. Diseño conceptual

3.2.2.1. Matriz morfológica

La matriz morfológica permite de una manera fácil y breve al diseñador combinar ciertas características que hacen la diferencia entre uno y otro prototipo, así se muestra en la Tabla 3-9.

Tabla 3-9: Matriz morfológica

Función	Componente		
	Pinza	Disco	Tambor
Tipos de freno			
Conexión	Seguro		Base empernada
			
Materiales	Acero inoxidable	Aluminio	Acero estructural
			
Motor	Motor auxiliar en eje de biela	Motor en auxiliar en cadena	Motor auxiliar en eje de rueda
			
Alimentación	Batería de plomo-ácido	Batería de litio	Batería níquel-hierro
			
Sistema de transmisión	Catalinas	Banda trapezoidal variable	Engranajes
			
	<u>Alternativa 1</u>	<u>Alternativa 2</u>	<u>Alternativa 3</u>

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.2.3. Evaluación de alternativas

Alternativa 1.	Alternativa 2.	Alternativa 3.
<ul style="list-style-type: none">•Freno de disco.•Conexión por seguro.•Material estructural: Acero estructural.•Motor auxiliar al eje de la rueda.•Alimentación por batería de litio.•Sistema de transmisión por catalinas.	<ul style="list-style-type: none">•Freno de tambor.•Conexión por base empernada.•Material: Acero inoxidable.•Motor auxiliar en eje de biela.•Alimentación por batería de plomo ácido.•Sistema de transmisión por banda trapezoidal.	<ul style="list-style-type: none">•Pinza de freno.•Conexión por base empernada.•Material: Aluminio.•Motor auxiliar para cadena.•Alimentación por batería de níquel-hierro.•Sistema de transmisión por engranajes.

Ilustración 3-4: Alternativas para el diseño del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.2.3.1. Funcionalidad

Corresponde al peso máximo del prototipo para que pueda ser cómodamente trasladable en caso de que se necesite desmontarlo; también hace referencia la cantidad de piezas en las cuales se desarma para su traslado.

3.2.3.2. Costo

Es el desembolso económico que se realiza para la producción de algún bien o la oferta de algún servicio. El costo incluye la compra de piezas, el pago de la mano de obra, los gastos en la producción y demás gastos que conllevan producir un producto.

3.2.3.3. Seguridad

Engloba los procesos y sistemas destinados a evitar o reducir accidentes al momento de utilizar la silla de ruedas autopropulsada.

3.2.3.4. Ergonomía

Se refiere a la comodidad al usar el prototipo en conjunto con la silla, además de la facilidad de operación de este.

3.2.3.5. Movilidad

Esto se refiere a que tanta velocidad puede mover el motor al dispositivo, con qué fuerza de tracción puede impulsarlo, etc. Son variables que también inciden mucho en la decisión del usuario al momento de adquirir una silla autopropulsada.

De acuerdo con la metodología de evaluación de alternativas la más adecuada es la propuesta de solución 3: la cual tiene una llanta desmontable con motor de cubo incluido, con un manubrio y unión simple, el prototipo es alimentado con una batería de plomo ácido. El material de construcción elegido es el acero estructural.

3.3. Metodología para la definición de parámetros de diseño

El diseño del prototipo híbrido para impulsión de sillas de ruedas es clave previo a la manufactura de este por lo que es importante desarrollar el procedimiento por medio de la jerarquía de actividades que se describe en la Ilustración 3-5.

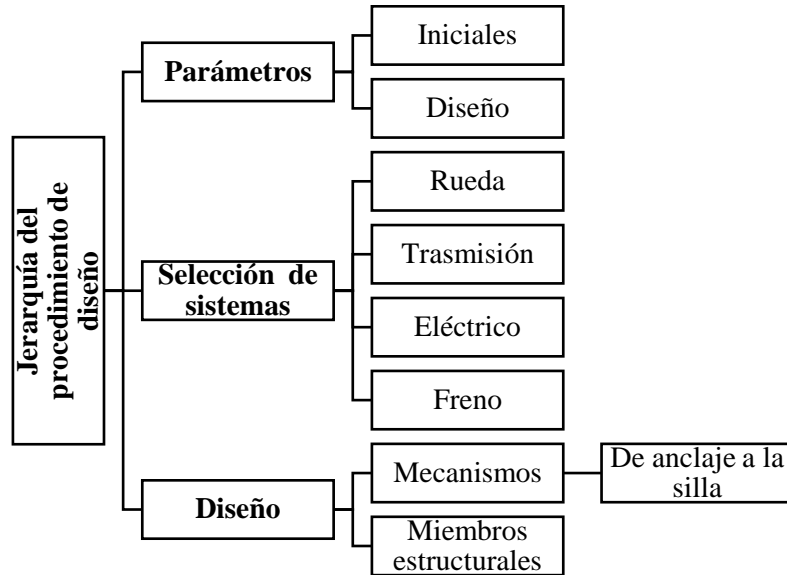


Ilustración 3-5: Parámetros de diseño del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.3.1. Parámetros

La etapa de parámetros se resume a dos subetapas donde se desarrolla la búsqueda de datos para el desarrollo del prototipo dentro de la primera subetapa, los cuales se traducen al diseño del prototipo y se adicionan análisis propios del modelo mediante la segunda subetapa.

3.3.1.1. Parámetros iniciales

Los parámetros iniciales contemplan, los datos necesarios de los cuales parte el prototipo. Según los fabricantes Batec Movility (2023), Empulse (2023b), Rodem (2023b) en sus modelos Batec Movility hybrid 2, Empulse Attitude hybrid, Striker Neodrives resp como datos de velocidad entre otros parámetros, de este modo se puede detallar los datos referenciales de la Tabla 3-10 que se muestra más adelante, así como los datos proporcionados en la Ilustración 3-6.

Tabla 3-10: Datos referenciales

Datos referenciales		Valor	Unidad
Velocidades lineales	Mínima	0	Km/h
	Máxima	25	Km/h
Peso máximo		150	kg
Diámetro de aro		20	In
Velocidades		21	---

Fuente: Batec movility 2023; Empulse 2023b; Rodem 2023b

Realizado por: Orozco, F., 2023

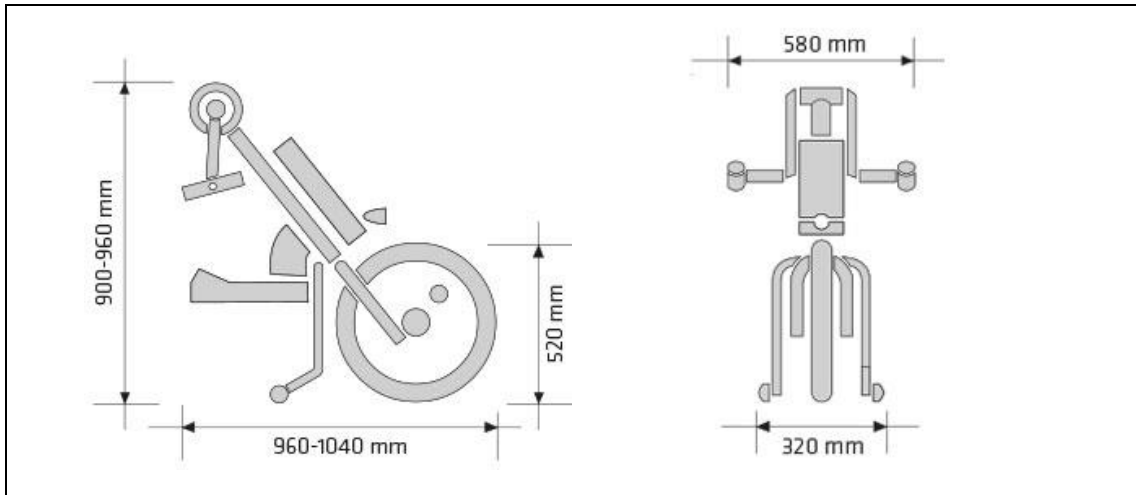


Ilustración 3-6: Parámetros dimensionales de diseño del prototipo

Fuente: Batec movility, 2023

3.3.1.2. Parámetros de diseño

El presente ítem en complemento al anterior enuncia los parámetros necesarios para el desarrollo del diseño, los cuales permiten cubrir las necesidades de usuario dentro de las cuales se ubican presentadas en la Ilustración 3-7. Para su obtención se realizará el procedimiento mostrado.

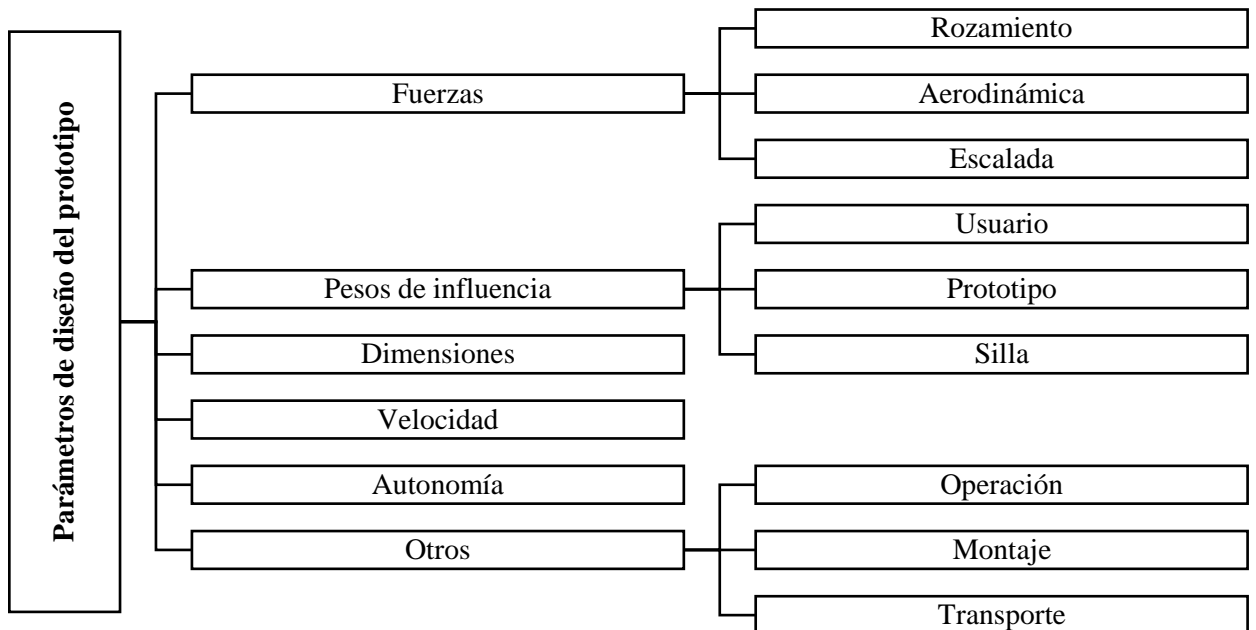


Ilustración 3-7: Parámetros de diseño del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.3.1.3. Análisis de fuerzas estático sobre la silla de ruedas

Para el punto de análisis de fuerzas estático es importante definir mediante la Tabla 3-11 los datos que afectan de manera directa a la silla de ruedas. Según Sys fmq (2021), Newrise (2022) y SBN (2013) se define mediante fichas técnicas la capacidad máxima de la silla de ruedas, el peso y varias dimensiones de esta.

Tabla 3-11: Datos de la silla

Dato		Valor	Unidad
Peso	Silla	15-35	[kg]
	Usuario	75-150	[kg]
Dimensiones	Ancho de asiento	400-550	[mm]
	Profundidad de asiento	450-508	[mm]
	Ancho rueda a rueda	520	[mm]
	Ancho interno	380	[mm]
	Altura de la silla	1180	[mm]

Fuente: Sys fmq 2021; Newrise 2022; SBN 2013

Realizado por: Orozco, F., 2023

Al buscar la universalidad del prototipo se considera el regir el análisis al tipo convencional de sillas de ruedas con posibilidades a adaptarse y ser útiles para varios modelos que normalmente se usan, por lo que con la ayuda de un modelo normalmente usado para el transporte de personas adultas con discapacidad de miembros inferiores se realiza la toma de medidas y se lo muestra en la ilustración 3-8 donde se plantea el modelado en de esta.

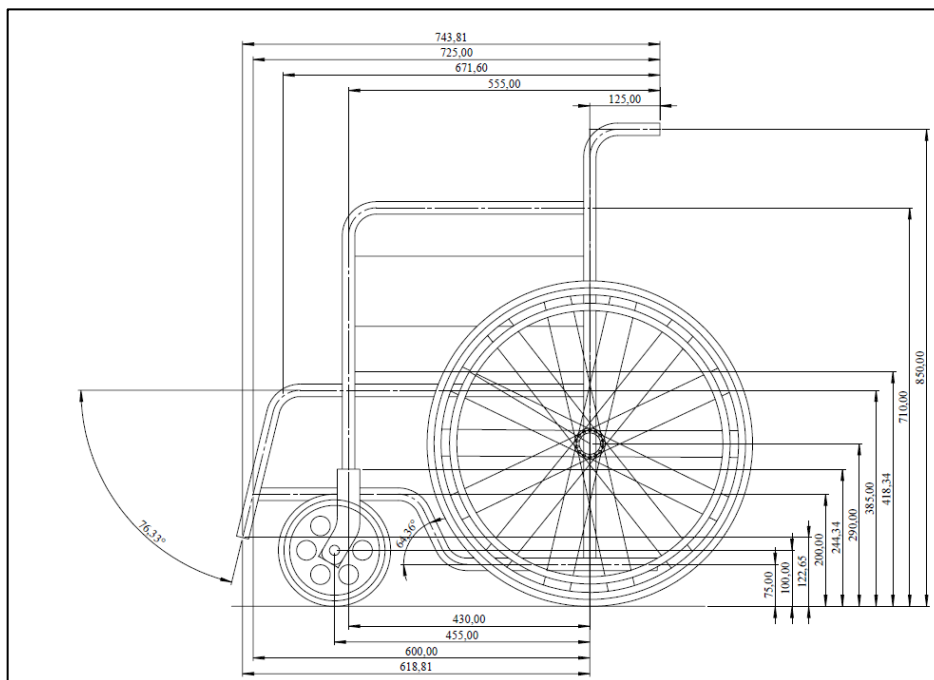


Ilustración 3-8: Dimensiones tomadas de una silla de ruedas convencional [mm]

Realizado por: Orozco, F., 2023

Es importante el notar que la silla de ruedas convencional de la cual se extrajeron las medidas presenta su bastidor con una construcción en tubo estructural de diámetro 7/8 y un ancho de asiento de 480 mm, pero también es importante el detallar que no todas las sillas de ruedas tienen las mismas dimensiones y geometría por lo que dentro de la ilustración 3-9 se muestra una ilustración que evidencia las posibles variaciones dimensionales.

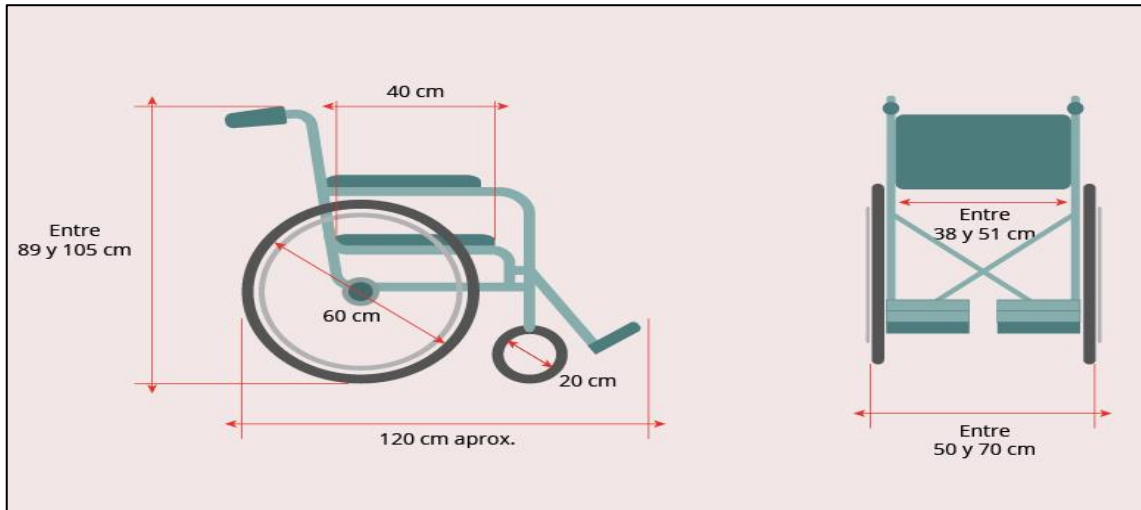


Ilustración 3-9: Dimensiones referenciales de una silla de ruedas convencional

Fuente: Jubilación, 2021

Como es posible modelar dentro de la Ilustración 3-10 se notan las fuerzas que normalmente se encuentran sobre la silla de ruedas involucradas, así la fuerza del peso de la silla, y del usuario de la silla de ruedas en un modelo estándar comúnmente usado y comercializado, el cual se puede analizar de manera correcta mediante el uso de un esquema 2D.

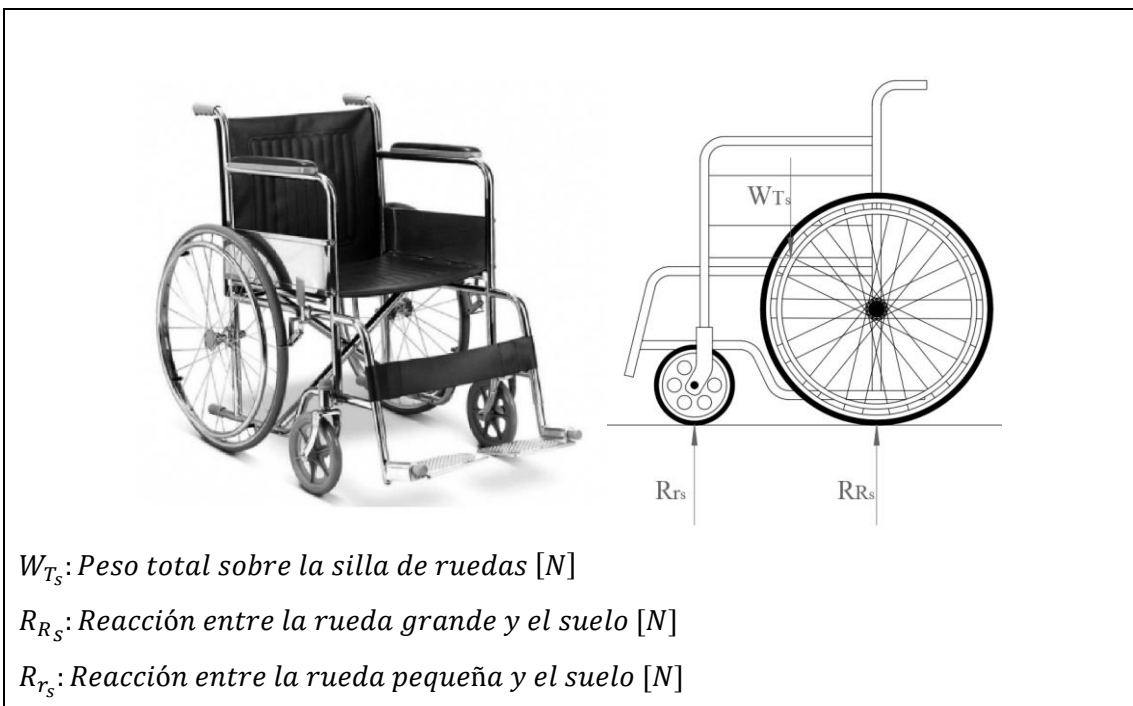


Ilustración 3-10: Esquematización de una silla de ruedas 2D

Realizado por: Orozco, F., 2023

Se nota en la Ilustración 3-10 la presencia de las reacciones entre las ruedas y el suelo producto del peso total que se encuentra sobre la silla, para el cálculo estático de la silla inicialmente se partirá por el cálculo de las reacciones en las ruedas y para ello se parte del peso total sobre la silla como se detalla en la Ecuación (1).

$$W_{T_s} = (m_{sr} + m_u) * g [N] \quad (1)$$

Donde:

m_{sr} : masa de la silla de ruedas [kg]

m_u : masa del usuario de la silla de ruedas [kg]

g : gravedad = 9,81 $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

$$W_{T_s} = (35 + 110) * (9,81)[N] = 1422,45[N]$$

Así como inicialmente se estima que el peso total se encontraría en el centro del asiento de la silla entonces las reacciones sobre las 4 ruedas serian exactamente las mismas por lo que se hace uso de la Ecuación (2).

$$R_{R_s} = R_{r_s} = \frac{W_{T_s}}{n_r} [N] \quad (2)$$

Donde:

n_r : número de ruedas

$$R_{R_s} = R_{r_s} = \frac{1422,45}{4} [N] = 355,613[N]$$

Una vez conocida la fuerza que soportan las ruedas es necesario analizar el caso cuando la silla de ruedas debe voltearse y prácticamente quedar apoyada sobre sus ruedas posteriores, para ello se hace uso de la Ecuación (2) donde solo se trabajaría con dos ruedas.

$$R_{R_s} = \frac{1422,45}{2} [N] = 711,225[N]$$

Para el efecto de cálculo es relevante el análisis de posiciones respecto al eje de rotación de la silla de ruedas como se observa en la Ilustración 3-8, la ilustración muestra un esquema del volteo de la silla de ruedas. Este esquema de manera concreta muestra al centro de la rueda posterior como el centro de rotación de la silla y se lo define como cero, así dentro del esquema (a) se muestra a la silla de ruedas con una inclinación hacia atrás nula por lo que la rueda delantera no muestra ninguna elevación del suelo, es notable que se busca el representar los puntos del centro del asiento de la silla de ruedas, el punto de anclaje del prototipo para transporte de la silla de ruedas y el punto más bajo de la rueda delantera de la silla de ruedas, pasando al caso (b) de la silla de ruedas donde puede tener una inclinación y como el punto cero es el centro de rotación es decir la silla de ruedas no tuvo desplazamiento lineal y los puntos involucrados son afectados por un ángulo de inclinación respecto a cero. Finalmente, el caso (c) es el agrupamiento de los dos casos cuando la silla de ruedas está asentada completamente en el suelo y cuando presenta una elevación de sus ruedas delanteras, así α afectaría a todas las posiciones a, b y c rotándolos hacia

a', b' y c'. Después del análisis teórico de los estados de la silla de ruedas en los casos (a) y (b) es importante la asignación de valores y mediante el uso de dimensiones del modelo convencional se los define en la Tabla 3-12 como vectores así las líneas 0a, 0b y 0c se describen como los vectores Ra, Rb y Rc respectivamente, con su magnitud medida desde el punto cero en [mm].

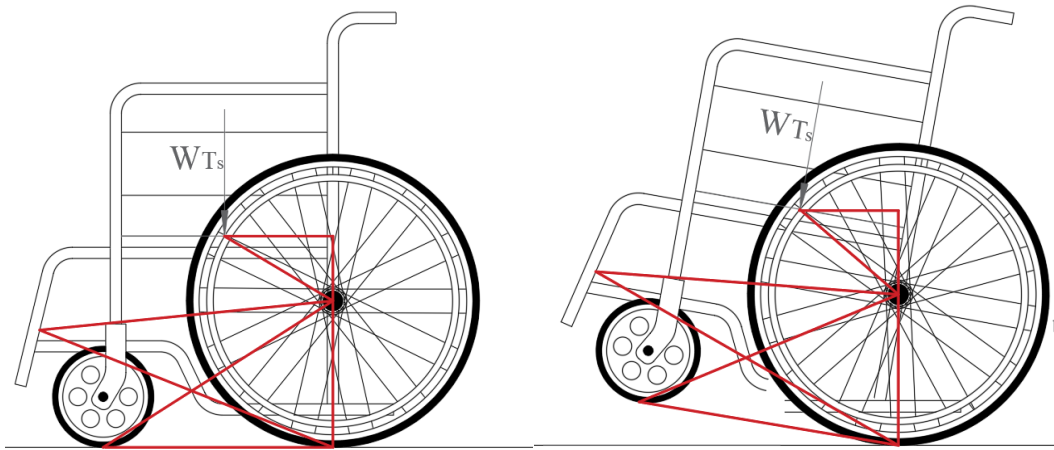


Ilustración 3-11: Esquematación de la silla de ruedas en posición normal e inclinada

Realizado por: Orozco, F., 2023

Tabla 3-12: Posiciones

Vector	Longitud	Ángulo
	[mm]	[°]
Ra	539,560	149,166
Rb	583,632	185,693
Rc	250,391	212,512

Realizado por: Orozco, F., 2023

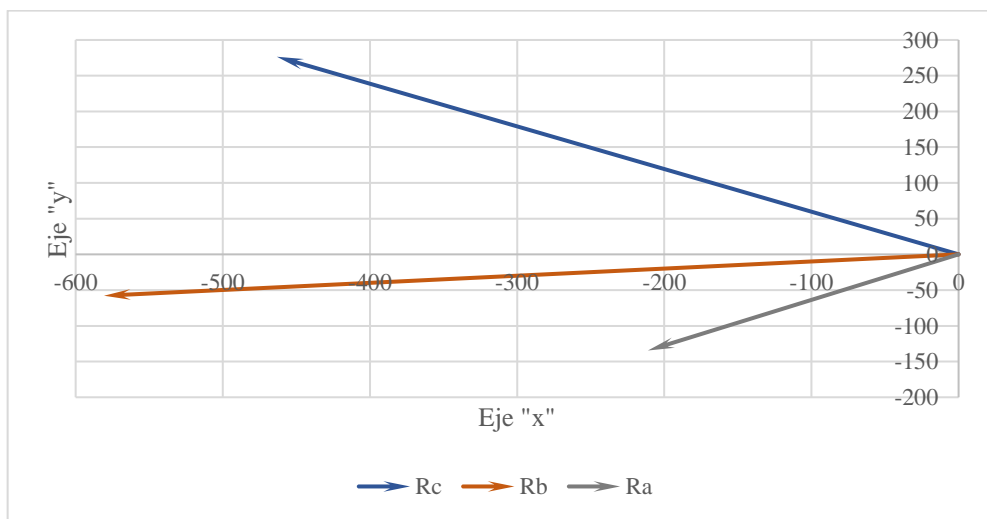


Ilustración 3-12: Representación vectorial de puntos de interés

Realizado por: Orozco, F., 2023

Considérese que se puede realizar una representación como vector debido a su característica de trayectoria en los puntos a, b y c ya que solamente se modificará el ángulo, mas no su distancia, de este modo la Ilustración 3-12 caracteriza desde el punto 0 los puntos a, b y c de interés de una manera vectorial.

Como fue posible el detallar el uso de la forma vectorial de los puntos de interés haciendo referencia a 0, la magnitud y dirección del vector, ahora numéricamente se hace el uso de las ecuaciones (3), (4) y (5) para la definición de los vectores y sus componentes tanto en “x” como en “y” en sus posiciones iniciales, caracterizando al desplazamiento angular de volteo de la silla de ruedas por poseer un valor de 0.

$$\overline{R_v} e^{j(\theta_v+\alpha)} = R_v \cos(\theta_v + \alpha) + R_v \text{sen}(\theta_v + \alpha) [mm] \quad (3)$$

$$(539,560)e^{j(149,166+0)} = (539,560) \cos(149,166 + 0) + (539,560) \text{sen}(149,166 + 0) [m]$$

Donde:

$\overline{R_v}$: Magnitud o módulo del vector [mm]

θ_v : Dirección o ángulo del vector [grados]

α : Desplazamiento angular de volteo de la silla de ruedas [grados]

$$R_{v_x} = R_v \cos(\theta_v + \alpha) [mm] \quad (4)$$

$$R_{a_x} = (539,560) \cos(149,166 + 0) [mm]$$

Donde:

R_{v_x} : Componente en “x” del vector [mm]

$$R_{v_y} = R_v \text{sen}(\theta_v + \alpha) [mm] \quad (5)$$

$$R_{a_y} = (539,560) \text{sen}(149,166 + 0) [mm]$$

Donde:

R_{v_x} : Componente en “y” del vector [mm]

El procedimiento llevado a cabo mediante el uso de las ecuaciones (3), (4) y (5) ahora se lo aplica a los tres vectores y se tiene la Tabla 3-13.

Tabla 3-13: Datos de posición según inclinación de la silla

Vector	Componentes	
	x	y
	[mm]	[mm]
Ra	-463,296	276,553
Rb	-580,753	-57,895
Rc	-211,149	-134,579

Realizado por: Orozco, F., 2023

Ahora los puntos de interés son el punto b y c donde se analiza los torques de volteo de la silla de ruedas para varios ángulos de 0 a 14 con el objeto de determinar una curva característica para el

volteo de la silla de ruedas, así se facilitan los datos para el mecanismo de elevación y anclaje de la silla de ruedas. Como se puede apreciar el valor de fuerza del peso siempre está dirigido al eje “y” de este modo se lo traduce mediante las ecuaciones siguientes:

$$\angle_w = \angle_{R_c} + 90^\circ \text{ [}^\circ\text{]} \quad (6)$$

Donde:

\angle_w : Ángulo de

$$\angle_{f_b} = \angle_{R_b} - 90^\circ \text{ [}^\circ\text{]} \quad (7)$$

$$\vec{v}_u = \cos(\angle_f) + \text{sen}(\angle_f) \text{ [-]} \quad (8)$$

$$v_{u_i} = \cos(\angle_f) \quad (9)$$

$$v_{u_j} = \text{sen}(\angle_f) \quad (10)$$

$$F_t = W_t * \cos(\angle_f) \quad (11)$$

La Tabla 3-14 de este modo presenta valores del ángulo de inclinación α , el ángulo de la fuerza en b que es perpendicular al vector b, el ángulo de la componente del peso que involucra un torque para el volteo es perpendicular al vector R_c , adicional se determina las componentes unitarias del vector de fuerza en b y se realiza un análisis de las componentes del momento requerido para el volteo de la silla de ruedas, así como la fuerza de volteo en el punto b.

$$\Sigma M_0 = 0 \quad (12)$$

$$M_W + M_{F_b} = 0 \quad (13)$$

$$F_b = \frac{M_W}{R_b} \quad (14)$$

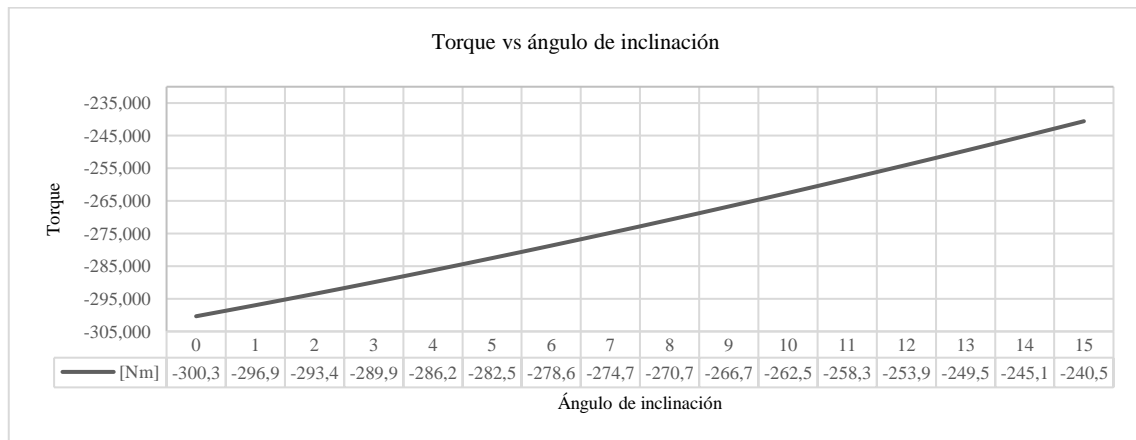


Ilustración 3-13: Gráficas de fuerza y torque vs ángulo de inclinación

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.3.2. Fuerzas

Para el análisis de las fuerzas que actúan sobre el sistema es importante considerar la subdivisión que se muestra en la Ilustración 3-3 de donde se procedería con los cálculos que se observan a continuación.

3.3.2.1. Fuerza de rozamiento

Esta fuerza se desarrolla producto de la interacción caucho-concreto, dependiendo el enfoque esta puede permitir una ventaja por el motivo de su aplicación, es decir en este caso la ventaja presentada es la posibilidad de movimiento. Para su determinación numérica es necesaria la aplicación de la Ecuación (1)

$$Fr = \mu_r * m * g * \cos(\alpha) [N] \quad (15)$$

Donde:

F_r : Fuerza de rozamiento [N]

μ_r : Coeficiente de fricción caucho – concreto (0,015)

m : masa total a mover [kg]

g : gravedad = $9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$

α : ángulo de pendiente máxima = 12[%]

$$Fr = 0,015 * 107 [kg] * 9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right] * \cos(6.85^\circ) [N] = 15,61 [N]$$

Cabe notar que esta fuerza se desarrolla al instante de arranque de la silla.

3.3.2.2. Fuerza aerodinámica

Es importante el notar que la fuerza por resistencia del aire que se ejerce sobre el prototipo se opone al movimiento de la silla por el área de contacto que se encuentra chocando de manera directa. Así el área de contacto directo se calcula de la manera que se muestra en la Ecuación (2).

$$A = a * h [m^2] \quad (16)$$

Donde:

A : área [m²]

a : ancho [m]

h : altura [m]

$$A = 0,57 [m^2]$$

Para el cálculo de la fuerza aerodinámica por otro lado se hace uso de la ecuación (3).

$$F_a = \frac{1}{2} * \rho * A * C_d * v^2 [N] \quad (17)$$

Donde:

F_a : Fuerza aerodinámica [N]

ρ : Densidad del aire $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$

C_d : coeficiente de arrastre = 0,5

v : velocidad de pendiente $\left[\frac{m}{s}\right]$

Como la aplicación se le dará a la zona urbana de la ciudad de Riobamba se toma como dato que la densidad del aire es de $0,84 \left[\frac{kg}{m^3}\right]$, y el coeficiente de arrastre caracteriza la morfología del prototipo, de este modo por ser una forma irregular se tomaría un valor de 0,5.

Tabla 3-14: Matriz morfológica

Dato	Valor	Unidad
Densidad del aire	0,84	kg/m^3
Coefficiente de arrastre	0,5	---
Velocidad de la pendiente	1,4	m/s

Realizado por: Orozco, F., 2023

$$F_a = \frac{1}{2} * 0,84 \left[\frac{kg}{m^3}\right] * 0,57[m^2] * 0,5 * \left(1,4 \left[\frac{m}{s}\right]\right)^2 [N] = 0,234 [N]$$

3.3.2.3. Fuerza de escalada

El peso total calculado será la fuerza dirigida al eje y, la cual se calcularía bajo la Ecuación (4).

$$F_{hc} = m * g * \text{sen}(\alpha) [N] \quad (18)$$

Donde:

F_{hc} : Componente de fuerza por inclinación del plano [N]

$$F_{hc} = 107 [kg] * 9,81 \left[\frac{m}{s^2}\right] * \text{sen}(6,85^\circ) [N] = 125,026 [N]$$

3.3.2.4. Fuerza de tracción

Esta fuerza hace referencia al mínimo esfuerzo que requiere el sistema de tracción para proceder al movimiento es decir la velocidad de desplazamiento y aceleración mínimas de trabajo que se estima alcanzar.

Prácticamente la fuerza de tracción considera todas las fuerzas desglosadas anteriormente, con la consideración de una fuerza adicional producida por el movimiento del prototipo, de este modo se toma de referencia el escenario más crítico, donde el prototipo deberá partir del reposo y ascender hasta una velocidad de 5 km/h al desplazarse unos 12m. de este modo se calcularía la aceleración del sistema en pendiente con la Ecuación (4).

$$a = \frac{v_f^2 - v_0^2}{2d} \left[\frac{m}{s^2}\right] \quad (19)$$

Donde:

a : aceleración en pendiente $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

3.4. Metodología para la selección de elementos del prototipo

El punto de selección de elementos del prototipo consiste en el analizar propuestas disponibles en el contexto comercial nacional que involucraría los elementos que se muestran a continuación

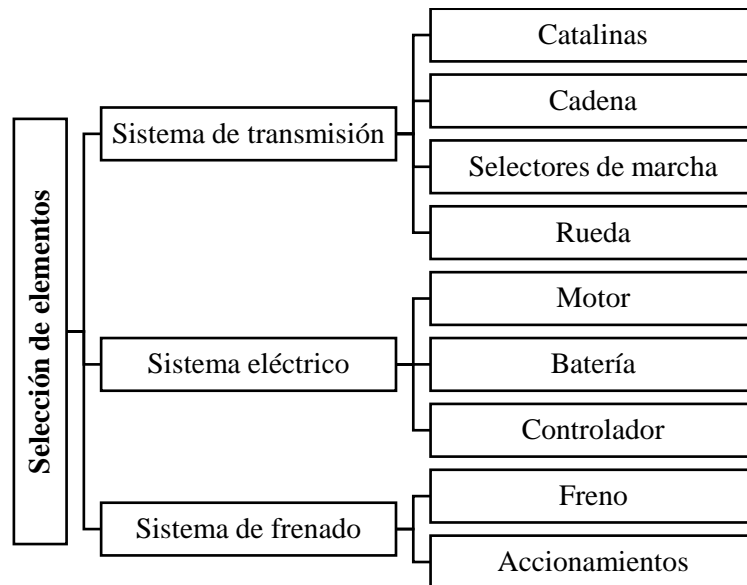


Ilustración 3-14: Selección de elementos

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.4.1. Selección de rueda

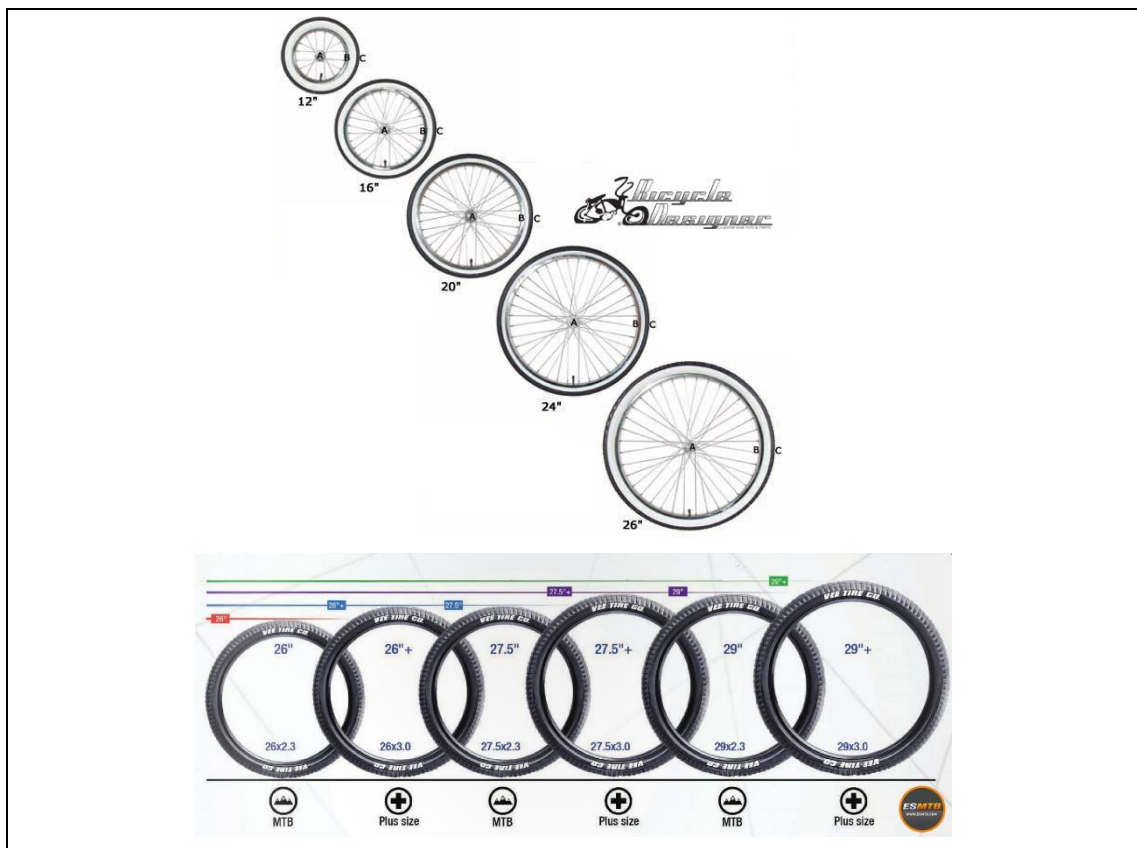


Ilustración 3-15: Ruedas comercialmente disponibles para bicicleta

Fuente: Batec movility, 2023

Aunque no lo parezca la selección del tamaño de rueda es una de las partes fundamentales del trabajo debido a que si es muy pequeña podría complicar el montaje de los elementos, así como implicaría una velocidad angular de las manivelas muy alta y si es muy grande podría dificultar

el movimiento por la fuerza que requeriría el usuario para movilizarla. Así con este preámbulo se hace relación a los tamaños comerciales que se muestran en la Ilustración x-3, donde la parte A muestra diámetros normalizados para bicicletas pequeñas y la parte B bicicletas grandes o comúnmente usadas por adultos. Es importante dentro de la selección definir los parámetros por lo que se conoce que el equipo se desarrollará bajo las condiciones de la Tabla 3-16, nótese que los valores fueron tomados de la Tabla 3-15.

Tabla 3-15: Parámetros de selección de rueda

Parámetro	Magnitud	Unidad
Velocidad inicial lineal	0	Km/h
Velocidad final lineal	25	Km/h
Potencia máxima	500	W

Realizado por: Orozco, F., 2023

Nótese que las unidades bajo las que se trabajaría no son compatibles por lo que se requiere el uso de las Ecuación (1), donde se realiza la transformación de unidades al sistema internacional. De este modo se plantea los datos de la Tabla 16-3.

$$V_{m/s} = V_{km/h} \left(\frac{5}{18} \right) \left[\frac{m}{s} \right] \quad (20)$$

Donde:

$$V_{m/s}: \text{Velocidad lineal} \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$V_{km/h}: \text{Velocidad lineal} \left[\frac{km}{h} \right]$$

De los tamaños normalizados y en función de los equipos comercialmente vendidos en otros lugares se analizará el caso de las ruedas desde 16" hasta 26". Para ello con las Ecuaciones (7), (8), (9), (10) y (11) permitirán el cálculo los valores planteados en la Tabla 3-17 donde se encuentran trabajados en sistema internacional, así como en valores que puedan tener una percepción adecuada.

$$d_{r_m} = d_{r_{inch}} (0,0254) [m] \quad (21)$$

Donde:

$$d_{r_m}: \text{diámetro de la rueda} [m]$$

$$d_{r_{inch}}: \text{diámetro de la rueda} [inch]$$

$$\omega_{r_{rad/s}} = \frac{2 * V_{m/s}}{d_{r_m}} [Rad/s] \quad (22)$$

Donde:

$$\omega_{r_{rad/s}}: \text{velocidad angular de la rueda} [Rad/s]$$

$$\omega_{r_{RPM}} = \omega_{r_{rad/s}} \left(\frac{30}{\pi} \right) [RPM] \quad (23)$$

Donde:

$\omega_{r_{RPM}}$: velocidad angular de la rueda [RPM]

$$T_{r_{N-m}} = \frac{P_W}{\omega_{r_{rad/s}}} [N - m] \quad (24)$$

Donde:

$T_{r_{N-m}}$: Torque ejercido por la rueda [N - m]

P_W : Potencia [W]

$$T_{r_{kg-m}} = \frac{T_{r_{N-m}}}{9,81} [kg - m] \quad (25)$$

Donde:

$T_{r_{Nm}}$: Torque ejercido por la rueda [kg - m]

Tabla 3-16: Análisis de los valores de velocidad y torque en función del tamaño de rueda

Diámetro		Velocidad angular final		Torque	
[inch]	[m]	[Rad/s]	[RPM]	[N-m]	[kgf-m]
16"	0,406	34,175	326,351	14,630	0,015
20"	0,508	27,340	261,081	18,288	0,019
26"	0,660	21,031	200,831	23,774	0,024

Realizado por: Orozco, F., 2023

De los datos reflejados en la Tabla 3-17 se puede observar que al tratar de una rueda de 16 se maneja una velocidad angular mayor para llegar a las condiciones de velocidad de la silla mientras que al analizar el caso de la rueda de 26" el Torque para desplazar el equipo con la potencia dada es mayor por lo que se selecciona la rueda de 20".

3.4.2. Selección de elementos del sistema de transmisión


Es importante notar que se requiere de un sistema de transmisión debido a las condiciones de trabajo, de este modo se analizará las condiciones de las Tabla 3-16 y Tabla 3-17. De las que se extrae las características de la Tabla 3-18.

Tabla 3-17: Parámetros de selección del sistema de transmisión

Parámetro	Magnitud	Unidad
Velocidad inicial lineal	0	m/s
Velocidad final lineal	6,944	m/s
Potencia máxima	500	W
Diámetro de la rueda	0,508	m
Velocidad angular final	27,340	Rad/s
Torque final	18,288	Nm

Realizado por: Orozco, F., 2023

Tabla 3-18: Características de transmisión

			
Datos generales			
Tipo de cadena		IG/HG	
Número de velocidades		21	
Cassete de platos		Cassete de piñones	
Modelo	CS-HG200-7	Modelo	CS-HG200-7
Serie	TOURNEY TZ500 Serie	Serie	TOURNEY TZ500 Serie
Tipo	HG	Tipo	HG
Número de dientes	28	Número de dientes	12
			14
			16
	18		
	21		
	24		
38	Número de dientes	28	
		30	
		32	
34			
36			
38			
48	Número de dientes	40	
		42	
		44	
46			
48			
50			

Fuente: Shimano, 2023

Realizado por: Orozco, F., 2023

Los elementos del sistema de transmisión como se muestran en la ilustración 3-3 consisten en las catalinas o estrellas, la cadena, los selectores de marcha y la rueda, este sistema básicamente crea el confort adecuado ante el requerimiento del usuario dependiendo de su capacidad de torque por lo que es importante el sistema dentro del prototipo. El análisis para aplicarse dentro de los elementos es en función del mercado esto quiere decir que se hace uso de un sistema de transmisión convencional de bicicleta adaptable al prototipo, de este modo se tiene las catalinas que se muestran en la Tabla 3-19.

De acuerdo con los datos se procede con la determinación de la relación de transmisión establecida en la Ecuación (12), además del uso de la Ecuación (13) con la que se permite la división de la velocidad angular a partes iguales, continuando con el procedimiento la Ecuación (14) permite el cálculo de la velocidad angular inicial o final en la manivela en cada caso, cabe

notar que el sistema de transmisión podrá ser usado en 3 modos debido a la cantidad de platos donde se recomendaría el ascenso, movimiento en plano y descenso del equipo mediante el plato A, B y C respectivamente que a su vez constan de 8, 38 y 48 dientes.

Es importante también considerar que mediante la Ecuación (15) se permite el cálculo del torque en cada punto de velocidad conociendo la potencia. Así también ya con la determinación del torque se hace posible el cálculo de la fuerza tangencial a las manivelas haciendo uso de la Ecuación (16). Finalmente se grafican los datos en las Ilustración 3-17, Ilustración 3-18 e Ilustración 3-19 haciendo uso de los datos plasmados en la Tabla 3-20, se realiza el análisis donde se alcanza la velocidad final de 25km/h.

$$i = \frac{N_{plato}}{N_{piñon}} \quad (26)$$

Donde:

i : relación de transmisión

N_{plato} : Número de dientes del plato

$N_{piñon}$: Número de dientes del piñon

$$\omega_{rcrad/s} = \frac{\omega_{rad/s}}{n_{piñones}} \left[\frac{rad}{s} \right] \quad (27)$$

Donde:

$\omega_{rcrad/s}$: División de velocidad angular por cambio [rad/s]

$n_{piñones}$: Número de piñones

$$\omega_{mrad/s} = \frac{\omega_{srad/s}}{i} \left[\frac{rad}{s} \right] \quad (28)$$

Donde:

$\omega_{mrad/s}$: Velocidad angular de la manivela $\left[\frac{rad}{s} \right]$

$\omega_{srad/s}$: Velocidad angular de salida a la rueda (inicial o final) $\left[\frac{rad}{s} \right]$

$$T_{mNm} = \frac{P_W}{\omega_{mrad/s}} \left[\frac{rad}{s} \right] \quad (29)$$

Donde:

T_{mNm} : División de velocidad angular por cambio [rad/s]

$n_{piñones}$: Número de piñones

$$F_{mNm} = \frac{2 * T_{mNm}}{d_{r_m}} [N] \quad (30)$$

Donde:

$\omega_{rcrad/s}$: División de velocidad angular por cambio [rad/s]

$n_{piñones}$: Número de piñones

Tabla 3-19: Cálculos del uso de la transmisión

	No. Dientes		Relación de transmisión.	No. Cambio	Velocidad angular de la rueda		Velocidad angular de la manivela		Torque		Fuerza tangencial	
	Plato	Piñón			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
	[-]	[-]	[-]	[-]	[rad/s]	[rad/s]	[rad/s]	[rad/s]	[N m]	[N m]	[N]	[N]
Marchas para ascenso	28	28	1,000	A1	0,000	3,906	0,000	3,906	0,000	56,331	0,000	352,067
		24	1,167	A2	3,906	7,811	3,348	6,695	65,711	32,860	410,693	205,372
		21	1,333	A3	7,811	11,717	5,858	8,787	37,554	25,036	234,712	156,474
		18	1,556	A4	11,717	15,622	7,532	10,043	29,207	21,906	182,546	136,915
		16	1,750	A5	15,622	19,528	8,927	11,159	24,645	19,716	154,030	123,223
		14	2,000	A6	19,528	23,433	9,764	11,717	22,532	18,777	140,823	117,356
		12	2,333	A7	23,433	27,339	10,043	11,717	21,906	18,777	136,915	117,356
Marchas para plano	38	28	1,357	B1	0,000	3,906	0,000	2,878	0,000	76,449	0,000	477,805
		24	1,583	B2	3,906	7,811	2,467	4,933	89,179	44,595	557,369	278,719
		21	1,810	B3	7,811	11,717	4,317	6,475	50,966	33,977	318,537	212,358
		18	,111	B4	11,717	15,622	5,550	7,400	39,639	29,730	247,741	185,813
		16	2,375	B5	15,622	19,528	6,578	8,222	33,446	26,757	209,040	167,232
		14	2,714	B6	19,528	23,433	7,195	8,633	30,579	25,483	191,118	159,268
		12	3,167	B7	23,433	27,339	7,400	8,633	29,730	25,483	185,813	159,268
Marchas para descenso	48	28	1,714	C1	0,000	3,906	0,000	2,278	0,000	96,567	0,000	603,543
		24	2,000	C2	3,906	7,811	1,953	3,906	112,647	56,331	704,045	352,067
		21	2,286	C3	7,811	11,717	3,417	5,126	64,378	42,919	402,363	268,241
		18	2,667	C4	11,717	15,622	4,394	5,858	50,070	37,554	312,936	234,711
		16	3,000	C5	15,622	19,528	5,207	6,509	42,248	33,798	264,051	211,240
		14	3,429	C6	19,528	23,433	5,696	6,835	38,626	32,189	241,412	201,181
		12	4,000	C7	23,433	27,339	5,858	6,835	37,554	32,189	234,712	201,181

Realizado por: Orozco, F., 2023

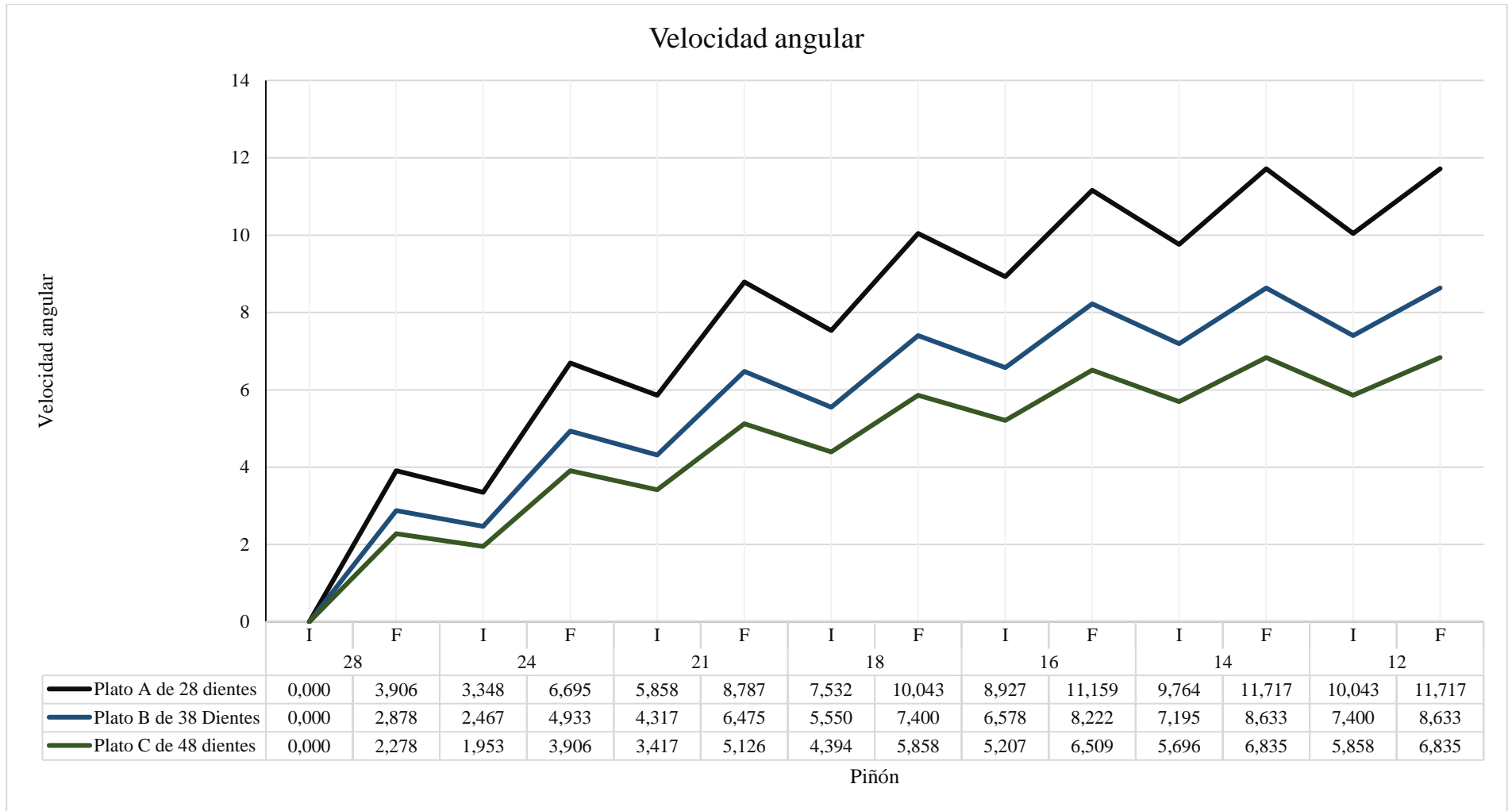


Ilustración 3-16: Gráfica de velocidad angular vs número de dientes del piñón

Realizado por: Orozco, F., 2023

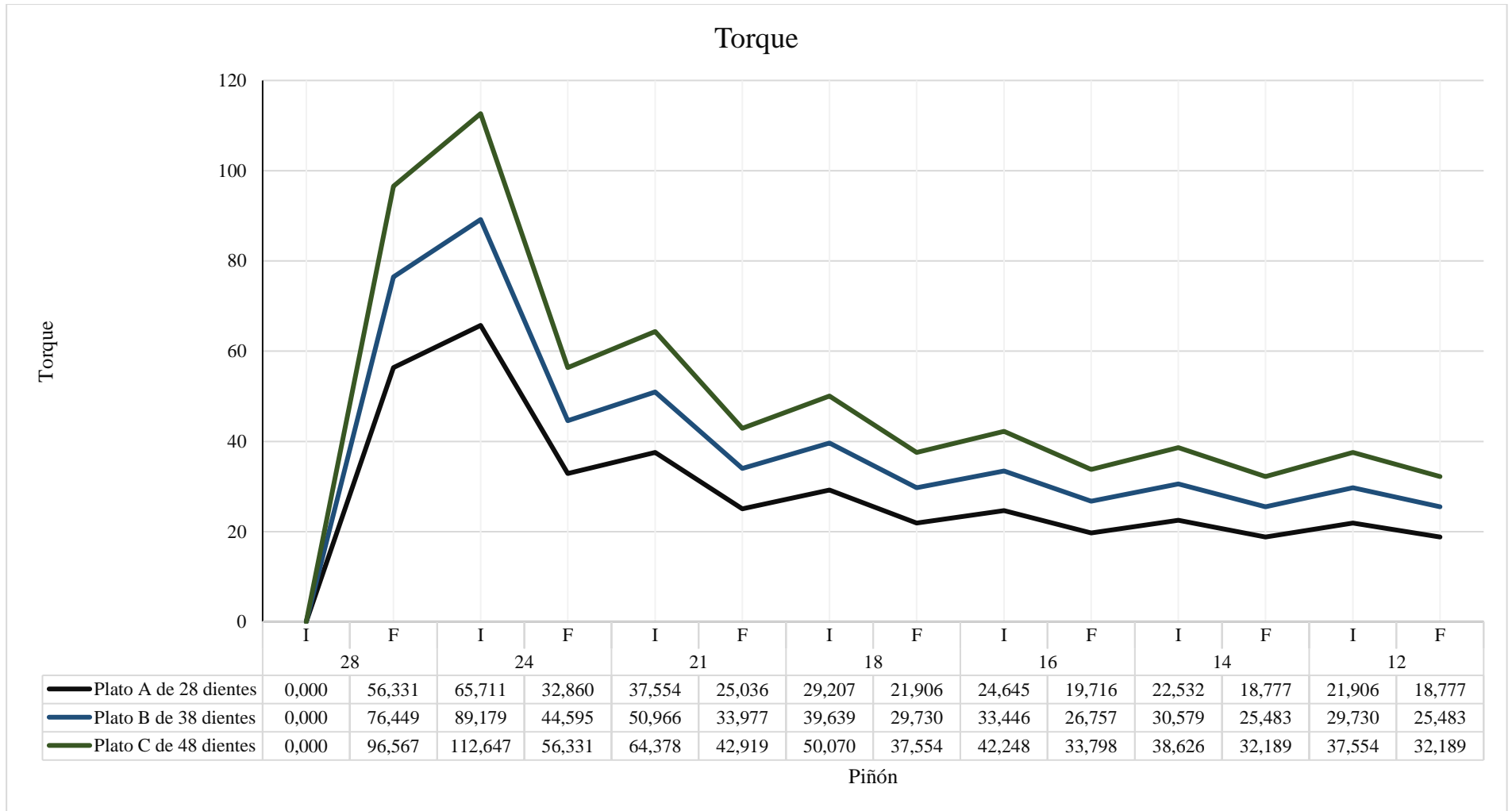


Ilustración 3-17: Gráfica de torque en manivela vs número de dientes del piñón

Realizado por: Orozco, F., 2023

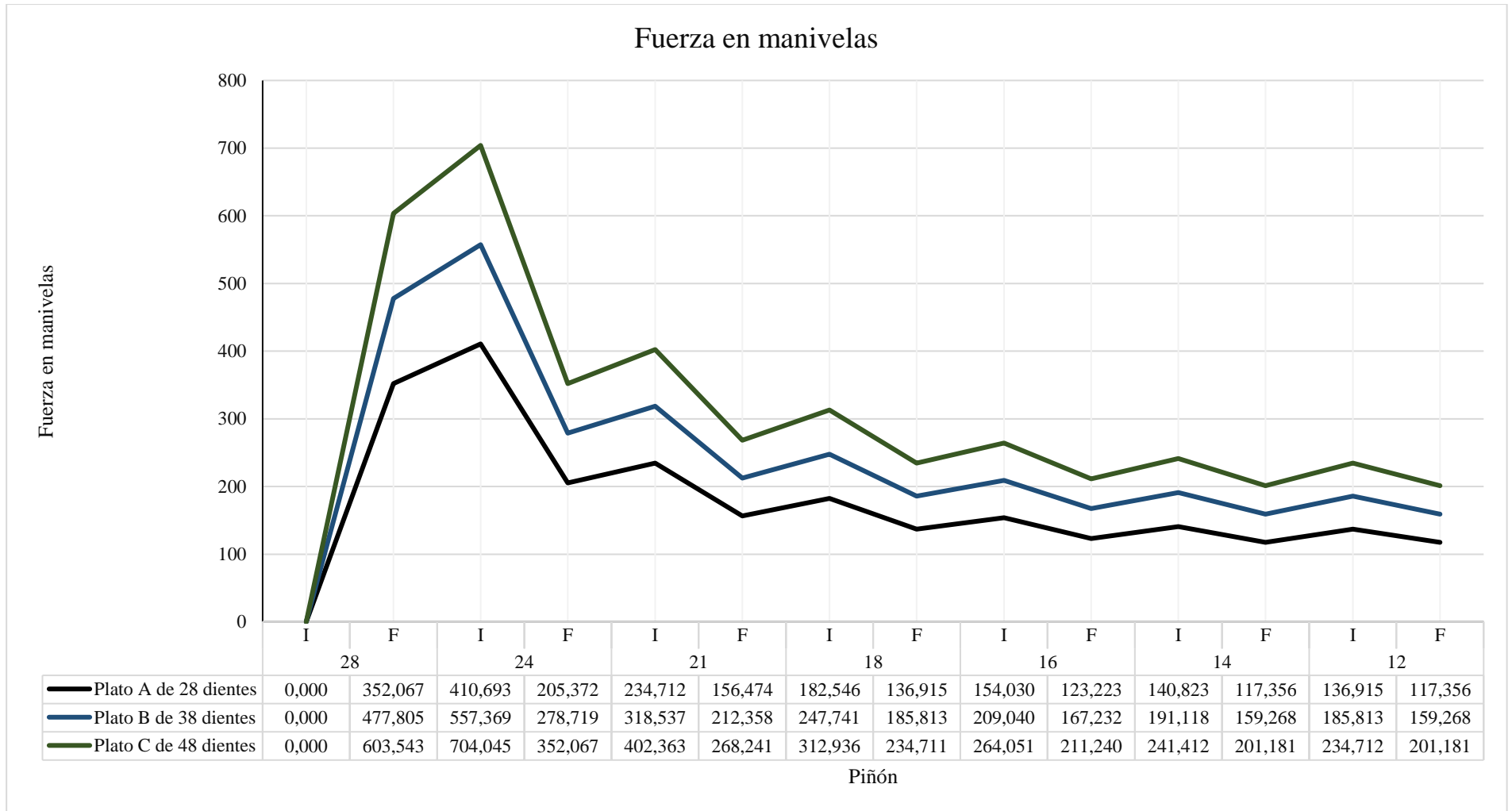


Ilustración 3-18: Gráfica de fuerza en manivelas vs número de dientes del piñón

Realizado por: Orozco, F., 2023

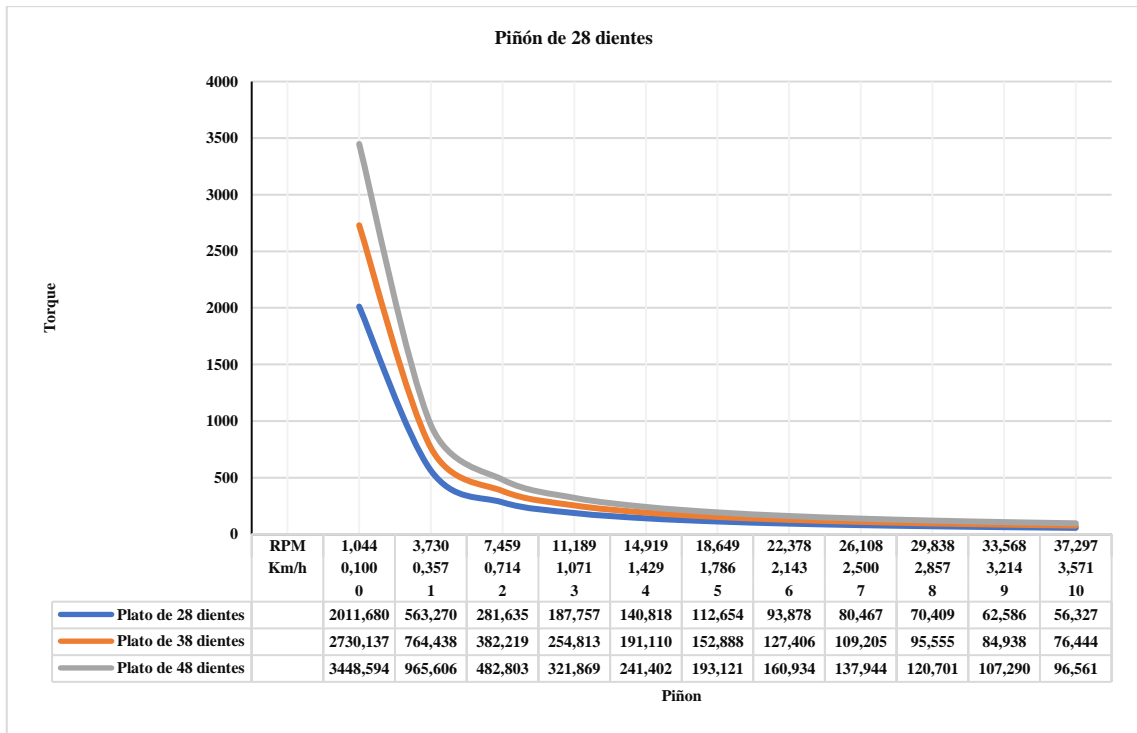


Ilustración 3-19: Gráfica torque vs velocidad angular para el piñón de 28 dientes

Realizado por: Orozco, F., 2023

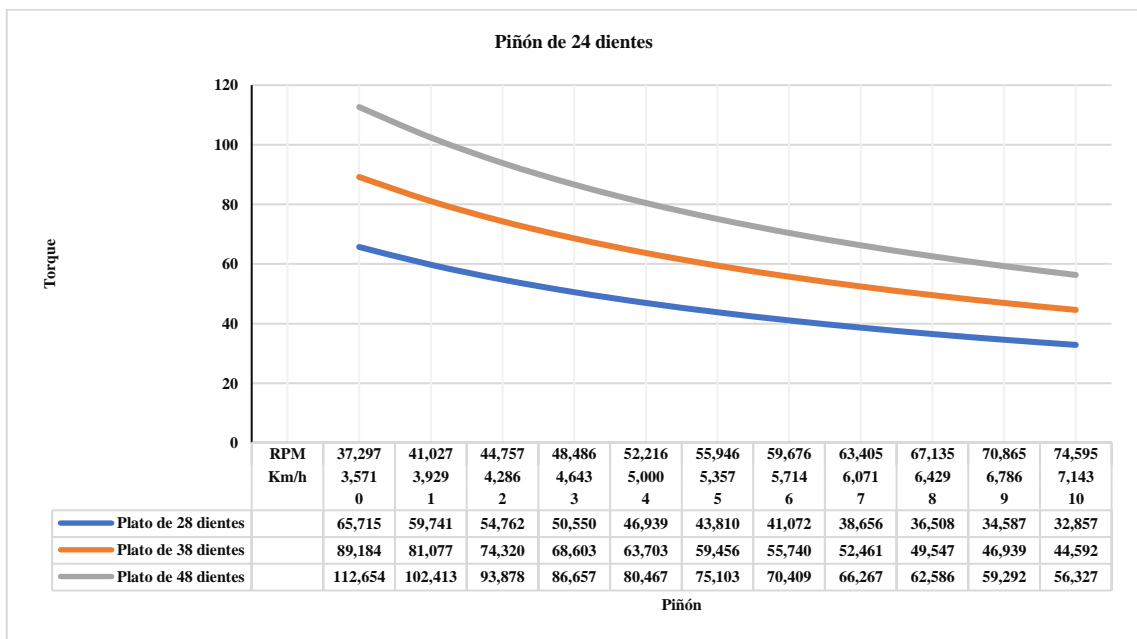


Ilustración 3-20: Gráfica torque vs velocidad angular para el piñón de 24 dientes

Realizado por: Orozco, F., 2023

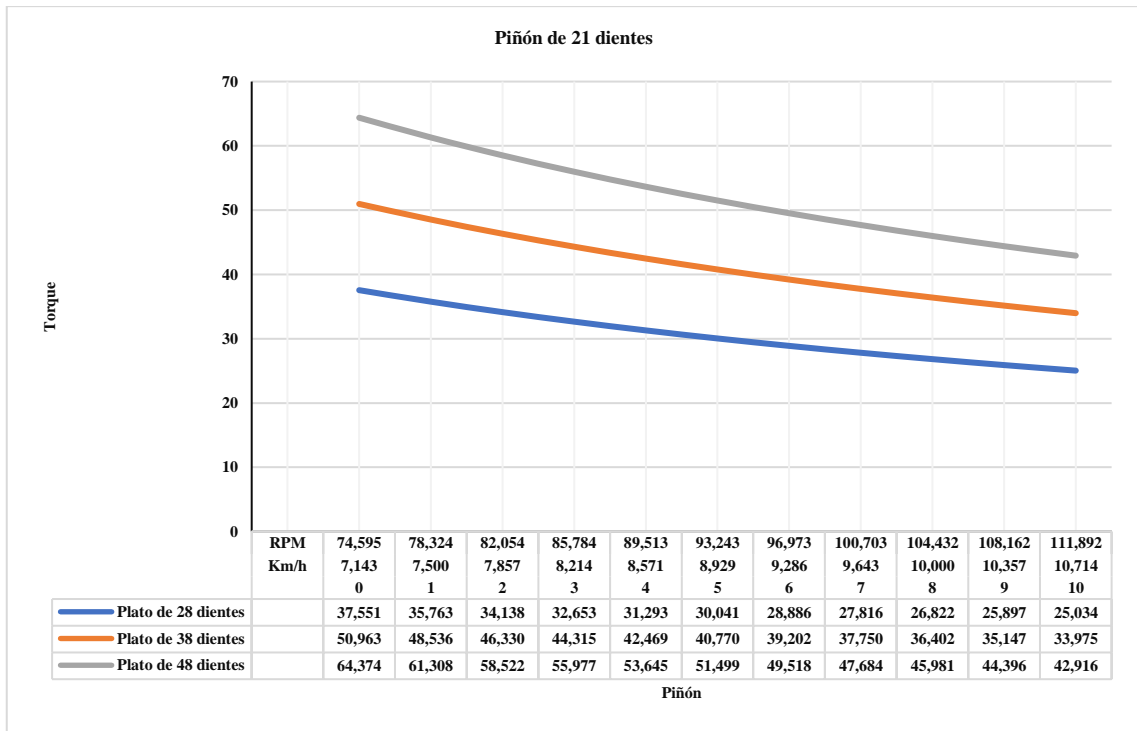


Ilustración 3-21: Gráfica torque vs velocidad angular para el piñón de 21 dientes

Realizado por: Orozco, F., 2023

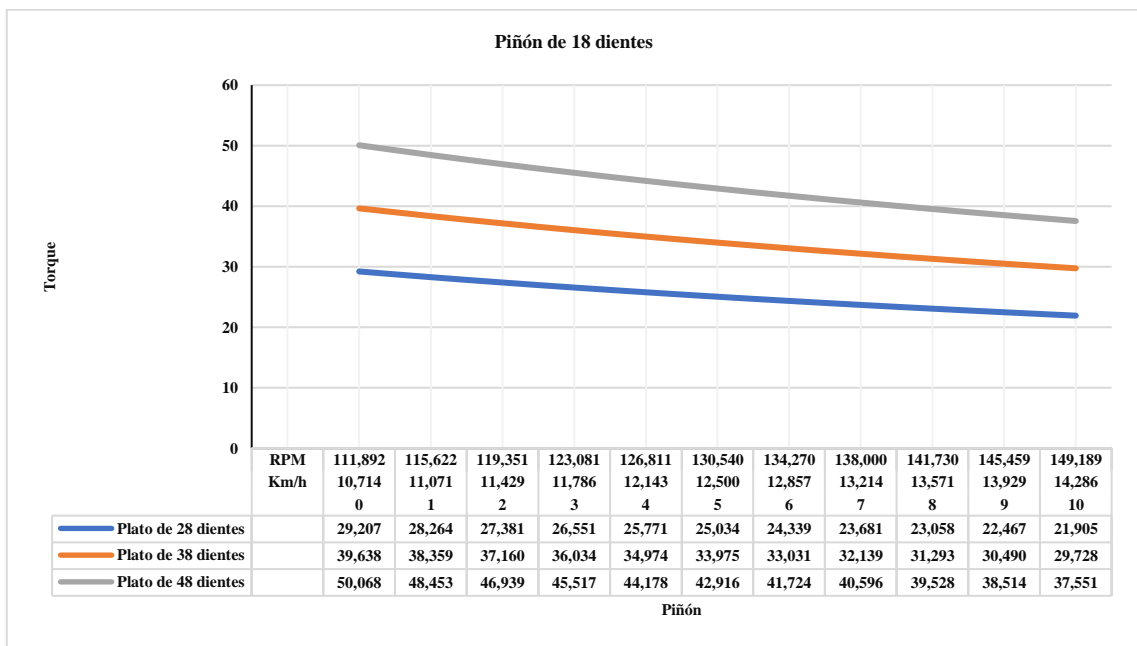


Ilustración 3-22: Gráfica torque vs velocidad angular para el piñón de 18 dientes

Realizado por: Orozco, F., 2023

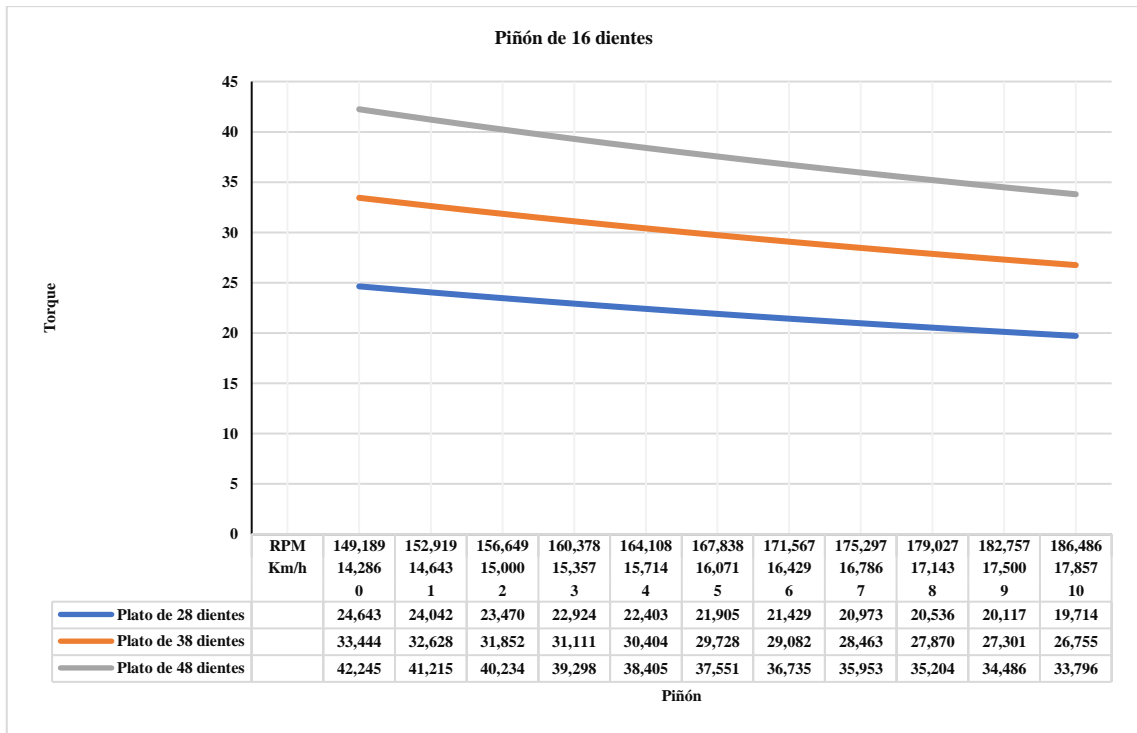


Ilustración 3-23: Gráfica torque vs velocidad angular para el piñón de 16 dientes

Realizado por: Orozco, F., 2023

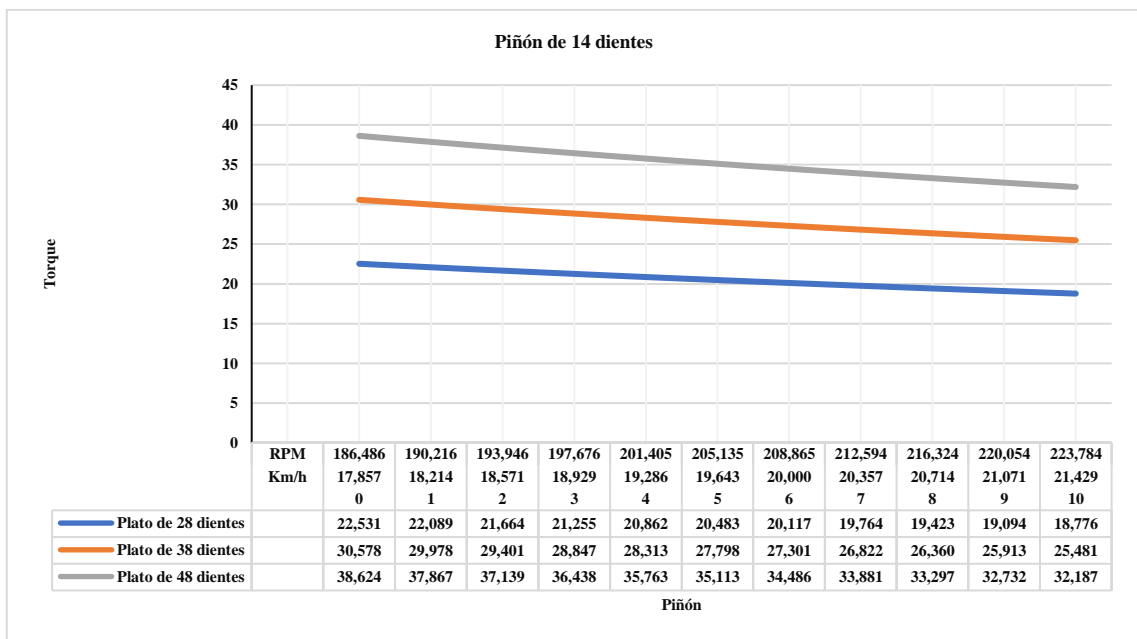


Ilustración 3-24: Gráfica torque vs velocidad angular para el piñón de 14 dientes

Realizado por: Orozco, F., 2023

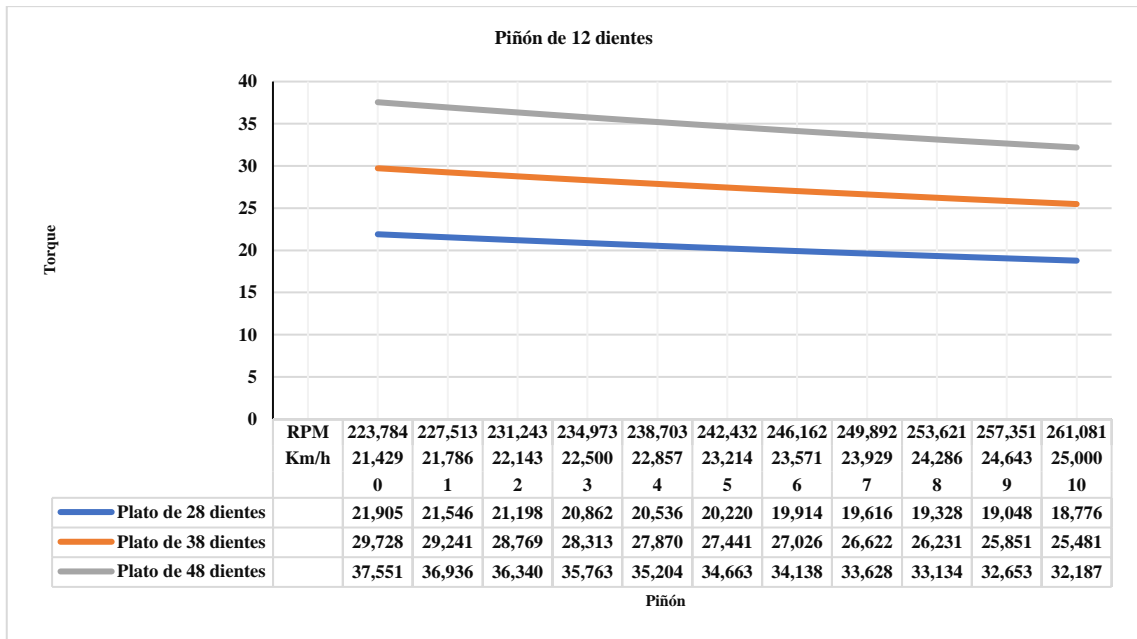


Ilustración 3-25: Gráfica torque vs velocidad angular para el piñón de 12 dientes

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.4.3. Selección del sistema eléctrico

El análisis del sistema eléctrico no puede faltar, sin embargo, el punto focal del análisis es el motor ya que los sistemas comerciales o kits de montaje principalmente están dados de acuerdo con el requerimiento de potencia producida por el motor, de este modo se hace uso de los datos arrojados, es importante notar que la potencia nominal de selección del motor eléctrico deberá bordear entre 3 a 5 veces la potencia requerida del equipo así se toman en cuenta los datos de selección de la Tabla 3-21.

Tabla 3-20: Datos de selección de motor

Características	Valores	Unidades
Potencia del sistema	270	W
Potencia mínima de selección	810	W
Potencia máxima de selección	1350	W

Realizado por: Orozco, F., 2023

Se encuentra el kit comercialmente disponible dado por la empresa MagnetX que ubicaría un valor medio de potencia entre la mínima y máxima de selección el cual es el kit de 1000W que se detalla en la Tabla 3-22.

De este kit se hace un análisis de parámetros de torque y velocidad que permitiría el motor al entrar en funcionamiento por lo que se desarrollan las curvas características del motor, para ello se iniciaría por detallar que el sistema permite un rango de 0 a 55 km/h que se los podría distribuir en de manera adecuada así como la velocidad angular del sistema, para ello se hace uso de la Ecuación (16) símil a la Ecuación (8) donde el número de piñones se tratará como el número de divisiones que se requiere ilustrar para una apreciación de la curva característica del motor,

posterior a ello se hace la conversión de la velocidad angular en RPM con el uso de la Ecuación (17) para finalmente detallar el torque con el uso de la Ecuación (18).

Tabla 3-21: Especificaciones técnicas del kit de conversión eléctrica

Kit de conversión eléctrica de 1000W		
Motor		
Ítem	1	
Potencia	1000	W
Controlador		
Ítem	2	
Tipo de onda	Senoidal	---
Eficiencia	94	%
Potencia	1000	W
Velocidad máxima	55	km/h
Batería de litio		
Ítem	3	
Autonomía	55 a 60	km
Voltaje	48	V
Composición química	Iones de litio	
Peso	4,1	kg
Tamaño	368x113x90	mm
Descarga estándar	25	A
Corriente máxima	35	A
Vida a ciclos de descarga	800	Veces

Tiempo de carga	3 a 4	h
Cargador		
Ítem	4	
Tensión	48	V
Corriente	2	A

Fuente: Batec movility 2023

Realizado por: Orozco, F., 2023

Así los valores dentro de la Tabla 21-3, se obtuvieron en base a las siguientes ecuaciones:

$$V_{L_{km/h}} = \frac{V_{L_{max}}}{n_{divisiones}} \left[\frac{km}{h} \right] \quad (31)$$

Donde:

$V_{L_{km/h}}$: División de velocidad angular por cambio [rad/s]

$V_{L_{max}}$: Velocidad lineal máxima [km/h]

$n_{divisiones}$: Número de divisiones

Es importante el notar que la Ecuación (16) se calculará con el uso de 10 divisiones, es decir 11 puntos de análisis.

$$\omega_{m_p[RPM]} = \frac{V_{L_{punto}} \left[\frac{km}{h} \right] \left(\frac{5}{18} \right)}{d_{r_m} [m]} \left(\frac{30}{\pi} \right) [RPM] \quad (32)$$

Donde:

$\omega_{m[RPM]}$: Velocidad angular del motor en el punto [RPM]

$V_{L_{punto}}$: Velocidad lineal en el punto de análisis [km/h]

$n_{divisiones}$: Número de divisiones

$$T_{m_{p_{N-m}}} = \frac{P_{n_m}}{\omega_{m_p[RPM]} \left(\frac{30}{\pi} \right)} \left[\frac{km}{h} \right] \quad (33)$$

Donde:

$T_{m_{p_{N-m}}}$: Torque del motor en el punto [N – m]

P_{n_m} : Potencia nominal del motor [W]

La construcción de la curva característica del motor implica representar gráficamente la relación entre la velocidad lineal y angular del motor, así como el torque generado en función de un punto de referencia que puede variar de 0 a 10. Esta representación proporciona una visión clara de cómo el motor responde a diferentes demandas de carga y velocidad. A medida que se aumenta la velocidad angular, el torque del motor generalmente disminuye, reflejando la relación inversa entre velocidad y torque en muchos tipos de motores. Sin embargo, la forma específica de la curva puede variar según el diseño y las características del motor, lo que refleja su eficiencia y capacidad para adaptarse a diferentes condiciones de operación.

Tabla 3-22: Datos de construcción de la curva característica del motor

Punto	Velocidad		Torque
	Lineal	Angular	
	km/h	RPM	Nm
0	0	0	0
1	5,500	57,438	166,255
2	11,000	114,876	83,127
3	16,500	172,313	55,418
4	22,000	229,751	41,564
5	27,500	287,189	33,251
6	33,000	344,627	27,709
7	38,500	402,065	23,751
8	44,000	459,502	20,782
9	49,500	516,940	18,473
10	55,000	574,378	16,625

Realizado por: Orozco, F., 2023

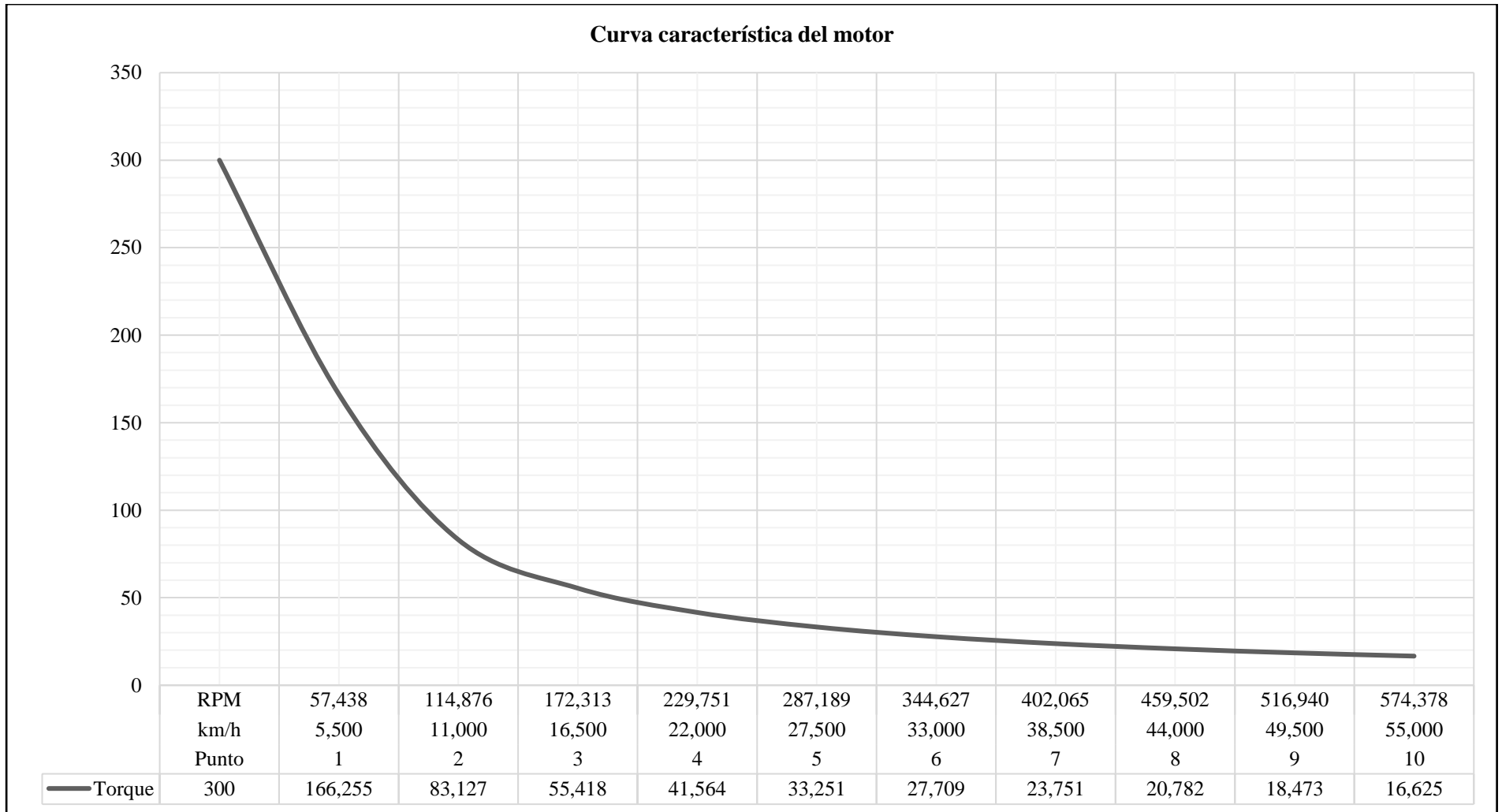


Ilustración 3-26: Gráfica de fuerza en manivelas vs número de dientes del piñón

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.4.4. Selección del sistema de frenado

El sistema de frenado en este caso particular requiere del uso de un disco de bicicleta y pinza como el que se encuentra en la Ilustración 3-28, de este modo, se procura la selección correcta siguiendo el procedimiento detallado. El disco de freno se usa en diversas aplicaciones en medios de transporte y para hacer una correcta estimación del tipo de disco requerido se inicia por definir los parámetros de entrada que definirán al sistema.

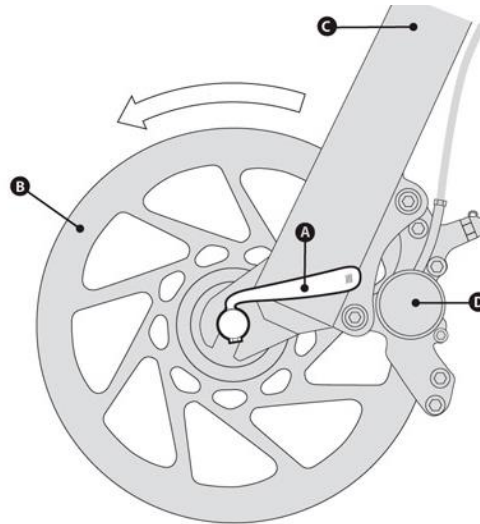


Ilustración 3-27: Sistema de freno de disco

Fuente: Batec movility, 2023

3.4.4.1. Datos de entrada

Es importante mencionar por los datos de entrada que se requiere de la velocidad angular máxima que puede tener el sistema, la desaceleración requerida en función del tiempo de frenado, el coeficiente de fricción acero-asbesto, es decir involucrar una potencia de frenado.

Cabe destacar que el sistema de frenado por disco es una manera recomendable para sistemas de bicicleta por el área de contacto entre el disco y el material de la pastilla de freno a diferencia de los frenos de tijera con pastillas de caucho.

En la Tabla 3-24 se listan los datos de entrada que permitirían el análisis del sistema de frenado que se incluiría dentro del prototipo.

Tabla 3-23: Datos de entrada para el sistema de frenado

Dato:	Valor	Unidad
Coeficiente de fricción	0,35-0,45	---
Tiempo de frenado	90	s
Velocidad angular máxima	60,149	Rad/s
Velocidad tangencial máxima	15,278	m/s
Torque	16,625	N-m

Realizado por: Orozco, F., 2023

Normalmente el uso de frenos de disco es algo imprescindible para equipos de transporte por lo que existe una variedad de sistemas normalizados por varias marcas, es importante notar que el disco de freno trabaja aprovechando el fenómeno físico de fricción entre materiales. Comercialmente existen sistemas con disco de 200mm, 180mm, 160mm y 140mm de diámetro como los mostrados en la Ilustración 3-29 de entre los que se podría trabajar para lo que se realiza el análisis de cada uno y se establece la opción más viable.

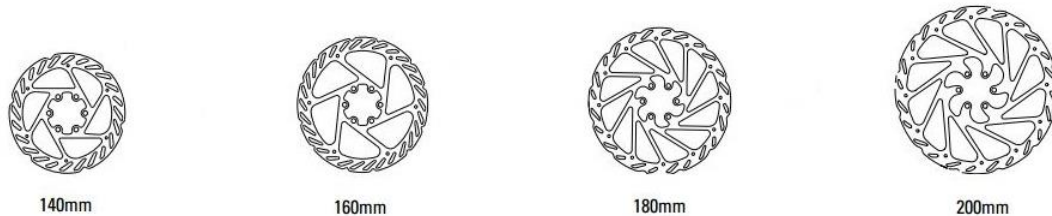


Ilustración 3-28: Gráfica de fuerza en manivelas vs número de dientes del piñón

Fuente: Batec movility, 2023

Como se puede apreciar, la sección de acción del freno se define por la pastilla la cual cubrirá la parte de interés de contacto con el disco, dentro de la Tabla 3-25, a su vez se tomaría de dato el caso más crítico para la disminución de velocidad del sistema el cual sería cuando el motor se encuentre a su máxima velocidad angular, así en este punto el motor se desconectaría y se procuraría una división súbita de la velocidad angular hasta anular el movimiento.

Tabla 3-24: Datos de los discos comerciales

Característica		1	2	3	4	Unidad
Diámetro	Exterior	200	180	160	140	[mm]
	Nominal	200	180	160	140	[mm]
	Interior	167	147	127	107	[mm]
	Medio	183,5	163,5	143,5	123,5	[mm]
Longitud de acción		16,5	16,5	16,5	16,5	[mm]

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.5. Selección de las características del producto para su construcción

Analizando las características establecidas por el usuario el enfoque del prototipo debería tomar especial consideración sobre las características funcionales sin dejar de lado las económicas, de confiabilidad, las ergonómicas y las físicas, de este modo el producto debe tener la mínima cantidad de elementos con la mayor utilidad y versatilidad frente a la necesidad, adicional se definirá al producto con las características específicas que se destacan en la Ilustración 3-29.

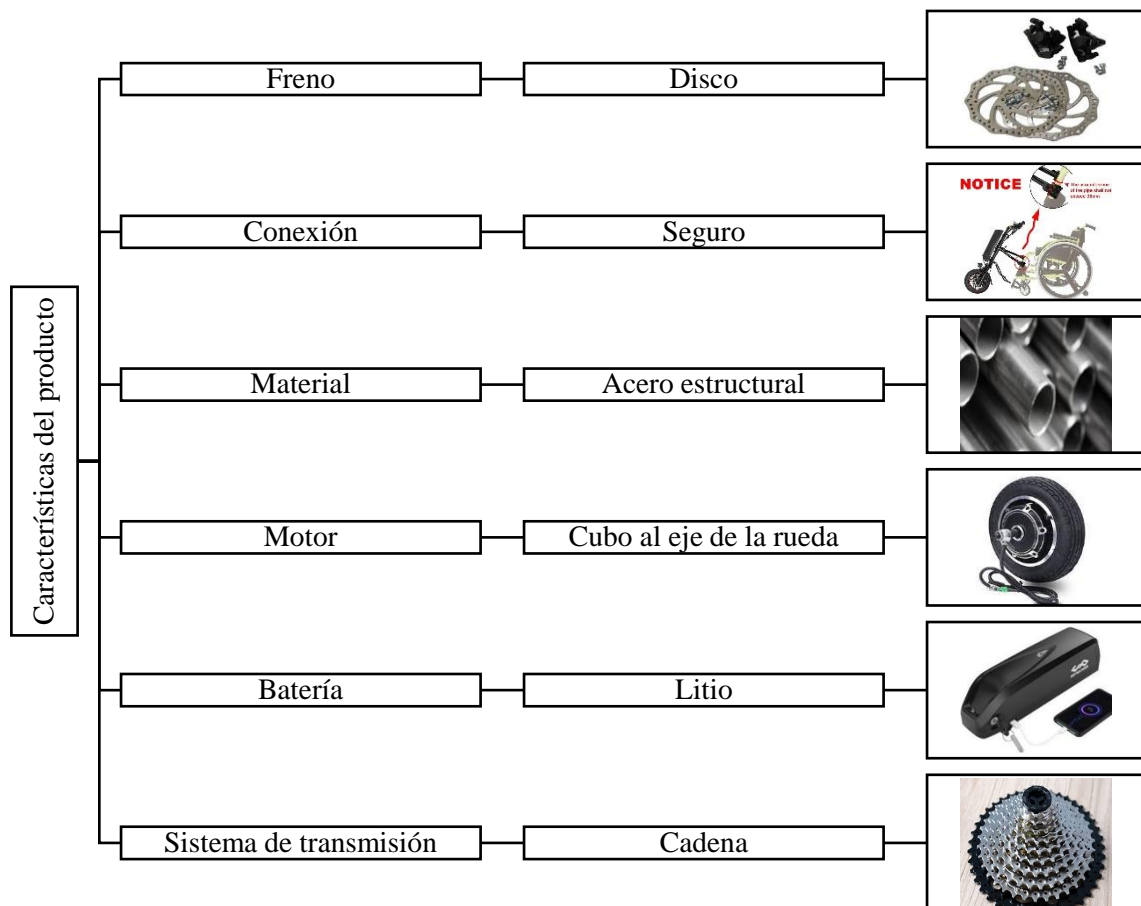


Ilustración 3-29: Características posibles para usuarios del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

Es importante notar que para fortalecer la decisión del tipo de componentes que serán parte del modelo se analizaron 3 diferentes fabricantes que despuntan dentro del tipo de prototipos híbridos para impulsión de sillas de ruedas, en su gran mayoría coinciden en su geometría y características físicas y de componentes. Posterior al desarrollo del análisis funcional se requiere de la interpretación y traducción del ingeniero en diseño para tomarlos como datos útiles para el posterior planteamiento de una propuesta y un desarrollo constructivo.

Los requerimientos funcionales del equipo quedaron definidos de manera que se establece los detalles mínimos que el sistema deberá cumplir para su correcto funcionamiento, así se detallan datos funcionales y datos geométricos, de este modo se detallan en la Ilustración 3-30. Cabe destacar que los datos funcionales definirían la velocidad máxima de trabajo, la capacidad de carga del equipo, el material usado para el bastidor entre otros parámetros que serían de utilidad más adelante.

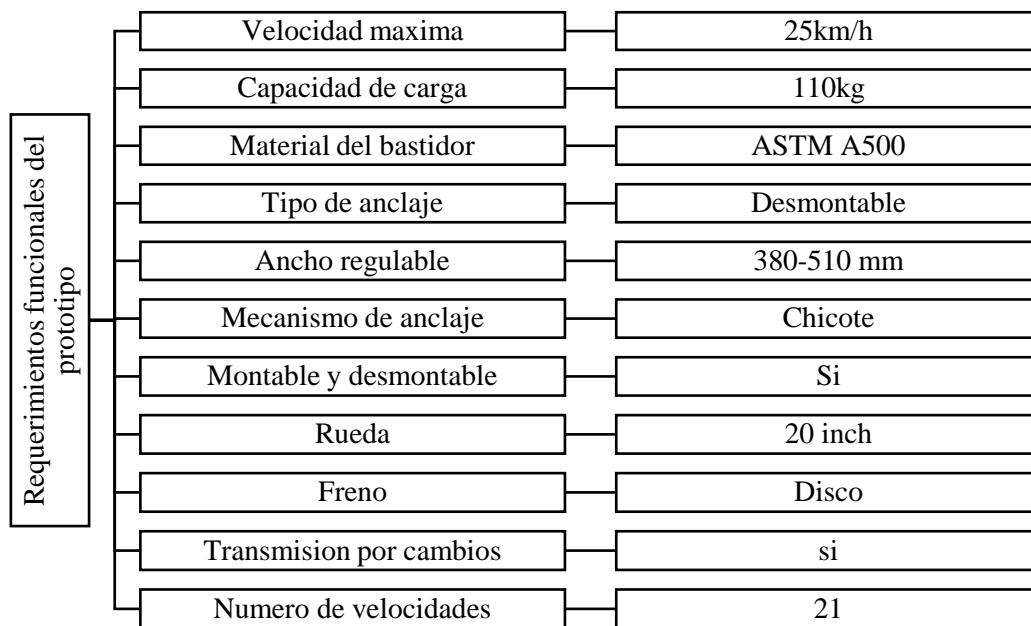


Ilustración 3-30: Especificaciones de funcionamiento del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.6. Selección de elementos para la construcción

La parte de selección de componentes u elementos culmina con la descripción de los equipos empleados para el montaje del prototipo, así quedarán descritos cada uno de los ítems que se adquirieron mediante kits con la ayuda de tablas de resumen de descripción completa de sus elementos.

3.6.1. Resultados de selección de rueda

Tabla 3-25: Resultado de selección de rueda

Kit de rueda de 20" Bicimex	
Componentes	Cantidad
Radios de rueda	36
Tuercas de radios	36
Aro 20"	1
Tubo de aire 20"x 2,125"	1
Llanta 20"x 2,125"	1

Realizado por: Orozco, F., 2023

El punto de resultados de selección de la rueda arrojo el kit para rueda de 20 pulgadas de diámetro nominal, el cual queda resumido a la Tabla 3-25 donde se describen sus componentes y sus cantidades requeridas, es importante el notar que el tamaño de rueda y numero de radios va ligado de manera directa al cubo del motor eléctrico seleccionado.

3.6.2. Construcción del sistema de transmisión

El sistema de transmisión adquirido, previamente seleccionado mediante el marco metodológico el cual con el uso de la Tabla 3-26 resume la cantidad de componentes que lo conforman.

Tabla 3-26: Resultado de selección de transmisión

Kit Shimano Tourney tz	
Componentes	Cantidad
Cassete de piñones SHIMANO MF-TZ500-7	1
Cassete de platos + bielas SHIMANO FC-TY301	1
Cadena SHIMANO CN-IG51	1
Selector de cambios SHIMANO ST-EF500	2
Desplazador de cadena del piñón RD-TY300	1
Desplazador de cadena del plato FD-TY500	1
Rodamiento de montaje de bielas SHIMANO BB-UN101	1

Realizado por: Orozco, F., 2023

El kit de transmisión vino conformado por los elementos de la Ilustración 3-31 los cuales podrían montarse de acuerdo con las especificaciones de fabricante.



Ilustración 3-31: Elementos del kit Shimano Tourney TZ

Realizado por: Orozco, F., 2023

Esta transmisión usada de la manera correcta se registrará a las curvas características que se muestran en la Ilustración 3-32 ya al encontrarse en funcionamiento, donde se estima que los cambios se deberían realizar cada 3,57 km/h.

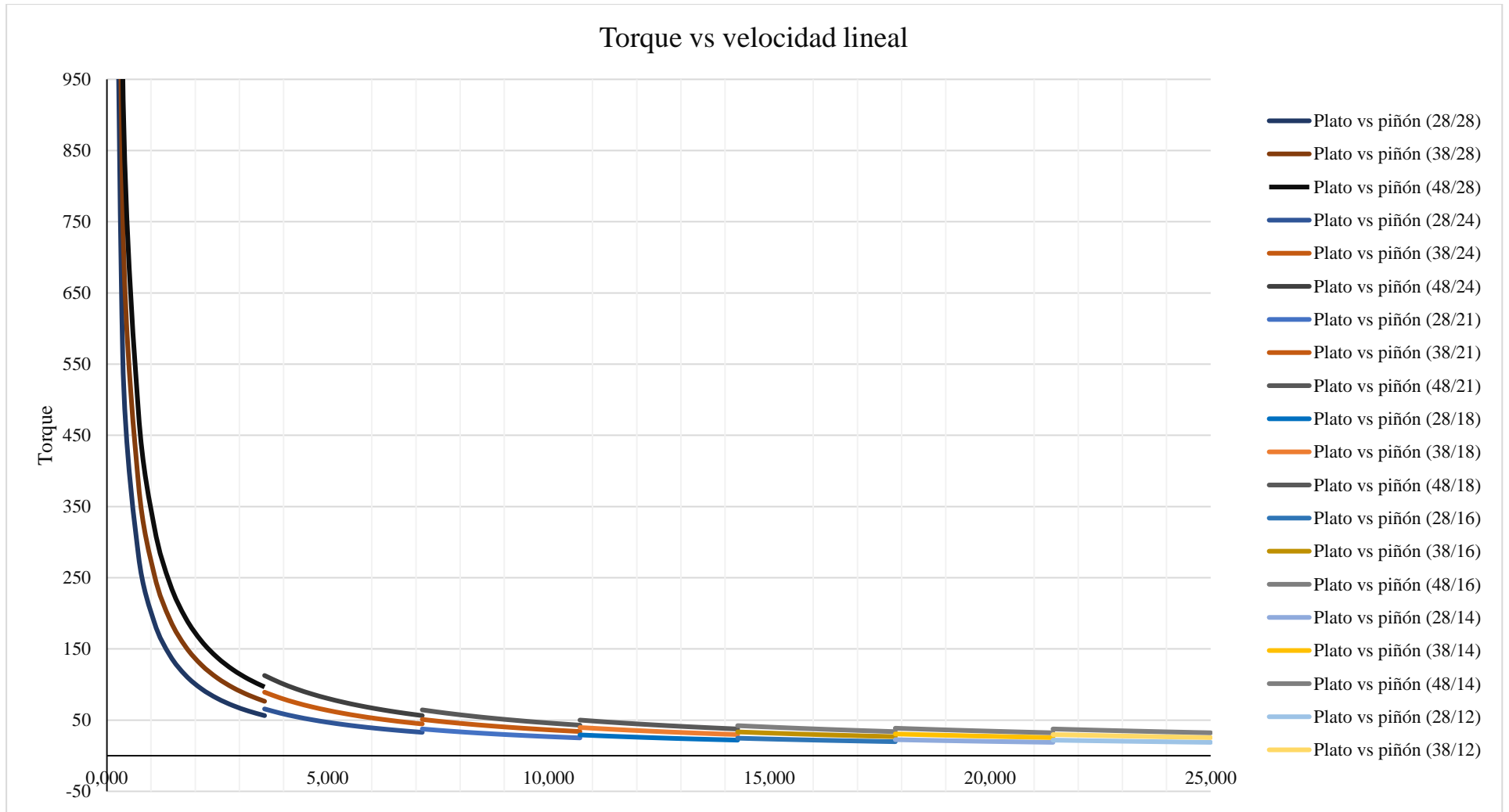


Ilustración 3-32: Gráfica de fuerza en manivelas vs número de dientes del piñón

Realizado por: Orozco, F., 2023

Es importante destacar que la Ilustración 3-32 agrupa los análisis realizados por cada velocidad detallados en el marco metodológico donde las curvas inferiores en escala de azules detallan las relaciones de transmisión para manejo y ascenso en pendientes con el uso del plato de 28 dientes, por otro lado las curvas del medio permite las relaciones útiles para el manejo confortable en plano con el uso del plato de 38 dientes, finalmente las curvas superiores permiten las relaciones que facilitan el manejo en descenso de pendientes por medio del uso del plato de 48 dientes, así se hace uso progresivo de los piñones en el orden de 28, 24, 21, 18, 16,14 y 12 dientes donde cada uno permite la selección de fuerza, velocidad y torque que brindan el confort adecuado al manejo del prototipo.

3.6.3. *Resultados de selección del sistema eléctrico*

El sistema eléctrico adquirido se caracteriza por ser comercializado como un kit de conversión eléctrica para bicicleta por la marca MagnetX, este fue detallado con características mecánicas bajo las cuales trabajaría el motor eléctrico respectivamente. Así el kit para conversión eléctrica de bicicleta queda resumido a la Tabla 3-27 con sus componentes y cantidades respectivos.

Tabla 3-27: Resultado de selección de sistema eléctrico

Kit de conversión de bicicleta eléctrica MagnetX 1000W	
Componentes	Cantidad
Motor de cubo delantero de 1000W	1
Batería de 48V y 13 Ah	1
Controlador de motor	1
Acelerador	1
Sensor de pedaleo	1
Cargador de batería	1
Display LCD	1

Realizado por: Orozco, F., 2023

Como se mencionó las prestaciones de potencia mecánica se podrían detallar dentro de la Ilustración 3-23, pero es importante la comparativa entre curvas de los dos sistemas de transmisión y generación de torque, para poder analizar lo que pasaría se realizaron las gráficas de la transmisión manual y sobrepuesta la gráfica del motor, es importante el notar que el motor por sus características físicas y mecánicas buscará el pronto desarrollo de la velocidad en dependencia con su sistema de control, mientras que el sistema de transmisión manual dependería del esfuerzo físico y ritmo del usuario por lo que tomaría mayor tiempo en alcanzar las velocidades recomendadas.

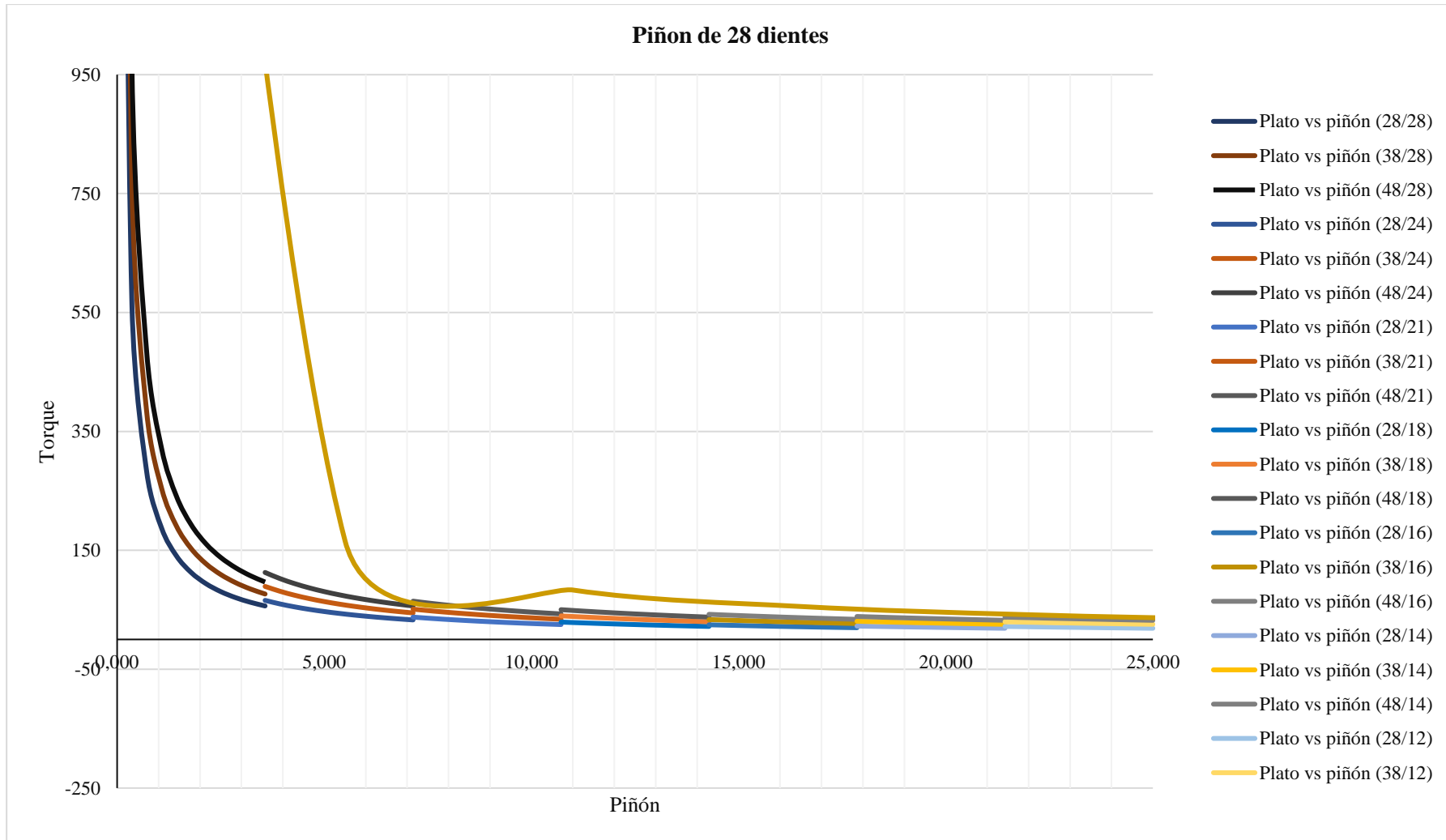


Ilustración 3-33: Gráfica de la mecánica de transmisión manual con el motor eléctrico

Realizado por: Orozco, F., 2023



Ilustración 3-34: Elementos del kit de conversión de bicicleta eléctrica de Magnetx.

Realizado por: Orozco, F., 2023

Finalmente, la ilustración 3-34 muestra los componentes del kit para conversión eléctrica de rueda de bicicleta adquiridos. Es de importancia destacar que la batería al momento de sufrir carga o descarga se comportaría con las curvas mostradas en la Ilustración 3-35 donde la curva de arriba es el comportamiento de la etapa de carga y la de abajo refleja la etapa de descarga.

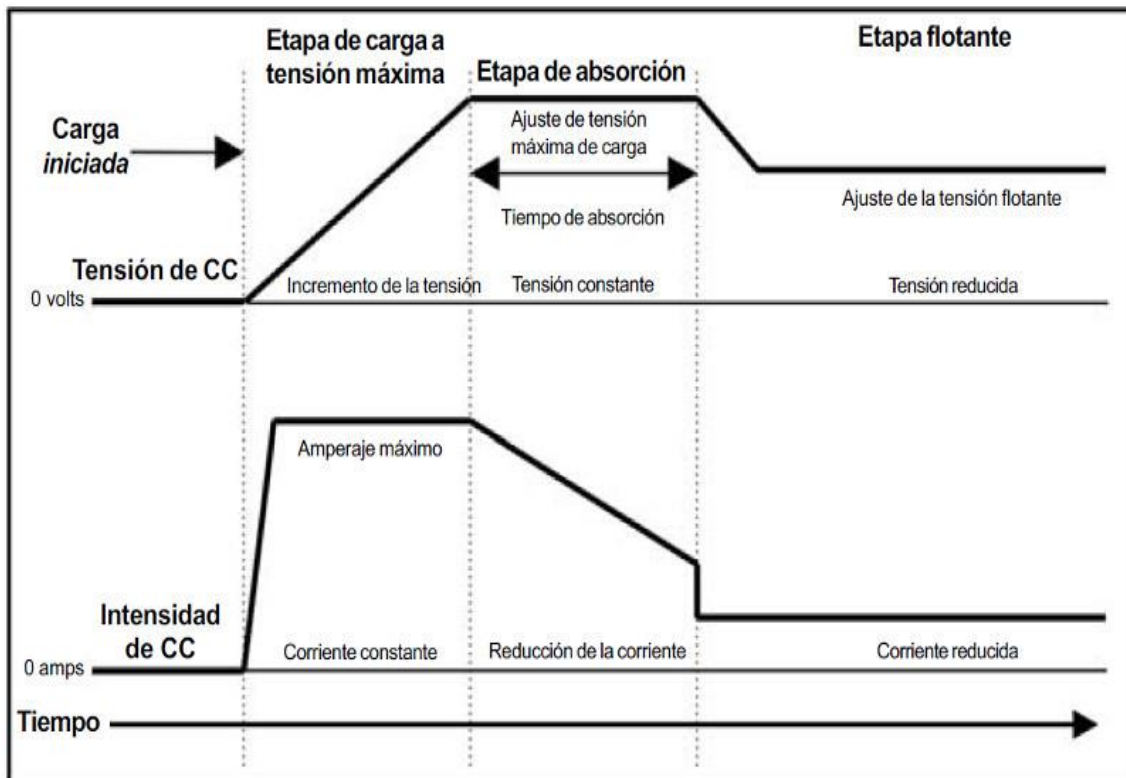


Ilustración 3-35: Elementos del kit de conversión de bicicleta eléctrica de Magnetx

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.6.4. Selección del sistema de freno

El sistema de freno comercial adquirido es el de la Ilustración 3-36 que consta de los componentes que se muestran y se resumen a la Tabla 3-28, donde se agrega la descripción de cada uno y sus cantidades disponibles en el kit, los elementos que se muestran se denominan comercialmente bajo la descripción de la Tabla 3-27.



Ilustración 3-36: Elementos del kit de freno de disco

Realizado por: Orozco, F., 2023

Tabla 3-28: Resultado de selección de sistema de freno

Kit de freno de disco Hawk	
Componentes	Cantidad
Palanquilla de accionamiento de freno manual	1
Pastillas de freno	1
Disco de freno	1
Mordaza de freno	1
Pernos de sujeción montaje (disco y mordaza)	10
Cable de accionamiento	1

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.7. Desarrollo de la propuesta

El presente apartado se enfoca en el detallar la configuración que se acercaría al modelo real, de este modo se pretende acercar el modelo 3D propuesto en su máxima posibilidad al real, por lo que ya para esta etapa se usa materiales comerciales y disponibles al mercado. El marco principal de montaje de la Ilustración 3-37 caracteriza su geometría por ser soporte principal de varios elementos de entre todos permite el montaje del pivote de la dirección, soporte de los brazos de anclaje desde el prototipo hacia la silla de ruedas y el soporte de la batería del sistema eléctrico, también es importante el detallar que este elemento permite la calibración del ancho de los brazos para diferentes tipos de sillas de ruedas y requiere para su fijación tornillos tipo mariposa y una prensa de apriete tipo nuez. Nótese que este debe garantizar que el soporte de anclaje lateral se encuentre perpendicular al marco principal restringiendo su movimiento. Adicional por su configuración permite la protección de la batería ante cualquier golpe o daño.

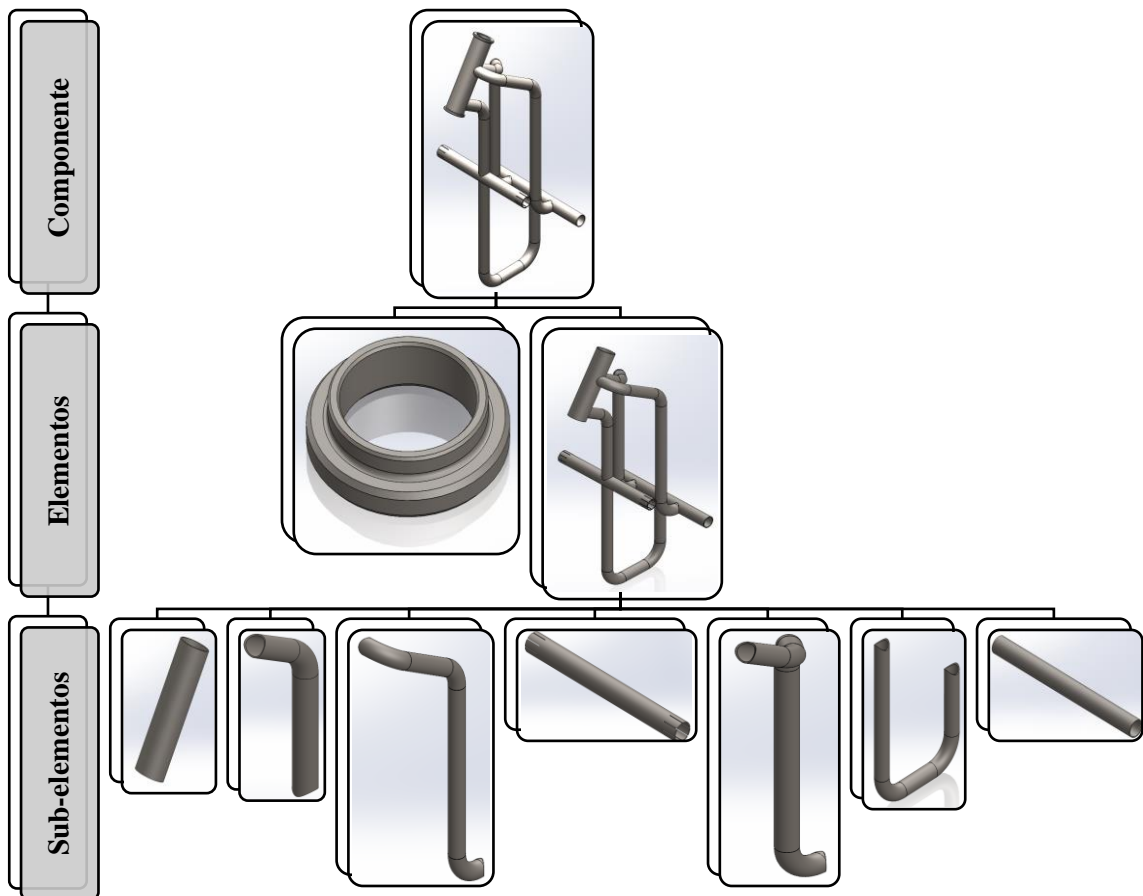


Ilustración 3-37: Elementos y esquematización del marco principal de anclaje

Realizado por: Orozco, F., 2023

Por otro lado, la horquilla de la dirección permite la sujeción del motor en los extremos de su eje principal, adicional garantiza la sujeción firme del desviador de los piñones y de la pinza del

freno, por otro lado, brinda la posibilidad de montaje de otros elementos extra como el controlador del motor y un guardapolvo de la rueda. La Ilustración 3-38 subdivide la aproximación del soporte principal en varios elementos. Las configuraciones tanto del marco principal de montaje como de la horquilla de la dirección se forman por elementos de perfil estructural del catálogo de Novacero especialmente perfiles de tubos redondos de 7/8", 1" y 1 1/2" x 1,5mm y de plancha de espesor 5mm. El material de los tubos estructurales se caracteriza por ser el INEN 2415 Gr. A, mientras que el de la plancha es el ASTM a1011.

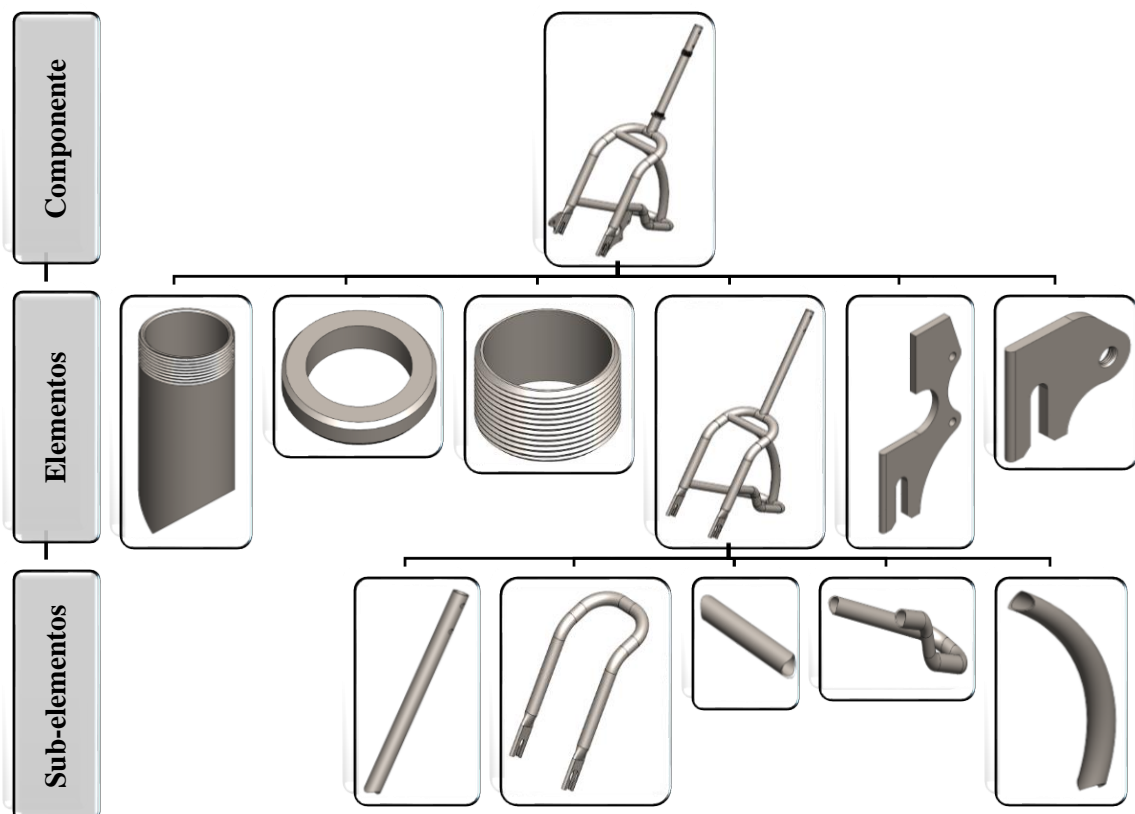


Ilustración 3-38: Elementos y esquematización de la horquilla de dirección

Realizado por: Orozco, F., 2023

La Ilustración 3-39 por otro lado desglosa los elementos tipo soporte de anclaje que se formarían de forma simétrica tanto derecho como izquierdo, lo particular de los soportes de anclaje lateral son que se busca facilidad al acoplarse al marco principal de montaje por lo que requiere ser construido en su mayoría por elementos de AISI 304, este permitirá evitar residuos de pintura en la superficie deslizante lo cual facilitaría el movimiento y calibración del prototipo. Así se abre a la posibilidad de regular el ancho al de la silla de ruedas, además sirve como pivote del brazo articulado para el anclaje y desanclaje del prototipo a la silla de ruedas.

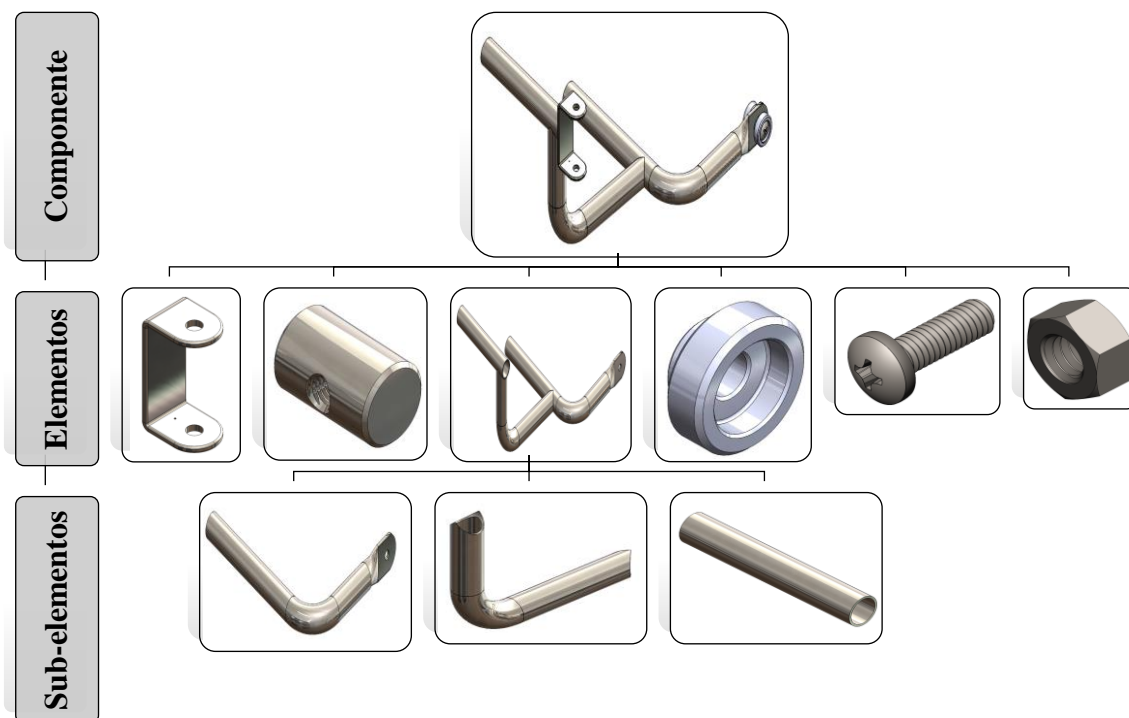


Ilustración 3-39: Elementos y esquematización del marco principal de anclaje

Realizado por: Orozco, F., 2023

La Ilustración 3-40 muestra los elementos que componen el brazo articulado, es importante notar que para su detalle se trató con material estructural de 7/8" x 1,5mm, plancha de 3mm y acero de transmisión AISI 1020, la función principal del brazo es anclar la silla de ruedas al prototipo, dentro del cual se permite la regulación de la inclinación de la silla mediante la corredera que permite la extensión del brazo. Nótese que permite también la apertura de los brazos para sujetar la silla.

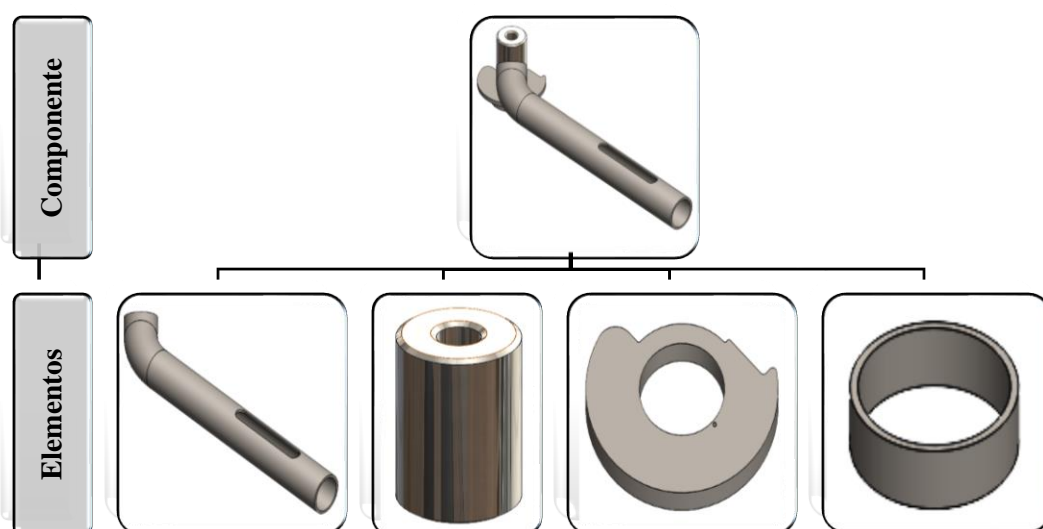


Ilustración 3-40: Elementos y esquematización del marco principal de anclaje

Realizado por: Orozco, F., 2023

La corredera de anclaje superior (Ilustración 3-41) en conjunto con el brazo articulado permite el desplazamiento lineal y acondicionamiento de las posiciones para encontrar la inclinación adecuada de la silla de ruedas, está conformado por los materiales: AISI 1020(Eje de 5/8”), AISI 304(Tubo de 3/4”), e INEN 2415 Gr. A (Tubo de 7/8).

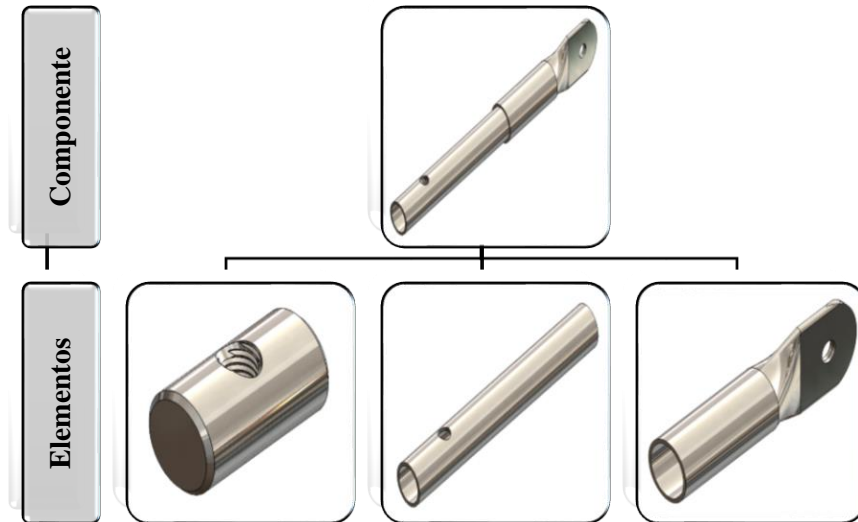


Ilustración 3-41: Elementos y esquematización del marco principal de anclaje

Realizado por: Orozco, F., 2023

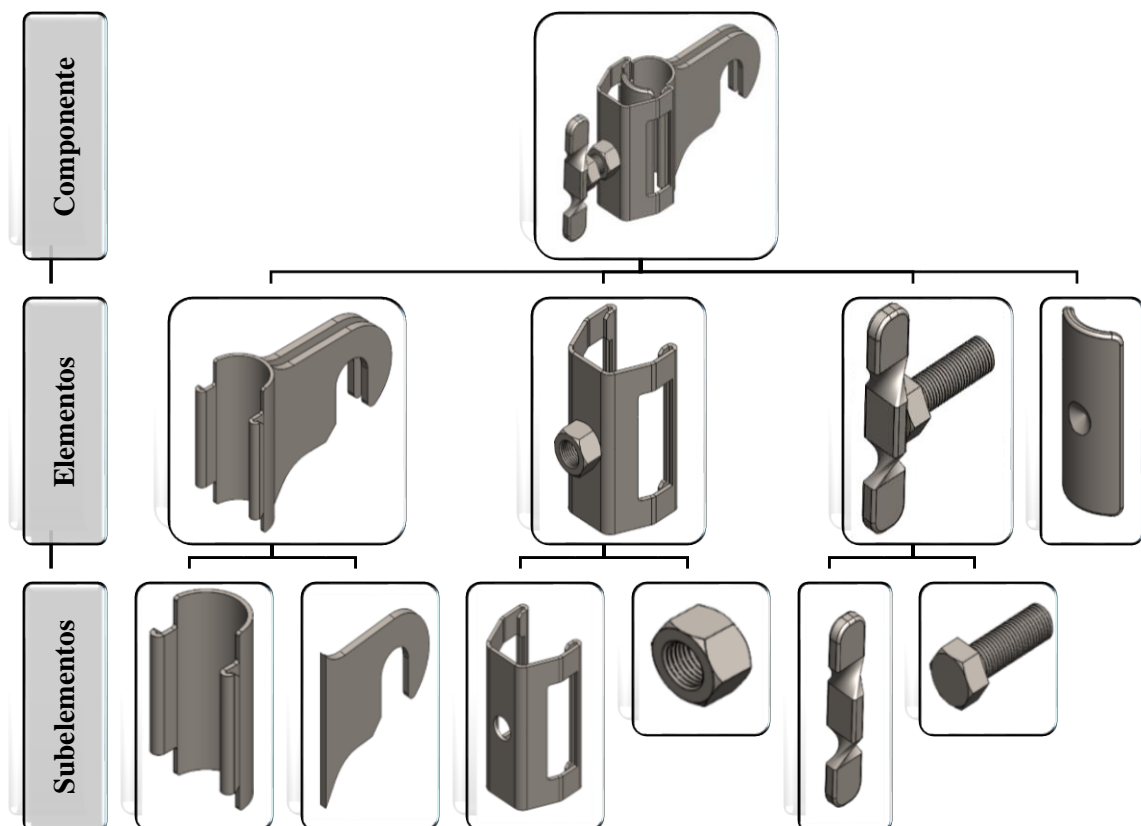


Ilustración 3-42: Elementos y esquematización de la pinza de anclaje inferior

Realizado por: Orozco, F., 2023

Las Ilustraciones 3-42 y 3-43 son representaciones de las pinzas que se buscan para el anclaje y desanclaje de la silla de ruedas así se caracterizan por ser la pinza inferior de anclaje y la pinza superior de anclaje respectivamente, la pinza de anclaje inferior permite la suspensión de las ruedas delanteras de la silla de ruedas, de tal modo que al posicionar el mecanismo las pinzas superiores sirven para trabar en ese punto al mecanismo y no permitir deslizamiento, las pinzas se forman de ASTM A1011, ASTM A36, SAE J419. La característica de la pinza inferior es que se encuentra montada sobre la silla de ruedas, a diferencia de la superior que se encontraría montada sobre el prototipo, el objeto de las pinzas es el facilitar el montaje del equipo sin repercusión en la estructura de la silla de ruedas.

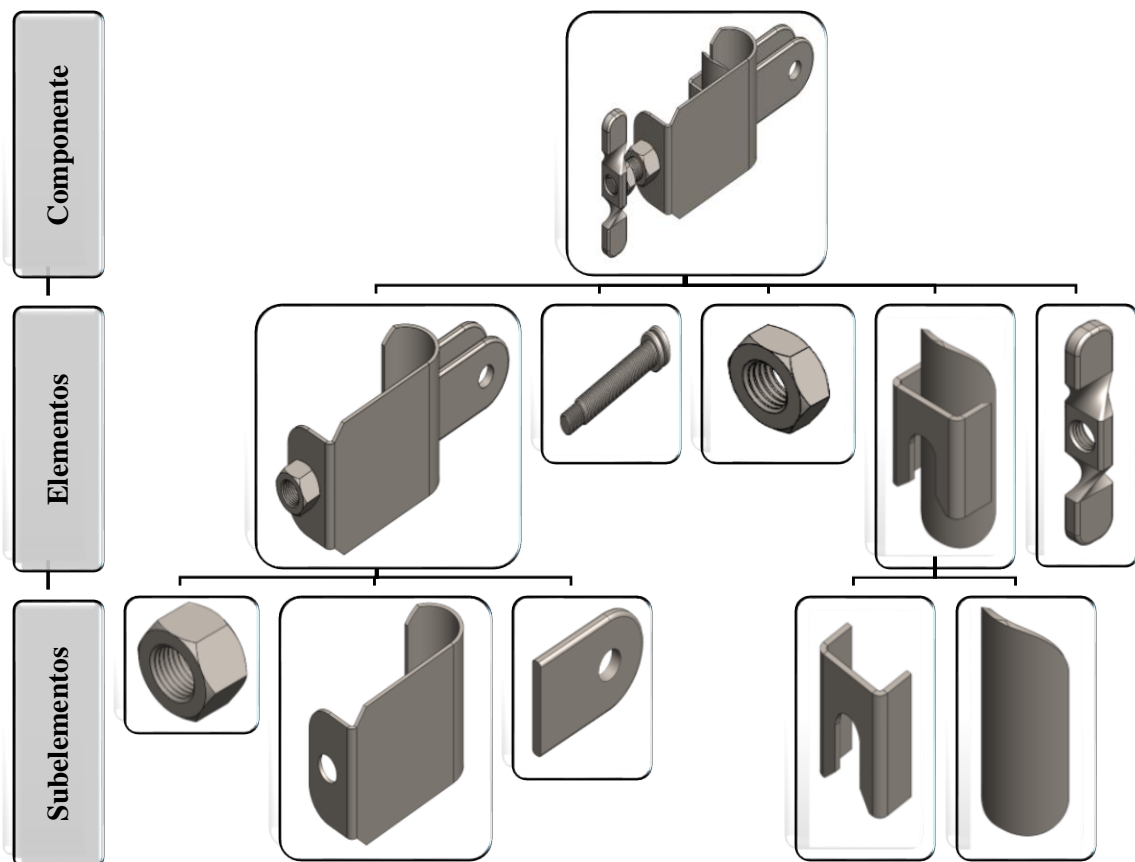


Ilustración 3-43: Elementos y esquematización de la pinza de anclaje superior

Realizado por: Orozco, F., 2023

La Ilustración 3-45 quedaría referida por timón, la cual se desliza sobre el tubo principal de la horquilla de dirección y la sujeta para tomar el control por la parte superior por medio de dos tornillos con tuerca, este a su vez permite la calibración de altura de las manivelas, se encuentra planteado para desarrollar en tubo de 1”x1,5mm de acero INEN 2415, adicional consta de un buje roscado y un buje liso de AISI 1020. El timón se une al pivote del soporte de las manivelas que se encuentra construido de ASTM A36, ASTM A1011 E INEN 2415, dota a las manivelas de la calibración de posición.

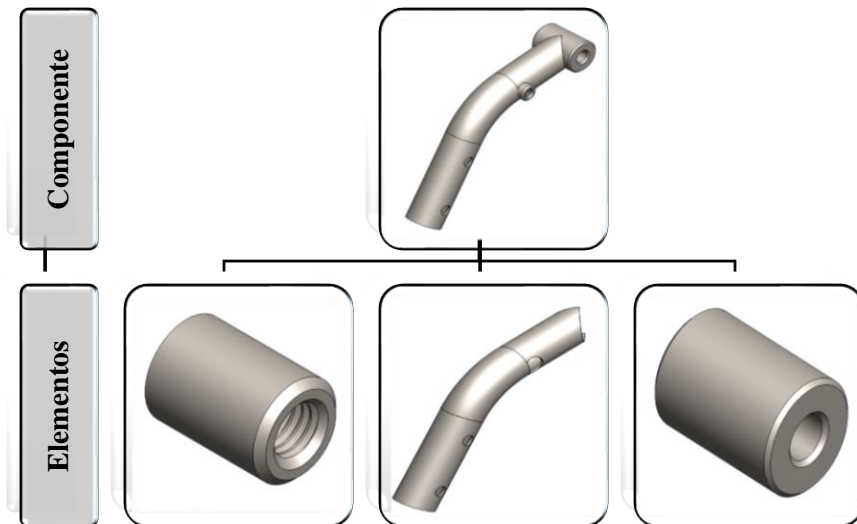


Ilustración 3-44: Elementos y esquematización del timón

Realizado por: Orozco, F., 2023

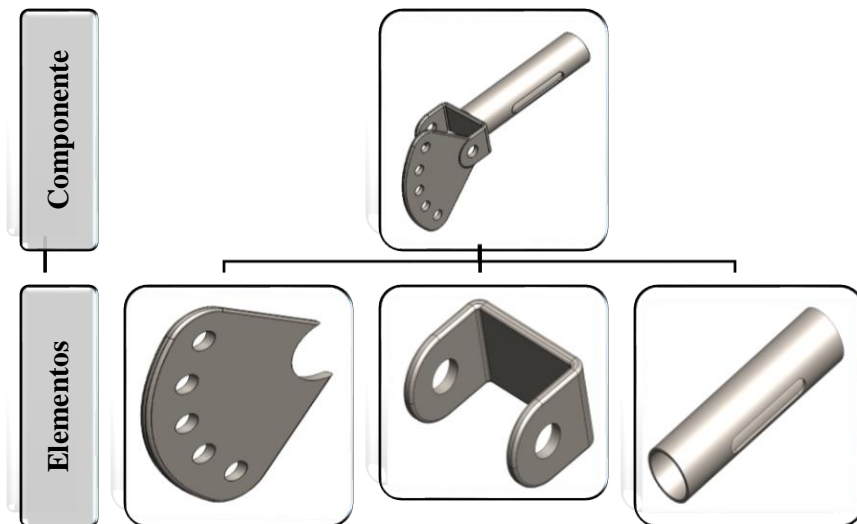


Ilustración 3-45: Elementos y esquematización del pivote del soporte de las manivelas

Realizado por: Orozco, F., 2023

Finalmente el soporte roscado de manivelas que se encuentra en la Ilustración 3-46 se encuentra representado por los materiales de tubo estructural de 1"x1,5 de material INEN 2415, tubo de acero inoxidable de 7/8"x,15 (AISI 304) para evitar que la corredera se vea trabada, el buje roscado interno se lo desarrolla para limitar la posición de la corredera y presenta un material AISI 1020 mientras que el buje roscado grande es de ASTM A53 tomado de un tubo ISO que permite las condiciones para desarrollar el roscado interior para montar el conjunto de manivelas con sus rodamientos y así facilitar la conexión y fijación de los elementos de transmisión.

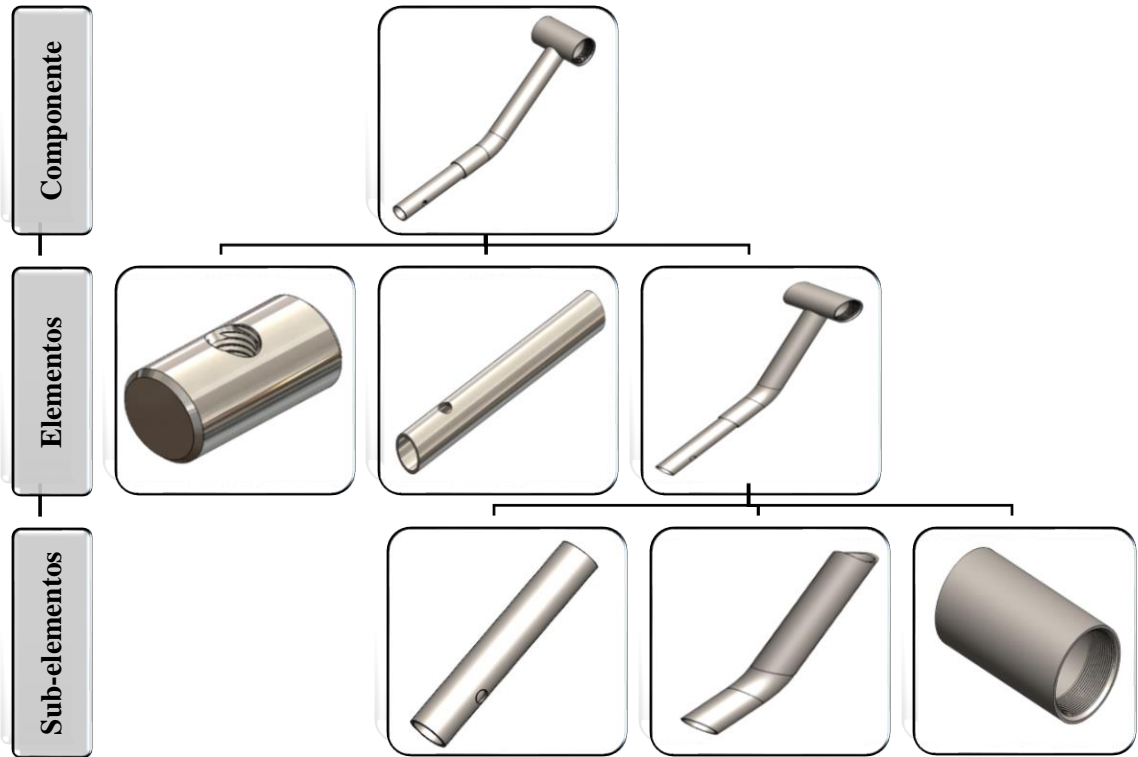


Ilustración 3-46: Elementos y esquematización del soporte roscado de manivelas

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.8. Metodología para el desarrollo de la propuesta

El apartado busca por medio del trabajo con SolidWorks el desarrollo de la propuesta busca de manera inicial dar una aproximación a las dimensiones y características geométricas de todos y cada uno de los elementos que deben ser construidos del prototipo, básicamente partirá de características geométricas que los elementos seleccionados requieren para su acoplamiento al prototipo, es decir los elementos seleccionados deberán presentar condiciones que permitan su correcto funcionamiento dentro del prototipo, posterior al trabajo con dichas condiciones es necesario desarrollar un modelo de pruebas que permitirá la exportación a para su posterior análisis de esfuerzos, y una vez establecidas las dimensiones con el diseño adecuado para resistencia se desarrollaría el trabajo en planos de conjunto y detalle del prototipo a construirse como tal. De este modo surgió la necesidad para establecer dentro de las Ilustraciones 3-48 y 3-49 el algoritmo de modelado de piezas, creación de ensambles y dibujo en el plano de SolidWorks.

Modelado (Solidworks 2022)

Inicio

Abrir Solidworks 2022.

Pieza

- Ubicar la vista isométrica del elemento a dibujar.
- Identificar el cero pieza de elemento.

Croquizar:

-2D para elementos planos, sólidos de revolución, elementos construidos por caras.

-3D para casos particulares como modelos de armaduras u elementos estructurales.

Agregar elementos geométricos y constructivos para croquizar con sus herramientas y opciones:

- Líneas
- Polígonos
- Arcos

Definir relaciones de posición adecuadas:

- Colinealidad
- Paralelismo
- Concentricidad

Acotar los elementos del croquis por medio de herramientas:

- Inteligentes.
- Cadena.
- Longitud de trayecto.

Modelar el elemento por medio de herramientas de:

- Superficie: barrido, recubierto, extrucción.
- Operaciones: extrucción, revolución, asistente de roscas, otra.
- Chapa metálica: brida, pliegue, conformado, otras.
- Elementos soldados: miembro estructural, recorte u extensión, cordón de soldadura.



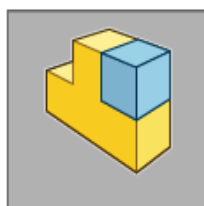
Pieza

Ilustración 3-47: Algoritmo del proceso de modelado por medio de SolidWorks

Realizado por: Orozco, F., 2023

Creación de ensamblajes (Solidworks 2022)

Inicio	<p>Abrir Solidworks 2022.</p> <hr/> <p>Seleccionar entre:</p> <ul style="list-style-type: none">-Pieza.-Ensamblaje.-Dibujo. <hr/> <p>Guardar en carpeta de destino.</p> <hr/>
Ensamblaje	<p>Ingresar el elemento principal de ensamblaje, por lo general:</p> <ul style="list-style-type: none">-Bancadas-Elementos estructurales-Soportes <hr/> <p>Cambiar el estado a flotante.</p> <hr/> <p>Ubicar en el origen con restricciones de posición y movimiento.</p> <hr/> <p>Agregar el resto de elementos del ensamblaje en orden.</p> <hr/> <p>Agregar relaciones de posición elemento a elemento que permitan su correcta posición y movimiento(de ser el caso), como:</p> <ul style="list-style-type: none">-Relaciones de posición estándar: tangente, concéntrica, paralela, otras.-Relaciones de posición avanzadas: centro de perfil, simétrica, ancho, otras.-Relaciones de posición. <hr/> <p>Agregar elementos de librería como:</p> <ul style="list-style-type: none">-Pernos-Arandelas-Tuercas-Otros. <hr/> <p>Desarrollar la vista explosiónada del ensamble total.</p> <hr/> <p>Definir relaciones de posición</p> <hr/>



Ensamblaje

Ilustración 3-48: Algoritmo del proceso de ensamblaje por medio de SolidWorks

Realizado por: Orozco, F., 2023

Dibujo en el plano (Solidworks 2022)

Inicio

Abrir Solidworks 2022.

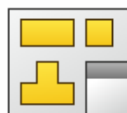
Seleccionar entre:

- Pieza.
- Ensamblaje.
- Dibujo.

Guardar en carpeta de destino.

Dibujo

Seleccionar u configurar el cajetín de la lámina.



Dibujo

Agregar vistas de los elementos a proyectarse (Importante tomar en consideración las que arrojan más detalle):

- Elemento: Isométrica, frontal, lateral, otras.
- Ensamblaje: Isométrica, explosionada, frontal, otras.

Esquematizar:

- Roscas
- Soldadura
- Engranajes
- Otros.

Tabular datos de:

- Posiciones
- Materiales
- Roscas
- Engranajes

Detallar:

- Roscas
- Agujeros
- Chaflanes

Ocultar aristas

Vizualizar líneas de eje u rutas.

Acotar

Anotar detalles generales, específicos, nombres.

Definir:

- Cortes parciales
- Vistas auxiliares
- Detalles.

Ilustración 3-49: Algoritmo del proceso de dibujo en el plano por medio de SolidWorks

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.9. Metodología para el análisis estructural

El presente apartado pretende el analizar de manera breve y precisa los elementos estructurales planteados y modelados con su configuración respectiva acorde con las sollicitaciones que presentaría el prototipo para el cumplimiento de sus funciones principales, así de este modo se buscaría el afianzar la resistencia de cada uno de los elementos que conformarían el prototipo previo a su construcción y montaje, para ello es importante el hacer uso de software que permitirá la verificación de la resistencia mecánica de los elementos, así de este modo se inicia con el uso del software ANSYS, para posteriormente realizar la aplicación como segunda opción dentro del software SAP 2000.

Para el efecto de análisis de resistencia mecánica se considera la dependencia hacia el material y la configuración de la sección del elemento estructural, para este caso se buscaría el trabajo en función de las propiedades mecánicas que brinda el material, para ello es importante el desarrollo del análisis por elementos finitos con el cual se determinará la comparativa entre el esfuerzo equivalente de Von Misses y el límite de fluencia que presentan los materiales de los perfiles que se encuentran comercialmente disponibles en el mercado nacional así se tabularan mediante el uso de la Tabla 3-29.

Tabla 3-29: Propiedades de los materiales para construcción del prototipo

Acero	Límite de fluencia [MPa]	Resistencia a la tracción [MPa]
NTE INEN 2415 Gr. A	230	310
ASTM A36	250	550
ASTM A1011	310	380
AISI 1020	370	440
AISI 304	220	520
ASTM A53	240	415

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.9.1. Software ANSYS

ANSYS es un software enfocado al análisis por el método del elemento finito de gran aplicación dentro del análisis estructural en ingeniería mecánica por tal razón es importante la validación por medio de esta herramienta computacional de aplicación ingenieril. De este modo posterior al modelado se desarrollará el algoritmo presentado en la Ilustración 3-51 el cual describe el trabajo dentro del software mediante la aplicación de tres etapas que serían de preproceso, proceso y postproceso donde se deberán ir agregando los datos necesarios para la ejecución del análisis. Posterior al análisis se encontraría listo el ingeniero de análisis por método de elemento finito para dar conclusiones respecto a las soluciones analizadas y las magnitudes numéricas estimadas.

Análisis por método del elemento finito (Ansys 2020)

Pre-proceso	<p>Definición del tipo análisis: -Vibratorio -Estructural -Térmico -Otros.</p> <hr/> <p>Selección de material y propiedades: -Módulo de Young -Relación de Poisson</p> <hr/> <p>Importación de elementos a analizar : -.x_t (Parasolid-Ensamblajes) -.STEP(Elementos).</p> <hr/> <p>Ejecutar geometry.</p> <hr/> <p>Determinar middle surface en cada elemento para obtención de elementos tipo shell.</p>
Proceso	<p>Ejecución de model.</p> <hr/> <p>Definir material para cada elemento.</p> <hr/> <p>Definir el mallado del elemento por herramientas de mallado como: -Multizone -Sweep -Sizing</p> <hr/> <p>Asignación de apoyos: -Fixed support -Displacement -Fixed rotation</p> <hr/> <p>Asignación de cargas: -Force -Gravity earth -Moment -Otros.</p>
Post-proceso	<p>Definir los parámetros de análisis en Solution: -Beam tool -Probe(reactions) -Strain -Stress</p> <hr/> <p>Ejecutar el análisis mediante solve</p> <hr/> <p>Observar los resultados y detallar conclusiones.</p>



Ilustración 3-50: Algoritmo para el análisis por método de elemento finito

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.10. Metodología para la construcción y montaje del prototipo

La parte de construcción y montaje pretenderá la división del trabajo de manufactura del prototipo en dos partes, de este modo es importante que una vez validado el prototipo y corregido se detallen de la mejor manera los elementos a ser construidos tomando en consideración dimensiones, tolerancias, detalles específicos constructivos entre muchos otros detalles tanto para la adquisición de materiales, kits, accesorios, entre otros elementos. Con estos desarrollos a su vez el desarrollo elemento a elemento deberá tomar un cambio a la consideración de la interacción elemento a ensamble por lo que es importante el notar cada uno de los detalles crearán dependencia entre uno u otro elemento. El procedimiento a su vez se definirá en función de las prestaciones, condiciones y limitaciones del taller a cargo de la construcción del prototipo.

3.10.1. Construcción de los elementos del prototipo

El procedimiento de construcción de los elementos del prototipo tendrá lugar mediante las etapas que se muestran dentro de la Ilustración 3-51, así quedará definido mediante la aplicación de 4 etapas. Donde la primera focalizará su desarrollo a la adquisición de accesorios que se adaptan al prototipo y materiales a razón de materia prima para el producto final que son los elementos que se deberán construir, por otra parte una vez adquirida la materia prima se pasa a distribuir o planificar su uso de la mejor manera para continuar con el mecanizado y construcción de elementos, así concluyendo al comprobar el funcionamiento del prototipo haciendo uso de todos y cada uno de sus elementos para pasar a aplicar terminados y pintura sobre cara elemento que así lo requiera.

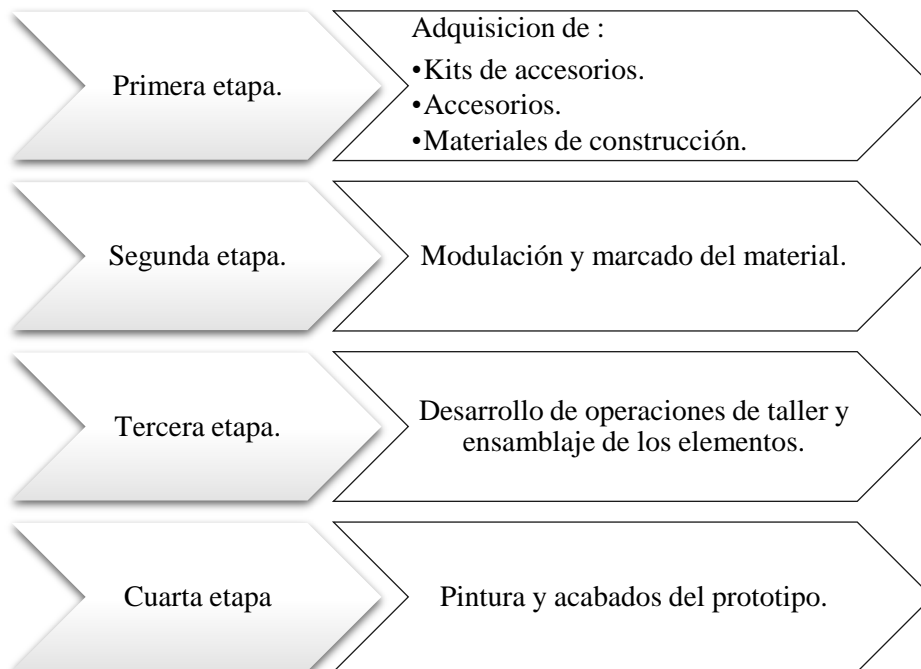


Ilustración 3-51: Construcción de elementos del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.11. Costos

El análisis de costos tiene un enfoque al valor estimado del proyecto donde se lo trata por la rama de costos directos e indirectos que involucra el procedimiento de desarrollo y construcción del prototipo para impulsión de sillas de ruedas híbrido. Inicialmente la secuencia requiere el cálculo de costos de materiales del prototipo

3.11.1. Costos directos

Tabla 3-30: Costo de materiales

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario [USD]	Subtotal [USD]
1	TR 7/8x1,5x6m ASTM A500	m	12	3,64	43,68
2	TR 1x1,5x6m ASTM A500	m	12	4,17	50,04
3	Eje d=2" Acero AISI 1018	kg	7,25	1,88	13,63
4	Kit Shimano Tourney TZ	u	1	80,6	80,6
5	Kit de conversión de bicicleta eléctrica Magnetx 1000W	u	1	437	437
6	Kit de freno de disco Hawk	u	1	62,4	62,4
7	Kit de rueda de 20" Bicimex	u	1	21,75	21,75
8	Electrodos 6011	lb	3	2,2	6,6
9	Disco de corte de 7in	u	1	2,5	2,5
10	Disco de desbaste de 7in	u	1	2,75	2,75
11	Piedras de rectificar	u	2	2,25	4,5
12	Disco de rectificador de 2in	u	2	2,5	5
13	Primer universal adherente	lt	1	15	15
14	Poliuretano alto brillo(gris)	lt	1	18	18
15	Masilla de corrección roja	lb	0,5	4	2
16	Lijas de agua (n°150, 360, 500, 1000, 2000)	u	5	0,5	2,5
17	Traba pernos (loctite 538)	u	1	2,75	2,75
18	Pernos M6x25 grado 8,8	u	20	0,25	5
19	Tuercas de sombrero M6	u	10	0,15	1,5
20	Tuercas de seguridad M6	u	10	0,15	1,5
21	Tuercas de seguridad M8	u	6	0,2	1,2
22	Tuercas de seguridad M10	u	6	0,25	1,5
23	Kit volante	u	1	45	45
				Subtotal	826,4

Realizado por: Orozco, F., 2023

La Tabla 3-31 detalla los valores de materiales y a su vez simplifica los componentes agrupándolos mediante kits comercialmente distribuidos los cuales pertenecen a los ítems de kit de transmisión, kit de conversión eléctrica, kit de freno de disco y kit de rueda 20". Esta Tabla involucrarían de manera directa el costo final del prototipo.

Adicional el valor de costos directos se ve afectado por los costos de mano de obra que se reflejan en la Tabla 3-32 la cual de acuerdo con la operación realizada estima un valor en Horas por hombre que trabaja en cada operación requerida para la obtención de un producto final.

Tabla 3-31: Costo de mano de obra

Ítem	Descripción	Horas/Hombre	Costo/hora [USD/hora]	Subtotal [USD]
1	Operador de cortadora	16	2,55	40,8
2	Operador de dobladora	24	2,55	61,2
3	Operador de curvadora	4	2,55	10,2
4	Soldador	40	3,125	125
5	Operador de torno	8	3,125	25
6	Pintor	40	3,125	125
7	Operador de montaje	16	2,55	40,8
			Subtotal	428

Realizado por: Orozco, F., 2023

Por otro lado, el costo de equipos y herramientas también será un factor de influencia directa al costo final del prototipo por lo que se procede con la determinación de las horas de uso de cada equipo necesario en la manufactura del prototipo así para el análisis de costos de equipos.

Tabla 3-32: Costo de máquinas y herramientas

Ítem	Descripción	Horas/Equipo	Costo/Hora [USD/Hora]	Subtotal [USD]
1	Tronzadora	8	1,551	12,41
2	Dobladora	20	3,630	72,61
3	Curvadora	8	3,630	29,04
4	Soldadora	16	7,131	114,09
5	Torno	8	3,739	29,91
6	Compresor	8	1,454	11,63
7	Pulidora	8	1,392	11,14
8	Taladro	8	0,610	4,88
9	Taladro de banco	8	1,294	10,35
			Subtotal	296,07

Realizado por: Orozco, F., 2023

Es importante notar que el costo a su vez debería involucrar los insumos y mantenimientos de los equipos. De este modo se muestran los valores de la Tabla 3-32.

Tabla 3-33: Costo por transporte

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo unitario [USD]	Subtotal [USD]
1	Transporte	10	8	80,00
Subtotal				80,00

Realizado por: Orozco, F., 2023

Por otra parte, la Tabla 3-33 refleja el valor que tiene el transporte tanto para la movilización por conseguir los materiales y desarrollar el trabajo. Para culminar la Tabla 3-34 resume el valor de cada uno de los puntos que se calcularon anteriormente.

Tabla 3-34: Costos directos

Ítem	Descripción	Subtotal [USD]
1	Costo de materiales	826,40
2	Costo de mano de obra	428,00
3	Costo de equipos y herramientas	296,07
4	Costos de transporte	77,50
Subtotal		1.627,97

Realizado por: Orozco, F., 2023

Es importante el detalle de costos directos ya que en función de ellos se maneja el análisis relativo de los costos indirectos, que se mostrarán más adelante.

3.11.2. Costos indirectos

Los costos indirectos básicamente son 3 ítems que tienen relación directa al valor de costos directos, por lo que van a ser un valor porcentual referente al total definido anteriormente, así se plantea que los costos deben variar entre el 20 al 30% por lo que se definió para cada ítem el 10% del valor total de costos directos y se refleja en la Tabla 3-35.

Tabla 3-35: Costos indirectos

Ítem	Descripción	Subtotal [USD]
1	Costo ingenieril (10%)	162,80
2	Imprevistos (0%)	0,00
3	Utilidad (0%)	0,00
		162,80

Realizado por: Orozco, F., 2023

3.11.3. Costos totales

Para concluir la etapa de costos es importante efectuar la suma de los costos directos e indirectos totales, como se puede observar dentro de la Tabla 3-36.

Tabla 3-36: Costos totales

Ítem	Descripción	Subtotal [USD]
1	Costos directos	1627,97
2	Costos indirectos	162,80
	Total	1830,77

Realizado por: Orozco, F., 2023

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados del análisis estructural

De acuerdo con el proceso descrito dentro de la metodología para el análisis estructural es indispensable el uso de software por lo que se desarrolla la simulación y posterior a ello se desarrolla la comparativa con las resistencias de los materiales dispuestos para cada elemento, así de este modo se muestran los apartados siguientes.

4.1.1. Resultados del software ANSYS

Los elementos analizados, que presentan una relevancia dentro del análisis son: el marco principal de montaje, la horquilla de dirección, los brazos de soporte lateral, los brazos articulados, el timón, el pivote del soporte de manivelas y el soporte roscado de manivelas.

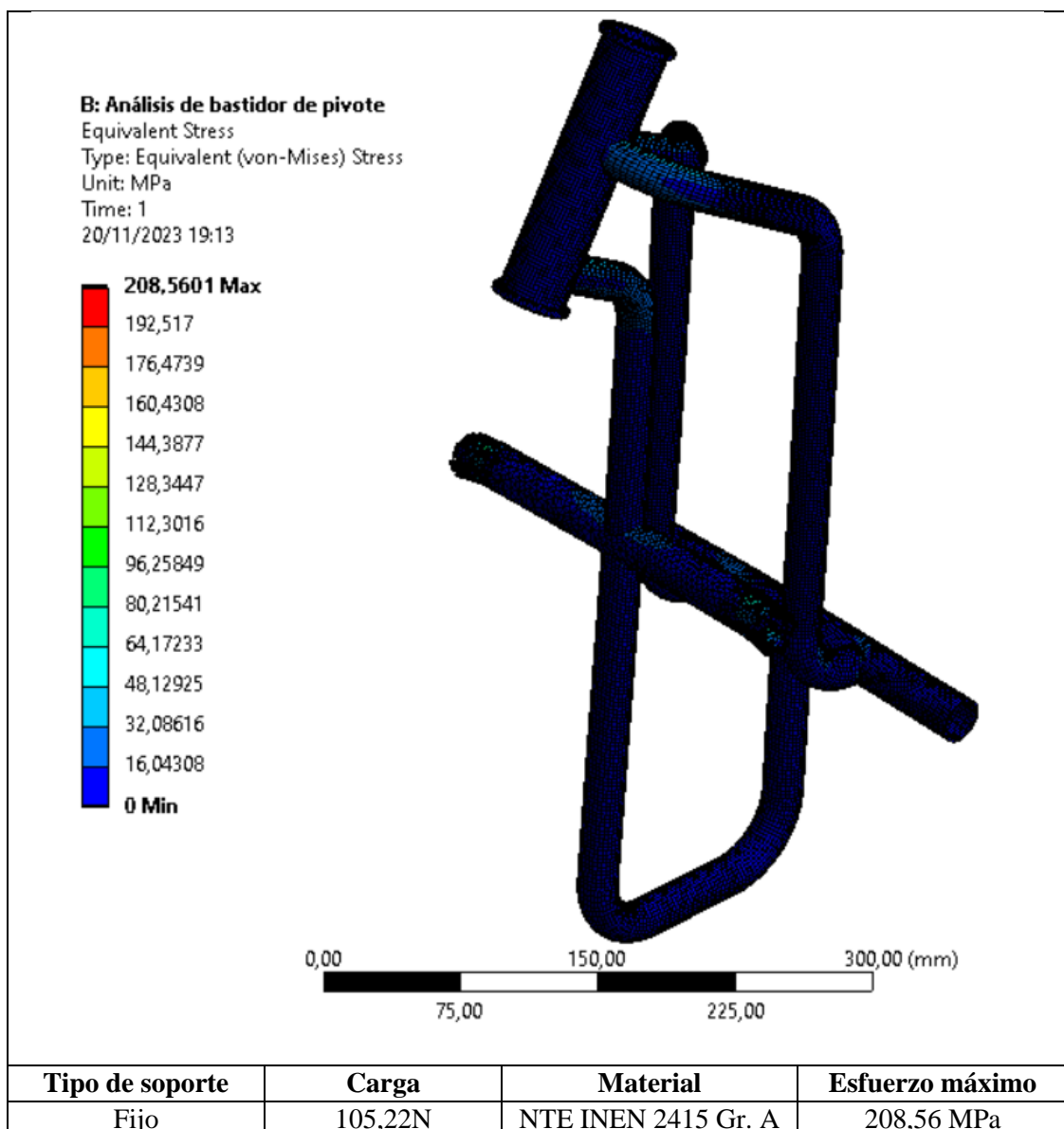


Ilustración 4-1: Análisis por método de elemento finito del marco principal de montaje

Realizado por: Orozco, F., 2023

El marco principal de montaje se caracterizó por ser analizado bajo los materiales comerciales INEN 2415 Gr. A en todos sus elementos estructurales, con tubería redonda estructural de 7/8"x1,5mm, de 1"x1,5mm, y de 1,5"x1,5mm, mientras que para sus cajas con acero de AISIS 1020. Este refleja un esfuerzo máximo de 208,5601 MPa en uno de sus elementos estructurales caracterizándose por constar de una magnitud menor a del límite de fluencia del material.

Para el desarrollo del mismo análisis para la horquilla, para este caso al igual que el anterior sus elementos estructurales están previstos al uso de tubo estructural redondo de 1"x1,5mm y de 7/8"x1,5mm y para sus demás elementos de placa de aceros, de este modo la característica principal es poseer para el tubo un acero NTE INEN 2415 Gr. A, mientras que para la placa un acero ASTM A1011, posterior al análisis se determina que el punto de mayor esfuerzo se encuentra en un elemento estructural con una magnitud máxima de 201,0137MPa que se encontraría por debajo del límite de fluencia del material.

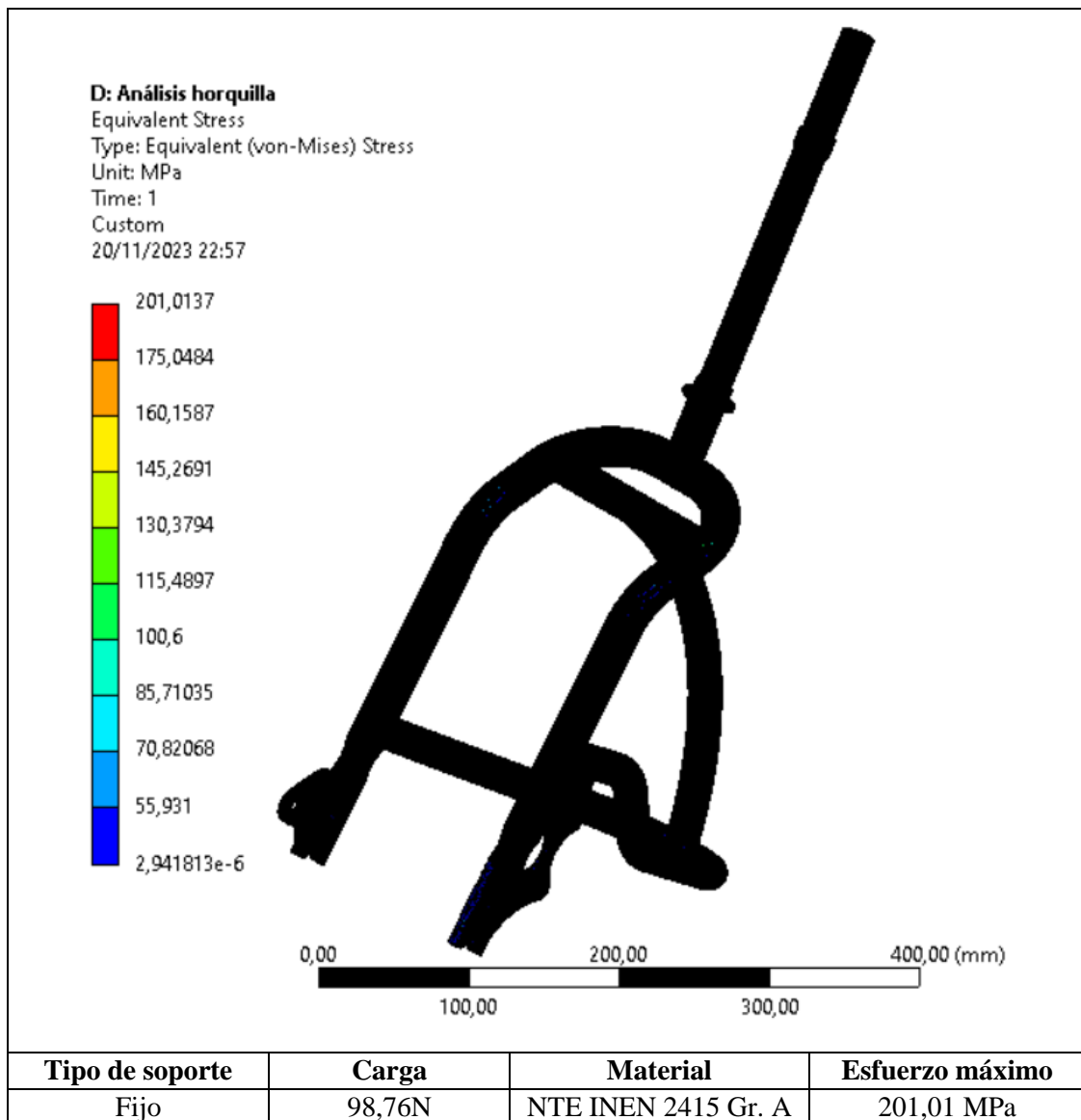


Ilustración 4-2: Análisis del esfuerzo equivalente de la horquilla

Realizado por: Orozco, F., 2023

El análisis posterior que toma importancia es el de los soportes laterales de anclaje que se muestra en la Ilustración 4-3, donde se lleva efecto solamente en el soporte izquierdo ya que el elemento de forma simétrica distribuye las cargas tanto para el lateral derecho como para el izquierdo. Cabe notar que absolutamente todos sus elementos están previstos mediante acero inoxidable AISI 304 para diferentes configuraciones las cuales se toman en configuración de tubo estructural de 7/8”x1,5mm y placa de 2mm, para el caso particular de los soportes de anclaje lateral, se presenta un esfuerzo máximo de 75,0245 MPa que se encuentra muy por debajo del límite de fluencia del material. Se debe notar que los esfuerzos reflejados en el análisis son producto de las fuerzas trasladadas de los demás elementos que conforman el prototipo, nótese que las reacciones involucrarían a los puntos de correderas y el marco principal de montaje.

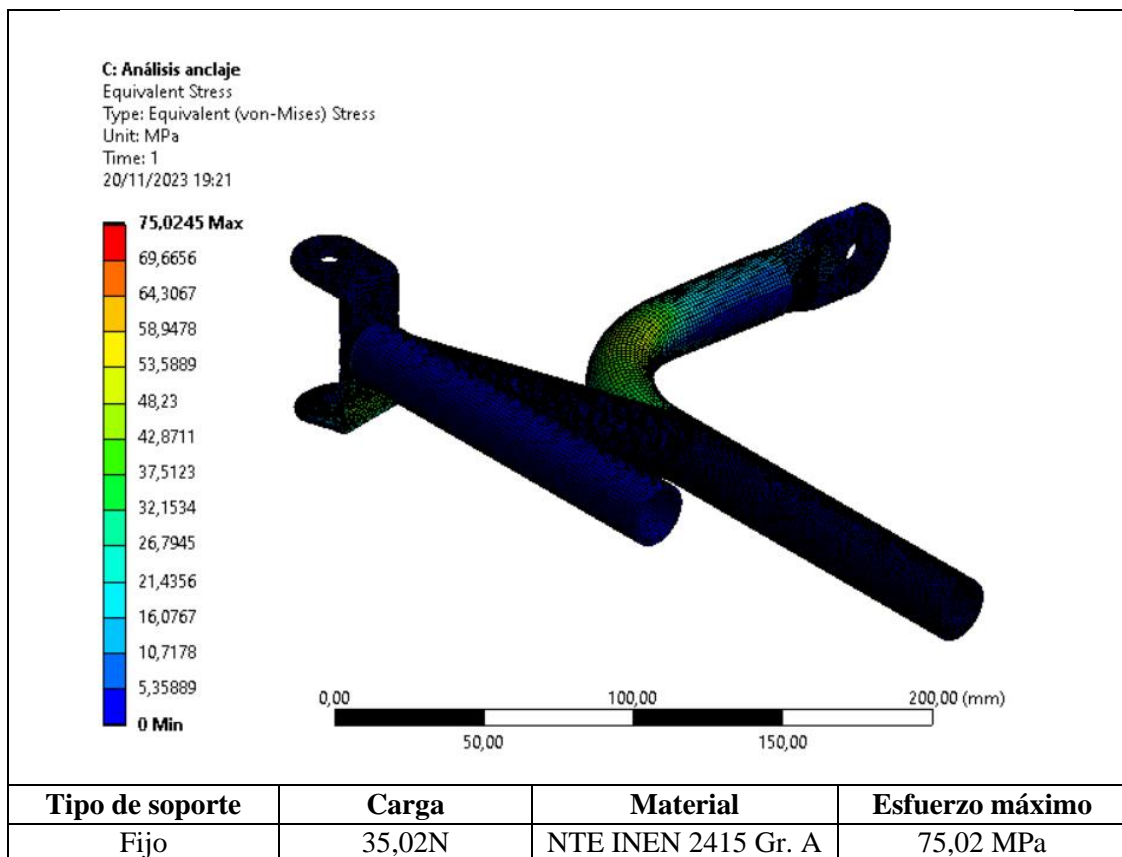


Ilustración 4-3: Análisis del esfuerzo equivalente del soporte anclaje lateral

Realizado por: Orozco, F., 2023

Aunque el material reflejó para los brazos laterales de anclaje que se encontraba en un buen rango de trabajo, se lo utiliza por permitir condiciones óptimas para la formación de correderas en el prototipo.

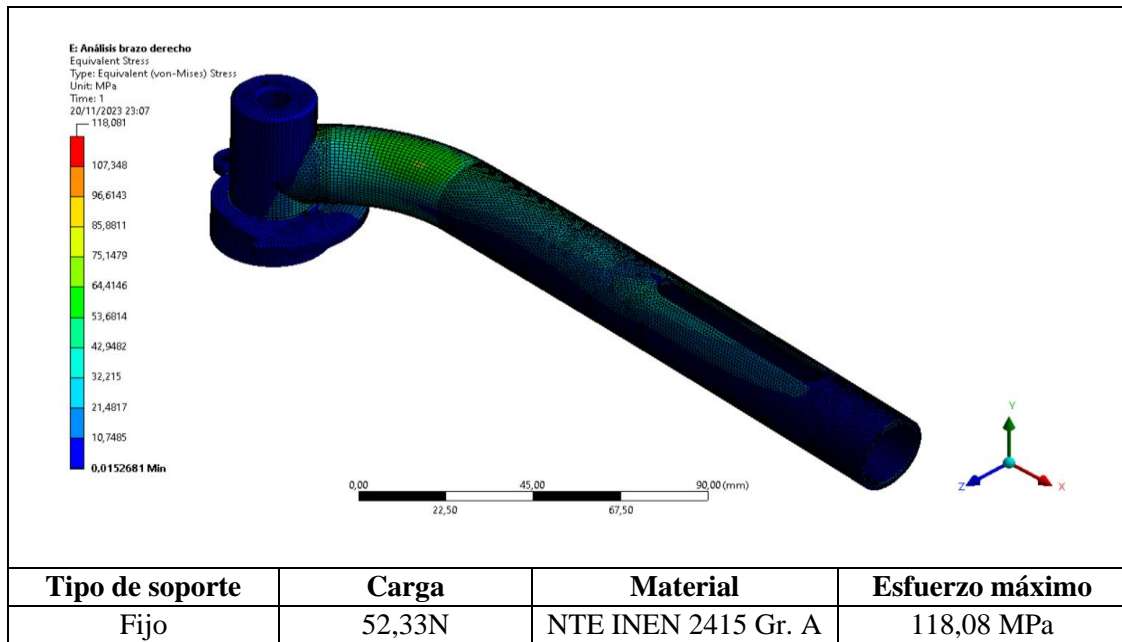
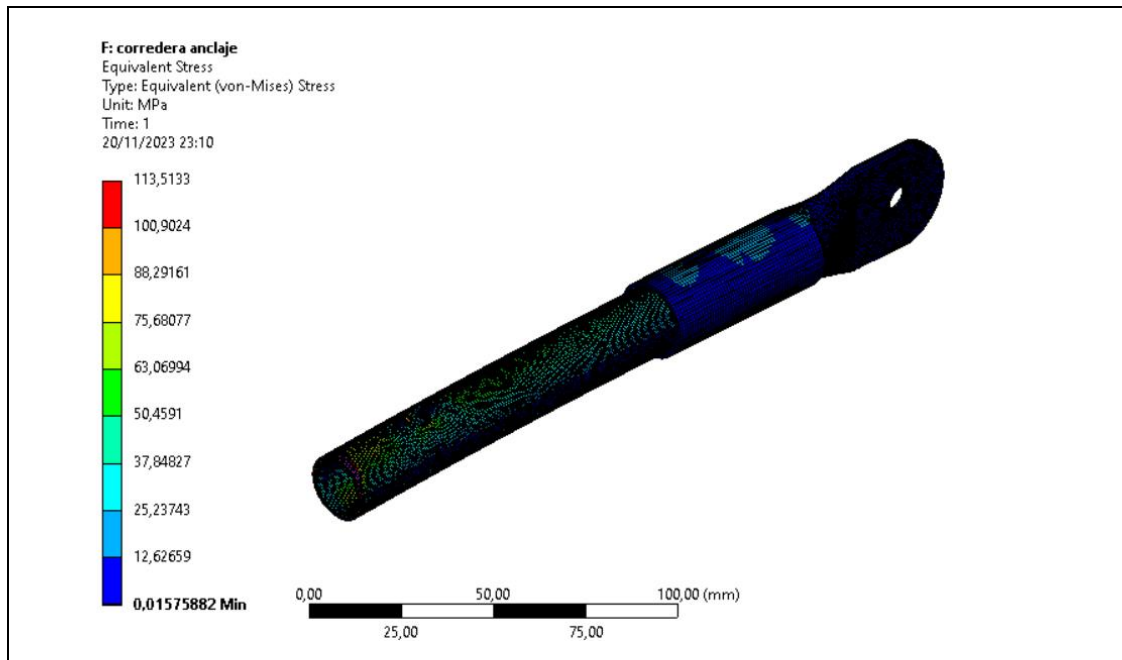


Ilustración 4-4: Análisis del esfuerzo equivalente del brazo articulado.

Realizado por: Orozco, F., 2023

El análisis por el método del elemento finito desarrollado en el brazo articulado que se muestra dentro de la Ilustración 4-4 se cumple tanto para el lateral derecho como para el izquierdo por lo que es necesario solo 1 análisis, este brazo en el buje de pivote permite el anclaje y movimientos en 1 solo eje por lo que se lo representaría como un elemento empotrado al buje, por otro lado, se aplica la carga con la que la silla de ruedas y el usuario imprimen al elemento.

Una vez detallado el análisis para el brazo articulado se procede con el paso al análisis de la corredera de anclaje superior la cual está a la aplicación de la carga en su oreja la cual se caracteriza interactuar de manera casi directa con la silla de ruedas, de este modo se detalla el análisis mostrado en la Ilustración 4-5 con una reacción similar a la de un empotramiento por la camisa que forma el elemento estructural del brazo articulado. El esfuerzo máximo equivalente se caracteriza por estar en el orden de 113,5133 MPa el cual se encontraría por debajo del límite de fluencia de cualquier elemento de análisis, así de soportaría tanto en el tubo estructural de 7/8"x1,5mm de material NTE INEN 2415 Gr. A, así también como en el tubo estructural de 3/4"x1,5mm de material AISIS 304.



Tipo de soporte	Carga	Material	Esfuerzo máximo
Fijo	48,62N	NTE INEN 2415 Gr. A	113,51 MPa

Ilustración 4-5: Análisis del esfuerzo equivalente de la corredera de anclaje superior

Realizado por: Orozco, F., 2023

Finalmente, el análisis concluye con el del soporte de las manivelas por lo que se muestra en la Ilustración 4-6 el análisis por método del elemento finito de los elementos timón, pivote de soporte de manivelas y buje roscado de manivelas el cual muestra un esfuerzo máximo equivalente igual a 123,15MPa en uno de los elementos estructurales de material INEN 2415 Gr. A el cual se encuentra en un rango por debajo al del límite de fluencia del material por el resto de los materiales no existe evidencia de un esfuerzo mayor, pero el análisis no muestra en alguna evidencia de superar el límite.

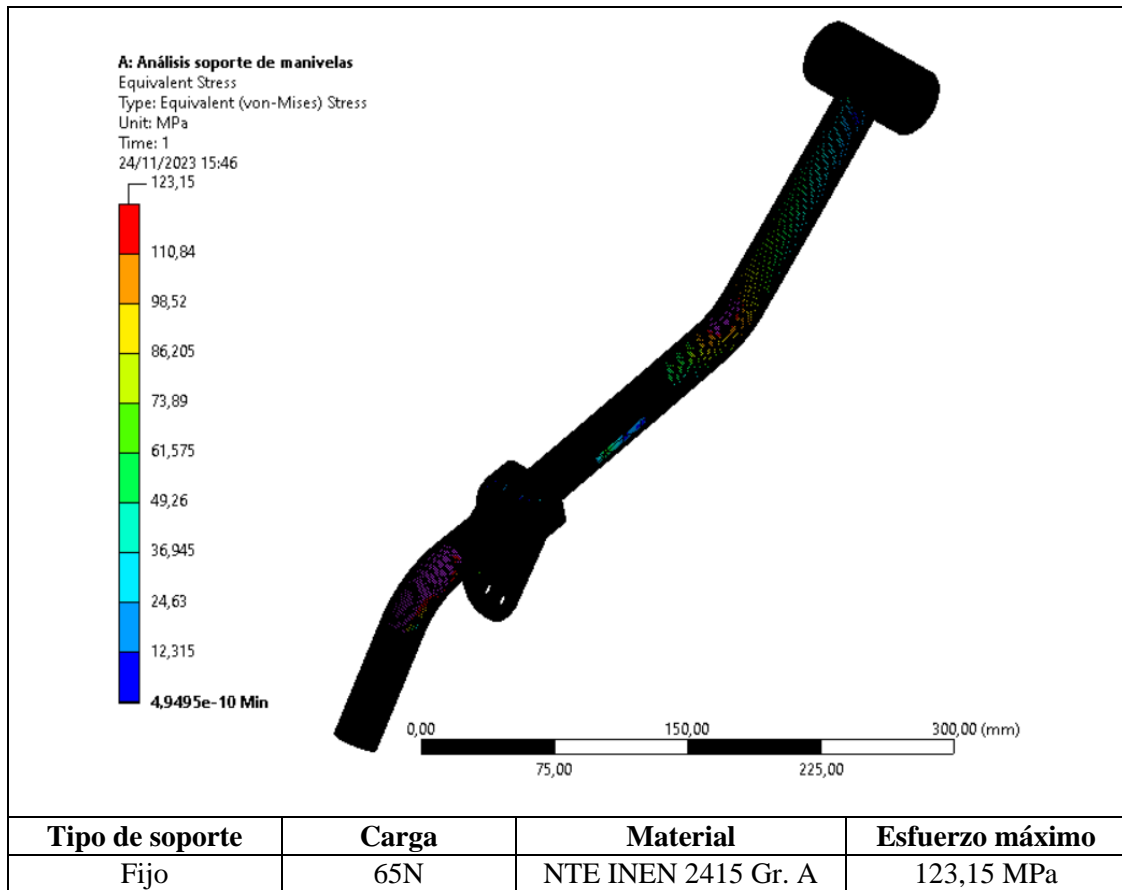


Ilustración 4-6: Análisis del esfuerzo equivalente del timón

Realizado por: Orozco, F., 2023

4.2. Resultados de construcción y montaje del prototipo

El proceso de construcción del prototipo híbrido se desarrolla dentro de las instalaciones de ADICOM, en la ciudad de Riobamba, para ello dentro de las condiciones de construcción se requiere de los planos de conjunto y detalle del prototipo, las hojas de procesos donde se establecen todas y cada una de las etapas y parámetros bajo las cuales debe definirse el proceso de manufactura, por otro lado, el montaje del equipo requiere del planteamiento de guías de montaje que permitan el funcionamiento adecuado del mismo. Es importante considerar que cada elemento a mecanizarse debe cumplir con dimensiones constructivas, ajustes, tolerancias, condiciones superficiales. Los datos constructivos relacionados a planos de detalle y hojas de procesos son desarrollados en SolidWorks, el cual permite de manera intuitiva el fácil desarrollo y especificación completa del elemento. Nótese que la mayoría de la información constructiva quedaría ubicada dentro del apartado de anexos.

4.2.1. Resultados de la construcción de los elementos del prototipo

Como se observa dentro de la parte metodológica del apartado se considera que el procedimiento bordea su desarrollo mediante 4 etapas que se detallan a continuación,

4.2.1.1. Primera etapa (adquisición)

La primera etapa consiste en la adquisición de elementos esenciales del sistema, estos elementos van a relacionar gran parte del diseño del prototipo a su uso. Así se tiene la subdivisión de la etapa en 3 partes, la parte de “Adquisición de Kits” relaciona los elementos que para su trabajo vienen normalmente comercializado en conjuntos de piezas por diferentes tipos de fabricantes y para facilidad se requiere de una selección de este modo se hace uso de los kits ya establecidos en capítulos anteriores.

Tabla 4-1: Elementos para la construcción del bastidor y mecanismos de anclaje

Kits de accesorios	
Descripción	Cantidad
Kit de rueda 20” Bicimex	1
Kit Shimano Tourney tz	1
Kit de conversión eléctrica MagnetX 1000W	1
Kit de frenos de disco Hawk	1
Kit de rodamientos de trinche First components	1
Kit de rodamientos de pedales First components	1

Realizado por: Orozco, F., 2023

Tabla 4-2: Accesorios para la construcción del prototipo

Accesorios	
Descripción	Cantidad
Pernos de cabeza hexagonal 5/16”-24UNFx3/4” Grado 8	6
Pernos de cabeza hexagonal 3/8”-24UNFx1” Grado 8	2
Pernos de cabeza hexagonal 3/8”-24UNFx1,125” Grado 8	2
Pernos de cabeza hexagonal 3/8”-24UNFx2,25” Grado 8	2
Tornillos cabeza de pan M6x1x15mm	2
Tornillos cabeza de pan 5/16”-18UNCx1”	2
Tornillos cabeza de pan 5/16”-18UNCx1,25”	4
Tornillos cabeza de pan 5/16”-18UNCx1,5”	2
Tornillos cabeza de pan 5/16”-18UNCx2,25”	1
Tuercas hexagonales 3/8”-24UNF	6
Tuercas hexagonales 5/16”-24UNF	2
Tuercas hexagonales 5/16”-18UNC	2
Tuercas de seguridad 5/16”-18UNC	5
Arandelas planas ¼	2
Arandelas planas 5/16”	24

Realizado por: Orozco, F., 2023

Posterior al efecto de acuerdo con el diseño definido se desarrolla la etapa de “Adquisición de accesorios” estos si bien se relacionan a la subetapa anterior por distribuirse por diferentes

fabricantes difieren en que estos se comercializan por elementos simples como pernos, arandelas, tuercas, muelles, entre otros. Finalmente concluye el procedimiento con la tercera etapa donde se desarrolla la “Adquisición de materiales de construcción”, de igual manera distribuidos por fabricantes distintos, pero trabajaran como materia prima para el desarrollo y construcción de los diferentes elementos del prototipo dentro de las Tablas 4-1, 4-2 y 4-3 se definen los materiales adquiridos en las subetapas uno, dos y tres respectivamente.

Tabla 4-3: Materiales para la construcción del prototipo

Materiales para construcción	
Descripción	Cantidad
Tubo estructural redondo de 1 1/2”x1,5mm	1 ½
Tubo estructural redondo de 1 1/4”x1,5mm	1
Tubo estructural redondo de 1”x1,5mm	1
Tubo estructural redondo de 7/8”x1,5mm	1
Plancha sin recubrimiento de 1,5mm	¼
Pernos M6 grado 8,8	13
Tuercas de sombrero M6 grado 8,8	10
Primera marca unidas	1

Realizado por: Orozco, F., 2023

Las ilustraciones 4-7 y 4-8 muestran los componentes adquiridos dentro de los kits de la rueda y el de los rodamientos de los pedales que permiten el desarrollo constructivo del prototipo.



Ilustración 4-7: Elementos de los kits de la rueda 20”

Realizado por: Orozco, F., 2023

Kit de rodamientos de pedales



Pista izquierda fija de manivelas

Pista derecha de calibración de manivelas

Buje roscado de manivelas

Rodamientos de las manivelas

Contratuerca derecha

Eje principal de manivelas

Ilustración 4-8: Elementos de los kits de pedales

Realizado por: Orozco, F., 2023

4.2.1.2. Segunda etapa (marcado y corte)

El procedimiento de la segunda etapa consistió en el marcado y corte del material que permitiría el dimensionamiento del material en bruto requerido para el desarrollo de cada elemento, estas dos actividades tienen estrecha relación y permitieron la planificación adecuada para construcción del prototipo. Las dos actividades están ligadas a su vez a la lectura y tratamiento de planos de conjunto y detalle, así como a la de las hojas de taller. La modulación de material en bruto se muestra dentro de la Tabla 4-4.

Tabla 4-4: Corte del material

Corte del material en bruto		
Descripción	Cantidad	Corte
Tubo estructural redondo de 7/8"x1,5mm	1 ½	518, 500, 251, 510
Tubo estructural redondo de 1"x1,5mm	1	240, 260
Tubo estructural redondo de 1 ½" x1,5mm	1	150
Plancha sin recubrimiento de 1,5mm	¼	37x37; 136,5x68,7; 60x70

Realizado por: Orozco, F., 2023

4.2.1.3. Tercera etapa (operaciones y ensamblaje)

Se debe destacar dentro de la tercera etapa el cuidado por lo que para su desarrollo es relevante como primer punto el hacer uso de EPP (Equipo de protección personal) ya que se trabaja con el uso de máquinas y herramientas así como el cuidado en no ocasionar daños de material u máquinas y herramientas que incidirán en el costo final del trabajo, sin más preámbulos es importante destacar que cada uno de los elementos diseñados constan de algunos miembros para

su constitución y funcionamiento por lo que cada elemento tendrá su algoritmo de construcción, así se muestra a continuación.

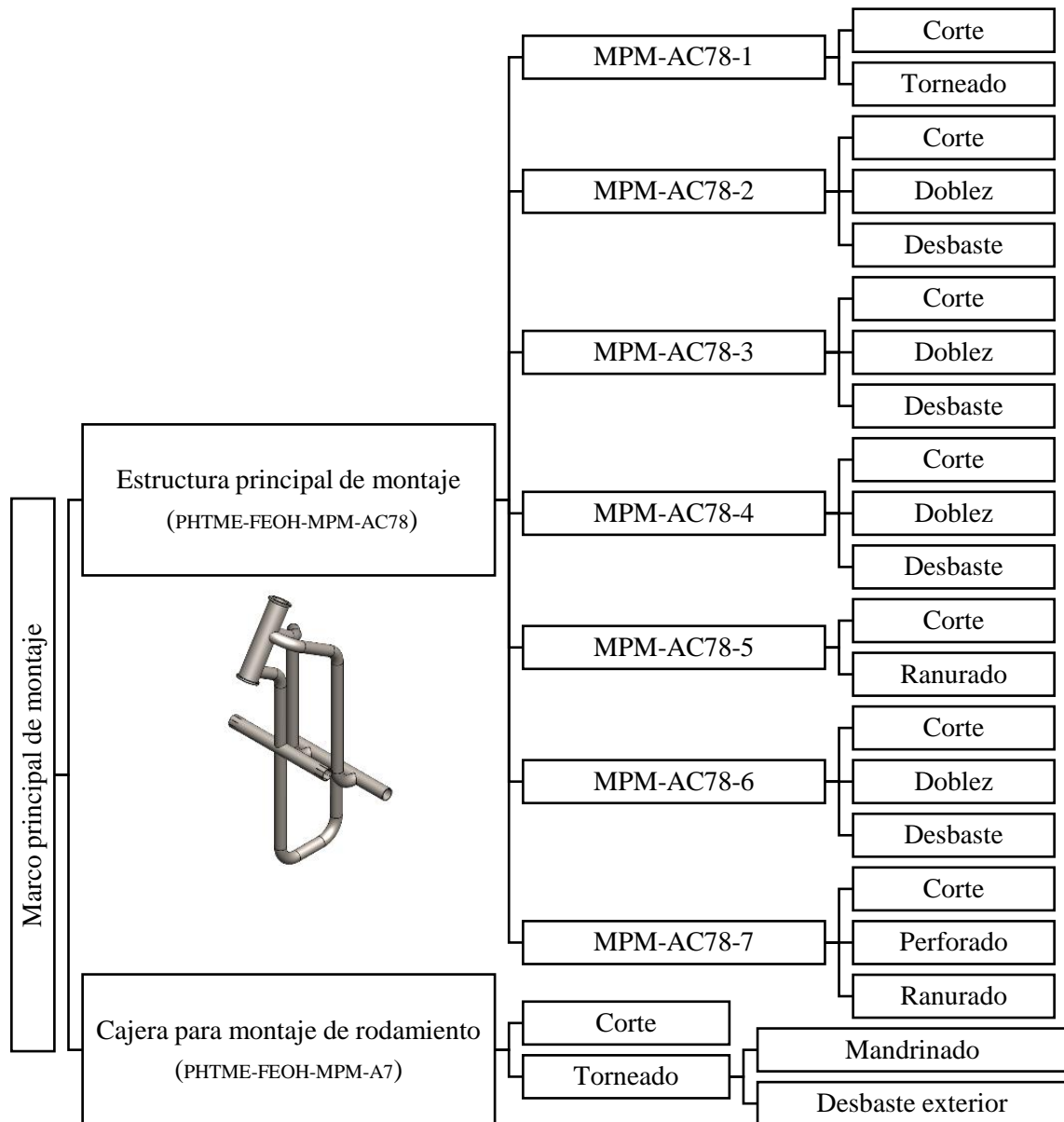


Ilustración 4-9: Construcción del marco principal de montaje

Realizado por: Orozco, F., 2023

Por otro lado, la Ilustración 4-9 describe el proceso constructivo de cada uno de los elementos que conforman el marco principal de montaje con, así también se describen los subcomponentes con su codificación de acuerdo con los planos y cada una de las operaciones que se requieren para su construcción, la Ilustración 4-10 describe para la horquilla de la dirección. El timón queda descrito por la ilustración 4-11 y el pivote del soporte de las manivelas por la ilustración 4-12.

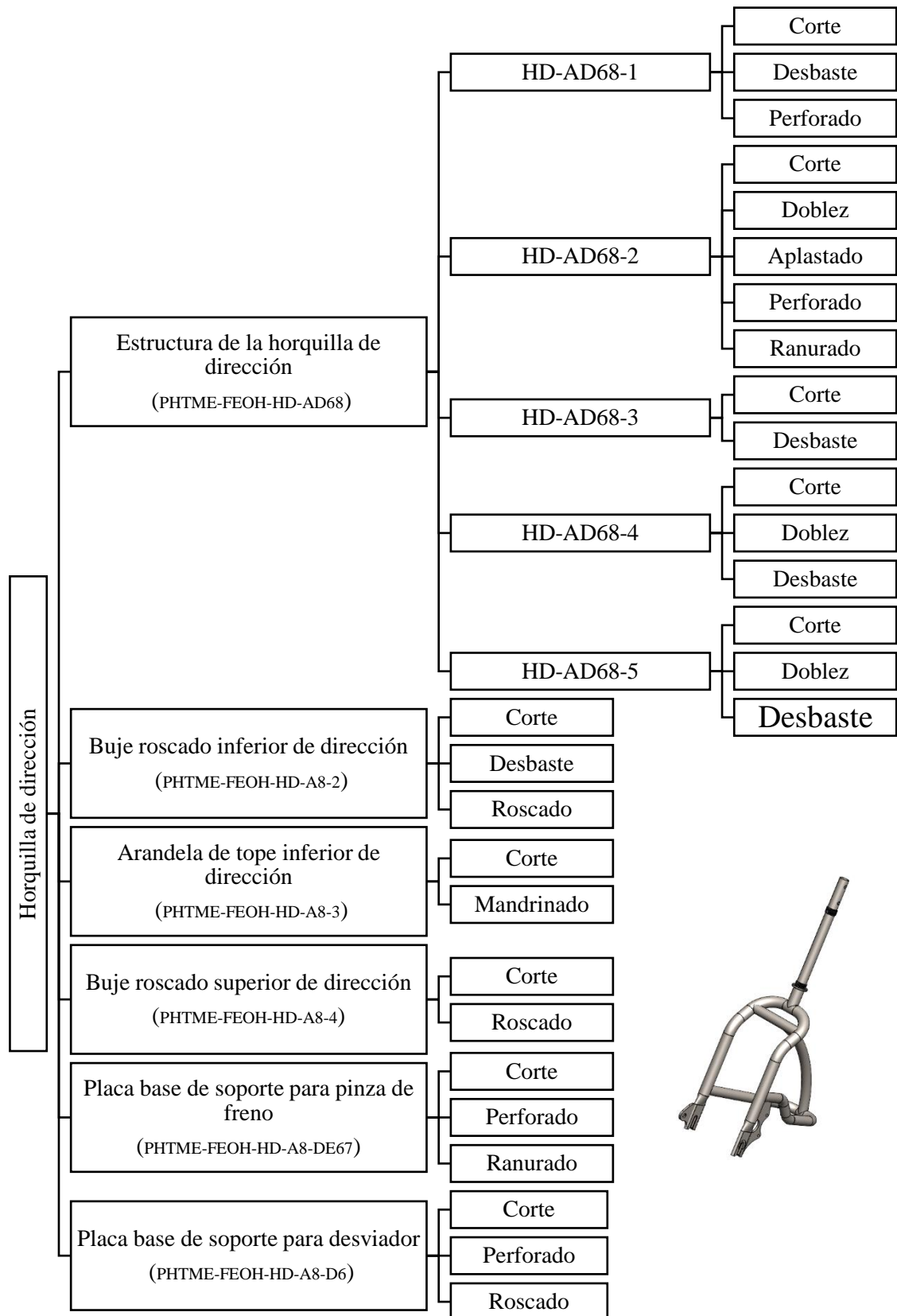


Ilustración 4-10: Construcción de la horquilla de dirección

Realizado por: Orozco, F., 2023

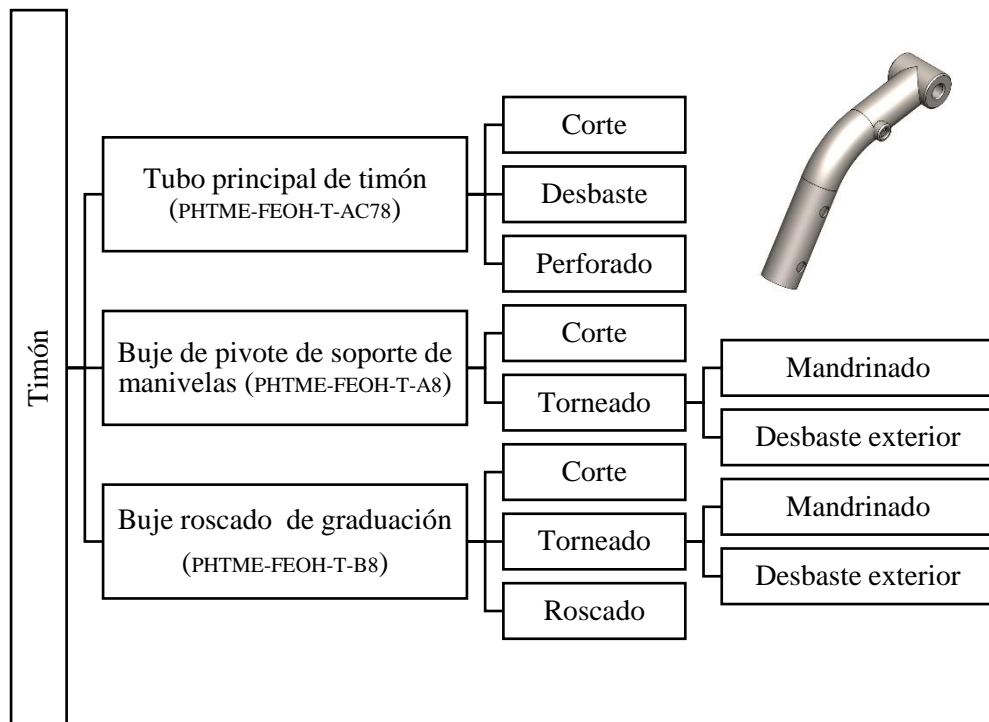


Ilustración 4-11: Construcción del timón

Realizado por: Orozco, F., 2023

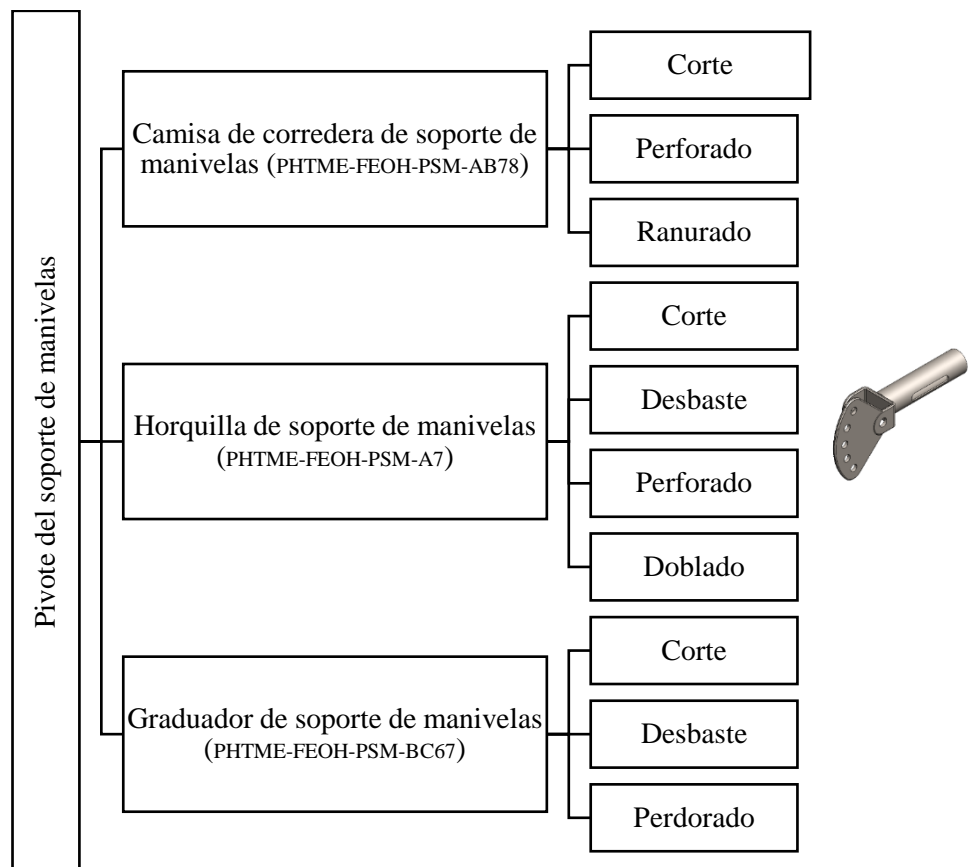


Ilustración 4-12: Construcción del pivote del soporte de manivelas

Realizado por: Orozco, F., 2023

Finalmente, la Tabla 4-5 muestra los elementos contruidos para la manufactura y ensamblaje final del elemento marco principal de montaje por lo que se desarrollan 2 elementos principales y 7 subelementos que permitirán por medio del doblado, corte perforado, ranurado y desbaste de tubo estructural redondo dar la forma al elemento como tal.

Tabla 4-5: Proceso constructivo del marco principal de montaje.

Marco principal de montaje		
		
		
		
		

Realizado por: Orozco, F., 2023

Al igual que la tabla anterior la Tabla 4-6 muestra la construcción de la horquilla de la dirección desarrollándose por medio de procesos de corte soldadura, perforado, desbaste y torneado de roscas para la obtención del producto final.


Tabla 4-6: Proceso constructivo de la horquilla de dirección

Horquilla de dirección		
		
		
		
		
		
		

Realizado por: Orozco, F., 2023

La tabla 4-7 muestra el proceso para la construcción del brazo lateral articulado, por otro lado, la tabla 4-8 lo detalla para la corredera del brazo articulado, y finalmente la ilustración 4-9 detalla los elementos y subprocesos efectuados para la obtención de las pinzas de anclaje superiores.

Tabla 4-7: Proceso constructivo del brazo articulado.

Brazo articulado		
		
		
		

Realizado por: Orozco, F., 2023

Tabla 4-8: Proceso constructivo de la corredera del brazo articulado

Corredera del brazo articulado		
		
		
		

Realizado por: Orozco, F., 2023

Tabla 4-9: Proceso constructivo de las pinzas de anclaje superior












Realizado por: Orozco, F., 2023

4.2.1.4. Cuarta etapa (pintura)





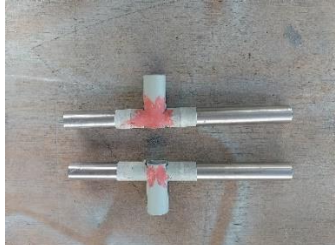

La cuarta etapa tendrá como objetivo el trabajo de la parte estética del prototipo por lo que se describe como proceso la aplicación de recubrimiento por pintura, de este modo se aplica una mano de primera automotriz como tabla 4-10, masilla de corrección nótese en la tabla 4-11 y una mano de poliuretano de alto brillo mostrada en la tabla 4-12.

Tabla 4-10: Aplicación de primera base

Aplicación de base		
		
		
		

Realizado por: Orozco, F., 2023

Tabla 4-11: Corrección de fallas

Corrección de fallas		
		
		

Realizado por: Orozco, F., 2023

Nótese que para la aplicación del primer se requiere preparación por abrasivos, retirando escorias, óxidos y soldas protuberantes. Y la aplicación entre capa y capa de pintura requiere de desengrasantes, abrasivos y superficies preparadas y limpias hasta llegar a la capa final.

Tabla 4-12: Capa de pintura final

Pintura Final		
		
		
		

Realizado por: Orozco, F., 2023

4.2.2. Montaje del prototipo

El proceso de montaje del prototipo pretende listar y realizar el algoritmo útil. Esta describe la rutina completa de pasos previos a la obtención del producto final. Se tendrá como resultado el prototipo armado funcional y apto para la etapa de pruebas. De este modo se desarrolla el manual de montaje del prototipo. Este paso a paso estimará de una manera breve, los elementos, materiales, insumos y procedimientos para la intervención.

4.2.2.1. Manual de montaje del prototipo

El prototipo quedará completamente armado por medio del uso de los 50 pasos listados, cada uno de los pasos se define en lo posible por los elementos necesarios, los insumos, las herramientas y equipos, los procedimientos, sugerencias y la imagen descriptiva del paso. Los elementos son descritos por la lista de materiales del prototipo. Los insumos se refieren al uso de lubricantes, pegamentos, resinas, u otros materiales que sean necesarios. Por otro lado, las herramientas y equipos se enfocan en los requerimientos para el cumplimiento cada meta impuesta por paso. Los procedimientos se establecen y caracterizan parámetros relevantes como el orden, posición, apriete, entre otros parámetros.

Primer paso:

- *Elementos del equipo:* Marco principal de montaje, cazoleta superior y cazoleta inferior.
- *Insumos:* grasa Marfak HD-2 (Texaco).
- *Equipos y herramientas:* Prensa hidráulica de 2 toneladas, palanca de fuerza y placas de apoyo.
- *Procedimiento:*
 - a. Tomar y organizar los elementos requeridos para el procedimiento.
 - b. Untar grasa sobre las superficies deslizantes de las cazoletas y el marco principal de montaje.
 - c. Ubicar y montar la cazoleta superior sobre su cajera dispuesta en el marco principal de montaje. Soportar por la parte inferior el marco principal de montaje con la ayuda de una placa de apoyo específicamente sobre la superficie perpendicular a la línea de desplazamiento de la cazoleta superior. Forzar por medio de la prensa de 2 toneladas (usar la palanca de fuerza) a la cazoleta superior con la ayuda de una placa de apoyo, para su alojamiento dentro de la cajera respectiva hasta su límite o tope. Retirar la fuerza aplicada y el ensamblaje de la prensa hidráulica.
 - d. Lubricar las superficies de contacto y deslizamiento dispuestas en la cazoleta inferior y el marco principal de montaje.
 - e. Imprimir la fuerza de montaje de la cazoleta inferior de forma análoga al apartado (b) con la diferencia que el punto de apoyo será en la superficie de la cazoleta superior.

Retirar la fuerza aplicada por la prensa al momento que los elementos se sitúen en el tope u posición adecuada.

- *Sugerencias:* Tomar en consideración la Ilustración 4-13. En caso de no tener acceso a una prensa hidráulica y tomar la decisión no recomendable de montar los elementos con la ayuda de impacto de un martillo, verificar que los elementos se encuentren alineados y montados de manera uniforme previo a cada impresión de golpe. Al montar con una prensa se deberá verificar la uniformidad de montaje de los elementos para evitar atascamientos u daños en las pistas de los rodamientos. Evitar golpes u rayaduras que ocasionarían daños u deterioros permanentes dentro del recubrimiento superficial de los elementos.

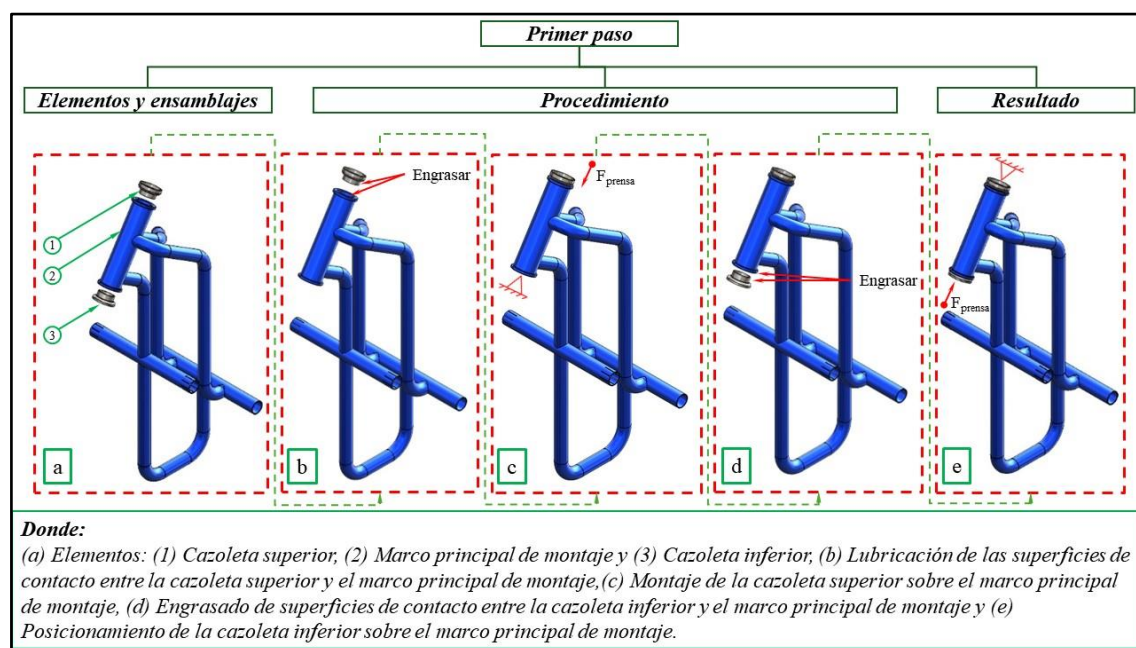


Ilustración 4-13: Primer paso de montaje del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

Segundo paso:

- *Elementos del equipo:* Rodamiento del volante
- *Ensamblaje del paso:* 1
- *Insumos:* grasa Marfak HD-2 (Texaco).
- *Procedimiento:*
 - Organizar los elementos requeridos para el desarrollo.
 - Lubricar la pista del rodamiento ubicada en la cazoleta superior montada en el marco principal de montaje, adicional se debe untar de grasa al rodamiento de volante.
 - Posicionar y montar el rodamiento de volante sobre su respectiva pista de rodadura.
 - Embadurnar de grasa al rodamiento superior del volante para su correcta lubricación de trabajo.

- *Sugerencias:* Tomar en consideración la Ilustración 4-14. Evitar cualquier tipo de impureza que pueda deteriorar los elementos del rodamiento. Verificar la presencia total de los elementos rodantes sobre la jaula del rodamiento. Ser generoso en la aplicación de grasa sobre el rodamiento para su correcto funcionamiento cuando se someta a trabajo continuo.

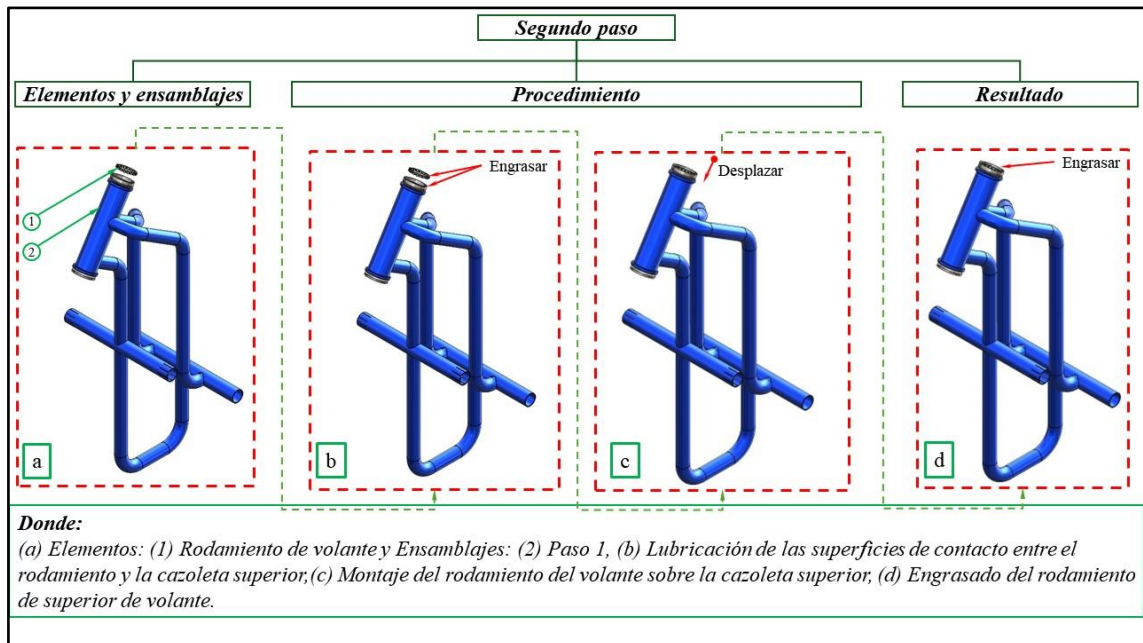


Ilustración 4-14: Segundo paso de montaje del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

Tercer paso:

- *Elementos del equipo:* Horquilla de dirección, pista inferior roscada, rodamiento de la dirección.
- *Insumos:* grasa Marfak HD-2 (Texaco).
- *Equipos y herramientas:* Llave mixta (o llave inglesa) de 1".
- *Procedimiento:*
 - Disponer los elementos requeridos según la secuencia adecuada.
 - Engrasar la rosca tanto de la horquilla de la dirección como de la pista inferior roscada. Girar con la mano la pista roscada inferior hasta que llegue a su posición de trabajo, una vez tope en su ubicación proporcione un ajuste aproximado a 45° con la llave de 1".
 - Embadurnar de grasa la pista de rodadura inferior para la posterior colocación del rodamiento inferior de la dirección.
 - Desplazar el rodamiento hasta que su ubicación este de acuerdo con la de su pista de rodadura.
 - Engrasar el rodamiento inferior de la dirección de manera adecuada en cumplimiento con sus condiciones de operación.

- *Sugerencias:* Tomar en consideración la Ilustración 4-15. Comprobar que la rosca interna y externa de deslizamiento de la pista inferior roscada no presenten daños u presencia de impurezas, caso contrario solucione el problema antes de montar los elementos roscados. Asegurar el correcto ingreso de la rosca. Evitar cualquier tipo de impureza que pueda deteriorar los elementos del rodamiento. Verificar la presencia total de los elementos rodantes sobre la jaula del rodamiento. Ser generoso en la aplicación de grasa sobre el rodamiento para su correcto funcionamiento cuando se someta a trabajo continuo.

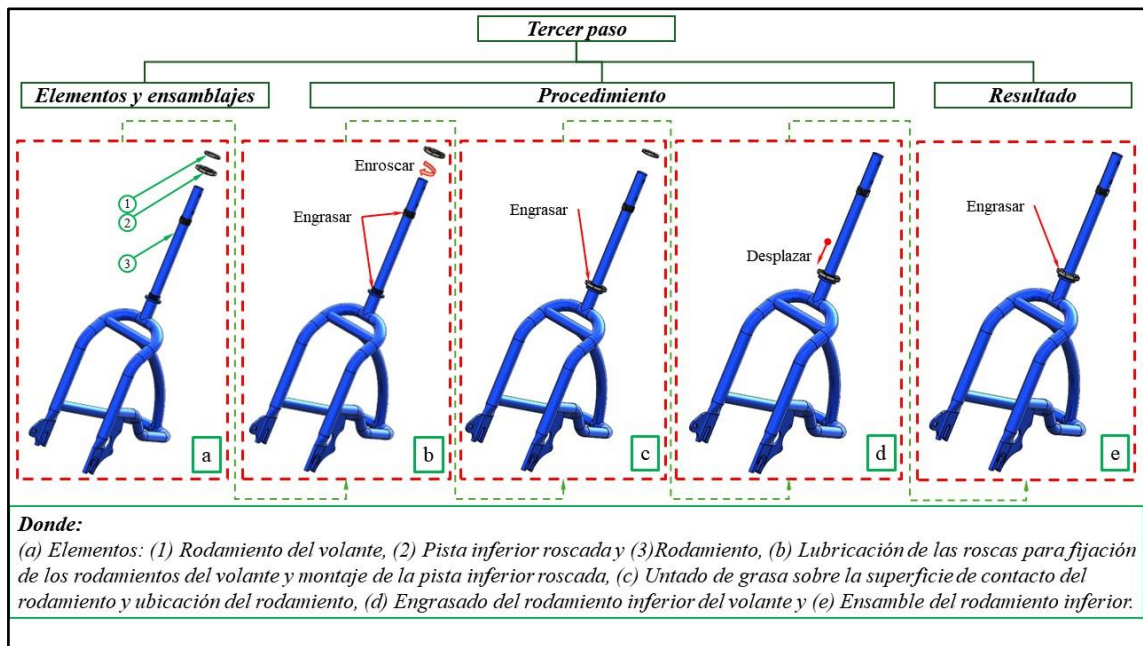


Ilustración 4-15: Tercer paso de montaje del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

Cuarto paso:

- *Elementos del equipo:* Contratuerca del rodamiento de la dirección, pista superior del rodamiento de la dirección.
- *Ensamblajes del paso:* 2 y 3.
- *Insumos:* grasa Marfak HD-2 (Texaco).
- *Equipos y herramientas:* Llave mixta (o llave inglesa) de 1" y 7/8".
- *Procedimiento:*
 - a. Organizar los elementos y ensamblajes requeridos según la secuencia adecuada.
 - b. Posicionar los ensamblajes dispuestos sobre el marco principal de montaje y la horquilla de dirección. Desplazar los ensamblajes en direcciones contrarias sobre el eje de la dirección.
 - c. Engrasar la pista del rodamiento superior y asentar su pista de rodadura sobre los elementos rodantes.

- d. Lubricar la rosca interior y exterior correspondiente a la contratuerca. Girar con la mano la contratuerca hasta que llegue a su posición límite.
- e. Calibrar la libertad de la dirección, para ello use las llaves de 1" y 7/8" sobre la pista inferior roscada y la contratuerca respectivamente. Apretar la contratuerca hasta que la dirección no presente juego axial y tenga una libertad de giro sin tropezones ante el movimiento manual.
- *Sugerencias:* Seguir la Ilustración 4-16. Verificar el correcto asentamiento, lubricación y libertad de los rodamientos para su funcionamiento idóneo. Notar siempre el juego axial y la presencia de tropezones o trabaduras para evitar un ajuste inadecuado.

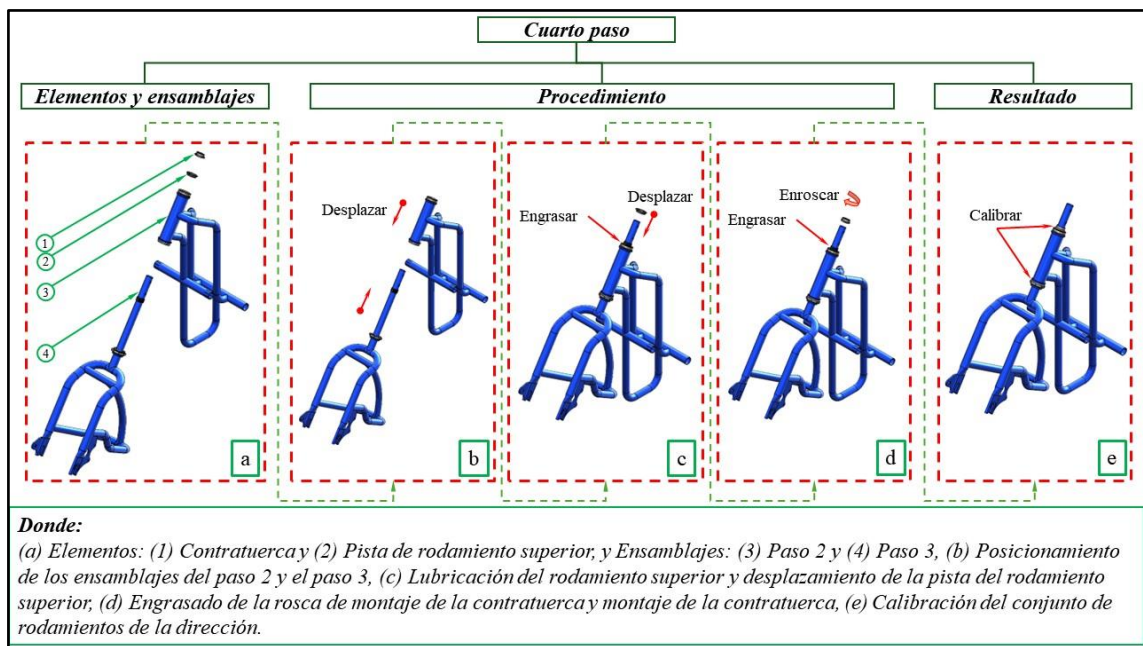


Ilustración 4-16: Cuarto paso de montaje del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

Quinto paso:

- *Elementos del equipo:* Soporte de anclaje lateral derecho, Nueces de apriete, Soporte de anclaje lateral izquierdo, Mariposas de apriete y Arandelas cóncavas de compresión.
- *Ensamblaje del paso:* 4
- *Insumos:* grasa Marfak HD-2 (Texaco).
- *Procedimiento:*
 - a. Ordenar los elementos de acuerdo con el procedimiento de montaje.
 - b. Untar grasa sobre las superficies deslizantes de las nueces de apriete y de contacto de los tubos de corredera del marco principal de montaje.
 - c. Deslizar y asentar (con una fuerza mínima que solo limite la rotación) las nueces de apriete en donde la ubicación de la mariposa de apriete quede dispuesta de manera vertical y hacia la parte posterior del prototipo.

- d. Engrasar las superficies deslizantes internas de las correderas del marco principal de montaje y externas de las correderas de los soportes de anclaje lateral.
- e. Posicionar los soportes de anclaje lateral derecho e izquierdo y deslizarlos al interior del marco principal, permitiendo que el agujero roscado de los soportes laterales de anclaje se encuentre dentro de su ranura limitante.
- f. Lubricar la rosca de las mariposas de apriete y posicionar las arandelas cóncavas de compresión sobre las correderas.
- g. Alinear los agujeros roscados con las mariposas de apriete y montar las mariposas.
- h. Posicionar las correderas en su límite máximo, mínimo o intermedio de tal forma que el prototipo tenga una apretura simétrica. Ajuste las mariposas y nueces de apriete y limite la libertad de los soportes de anclaje lateral.
- *Sugerencias:* Considerar la Ilustración 4-17. Cuando no se encuentren los soportes de anclaje lateral montados evite el apretar las nueces de apriete para evitar daños en las correderas. Verifique que las correderas no presenten daños y estén correctamente engrasadas para que se deslicen de manera adecuada y fácil.

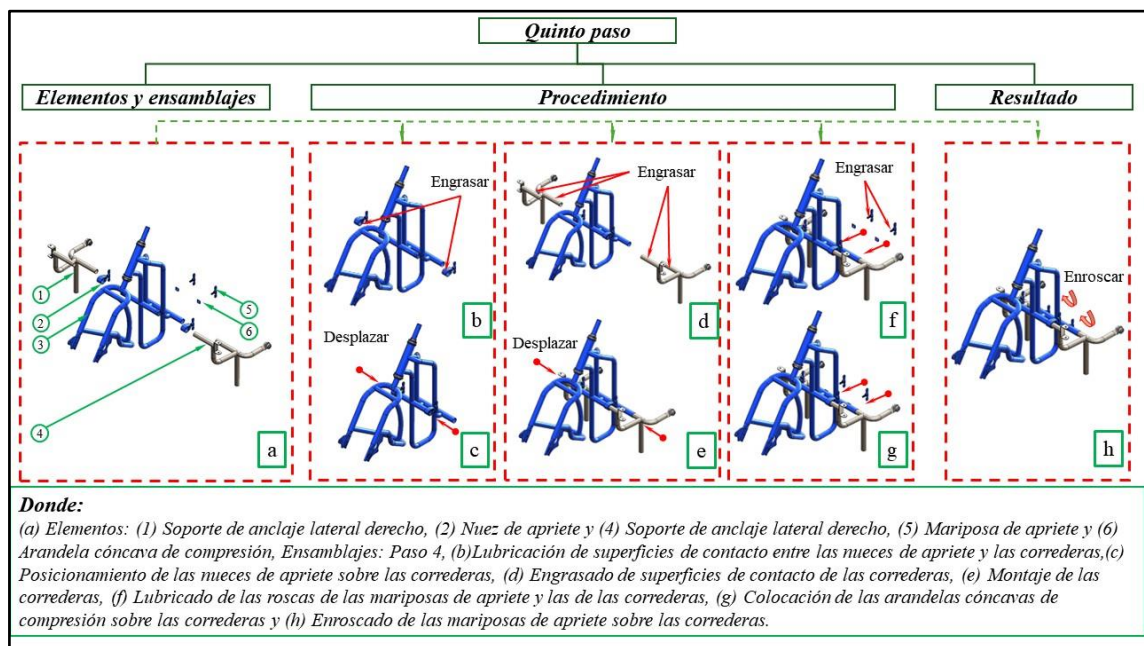


Ilustración 4-17: Quinto paso de montaje del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

Sexto paso:

- *Elementos del equipo:* Arandelas de agujero ranurado y pestaña, Cassete de piñones, Neumático, Motor de cubo (1000W), Disco de freno, Tornillos cabeza de botón (M6x15mm), Arandelas de agujero ranurado, Tuercas de sombrero (9/16-18UNC), arandelas de anclaje perno tipo mariposa de apriete
- *Ensamblaje del paso:* 3
- *Insumos:* grasa Marfak HD-2 (Texaco), Fijador de roscas Loctite 242.

- *Equipos y herramientas:* Destornilladores planos, Palanca de fuerza (mando de ½”), Torquímetro, Ratchet (mando de ½”), Barra de extensión de 3”, Dado 21mm, Dado torx T25(mando de 1/2), Llave para remoción de Cassette de piñones de bicicleta.
- *Procedimiento:*
 - a. Seleccionar los elementos requeridos para el procedimiento.
 - b. Untar grasa sobre la superficie de contacto entre el aro del motor y el neumático. Dividir y posicionar los destornilladores planos sobre la circunferencia. Forzar e introducir el neumático en su cavidad.
 - c. Lubricar la rosca para el acoplamiento del Cassette de piñones. Girar y montar el Cassette de piñones en su sitio (hasta el límite de su alojamiento). Asentar y apretar a 5Nm el Cassette de piñones con el uso de un Ratchet (para el apriete se remplaza por el torquímetro), una barra de extensión de 3”, un dado de 21mm y una llave para remoción de Cassette de piñones de bicicleta.
 - d. Ubicar el disco de freno en su lugar. Adicionar una gota de fijador de roscas en el inicio de la rosca de cada uno de los tornillos cabeza de botón. Introducir los tornillos con la ayuda de un Ratchet, una barra de extensión de 3” y un dado torx T25 hasta llegar al límite de su posición. Reemplazar el Ratchet por el torquímetro e imprimir un torque de 5Nm a cada tornillo.
 - e. Desplazar las arandelas de agujero ranurado al límite de su posición sobre el eje del motor de cubo.
 - f. Insertar las arandelas de agujero ranurado y pestaña sobre el eje del motor de cubo, con sus pestañas orientadas hacia el mismo lado.
 - g. Montar las tuercas de sombrero sobre el eje del motor de cubo.
 - h. Disponer las tuercas de sombrero en la zona limite exterior del eje del motor de cubo. Separar al máximo las arandelas de agujero ranurado de las de agujero ranurado y pestaña.
- *Sugerencias:* Seguir la Ilustración 4-37. Procurar que las puntas de los destornilladores no dañen el tubo de la rueda. Inspeccionar que la rosca de montaje del Cassette de piñones se encuentre libre de impurezas y daños. Comprobar el correcto acoplamiento de la rosca del Cassette de piñones. Asentar y apretar los tornillos del disco de freno de manera uniforme y con el orden planteado en la ilustración 4-18. Evitar el endurecimiento del fijador de roscas antes de terminar la etapa de montaje del disco de freno, estimar un tiempo prudente.

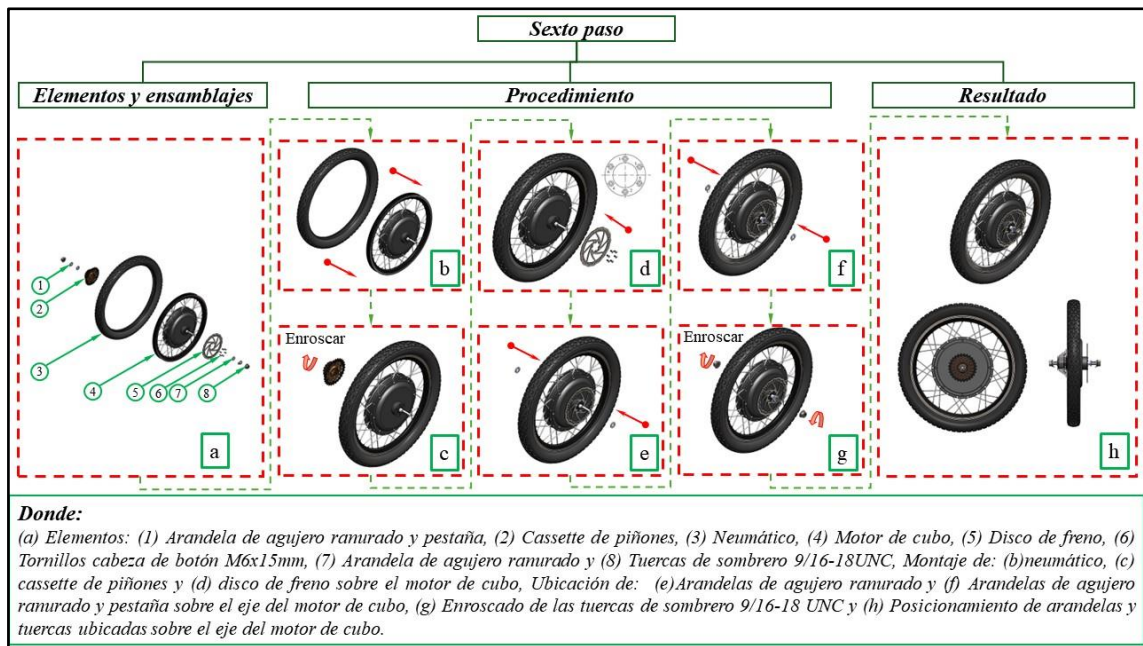


Ilustración 4-18: Sexto paso de montaje del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

Séptimo paso:

- *Elementos del equipo:* Garruchas
- *Ensamblaje del paso:* 5 y 6.
- *Insumos:* grasa Marfak HD-2 (Texaco).
- *Equipos y herramientas:* Llave mixta de 7/8", llave de bicicleta de 9/16".
- *Procedimiento:*
 - a. Disponer los elementos requeridos para la secuencia.
 - b. Untar grasa sobre la superficie de contacto entre el eje del motor de cubo y la horquilla de dirección.
 - c. Disponer el motor de tal forma que la pestaña de las arandelas de agujero ranurado y pestaña queden ubicadas hacia abajo. Posicionar y desplazar el motor de cubo sobre las ranuras de montaje de la horquilla de dirección.
 - d. Asentar cada una de las tuercas de sombrero en su ranura correspondiente. Ajustar las tuercas de sombrero con la ayuda de una llave mixta de 7/8".
 - e. Lubricar las roscas de las espigas de las garruchas y los bujes roscados de los soportes laterales derecho e izquierdo. Girar y asentar las espigas de las garruchas.
 - f. Ajustar las espigas de las garruchas con el uso de una llave de bicicleta de 9/16".
- *Sugerencias:* Desarrollar el procedimiento conforme con la Ilustración 4-19. Verificar la correcta inserción de las tuercas de sombrero sobre sus ranuras de montaje. Imprimir un apriete por medio de la rotación de un ángulo de 45° tanto para las tuercas de sombrero como para las espigas de las garruchas.

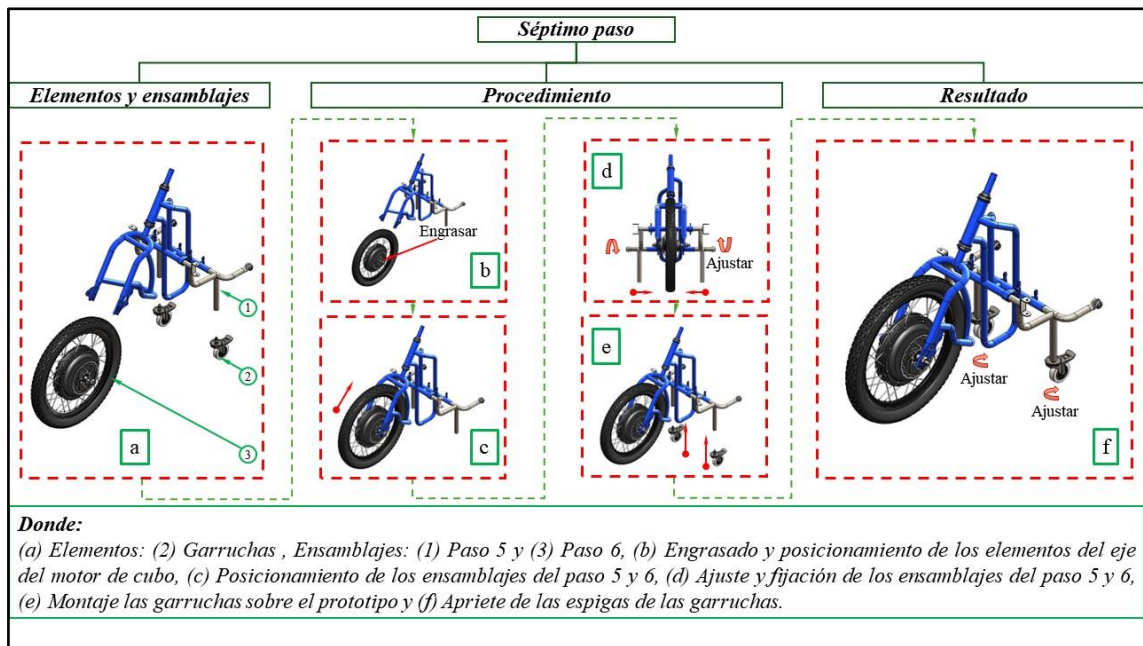


Ilustración 4-19: Séptimo paso de montaje del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

Octavo paso:

- *Elementos del equipo:* Tornillos cabeza de pan (5/16"x3"), Brazo articulado derecho, Resorte de torsión derecho, Tuercas de seguridad (5/16"), Resorte de torsión izquierdo, Brazo articulado izquierdo.
- *Ensamblaje del paso:* 7.
- *Insumos:* grasa Marfak HD-2 (Texaco).
- *Equipos y herramientas:* Destornillado de X, Llave mixta de 1/2".
- *Procedimiento:*
 - a. Ordenar los elementos requeridos para la secuencia.
 - b. Untar grasa sobre los resortes de torsión, las superficies de contacto de los brazos articulados, y las arandelas de deslizamiento, tanto para el lado izquierdo como para el derecho.
 - c. Ubicar las arandelas de deslizamiento y los resortes de torsión sobre su sitio dispuesto en su respectivo brazo articulado.
 - d. Insertar con cuidado cada ensamble de los brazos articulados, verificando que las arandelas y el resorte de torsión se encuentren en el sitio adecuado del pivote. Engrasar los tornillos y sus alojamientos. Ubicar las arandelas planas en la arista superior de los pivotes de los brazos laterales. Introducir los tornillos cabeza de pan en su respectivo agujero.
 - e. Incrustar las arandelas inferiores y las tuercas de seguridad en cada tornillo de los pivotes laterales.
 - f. Ajustar y calibrar la libertad para el retorno del brazo a su posición inicial.

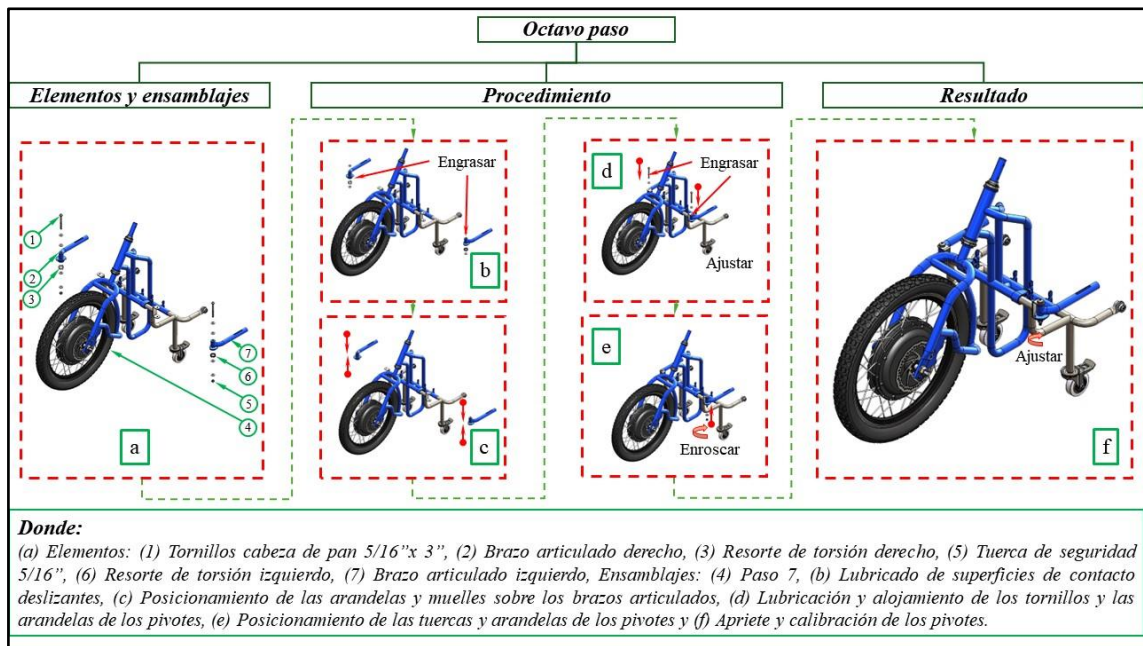


Ilustración 4-20: Octavo paso de montaje del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

- Sugerencias:* Desarrollar el procedimiento conforme con la Ilustración 4-20. Verificar la correcta inserción de los resortes de torsión, en caso de ser necesario ejercer una fuerza moderada para la ubicación de los resortes. No aplicar fuerzas excesivas a los resortes para evitar deformaciones y cambios geométricos dentro de estos. Verificar la correcta disposición de los elementos. Apretar el tornillo y la tuerca de cada pivote comprobando la libertad de movimiento y retorno del brazo articulado (No se requiere de un apriete excesivo o su limitará el movimiento de los brazos articulados).

Noveno paso:

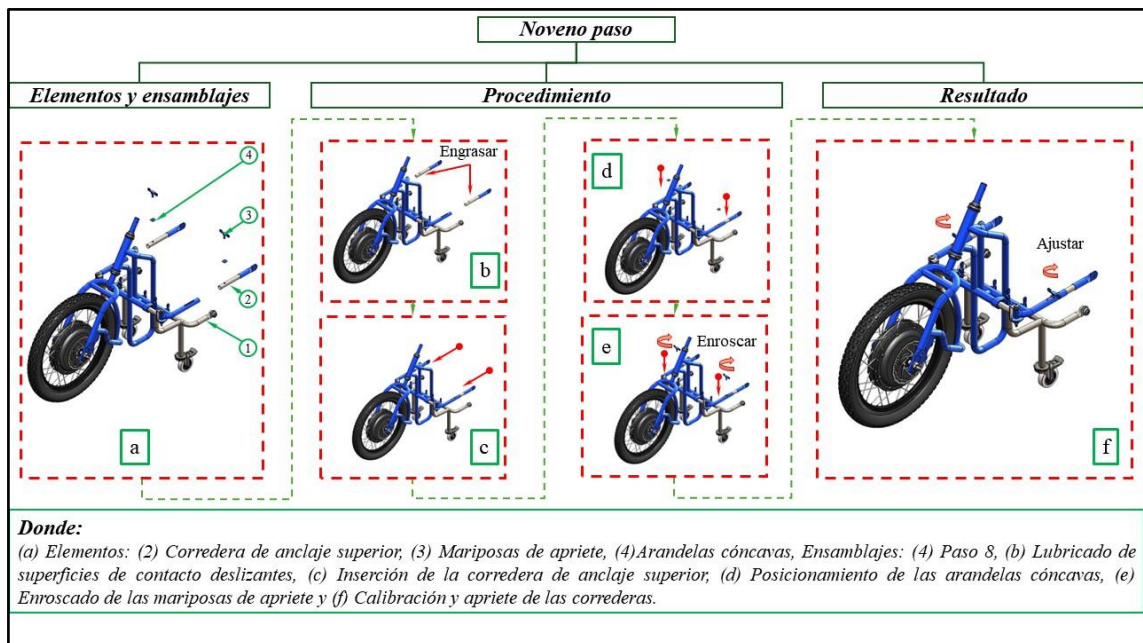


Ilustración 4-21: Noveno paso de montaje del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

- *Elementos del equipo:* Correderas de anclaje superior, Mariposas de apriete, Arandelas cóncavas.
- *Ensamblaje del paso:* 8.
- *Insumos:* grasa Marfak HD-2 (Texaco).
- *Equipos y herramientas:* Llave mixta de 7/8", llave de bicicleta de 9/16".
- *Procedimiento:*
 - a. Seleccionar los elementos requeridos para la secuencia.
 - b. Untar grasa sobre las superficies de contacto y deslizamiento entre las correderas de anclaje superior y los brazos articulados.
 - c. Insertar las correderas de anclaje superior sobre los brazos articulados. Posicionar el agujero roscado de la corredera de anclaje superior dentro de los límites de la ranura de los brazos articulados.
 - d. Montar las arandelas cóncavas sobre los brazos articulados alineando sus agujeros a los roscados de la corredera.
 - e. Girar e incrustar las mariposas de apriete sobre las correderas.
 - f. Limitar el desplazamiento de las correderas mediante un ajuste de las mariposas de apriete.
- *Sugerencias:* Sujetar el desarrollo a la Ilustración 4-21. Verificar que las correderas tengan un desplazamiento adecuado evitando impurezas o daños en sus superficies de deslizamiento.

Décimo paso:

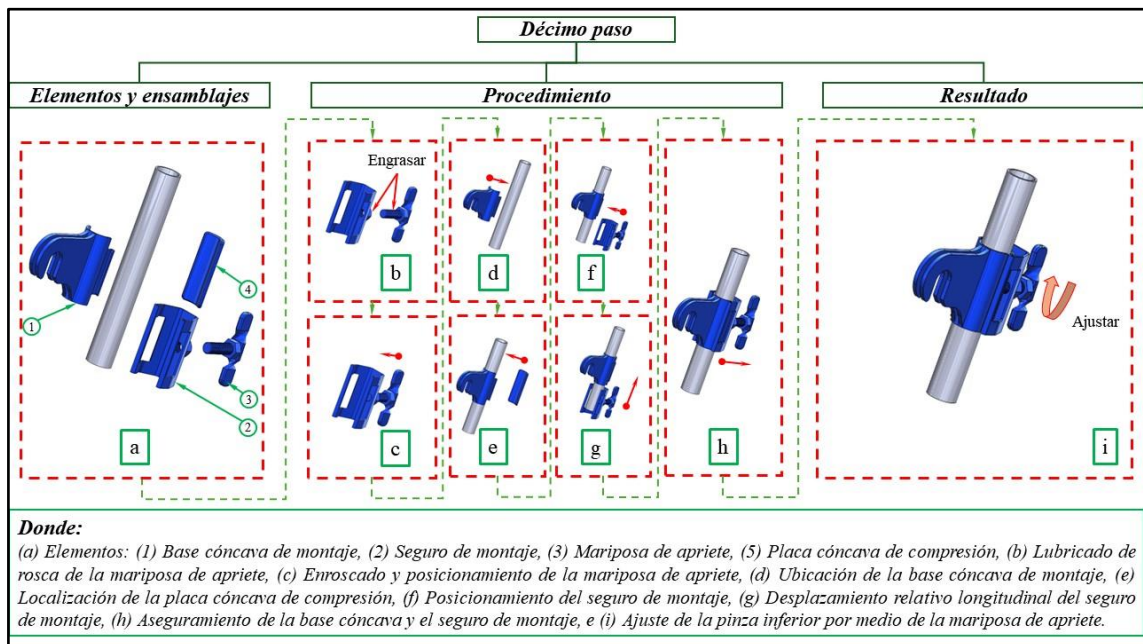


Ilustración 4-22: Décimo paso de montaje del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

- *Elementos del equipo:* Bases cóncavas de montaje, Seguros de montaje, Mariposas de apriete, Placas cóncavas de compresión.
- *Insumos:* grasa Marfak HD-2 (Texaco).
- *Equipos y herramientas:* Llave mixta de 7/8", llave de bicicleta de 9/16".
- *Procedimiento:*
 - a. Disponer los elementos requeridos para la secuencia.
 - b. Comprobar la ausencia de impurezas o abolladuras en las roscas de la mariposa de apriete. Lubricar la superficie roscada tanto interna como externa de la mariposa de apriete.
 - c. Insertar la mariposa de apriete de tal modo que solo se pueda sujetar en la punta de la rosca sin salir al otro lado del ensamblaje.
 - d. Asentar la base cóncava de montaje sobre el tubo de la silla de ruedas. Compruebe su localización.
 - e. Montar la placa cóncava de compresión de forma simétrica a la base cóncava de montaje situando una frente a la otra.
 - f. Posicionar frente a la base cóncava de montaje el ensamblaje del seguro de montaje nótese que el seguro deberá estar preparado para el ingreso a su posición desde la parte inferior.
 - g. Desplazar el seguro en el sentido del tubo sobre el cual se va a montar hasta su posición de montaje.
 - h. Tirar del seguro en sentido contrario a la base cóncava de montaje hasta lograr el empalme correcto entre los componentes.
 - i. Ajustar la altura y asegurar la pinza de anclaje inferior evitando su libertad de movimiento.
- *Sugerencias:* Notar que el décimo paso se debe efectuar para el ensamble de las 2 pinzas inferiores de anclaje sobre la silla de ruedas. Seguir el procedimiento conforme con la Ilustración 4-22. Verificar el posicionamiento adecuado de la pinza sobre el tubo de anclaje en la silla de ruedas.

Décimo primer paso:

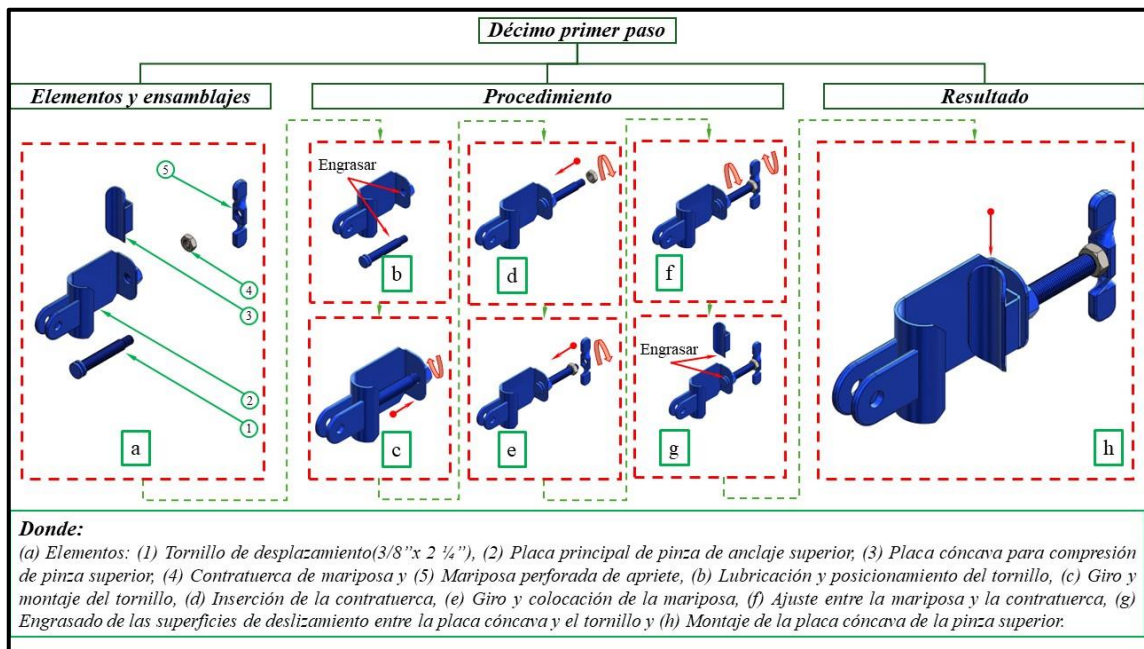


Ilustración 4-23: Décimo primer paso de montaje del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

- *Elementos del equipo:* Tornillo de desplazamiento de 3/8"x2 1/4", Placa principal de pinza superior de anclaje superior, Placa cóncava para compresión de pinza superior, Contratuerca de mariposa, Mariposa perforada de apriete.
- *Insumos:* grasa Marfak HD-2 (Texaco).
- *Equipos y herramientas:* Llave mixta de 1/2".
- *Procedimiento:*
 - Disponer los elementos requeridos para la secuencia.
 - Lubricar la rosca interna y externa del tornillo de desplazamiento y la placa principal de la pinza de anclaje superior respectivamente. Alinear el eje de la rosca interna y externa.
 - Acoplar las roscas interna y externa del tornillo y la placa principal respectivamente. Girar hasta que llegue a su límite.
 - Insertar la contratuerca de la mariposa hasta su límite.
 - Girar y colocar la mariposa perforada de apriete sobre la rosca hasta que la superficie exterior coincida con la superficie de inicio del tornillo.
 - Soportar la mariposa con la mano. Asentar la contratuerca a la superficie de contacto con la mariposa. Ajustar con un ángulo de 45° la contratuerca hacia la mariposa con la ayuda de una llave mixta de 1/2".
 - Lubricar las superficies de contacto y deslizamiento dispuestas entre la placa cóncava y el tornillo de desplazamiento.
 - Montar la placa cóncava de compresión de la pinza superior en su punto de trabajo.

- *Sugerencias:* Seguir el procedimiento conforme con la Ilustración 4-23. Verificar el posicionamiento adecuado de la pinza sobre el tubo de anclaje en la silla de ruedas.

Décimo segundo paso:

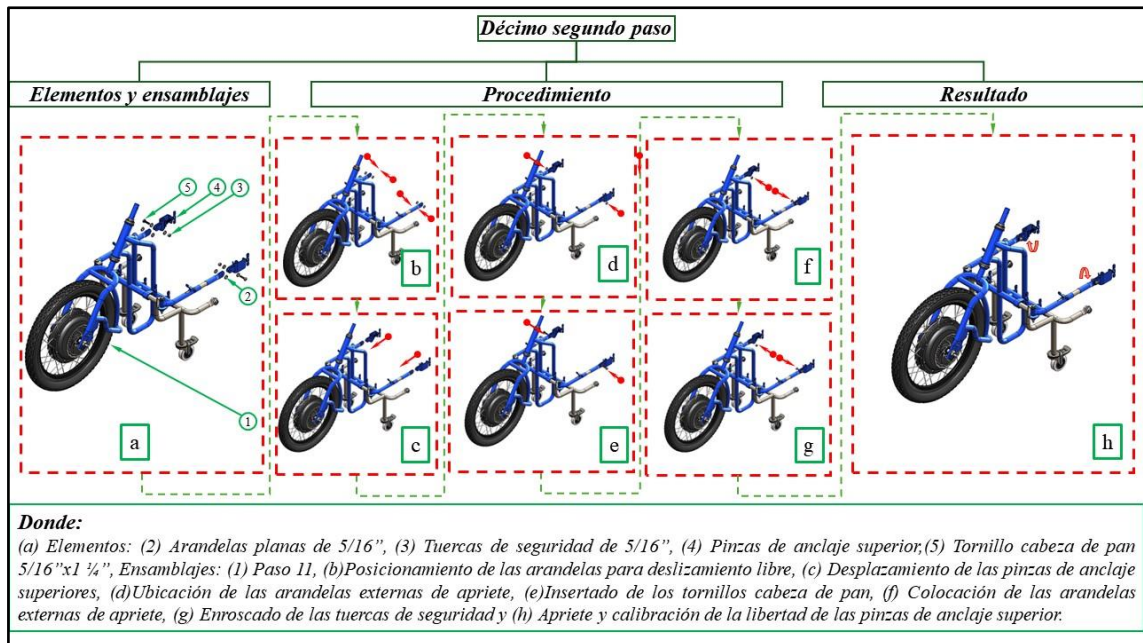


Ilustración 4-24: Décimo segundo paso de montaje del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

- *Elementos del equipo:* Arandelas planas (5/16"), Tuercas de seguridad (5/16"), Pinzas de anclaje superior, Tornillo de cabeza de pan (5/16"x1 ¼")
- *Ensamblajes del paso:* 9 y 11.
- *Insumos:* grasa Marfak HD-2 (Texaco).
- *Equipos y herramientas:* Llave mixta de 7/8", llave de bicicleta de 9/16".
- *Procedimiento:*
 - Tomar los elementos requeridos.
 - Lubricar las superficies de contacto y deslizamiento de las arandelas planas internas. Situar las arandelas en sobre la oreja de montaje sobre la corredera superior de anclaje.
 - Situar las pinzas de anclaje superior en su posición de trabajo. Verificar que los agujeros de las arandelas, de las orejas y de las pinzas se encuentren alineados.
 - Colocar las arandelas de la parte externa del lado del tornillo cabeza de pan.
 - Insertar los tornillos cabeza de pan en sus respectivos agujeros.
 - Montar las arandelas planas del lado de la tuerca de seguridad sobre el tornillo cabeza de pan.
 - Enroscar las tuercas de seguridad sobre el tornillo cabeza de pan con la ayuda de una llave mixta de ½" y un destornillador de X.

- h. Calibrar la libertad angular respecto al centro de rotación permitiendo un movimiento dificultoso con la mano. Ajustar con el uso de una llave mixta de $\frac{1}{2}$ " y un destornillador de X.
- *Sugerencias:* Seguir el procedimiento conforme con la Ilustración 4-24. Verificar que la libertad de la pinza se limite a un desplazamiento angular forzado con la mano.

Décimo tercer paso:

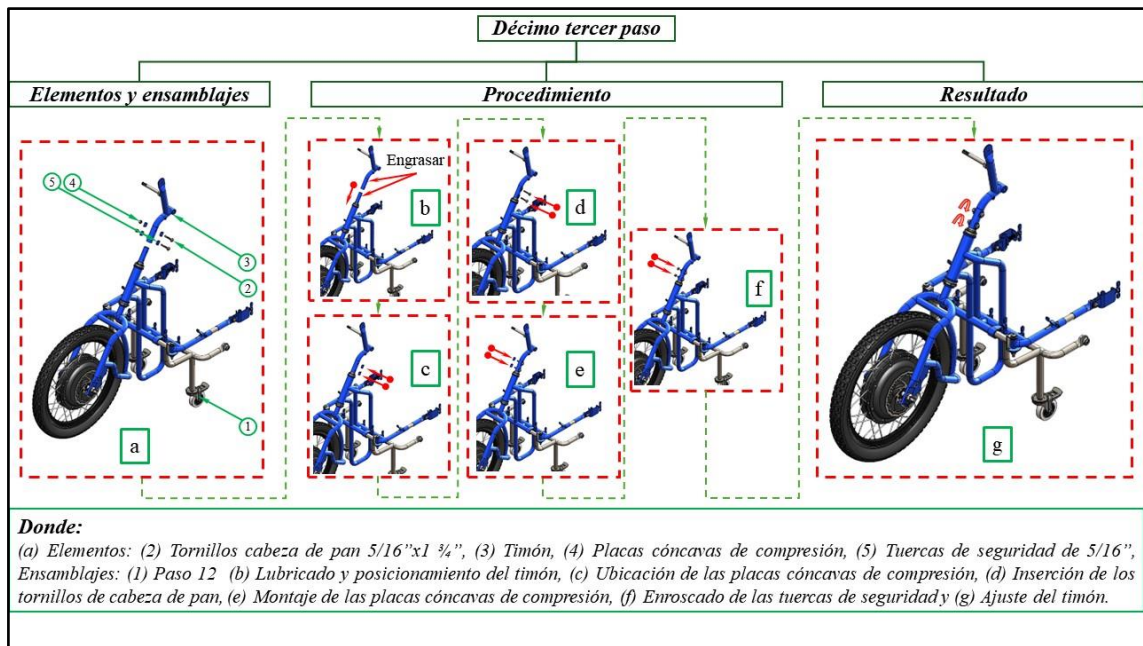


Ilustración 4-25: Décimo tercer paso de montaje del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

- *Elementos del equipo:* Tornillo cabeza de pan ($5/16$ "x $1 \frac{3}{4}$ "), Timón, Placas cóncavas de compresión, Tuercas de seguridad ($5/16$ ").
- *Ensamblajes de los pasos:* 12.
- *Insumos:* grasa Marfak HD-2 (Texaco).
- *Equipos y herramientas:* Llave mixta de $\frac{1}{2}$ ", Destornillador de X.
- *Procedimiento:*
 - a. Seleccionar los elementos requeridos.
 - b. Lubricar las superficies de contacto del timón y la horquilla de dirección. Incrustar el timón sobre la horquilla de dirección. Alinear los agujeros de fijación del timón con los agujeros de la horquilla de dirección.
 - c. Posicionar las placas cóncavas de compresión al lado de inserción de los tornillos cabeza de pan (lado izquierdo del prototipo). Alinear los agujeros de las placas cóncavas de compresión con los agujeros de fijación del timón.
 - d. Insertar los tornillos cabeza de pan en los agujeros de fijación del timón de izquierda a derecha.

- e. Colocar las arandelas cóncavas de compresión al lado de las tuercas de seguridad (lado derecho del prototipo) y sobre los tornillos cabeza de pan insertados.
- f. Enroscar las tuercas de seguridad sobre los tornillos cabeza de pan, para esto es necesario el uso de una llave mixta de ½” y un destornillador de X.
- g. Bloquear el giro del tornillo cabeza de pan con el uso de un destornillador en X. Dar un apriete a la tuerca aproximado de 45°.
- *Sugerencias:* Desarrollar el procedimiento conforme con la Ilustración 4-25. Evitar el golpear el timón para su inserción. Organizar la inserción de y montaje de los elementos de arriba hacia abajo.

Décimo cuarto paso:

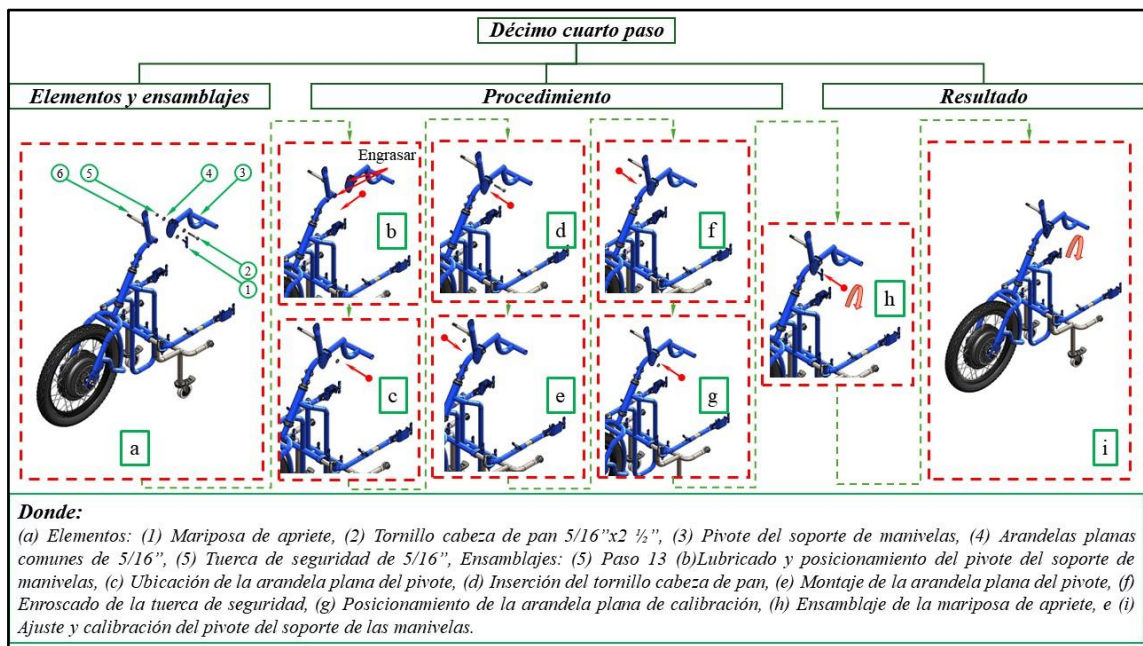


Ilustración 4-26: Décimo cuarto paso de montaje del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

- *Elementos del equipo:* Mariposa de apriete, Tornillo cabeza de pan (5/16''x2 ½''), Pivote del soporte de manivelas, Arandelas planas comunes (5/16''), Tuerca de seguridad (5/16'').
 - *Ensamblajes del paso:* 13.
 - *Insumos:* grasa Marfak HD-2 (Texaco).
 - *Equipos y herramientas:* Destornillador de X, llave mixta de ½''.
 - *Procedimiento:*
- a. Seleccionar los elementos listados previamente para el paso.
 - b. Engrasar las superficies de contacto del pivote de soporte de las manivelas. Posicionar el soporte de las manivelas en su lugar correspondiente.
 - c. Colocar la arandela plana sobre la superficie de trabajo.
 - d. Insertar el tornillo cabeza de pan en el agujero del pivote.

- e. Introducir la arandela plana al lado de posicionamiento de la tuerca de seguridad.
- f. Girar y colocar la tuerca hasta su punto límite con la ayuda de una llave mixta de ½” y un destornillador de X.
- g. Situar la arandela sobre el agujero central para calibración del ángulo del soporte de las manivelas.
- h. Atornillar la mariposa de apriete hasta su tope.
- i. Calibrar la libertad de movimiento del pivote del soporte de las manivelas. Regular la altura seleccionando el agujero adecuado.
- *Sugerencias:* Seguir los pasos de la Ilustración 4-26. Calibrar para un primer ensamble en el centro de los límites los elementos. Evitar la limitación de movimiento en el pivote, este se deberá desplazar angularmente de manera fácil.

Décimo quinto paso:

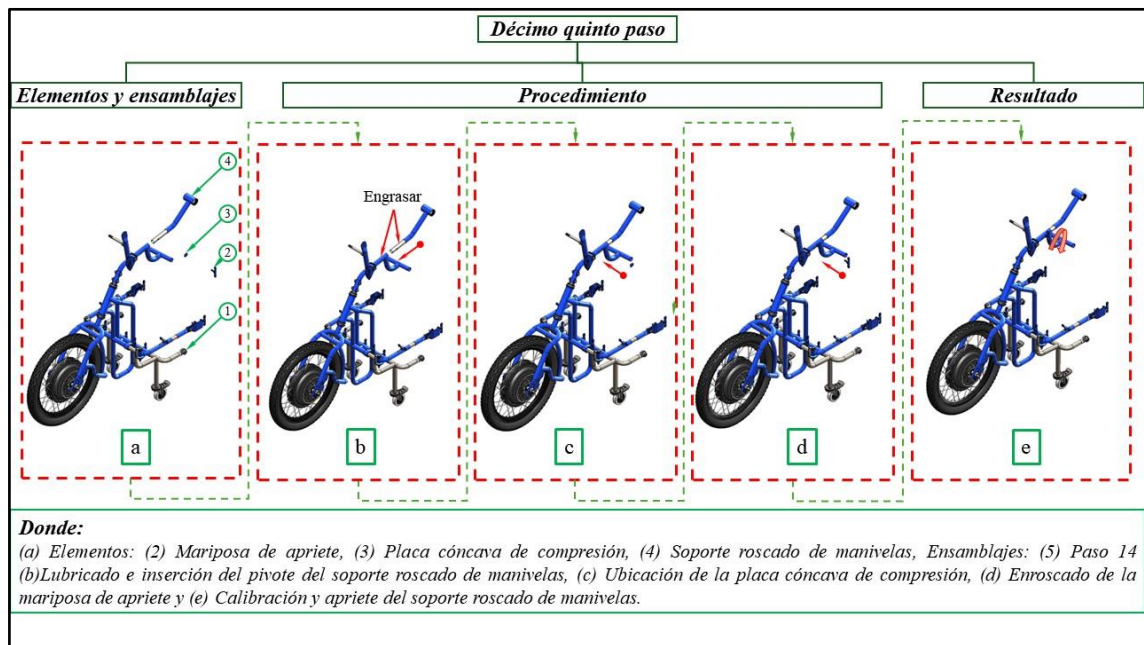


Ilustración 4-27: Décimo quinto paso de montaje del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

- *Elementos del equipo:* Mariposa de apriete, Placa cóncavas de compresión, Soporte roscado de manivelas.
- *Ensamblajes del paso:* 14.
- *Insumos:* grasa Marfak HD-2 (Texaco).
- *Procedimiento:*
 - a. Tomar los elementos requeridos para la secuencia.
 - b. Engrasar la superficie de contacto y deslizamiento de la corredera del soporte roscado de manivelas y el pivote de soporte de las manivelas. Instalar la corredera interna de tal modo que su agujero roscado se posicione dentro de los límites de su ranura de operación.

- c. Ubicar la arandela cóncava de compresión sobre la superficie de contacto, notar que su agujero se encuentre correctamente alineado con el agujero roscado del soporte roscado de manivelas.
- d. Alinear e insertar la rosca de la mariposa de apriete en su agujero roscado.
- e. Situar en la posición adecuada del soporte roscado de manivelas ajustando la mariposa de apriete.
- *Sugerencias:* Realizar los pasos de la Ilustración 4-27. Inspeccionar la inexistencia de abolladuras u elementos que obstruyan el libre desplazamiento de la corredera.

Décimo sexto paso:

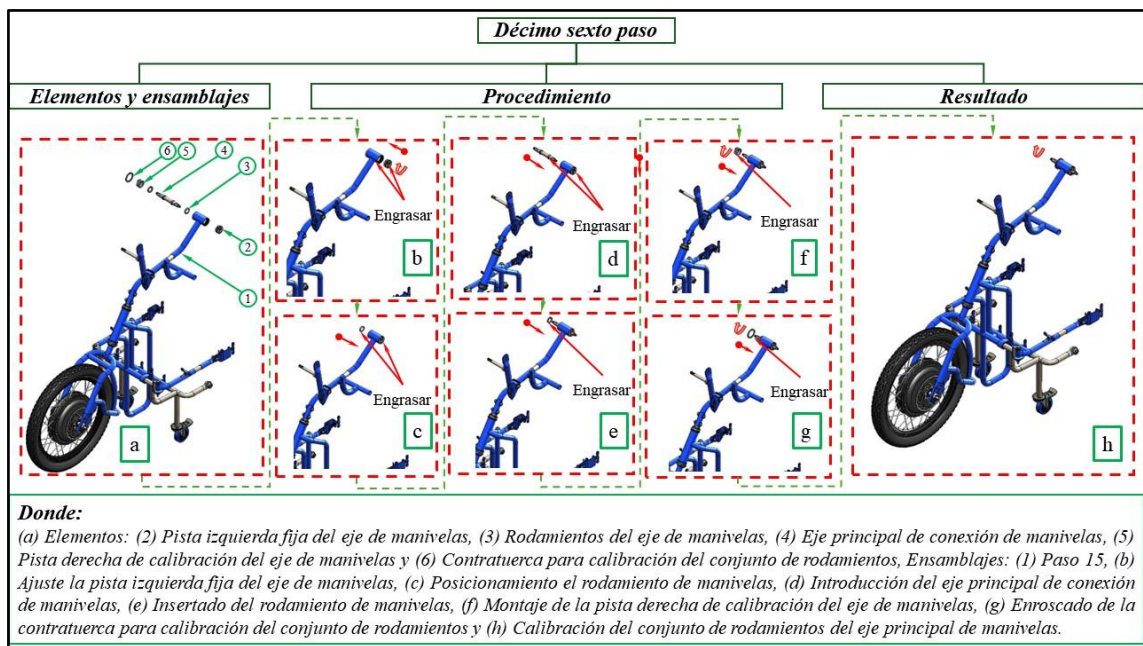


Ilustración 4-28: Décimo sexto paso de montaje del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

- *Elementos del equipo:* Pista izquierda fija del eje de manivelas, rodamientos del eje de manivelas, Eje principal de conexión de manivelas, Pista derecha de calibración del eje de manivelas, Contratuerca para calibración del conjunto de rodamientos.
- *Ensamblajes del paso:* 15
- *Insumos:* grasa Marfak HD-2 (Texaco).
- *Equipos y herramientas:* Llave de boca 7/8", Llave para pedales de bicicleta.
- *Procedimiento:*
 - a. Seleccionar los elementos requeridos para la secuencia.
 - b. Lubricar la rosca interna y externa de la pista izquierda fija del eje de manivelas. Girar e introducir la pista izquierda fija del eje de manivelas hasta el tope de su alojamiento. Proporcionar un ajuste angular de 45° a la pista izquierda fija del eje de manivelas una vez que llegue a su tope con la ayuda de una llave de boca de 7/8".

- c. Embadurnar de grasa la pista de rodadura izquierda y el rodamiento a usarse sobre ella. Montar el rodamiento sobre la pista izquierda del eje de manivelas.
- d. Untar grasa sobre las pistas de rodadura del eje principal de conexión de manivelas e introducir el eje en su sitio.
- e. Embadurnar de grasa el rodamiento a usarse en el lado derecho. Montar el rodamiento sobre la pista derecha del eje principal de conexión de manivelas.
- f. Engrasar la pista de rodadura del rodamiento derecho. Girar y aproximar la pista derecha de calibración del eje de manivelas lo más cercano al punto de funcionamiento.
- g. Lubricar la rosca interna de la contratuerca de calibración del conjunto de rodamientos y la externa de la pista derecha de calibración del eje de manivelas. Insertar la contratuerca en la posición adecuada.
- h. Verificar que la contratuerca se encuentre floja. Girar con la ayuda de una llave de boca de 7/8" en sentido de ajuste la pista derecha de calibración hasta que el juego axial en el eje de las manivelas desaparezca por completo. Comprobar la libre rotación del eje principal de conexión de las manivelas. Ajustar la contratuerca de calibración con la ayuda de una llave para pedales de bicicleta soportando la pista derecha de calibración con una llave de boca de 7/8".
- *Sugerencias:* Proceder con el soporte en la Ilustración 4-28. Cuidar daños en las roscas del conjunto de rodamientos por un mal acoplamiento o por defectos e impurezas en la rosca. Notar que la pista izquierda fija tiene rosca izquierda mientras que la pista derecha de calibración y la contratuerca tiene rosca derecha. Verificar el correcto asentamiento, lubricación y libertad de los rodamientos para su funcionamiento idóneo. Aplicar la cantidad adecuada de grasa sobre el rodamiento para su correcto funcionamiento cuando se someta a trabajo continuo. Notar siempre el juego axial y la presencia de tropezones o trabaduras para evitar un ajuste inadecuado.

Décimo séptimo paso:

- *Elementos del equipo:* batería, controlador, pantalla LCD, cables eléctricos y mecánicos, manivelas, cassette de platos, selectores de piñones y platos, acelerador, manetas, ruedas de tensión, pinza de freno, tornillos cabeza de pan M6x15mm y cadena.
- *Ensamblajes del paso:* 16.
- *Insumos:* fijador de pernos Loctite 538.
- *Equipos y herramientas:* Llaves hexagonales.
- *Procedimiento:*
 - a. Seleccionar los elementos requeridos para la secuencia.
 - b. Con la ayuda de dos tuercas de sombrero armar sobre el ensamblaje del paso 16 las manivelas.

- c. Tomar los tornillos cabeza de pan y un destornillador para montar la pinza de freno sobre sus agujeros de anclaje.
- d. Sobre las manivelas anclar las bielas con sus respectivos selectores de cambios, platos a la derecha y piñones a la izquierda. Para el efecto se hace uso de una llave mixta de ½ “y una llave hexagonal de 3mm.
- e. Sujetar las manetas a presión sobre los tubos de las bielas.
- f. Insertar los desplazadores de piñones y platos dispuestos de manera respectiva en la horquilla de dirección y en la corredera del eje de las manivelas. Usar una llave mixta de ½” y un destornillador de estrella.
- g. Pasar la cadena por su posición adecuada y remacharla con la ayuda de un martillo y un soporte rígido.
- h. Montar la pantalla LCD, la batería y el controlador en sus puntos específicos con la ayuda de destornilladores de estrella y llaves hexagonales 3mm.
- i. Conectar todo el cableado eléctrico como mecánico. Adicional se debe proporcionar las fijaciones adecuadas de trabajo con ubicaciones específicas.
- j. Finalmente se requiere la calibración del prototipo en general.
- *Sugerencias:* Evitar rayaduras en la estructura del prototipo. Todos los elementos listados anteriormente deberán montarse sin presencia de lubricantes. La ayuda de fijador de roscas es inevitable en estos dispositivos al intentar evitar su desplazamiento en cualquier sentido. Todos los elementos fijados sobre el prototipo se van a disponer de manera adecuada sobre el prototipo como se detalla en la ilustración 4-29, se deberá evitar golpear u forzar los elementos.



Ilustración 4-29: Décimo séptimo paso de montaje del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

4.3. Resultados del funcionamiento del prototipo

4.3.1. Calibración

Uno de los pasos establecidos e inamovibles para el uso y puesta en marcha del prototipo es la calibración. La calibración establece dos puntos importantes respecto a la silla de ruedas a anclarse y respecto al confort del usuario. El procedimiento depende de una persona externa al usuario para el adecuado ajuste de dimensiones. Los procedimientos de calibración requieren ser aplicados cuando el prototipo va a ser usado por primera vez por el usuario y cuando se note alguna modificación en las condiciones de uso. Así se permite el máximo provecho al uso del prototipo.

4.3.1.1. Calibración para la silla de ruedas

La etapa de calibración para la silla de ruedas es fundamental, esto permitirá el montaje del prototipo sobre la silla de ruedas. Se debe revisar la ilustración 4-30 como apoyo a las instrucciones. Inicialmente se calibrará las pinzas de montaje sobre la silla de ruedas para lo que se requerirá aflojar la mariposa de apriete, posicionar las pinzas de forma paralela y a la misma altura y ajustar las mariposas de apriete. En secuencia se requiere de la intervención para centrado y calibración del ancho de los brazos para el anclaje a la silla, de este modo se inicia por aflojar las mariposas de apriete de las correderas inferiores y de las nueces de apriete superiores, con la ayuda de un flexómetro se toma dimensiones referenciales del ancho de los anclajes y sus puntos de anclaje, nótese que se busca el centrar el prototipo respecto a la silla de ruedas, se termina el paso en apretar las mariposas de la nuez de apriete y de la corredera inferior. Es importante verificar la calibración de freno y de cambios de tal forma de disponer regulaciones futuras posicionando en los desplazamientos mínimos. Finalmente se calibra el ángulo de inclinación que depende de manera específica de la distancia que se busca elevar a la silla de ruedas en su rueda delantera.



Ilustración 4-30: Calibración para la silla de ruedas

Realizado por: Orozco, F., 2023

4.3.1.2. Calibración para el usuario

La calibración para el usuario básicamente pretende el crear un equipo sujeto a las características del usuario. Así se incide en la calibración de la corredera del eje de las manivelas y el ángulo de inclinación de estas para facultar al usuario el uso de todas las funciones, así se procede a la extracción de la mariposa de apriete del graduador y posicionamiento en el agujero más adecuado, posteriormente se busca la calibración de la corredera de las manivelas para acercar u alejar del usuario estas, finalmente se ajustan las mariposas. Dentro del paso siguiente se calibra el posicionamiento y accesibilidad de los controles de las bielas aflojando los elementos con el uso de una llave hexagonal de 3mm, una vez situado se debe ajustar los componentes. Por último y no menos importante se calibra la accesibilidad y visibilidad de los elementos electrónicos con la ayuda de una llave hexagonal. De este modo la ilustración 4-31 muestra el procedimiento.

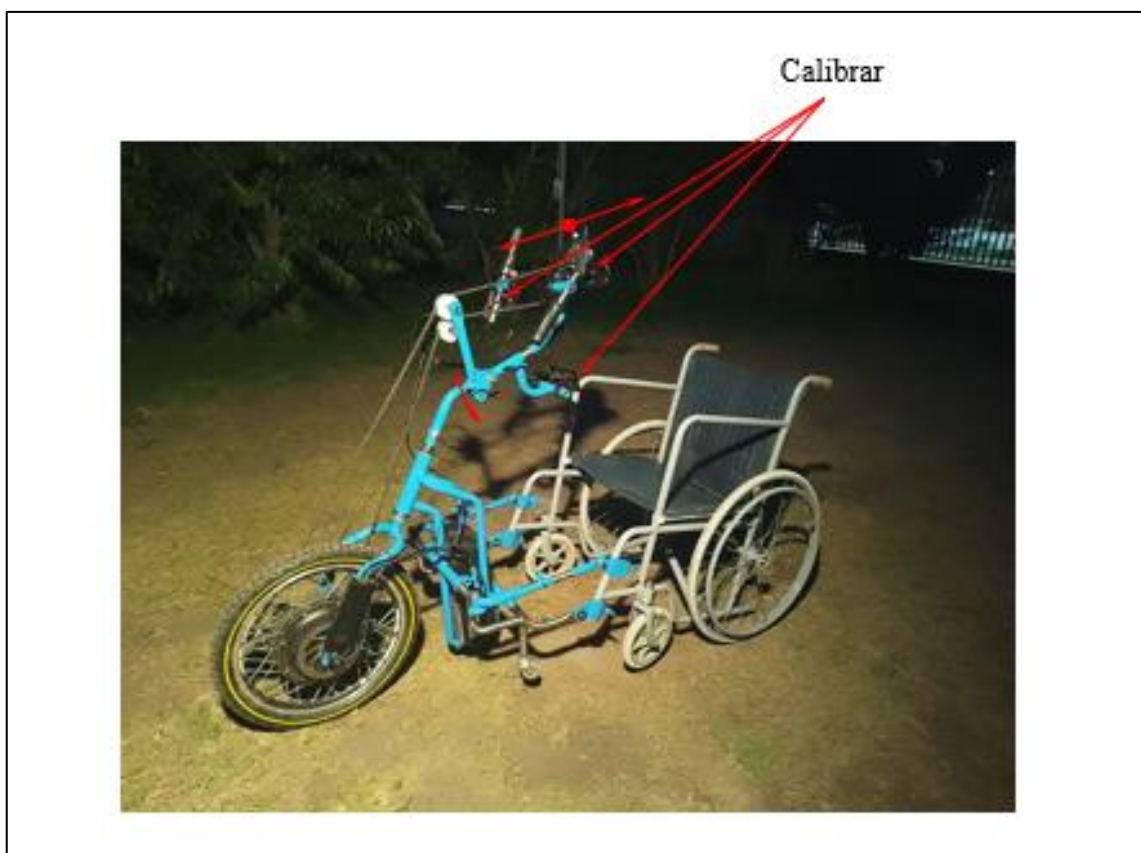


Ilustración 4-31: Calibración para el usuario

Realizado por: Orozco, F., 2023

4.4. Plan de mantenimiento

La tarea de mantenimiento se caracteriza por ser responsable de garantizar el funcionamiento óptimo, la seguridad y la durabilidad de los elementos del prototipo. Básicamente con este apartado se trabaja en un mantenimiento preventivo con accionares planificados y sistemáticos para evitar fallos del equipo. Es importante notar que el mantenimiento preventivo del prototipo tendrá una acción conforme a la necesidad, de este modo se plantearon actividades con frecuencias diarias, semanales, mensuales, semestrales y anuales. Se podría incluir actividades de

limpieza, lubricación, inspección, ajuste y calibración, y reemplazo de componentes. Se consideró por el diseñador un uso aproximado donde a lo largo de 1 año se recorrería aproximadamente 10000km, de acuerdo con la referencia un recorrido mensual de 835km y un promedio diario de 28km.

4.4.1. *Mantenimiento preventivo de frecuencia diaria*

Tabla 4-13: Mantenimiento rutinario con frecuencia diaria

Tarea	Punto	
Inspección	-Neumático Presión Pinchazos Banda de rodadura	-Manivelas Ubicación Juego
	-Frenos Sonido Recorrido Posición	-Cambios Sonido Selección Desplazamiento
	-Carga de batería Tiempo de carga Tiempo de duración Temperatura Aseguramiento	-Anclaje Posicionamiento Montaje Calibración
		

Realizado por: Orozco, F., 2023


Una de las maneras de tener una movilización segura y eficiente es responsabilizando al usuario una parte del cuidado de su prototipo. Claramente al tener una frecuencia diaria involucra actividades que no requieren de atención especializada por lo que se incide en tareas de inspección que pueda llevar el usuario. Para el efecto se sugiere al usuario controlar con la aplicación de una lista de verificación los puntos planteados en la tabla 4-13, donde el usuario antes, durante y después de usar el prototipo calificará mediante su criterio el estado individual como correcto o

incorrecto de cada apartado. En caso de que el usuario haya detectado el estado de alguno de los puntos como incorrecto se podría acudir a ayuda especializada de un taller. El punto neumático pretende revisar que no se presenten pérdidas de presión o pinchazos en este, así se sugiere visualizar la inexistencia de dispositivos punzantes en el neumático y el estado de la banda de rodadura, apretar el neumático para revisar su presión, y escuchar el caso de existencia de pérdidas de presión. Los frenos, la carga de la batería, los cambios y el anclaje por otro lado se notan al momento que el usuario se encuentra con el prototipo en marcha ante posibles irregularidades como descarga rápida de la batería, dificultad al accionamiento de los frenos, los cambios y el mecanismo de anclaje. Es decir, el verificar estos puntos permite al usuario evitar daños agravados por condiciones inadecuadas y se buscaría de forma inmediata una corrección.

4.4.2. *Mantenimiento preventivo de frecuencia semanal*

Tabla 4-14: Mantenimiento rutinario con frecuencia semanal

Tarea	Punto	
Limpieza	-Residuos de mecanismos	-Residuos del freno
	-Controles eléctricos	-Residuos de la cadena



Residuos de la cadena
Controles eléctricos
Residuos de freno

Residuos de mecanismos

Realizado por: Orozco, F., 2023

Los puntos de revisión ya para una frecuencia semanal requieren un poco más de esmero para su aplicación, pero de igual forma que los diarios podrían ser realizados por el usuario. Dentro de estos se encuentran tareas de limpieza. La tabla 4-14 divide a las actividades de limpieza en cuatro apartados importantes. La limpieza en general involucra la eliminación de residuos por medio del uso de aire y un trapo húmedo o untado de gasolina, los residuos podrían involucrar polvo, partículas o grasa. Los residuos de los mecanismos pueden caracterizar la presencia de plástico y grasa excesiva que se desprenderá a medida del uso del prototipo, estos residuos pueden estar presentes en los mecanismos de anclaje, correderas y rodamientos armados para la dirección o las manivelas. Los controles eléctricos por otro lado pueden tener presencia de polvo por el uso del equipo, mientras que los residuos del freno podrán presentar partículas de asbesto y acero desprendidas por la fricción entre el disco y las pastillas. Finalmente, los residuos de la cadena pueden estar conformados por partículas de grasa y metal que puede desprenderse por la velocidad

de movimiento del sistema de transmisión manual. De requerirse correcciones de algún sistema se deberá buscar ayuda técnica especializada.

4.4.3. *Mantenimiento de frecuencia mensual*

Tabla 4-15: Mantenimiento rutinario con frecuencia mensual

Tarea	Punto	
Verificación	-Frenos Desplazamiento Calibración	-Mecanismo de anclaje Desplazamiento Calibración
	-Cambios Sonido Calibración	-Neumático Presión de aire

The image contains four photographs with red dashed lines and arrows pointing to specific parts of a bicycle. The top-left photo is labeled 'Cambios' and shows the gear mechanism. The bottom-left photo is labeled 'Mecanismos de anclaje' and shows the clutch mechanism. The middle photo is labeled 'Presión de aire' and shows a close-up of a tire. The right photo is labeled 'Frenos' and shows the brake system.

Realizado por: Orozco, F., 2023

El mantenimiento de frecuencia mensual también pretende ser aplicado por parte del usuario y con la ayuda externa especializada de un técnico si este lo requiere. Para este trabajo conjunto se busca mediante pautas básicas de mecánica la detección por parte del usuario. El técnico chequeará los puntos listados en la tabla 4-15. La verificación de frenos consiste en comprobar el desplazamiento de la palanca de freno y el punto de acción, si el punto de acción supera el 30% del desplazamiento se requiere de una calibración. Los cambios por otro lado se verificarán haciendo girar la rueda, si al seleccionar un cambio este no se engrana, presenta sonido o no se engrana se debe calibrar la parte de cables de los desplazadores de piñones o de platos. En el caso del mecanismo de anclaje se deberá comprobar el fácil montaje, si el montaje se dificulta se deberán calibrar las correderas y mecanismo de anclaje. Finalmente, la presión de aire se comprobará con la ayuda de un manómetro, si se encuentra fuera de rango de entre 50 a 70 PSI esta deberá ser inflada.

4.4.4. Mantenimiento de frecuencia trimestral

Tabla 4-16: Mantenimiento rutinario con frecuencia trimestral

Tarea	Punto	
Apriete	-Frenos Palanca Pinza Fijadores de cables	-Cambios Selector de piñones Selector de platos Desplazador de piñones Desplazador de platos Fijadores de cables
	-Rodamientos Contratuera del rodamiento de manivelas Contratuera del rodamiento de dirección	-Mecanismos de anclaje Mariposas de apriete Tornillos de pivote Fijadores de cables

Cambios

Mecanismos de anclaje Rodamientos

Frenos

Realizado por: Orozco, F., 2023

Al analizar una frecuencia trimestral de mantenimiento se deben considerar los puntos de frenos, rodamientos armados, cambios y mecanismo de anclaje bajo una etapa de apriete estimados en la tabla 4-16. El apriete de los frenos se caracteriza por proporcionar la correcta fijación de los elementos como la pinza, los cables y la palanca. Referente a los cambios se pretende la fijación adecuada de los desplazadores tanto para los piñones y los platos, igualmente los selectores, los cables y los casetes de platos y piñones. Por otro lado, los rodamientos se deben apretar las contratuercas evitando desplazamientos innecesarios con incidencia en otras funciones. Finalmente, los puntos de concentración y apriete del mecanismo de anclaje son las mariposas de las correderas de ancho e inclinación de la silla, las pinzas de anclaje inferior, los tornillos de los

pinos de anclaje inferior y del pivote del anclaje superior, y los pivotes del brazo articulado. Es importante tomar la asistencia de un técnico especializado.

4.4.5. *Mantenimiento de frecuencia semestral*

Tabla 4-17: Mantenimiento rutinario con frecuencia semestral

Tarea	Punto	
Calibración	-Frenos Pinza Cable Palanca	-Cambios. Selector de piñones Selector de platos Desplazador de piñones Desplazador de platos Fijadores de cables
	-Rodamientos De dirección De manivelas	-Conexiones Conectores y empalmes
	-Posición Manivelas Manetas Maniguetas	-Mecanismos de anclaje Articulaciones Ancho Inclinación

Realizado por: Orozco, F., 2023


Una frecuencia de mantenimiento semestral involucra un asesoramiento técnico donde el accionar se detalla por medio de procedimientos de calibración como se detallan en la tabla 4-17 subdividiendo la tarea en cinco temas de trabajo. La tarea de calibración de frenos pretende hacer que el sistema de cables trabaje de forma eficiente haciendo que el usuario con un desplazamiento mínimo pueda ya evidenciar una reducción en la velocidad del equipo, esto generalmente se podría calibrar en la maneta derecha mediante el tornillo de calibración o en la pinza del freno

por desplazamiento del cable. Lo mismo ocurre para los cambios con la pequeña diferencia que este sistema tiene la calibración en los selectores, así como la calibración del cambio para ascenso y descenso de cambio en los deslizadores. Los rodamientos hacen referencia al conjunto del volante y de las manivelas donde se pretende el control del libre movimiento en función del juego axial de cada uno de los rodamientos. Finalmente, el calibrar las conexiones eléctricas básicamente busca la efectividad de empalme de las conexiones eléctricas por lo que se realiza una desconexión de cada junta eléctrica, una limpieza y una calibración de apriete de contactos.


4.4.6. *Mantenimiento de frecuencia anual*

Tabla 4-18: Mantenimiento rutinario con frecuencia anual


Tarea	Punto	
Reemplazo	-Grasa de rodamientos	-Grasa de cadena
	-Pines de anclaje	-Pastillas de freno
	-Rodamientos del motor	-Disco de freno
	-Rueda delantera	-Tubo neumático




Rodamientos



Rueda y rodamientos de motor



Pines de anclaje



Disco y pastillas de freno

Realizado por: Orozco, F., 2023


Anualmente se estipula mediante la tabla 4-18 la etapa de reemplazo de componentes e insumos. El reemplazo de la grasa se enfoca en la extracción y limpieza de lubricante por medio de gasolina, al desarmar los puntos, es importante el uso de grasa multipropósito ARFAK HD 2. Los pines de anclaje al ser de teflón también deberán ser construidos y reemplazados. Las pastillas de por otra parte deberán ser reemplazadas para evitar daños en el disco y el disco de ser necesario, todo dependería de la forma de manejo del usuario. Los rodamientos del motor se deberán cambiar al tiempo sugerido o una vez que presenten sonidos por desgaste y picadura. El neumático de la rueda delantera deberá ser cambiada en conjunto con su tubo una vez que la cita de rodadura haya llegado al límite de su vida útil de ser necesario.

4.4.7. Resumen del plan de mantenimiento

Finalmente se concluyó con un resumen general de mantenimiento preventivo sugerido por el diseñador y fabricante del prototipo. La tabla se encarga de listar las actividades para el técnico bajo las letras V, A, C y R que representan verificar, apretar, calibrar y reemplazar respectivamente. Así se tiene un listado de puntos específicos derivados de los puntos generales. Los intervalos se realizan mes a mes debido al uso estimado y las operaciones que requieran de un técnico. Es importante notar que si la severidad de uso es menor 28 km de recorrido por día se considera una redistribución del calendario, de igual manera si se aumenta la severidad de uso se consideran mantenimientos más frecuentes. De este modo se resumen en las siguientes tablas.

- Resumen mantenimiento del freno:


Tabla 4-19: Mantenimiento del freno

 <p>Frenos</p>	Accesorio	Verificar	Apretar	Calibrar	Reemplazar
	Palanca	Meses: 3, 9	-	Meses: 6, 12	-
	Pinza	Meses: 3, 9	-	Meses: 6, 12	-
	Cables	-	-	Meses: 6, 12	-
	Fijadores de cables	Meses: 3, 6, 9, 12	-	-	-
	Pastillas	-	-	-	Mes: 12
	Disco	-	-	-	Mes: 12

Realizado por: Orozco, F., 2023

- Resumen mantenimiento de los cambios:

Tabla 4-20: Mantenimiento de los cambios

 <p>Cambios</p>	Accesorio	Verificar	Apretar	Calibrar	Reemplazar
	Selector de piñones	-	Meses: 3,6,9,12	-	-
	Selector de platos	-	Meses: 3,6,9,12	-	-
	Desplazador de piñones	-	Meses: 3,6,9,12	-	-
	Desplazador de platos	-	Meses: 3,6,9,12	-	-
	Cables	Meses: 1,2,3,4,5, 7,8,9,10,11	-	Meses: 6,12	-

	Fijadores de cables	Todos los meses	-	-	-
--	---------------------	-----------------	---	---	---

Realizado por: Orozco, F., 2023

- Resumen mantenimiento de los rodamientos:


Tabla 4-21: Mantenimiento de los rodamientos

 <p>Rodamientos</p>	Accesorio	Verificar	Apretar	Calibrar	Reemplazar
	De manivelas	-	Meses: 3,9	Meses: 6,12	-
	De la dirección	-	Meses: 3,9	Meses: 6,12	-
	Del motor	-	-	-	Mes: 12
	Grasa	-	-	-	Mes: 12

Realizado por: Orozco, F., 2023

- Resumen mantenimiento de las ruedas:


Tabla 4-22: Mantenimiento de las ruedas

	Accesorio	Verificar	Apretar	Calibrar	Reemplazar
	Tubo neumático	-	-	-	Mes: 12
	Goma neumático	-	-	-	Mes: 12
	Estado General	Todos los meses	-	-	-

Realizado por: Orozco, F., 2023

- Resumen mantenimiento del anclaje:

Tabla 4-23: Mantenimiento del anclaje

	Accesorio	Verificar	Apretar	Calibrar	Reemplazar
	Mariposas	-	Meses: 3,6,9,12	-	-
	Tornillos	-	Meses: 3,6,9,12	-	-
	Fijadores	-	3,6,9,12	-	-
	Pines	-	-	-	Mes: 12

	Estado General	Todos los meses	-	-	-
--	----------------	-----------------	---	---	---

Realizado por: Orozco, F., 2023

- Resumen mantenimiento de otros accesorios:

Tabla 4-24: Mantenimiento de otros accesorios

	Accesorio	Verificar	Apretar	Calibrar	Reemplazar
	Conectores Eléctricos	-	-	Meses: 6,12	-
	Manetas	-	-	Meses: 6,12	-
	Manivelas	-	-	Meses: 6,12	-
	Maniguetas	-	-	Meses: 6,12	-

Realizado por: Orozco, F., 2023

4.5. Resultados del protocolo de pruebas

Los datos arrojados por el protocolo de pruebas se detallan de manera ilustrativa aplicando la metodología ubicada dentro del capítulo tres. Para su detalle se enfoca en los puntos de ajuste y confort, estabilidad, respuestas de frenado (manual y eléctrico), maniobrabilidad ante obstáculos, sensibilidad de freno (manual y eléctrico) y de la dirección, probabilidad de volteo en curvas cerradas (radio de 1m y 2m), presencia de vibraciones.

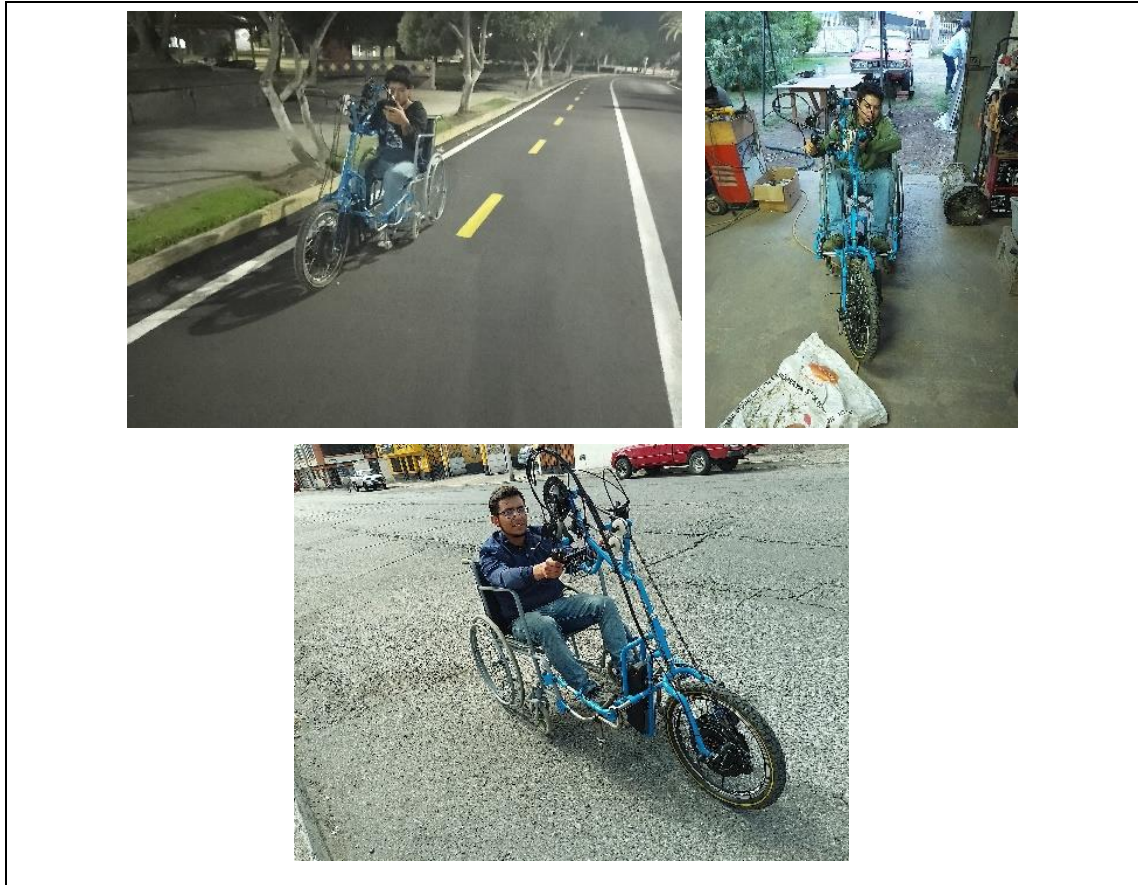


Ilustración 4-32: Usuarios del prototipo

Realizado por: Orozco, F., 2023

Tabla 4-25: Resultados en función del ajuste y confort

Resultados: Ajuste y confort		
Denominación	Ponderación (/5)	Observaciones
Habilidad de anclaje	3	Mediana dificultad
Habilidad de desanclaje	4,66	Muy fácil para desanclar
Problemas de movimiento	2	Dificultad para variaciones u desplazamientos de los mecanismos
Desanclarse sin motivo	1	Posibilidad nula

Realizado por: Orozco, F., 2023

Tabla 4-26: Resultados en función de la evaluación de las manivelas

Resultados: Evaluación de las manivelas		
Denominación	Ponderación (/5)	Observaciones
Posicionamiento	5	Excelente
Carrera	4,33	Buena
Movimiento	3,66	Buena con una presencia mínima de obstáculos
Fuerza	3	Adecuada para el movimiento

Realizado por: Orozco, F., 2023

Tabla 4-27: Resultados en función de la evaluación de controladores y dispositivos

Resultados: Evaluación de controladores y dispositivos		
Denominación	Ponderación (/5)	Observaciones
Seguro de la batería	2,33	Se encuentra al descubierto
Interruptor on/off	2,66	Se encuentra al descubierto
Display LCD	4,33	Buena
Controles	4	Buena
Controlador del acelerador	5	Excelente
Controlador del freno magnético	5	Excelente
Selector del plato	4,66	Buena
Selector del piñón	4,33	Buena
Palanca del freno	5	Excelente
Palanca del mecanismo	4	Buena
Mariposas	2,66	
Manetas	5	Excelente

Realizado por: Orozco, F., 2023

Tabla 4-28: Resultados en función de la estabilidad

Resultados: Estabilidad		
Denominación	Ponderación (/5)	Observaciones
Conducción	4,66	Buena
Curvas	3,66	Presenta inestabilidad
Frenado	5	Excelente
Obstáculos	3,33	No puede maniobrarse con facilidad
Irregularidades	4,33	Buena

Realizado por: Orozco, F., 2023

Tabla 4-29: Resultados en función de la respuesta de frenado

Resultados: Respuesta de frenado		
Nota: La evaluación se realizó al reducir de manera controlada la velocidad media de 25km/h.		
Denominación	Ponderación (/5)	Observaciones
Manual	4,66	Se produce al instante, ubicación: en la palanca.
Magnético	4,33	Pulsaciones, ubicación: alado del acelerador.

Realizado por: Orozco, F., 2023

Tabla 4-30: Resultados en función de la probabilidad de volcamiento

Resultados: Probabilidad de volcamiento		
Denominación	Ponderación (km/h)	Observaciones
Curvas cerradas	15	El volcamiento es seguro a partir de la velocidad de 15 km/h.
Curvas abiertas	25	El punto crítico inicia cercano a los 25km/h.

Realizado por: Orozco, F., 2023

Tabla 4-31: Resultados en función de la vibración

Resultados: Probabilidad de volcamiento		
Denominación	Ponderación	Observaciones
Velocidades constantes	Nula	No existe presencia de vibraciones.
Rangos de aceleración	Nula	No existe presencia de vibraciones.
Rangos de desaceleración	Nula	No existe presencia de vibraciones.

Realizado por: Orozco, F., 2023

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La versatilidad del prototipo frente a la variedad de modelos de sillas de ruedas implicó un desafío importante netamente por el origen y distribución geométrica de los elementos. Este reto pudo solucionarse bajo la concepción de métodos de calibración para la puesta en marcha específicamente en aspectos como ancho, posicionamiento e inclinación de la silla de ruedas.
- El sistema de acoplamiento del prototipo a la silla de ruedas pretende equilibrar el número de elementos de trabajo con la facilidad de conexión y desconexión. Aunque el mecanismo planteado se considera una opción viable, su idoneidad se compromete por el requerimiento de calibración para puesta en marcha y mantenimiento por terceros.
- La selección de los componentes de la transmisión manual es fundamental considerando una optimización de movimiento. Los sistemas comerciales de transmisión de bicicleta ofrecen combinaciones adecuadas para piñones y platos que permiten el ajuste de torque y velocidad angular según la necesidad específica del usuario y su entorno. Estos sistemas permiten un manejo cómodo y eficiente ante las diversas situaciones.
- La selección del sistema eléctrico centra su análisis en el motor como elemento principal que se caracteriza al sistema mediante curvas de funcionamiento. Se notó que la diferencia involucrada entre el sistema manual y eléctrico no son los torques sino la rapidez con la que pueden alcanzar su punto máximo de trabajo, de este modo los dos sistemas requieren un torque inicial aproximado a los 950Nm para romper el reposo y al llegar a los 25km/h necesitan 50Nm.
- Los elementos fueron diseñados bajo catálogos comerciales nacionales con la ayuda de SolidWorks y validados en ANSYS. El análisis reveló que el esfuerzo máximo se encuentra en el marco principal de anclaje con una magnitud de 208,5601 MPa. La consideración de material utilizado es el acero INEN 2415 gr. A con límite de fluencia de 230 MPa.
- Finalmente, el proceso de pruebas del prototipo involucró a tres usuarios, este permitió una validación y retroalimentación exitosa. Los usuarios identificaron tres rangos de velocidad importantes. Se describió que de 0 a 12km/h es una velocidad baja y de fácil manejo, Se calificó al rango de 13 a 25km/h como una velocidad moderada y recomendada para una reacción rápida del conductor y superior a 25km/h se perciben como altas donde el tiempo de reacción es reducido y la capacidad de maniobras es limitada.

5.2. Recomendaciones

- Se aconseja enfocar el prototipo como manual o eléctrico de tal modo que se permita la reducción de costos totales de equipo, facilitando la introducción y accesibilidad del equipo al mercado y hacerlo más accesible al usuario.
- Se sugiere el uso de transmisiones con mayor número de combinaciones para lograr un mayor confort al hacer uso de la parte mecánica del prototipo. Es decir, abarcar una mayor combinación de platos y piñones para combinaciones más adecuadas de torque y velocidad angular.
- Se recomienda desarrollar un prototipo híbrido que aprovecha la estructura de la silla de ruedas como soporte para todos los elementos de asistencia para movilización.
- Se recomienda el implementar nuevas formas de anclaje del prototipo a la silla de ruedas que faciliten la acción de anclaje.
- Se recomienda trabajar con otros mecanismos para facilitar la movilidad del usuario, disminuyendo la fuerza necesaria en los brazos del usuario.
- Se recomienda el desarrollar a su vez prototipos que permitan la movilidad de sillas de ruedas para personas que no tengan la fuerza necesaria para generar el movimiento manual con la ayuda de terceras personas.
- Se recomienda que el diseño de la silla de ruedas no limite el movimiento de brazos del usuario.
- Se propone utilizar el freno manual para velocidades bajas y moderadas (0 a 25km/h), para velocidades altas (mayores a 25km/h) usar el freno magnético.
- Se recomienda dar curvas cerradas cuando el prototipo se encuentre por debajo de los 15 km/h para evitar experiencias de volteo del prototipo.
- Es importante leer los apartados de calibración, mantenimiento y pruebas de funcionamiento para en función de la experiencia usar de manera adecuada el prototipo.

BIBLIOGRAFÍA

- ADAPTADO.ES.** *Nuevo Alber e-fix de Invacare.* [en línea], 2015. [Consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: <http://www.adaptado.es/tag/convertir-silla-de-ruedas-electrica/>
- ALBER.** *Neodrives CE.* [en línea], 2023. [Consulta: 16 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.dismovil.net/uploads/productos/a61c8803074be10f1d7bf43a8c0d8b71b72ade57.pdf>
- ARELLANO, C.** *Mecanismo cadena-piñón.* [en línea], 2016. [Consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: https://www.academia.edu/29282207/Mecanismo_cadena_pinon
- BATEC MOVILITY.** *¿Cuál es la handbike Batec ideal para ti?.* [en línea]. 2023. [Consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: <https://batec-mobility.com/>
- BATEC MOVILITY.** *Batec hibrid 2 - Ejercicio físico para todos.* [en línea], 2023. [Consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: <https://batec-mobility.com/es/productos/handbikes/batec-hibrid-2#>
- BIG MOTION.** *¿Cuáles son las partes de una silla de ruedas eléctrica?.* [en línea], 2023. [Consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: https://bigmotion.co/blog-sillas-de-ruedas-colombia/26_partes-de-las-sillas-de-ruedas-electricas.html
- CASTAINER, D. y MENDÍA, E.** Diseño, construcción e implementación de una silla de ruedas eléctrica plegable para una persona con problemas de movilidad. (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Cuenca-Ecuador. 2018.
- CHAMBA, J. y TOLEDO S.** Diseño y construcción de un prototipo de sistema impulsor acoplable a sillas de ruedas para personas con discapacidad de miembros inferiores para movilidad en áreas urbanas. (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera Mecánica. Riobamba-Ecuador. 2023.
- CONADIS.** *Estadísticas de discapacidad – Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades.* [en línea], 2023. [Consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- DISMOVIL.** *Handbike Híbrida.* [en línea], 2023. [Consulta: 16 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.dismovil.net/es/tienda/online/handbikes-hibridas-online/stricker-neo-drives-rodem>
- GIMA.** *Sillas de Ruedas - Manual de Uso y Mantenimiento.* [en línea], 2016. [Consulta: 12 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.gimaitaly.com/DocumentiGIMA/Manuali/ES/M27708ES.pdf>
- GORGUES J.** “Selección y adaptación de sillas de ruedas convencionales”. OFFARM [en línea], 2005. [Consulta: 12 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-seleccion-adaptacion-sillas-ruedas-convencionales-13078588>.
- GUZMÁN, J.** *Sillas de ruedas.* [en línea], 2019. [Consulta: 13 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.ortopediaguzman.com/26-sillas-de-ruedas>
- MAPFRE.** *Dimensiones de una silla de ruedas.* [en línea], 2021. [Consulta: 14 mayo 2023]. Disponible en: <https://planesdefuturo.mapfre.es/generacion-senior/vivienda/dimensiones-silla->

de-ruedas/#:~:text=Dimensiones%20de%20una%20silla%20de%20ruedas%20est%
C3%A1ndar,-Aunque%20las%20dimensiones&text=Ancho%20total%3A%20entre%2050
%20y,del%20respaldo%3A%2045%20cm%20aprox

MEDECU. *Categoría: Sillas de Ruedas.* [en línea], 2023. [Consulta: 14 mayo 2023]. Disponible en: <https://medecu.ec/categoria-producto/ayudas-tecnicas/sillas-de-ruedas/>

MEDECU. *Silla de Ruedas Infantil Aluminio 20".* [en línea], 2022. [Consulta: 13 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.medicacuador.com/wp-content/uploads/2020/01/Silla-de-Ruedas-Aluminio-20-1.pdf>

OLIVA, C. *Partes de una silla de ruedas.* [en línea], 2023. [Consulta: 14 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.ortopediamimas.com/blog-de-ortopedia/partes-de-una-silla-de-ruedas/>

OMS. *Informe mundial sobre discapacidad.* [en línea], 2019. [Consulta: 12 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Paquete de capacitación en servicio de sillas de ruedas: nivel básico.* [en línea], 2014. [Consulta: 12 mayo 2023]. Disponible en: <https://iris.who.int/handle/10665/134864>

RUBIO, R. y YUSTE, R. Metodología de diseño industrial de sillas de ruedas modulares. (Trabajo de Titulación). Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación. 2009.

SBN. Especificaciones Técnicas - Sillas de ruedas Adulto. [en línea], 2013. [Consulta: 16 agosto 2023]. Disponible en: <https://8uit.sbn.gob.pe/storage/files2/especificaciones-tecnicas-de-silla-de-ruedas-1635435431.pdf>

SIERRA, A., DEL VALLE C. y TROTTA M. “Diseño de una silla de ruedas de bajo costo bajo la plataforma de código abierto (open-source)”. *Nuevas Vanguardias y Tendencias en el diseño*, 2018. pp. 315–335.

SUNRISE MEDICAL. *Power assist for wheelchairs.* [en línea], 2023. [Consulta: 16 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.sunrisemedical.com/power-assist/empulse/add-on-devices/r20>

SUNRISE MEDICAL. *The wheelchair hand bike that combines manual cycling with powered propulsion.* [en línea], 2023. [Consulta: 16 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.sunrisemedical.eu/e-mobility/empulse/wheelchair-power-assists>.

SYS FMQ. Ficha técnica-silla de ruedas standard. [en línea], 2021. [Consulta: 16 agosto 2023]. Disponible en: <https://sysfmq.com/wp-content/uploads/2021/06/F.T.-SILLA-DE-RUEDAS-STANDAR-2021.pdf>

TOTALCARE EUROPE. Historia de la silla de ruedas. [en línea], 2017. [Consulta: 14 mayo 2023]. Disponible en: <https://totalcare-europe.com/es/blog/post/historia-de-la-silla-de-ruedas>

ANEXOS

ANEXO A: PLANOS DE CONJUNTO Y DETALLE

ANEXO B: MANUAL PARA CONVERSIÓN ELÉCTRICA DE BICICLETAS

Manual de Instrucciones

KITs de Conversión

y Asistencia Eléctrica

CICLOTEK

Debido a la rápida evolución del diseño de los kits CicloTEK, es posible que este manual no contemple todas las características o funciones de su kit de conversión eléctrico. Ante cualquier duda contacte con nosotros en el email contacto@globetek.es

Para más información sobre la instalación o el uso, consulte <http://www.motorparabicileta.com>

Instalación de las baterías

Baterías tipo BT o FT



Deben ser instaladas en el hueco del portabotellas y en la posición superior (ver foto). Si no dispone de los agujeros para colocar un portabotellas recomendamos adquirir otro tipo de batería. Cualquier modificación de la bicicleta se hará bajo la responsabilidad del usuario.

Para su instalación basta con colocar el soporte sobre el portabotellas con los tornillos adecuados (no incluidos). La conexión de la batería al controlador se hace a través de un cable con rosca (en el caso de la BT o del soporte) en el caso de la FT.

Baterías tipo BS y Vintage



Batería de bajo peso y colocación en la parte trasera de la tija. Se engancha al sillín con tiras de velcro y/o correas. La bolsa no dispone de hueco para el controlador en la BS, sí en la de tipo Vintage

Baterías tipo CK



Se colocan en un trasportín especial (incluido) utilizando la tornillería incluida en el kit. Según versiones, es necesario instalar las guías para poder deslizar la batería. El SET incluye llave para bloquear la batería al trasportín. Según modelos, la propia llave hace la función de encendido. Para los kits platinum el sistema de batería de trasportín incluye una caja que permite alojar el controlador. La batería ha de ir en posición horizontal.

Para más información sobre la instalación o el uso, consulte <http://www.motorparabicicleta.com>

Paneles de control:

Salvo el kit platinum L1, todos los kits cuentan con su respectivo panel de control



Panel LED3

Tres niveles de asistencia
Salida en parado
Indicador analógico de velocidad



Nº	Función	Botón	Configuración
1	Encendido/Apagado	Botón (2)	Encendido/Apagado
2	Retroiluminación y encendido de luces	Botón (1)	Retroiluminación y encendido de luces
3	Cambio del nivel de asistencia	Botón (1) y (3)	Nivel de asistencia
4	Función 6 km/h	Botón (3)	Función 6 km/h
5	Función de cruce	Botón (3)	Función de cruce
6	Ver y borrar datos parciales	Botón (1) y (3)	Ver y borrar datos parciales
7	Velocidad media	Botón (2)	Velocidad media
8	Configuración avanzada	Botón (1)	Configuración avanzada
9	Configuración avanzada	Botón (3)	Configuración avanzada
10	Configuración avanzada	Botón (2)	Configuración avanzada
11	Configuración avanzada	Botón (1)	Configuración avanzada
12	Configuración avanzada	Botón (3)	Configuración avanzada
13	Configuración avanzada	Botón (2)	Configuración avanzada

Configuración de las pantallas LCD5 y LCD5 PLUS

- 1-Encendido: Pulse (2) para encender el kit. Manténgalo pulsado un segundo para apagarlo.
2. Retroiluminación y encendido de luces: Pulse la tecla (1) durante unos segundos para encender las luces, si las tiene instaladas. Se retroiluminará la pantalla. Pulse la tecla (1) varios segundos para apagarla.
- 3- Cambio del nivel de asistencia Presione el botón (1) para subir el nivel de asistencia; presione el botón (3) para bajarlo
- 4- Función 6 km/h Mantenga pulsado el botón (3) durante varios segundos. La bicicleta avanzará a no más de 6 km/h.
- 5 Función de cruce. Una vez configurada la función de cruce (ver configuración avanzada "C") y cuando la velocidad sea superior a 11 km/h, presione el botón (3) y el kit mantendrá la velocidad. Frene, acelere o pulse cualquier botón para desactivarla. Recomendamos no usar la función de cruce si no se han instalado sensores de freno
- 6 Ver y borrar datos parciales. Una vez que han pasado al menos 5 segundos desde que se ha encendido el kit, presionar los botones (1) y (3). Las figuras (12) DST y (7) TM parpadearán; pulse el botón (2) y se pondrán a cero.
- 7- Velocidad media: Una vez que está encendido el kit, pulse el botón (2) brevemente para

Para más información sobre la instalación o el uso, consulte <http://www.motorparabicicleta.com>

Sensor de pedaleo asistido

El sensor pas detecta el pedaleo y activa el motor en función del nivel de asistencia seleccionado.

Su instalación no es complicada pero requiere herramientas específicas para ello. El sensor consta de dos partes: Disco de imanes y sensor. En función del modelo adquirido ud. puede tener:

Sensor PAS para eje de cuadradillo



Es el más usado en bicicletas de gama media o de ciudad



- Sensor pas básico para eje de cuadradillo. Se puede instalar en cualquiera de las dos bielas, pero es más fácil en la biela contraria a los platos



Sensor pas V12

Sensor pas para eje de cuadradillo. El sensor y el disco de imanes van integrados en una sola pieza; por lo que no es necesario extraer la cazoleta del eje pedalier



Easy Split



**No Tools
required**

Sensor pas Easy Split

Sensor de pedaleo PAS completo, compuesto de sensor + disco de 12 imanes. Válido para ejes de cuadradillo tradicionales. Sistema de colocación "Easy Split", no necesita extraer la biela ni herramientas para su colocación.

Sensor PAS para eje Hueco



Usado en bicicletas de gama media-alta o alta



- Sensor pas para eje hueco tipo Hollotech, Optalink o similares. Se instala en la biela del plato. Va provisto de un disco de imanes para platos 22 D.

Para más información sobre la instalación o el uso, consulte <http://www.motorparabicicleta.com>



ANEXO C: MANUAL PARA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE TRANSMISION DE BICICLETA.

Manual del distribuidor

Instrucciones generales

STRICKER 

NEODRIVES ^{CE}

= estándar = opcional = no disponible

		Neodrives 20"	Neodrives 24"	Tetra-equipment
Transmisión	Cadena	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Correa dentada	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Tamaño de la rueda	20"	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	24"	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	26"	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Peso en Kg.	Sin baterías ni lastres	19	18,5	20,5 (20"/20 (24"))
	1 batería = 3,1 kg			
Velocidad y motor	Potencia del motor	250 Watt	250 Watt	250 Watt
	Velocidad	25 km/h	25 km/h	25 km/h
	Voltaje de funcionamiento	36 V	36 V	36 V
Ayuda para arrancar	Adelante: 6-10 km/h Atrás: 2 km/h	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Li-Ion Batería	14,5 Ah	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Freno	Freno contrapedal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Freno "V" con bloqueo-parking en el cuadro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Freno "V"	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Freno de disco con bloqueo-parking	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Marcha atrás		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Número de marchas	Estándar	24	24	16
	Opcional (con Mountain Drive)	16	16	16
Posición del cambio y del freno	Cambio en el puño central y freno en el cuadro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cambios y frenos en los puños (Para)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mountain Drive	Reductor 2,5:1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	44/32/14 - 11 a 32	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tamaño de platos y piñones	44 - 11 a 32	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	44 - 11 a 32 (con Mountain Drive)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Stricker Slim (estrecha)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tipo de manivelas	Stricker Bullhorn (ancha)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Stricker corta (dos posiciones)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

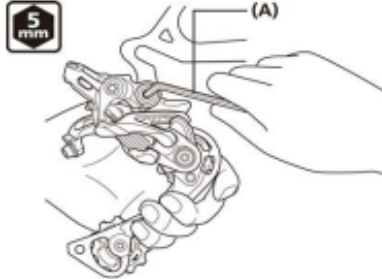
Para más información puede consultar nuestra web www.rodem.es

CAMBIO PARA BICICLETAS DE MTB/TREKKING

Instalación del cambio

■ Tipo estándar

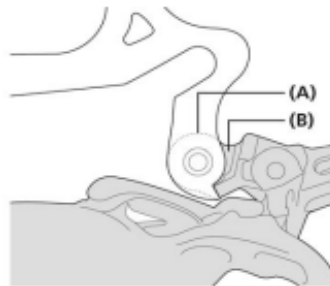
1. Instale el cambio.



(A) Llave hexagonal de 5 mm

Par de apriete

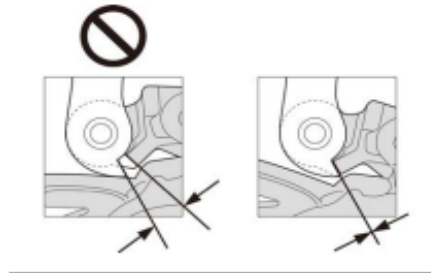
Llave hexagonal de 5 mm
8-10 N·m



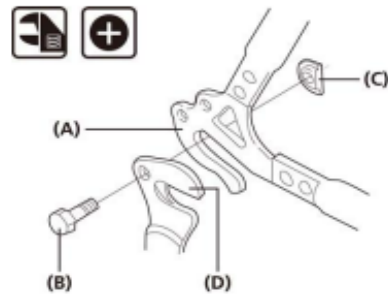
(A) Puntera
(B) Soporte

NOTA

Compruebe periódicamente que no hay holgura entre la puntera de cambio y el soporte como muestra la ilustración. Si hay holgura entre estas dos piezas, se pueden producir problemas de rendimiento del cambio.



■ Tipo de soporte

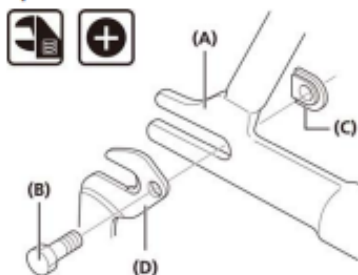


(A) Puntera
(B) Tornillo del soporte
(C) Tuerca del soporte
(D) Soporte

Par de apriete

3-4 N·m

Para tipo BMX



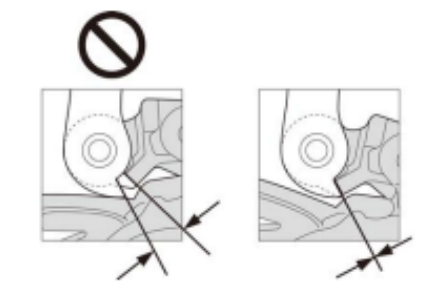
- (A) Puntera
- (B) Tornillo del soporte
- (C) Tuerca del soporte
- (D) Soporte

Par de apriete

3-4 N·m

NOTA

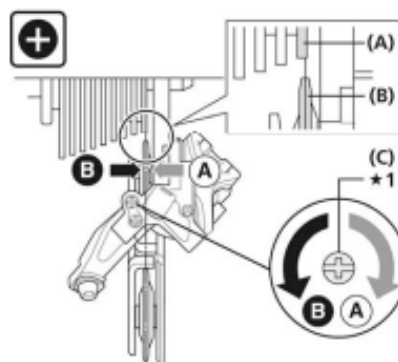
Compruebe periódicamente que no hay holgura entre la puntera de cambio y el soporte como muestra la ilustración. Si hay holgura entre estas dos piezas, se pueden producir problemas de rendimiento del cambio.



Ajuste de recorrido

■ Ajuste superior

1. Gire el tornillo de ajuste superior para efectuar el ajuste de manera que la polea guía quede alineada con la línea exterior del piñón más pequeño, visto desde la parte trasera.

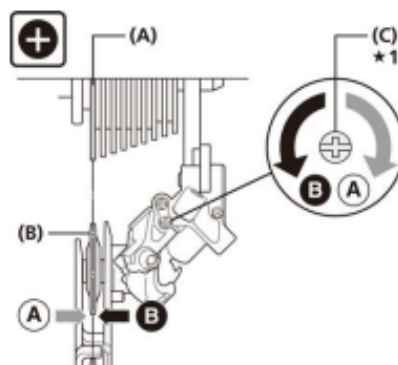


*1 Destornillador

- (A) Línea exterior del piñón más pequeño
- (B) Polea guía
- (C) Tornillo de ajuste superior

■ Ajuste inferior

1. Gire el tornillo de ajuste inferior de manera que la polea guía se mueva a una posición directamente alineada con el piñón más grande.



*1 Destornillador

- (A) Piñón más grande
- (B) Polea guía
- (C) Tornillo de ajuste inferior

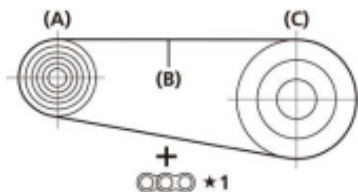
■ Longitud de la cadena

1. La longitud de A variará dependiendo del movimiento de la suspensión trasera. En consecuencia, se puede colocar una carga excesiva en el sistema de transmisión si la longitud de la cadena es demasiado corta. La suspensión trasera funciona y se detiene cuando la dimensión A se encuentra en su extensión máxima.



*1 A

2. Monte la cadena en el piñón más grande y el plato más grande. A continuación, añada 2 eslabones para ajustar la longitud de la cadena.



*1 +2 eslabones

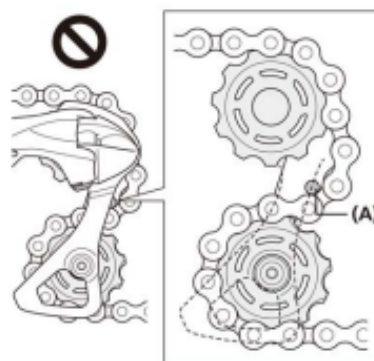
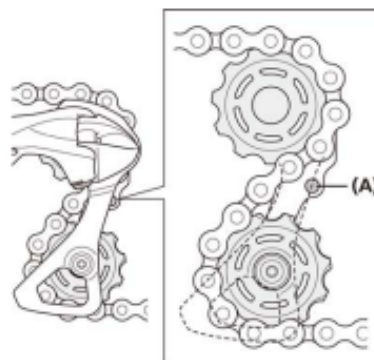
- | | |
|-----|------------------|
| (A) | Piñón más grande |
| (B) | Cadena |
| (C) | Plato más grande |

NOTA

- Si existe mucho movimiento de la suspensión trasera, la holgura de la cadena puede no ajustarse correctamente cuando la cadena esté en el plato y el piñón más pequeños.
- El conjunto de la placa del cambio va provisto de un pasador o placa que impide que la cadena se salga de su recorrido.

Al pasar la cadena a través del cambio, pásela hasta el cuerpo del cambio desde el lado del pasador/la placa para impedir que la cadena se salga de su recorrido, como se muestra en la ilustración.

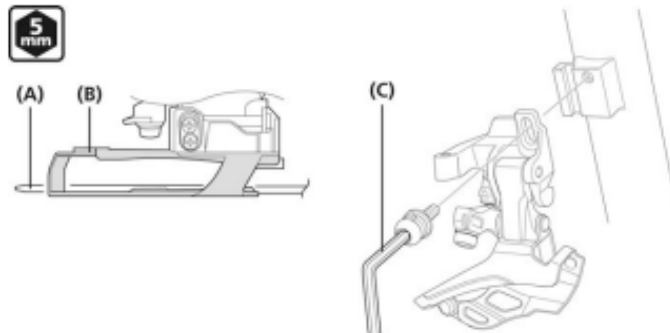
Si no pasa la cadena a través del punto correcto, pueden producirse daños en la cadena o en el cambio.



(A) Pasador/placa para impedir que la cadena se salga de su recorrido

■ Tipo de montaje directo

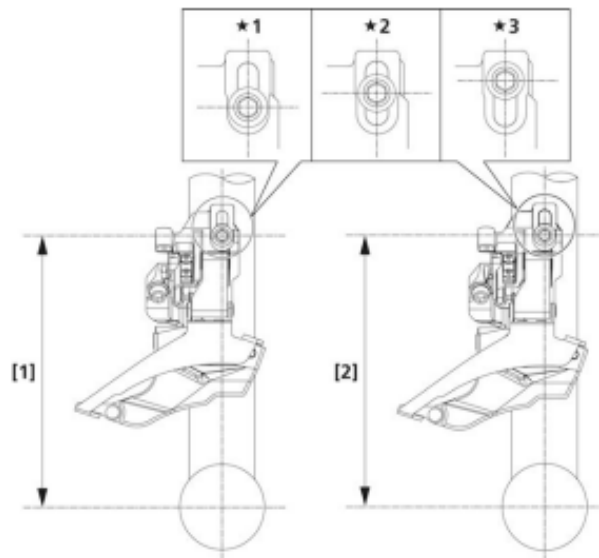
1. Ajuste la altura del desviador. La sección plana de la placa exterior de guía de la cadena debe quedar directamente por encima y paralela al plato más grande. Ajuste con una llave hexagonal.



- (A) Guía de cadena (plato más grande)
 (B) Guía de la cadena
 (C) Llave hexagonal de 5 mm

Par de apriete
 Llave hexagonal de 5 mm
5-7 N·m

La altura de montaje varía dependiendo de la posición de la base del cuadro.



[1] 155,5 mm
 (Desde el centro del juego de pedalier)

- *1 Doble: 42D
- *2 Doble: 40D
Triple: 42D
- *3 Doble: 38D

[2] 159,5 mm
 (Desde el centro del juego de pedalier)

- *1 Doble: 44D
- *2 Doble: 42D
- *3 Doble: 40D
Triple: 42D

ANEXO D: CATÁLOGO DE NOVACERO DE PERFILES ESTRUCTURALES REDONDOS

50

TUBOS REDONDOS

NORMAS TÉCNICAS:
NTE INEN 2415

TOLERANCIA:

Dimensión exterior:
< 50.80 mm +/-0.50 mm
> 50.80 mm +/-0.75 mm

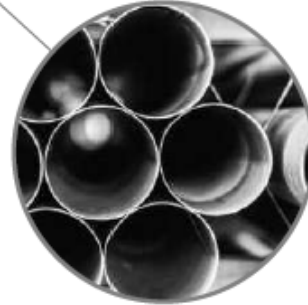
Longitud:
- 6 mm + 13 mm (para tubería de 6 m de longitud)

LONGITUD:

6 metros
Otras longitudes bajo pedido.

RECUBRIMIENTO:

Negro (sin recubrimiento)
Galvanizado



Uso del producto:

Tubos para postes de luz, Escapes automóbiles, Guardachoques, Manijas para carretillas, Estructuras para letreros.

Denominación	Diámetro exterior	Espesor e	Peso	
			kg/m	kg/6m
1/8"	15,88	1,50	0,55	3,28
3/16"	19,05	1,50	0,67	3,99
1/4"	22,22	1,50	0,79	4,73
1/2"	25,40	1,50	0,90	5,37
		2,00	1,17	7,02
3/4"	31,75	1,50	1,13	6,78
		2,00	1,48	8,90
1"	38,10	1,50	1,37	8,20
		2,00	1,80	10,79
1 1/4"	44,45	1,50	1,60	9,57
		2,00	2,13	12,76
1 1/2"	47,63	1,50	1,72	10,32
		2,00	2,27	13,62
2"	50,80	1,50	1,84	11,02
		2,00	2,43	14,55
2 1/4"	57,15	3,00	3,45	20,69
		1,50	2,08	12,47
2 1/2"	60,33	2,00	2,79	16,72
		1,50	2,24	13,42
3"	63,50	2,00	2,83	17,00
		3,00	4,38	26,28
3 1/2"	63,50	1,50	2,34	14,04
		2,00	3,13	18,75
4"	76,20	3,00	4,62	27,69
		2,00	3,68	22,42
4 1/2"	89,10	3,00	5,26	33,35
		4,00	7,35	44,09
5"	101,60	2,00	4,37	26,19
		3,00	6,50	39,00
5 1/2"	114,30	4,00	8,60	51,62
		2,00	4,99	29,96
6"	127,00	3,00	7,42	44,51
		4,00	9,83	58,97
6 1/2"	127,00	2,00	5,59	33,53
		3,00	8,36	50,16
7"	127,00	4,00	11,09	66,51
		2,00	6,22	37,30
7 1/2"	127,00	3,00	9,26	55,53
		4,00	12,28	73,66



PLANCHAS SIN RECUBRIMIENTO

• Planchas Laminadas al Frío

NORMAS TÉCNICAS:
NTE INEN 115
NTE INEN 114
ASTM A 1008CS

DIMENSIÓN ESTANDAR DE PLANCHA:
1220 X 2440 mm

RECUBRIMIENTO:
Negro (sin recubrimiento)

OBSERVACIONES:
Otras dimensiones y espesores bajo pedido.

Uso del producto:

Fabricación de productos de línea blanca.
Cerrajería, Publicidad
Señalética, Carrocerías
Metalmeccánica, Puertas
estampadas

Dimensiones mm	Espesores mm	Calidad del Acero
1220 x 2440	0.45 a 1.4	Comercial

• Planchas Laminadas al Caliente

NORMAS TÉCNICAS:
NTE INEN 115
ASTM A 1011 CS
ASTM A 36

DIMENSIÓN ESTANDAR DE PLANCHA:
1220 X 2440 mm

RECUBRIMIENTO:
Negro (sin recubrimiento)

OBSERVACIONES:
Otras dimensiones y espesores bajo pedido.

Uso del producto:

Estructuras metálicas
Tanques de almacén
Postes, Puentes,
Carrocerías y
metalmeccánica

Dimensiones mm	Espesores mm	Calidad del Acero
1220 x 2440	1.20 a 6.00	Comercial
1220 x 2440	8/10/12/15/20/22/25	Estructural
1500 x 6000*	8/10/12/15/20/22/25	Estructural

*La disponibilidad de estas dimensiones deben ser consultadas con el departamento comercial.

ANEXO F: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SILLA DE RUEDAS



SILLA DE RUEDAS INFANTIL ALUMINIO 20"

MODELO XSG106



CARACTERÍSTICAS

- Estructura de la silla: plegable, Tubular en aluminio anodizado
- Capacidad de peso a soportar: 120 kg
- Reposapies: Desmontables, regulables en altura, abatibles, en plástico resistente.
- Reposapantorrilla: Banda lona impermeable, sujeta a la estructura del reposapies.
- Reposabrazos: Paralelos al asiento, desmontables, en poliuretano alta densidad.
- Espaldar: Ergonómico, impermeable y lavable sujeta a la estructura del asiento.
- Cintos de seguridad: Nivel tórax.
- Mangos de empuje: Dos (2) mangos en poliuretano rígido.
- Asiento: Acolchonado, impermeable y lavable.
- Dimensiones del Asiento:
 - » Ancho: 20" (pulgadas), Profundidad: 20" pulgadas.
- Ruedas Delanteras: Dos (2) ruedas (360°) de caucho macizo., 7" de diámetro.
- Ruedas traseras: Dos (2) ruedas neumáticas, desmontables, 24" de diámetro.
- Arcos propulsores: Externos a las ruedas traseras, en aluminio de alta resistencia.
- Sistema de frenado: Frenos bilaterales en la parte posterior

Accesorios:

- Dos (2) ruedas anti-vuelco
- Una (1) bomba de aire para inflar las ruedas neumáticas
- Un (1) kit para aflojar tornillos y tuercas de la silla

Origen: China.

Marca: Newrise

WWW.MEDICAECUADOR.COM

+ (593) 4 228 8583 | + (593) 4 229 0604

@ ventas@medecu.ec

Cdla. Kennedy Norte, Mz.202 #8
Guayaquil - Ecuador

1. **AREA USUARIA:** Sistema Administrativo de Personal

2. **OBJETIVO DE LA CONTRATACIÓN**

Adquisición de (01) silla de ruedas para sede institucional de la SBN ubicada en la Calle Chinchon 890, San Isidro.

3. **FINALIDAD DE LA CONTRATACIÓN**

El requerimiento se efectúa para dotar de los recursos necesarios de Seguridad en conformidad a las disposiciones dadas por INDECI para situaciones de emergencia en la sede institucional, tomando en cuenta lo dispuesto en el artículo 16 de la Ley 29973, Ley general de la persona con Discapacidad.

4. **CARACTERÍSTICAS TECNICAS:**

BIENES	ESPECIFICACIONES TECNICAS
Cantidad	01 UND
DESCRIPCION	Silla mecánica con 4 ruedas, diseñadas para permitir el desplazamiento de aquellas personas con problemas de locomoción o movilidad reducida, debido a una lesión, enfermedad física o psicológica.
APLICACIÓN	Mobiliario utilizado para personas con discapacidad de la Superintendencia Nacional de Bienes Estatales.
PARTES	Una (01) estructura principal plegable Dos (02) Ruedas posteriores Dos (02) Ruedas delanteras Dos (02) frenos mecánicos Dos (02) apoya pies.
CARACTERISTICAS ESPECIFICAS	Estructura principal plegable construido con acero laminado al frío (LAF) cromado, tubular de 20mm de diámetro y 2 mm de espesor como mínimo con refuerzos y crucetas Apoya brazos de material liviano y resistente Protectores laterales de acero inoxidable AISI 304-2B Típicamente placa o plancha de acero laminado al frío (LAF) TOTALMENTE CROMADO DE 0.8 mm de espesor como mínimo. Respaldo a posición fija Siento y respaldo forrados con tapiz korofan lavable, color negro, impermeable, de fácil limpieza y desinfección, resistente a ralladura o punción, antibacterial, anti hongos. De uso hospitalario. Con templadores internos que eviten deformaciones. Capacidad de soportar 150 kg de peso por lo menos.
	Ruedas posteriores de 550 mm a 600 mm de diámetro como mínimo de jebe duro y resistente de una sola pieza, sobre estructura de poliuretano de alto impacto con ocho o nueve rayos, con aro propulsor y de sistema de rodamiento sellados. Frenos de palanca ajustables
	Ruedas delanteras de 200 mm de diámetro como mínimo de jebe duro, eje de acero inoxidable AISI 304-2B con sistema de rodamiento de billas
	Frenos regulables tipo palanca, con mango de jebe duro de 15 mm de longitud aproximadamente, con tope de cremalleras y ajuste en cada rueda
	Apoya pies o pisaderas de acero laminado al frío (LAF) cromado, livianas y plegables, de altura regulable y no desmontable.
	Soldadura :

	<p>Todas las uniones son soldadas eléctricamente mediante sistema de soldadura MIG o similar tecnología superior, que asegure el buen acabado y alta resistencia de los materiales</p> <p>Cromado: Cuando la especificación lo requiera, el cromado debe ser la de la clasificación industrial pesado.</p> <p>Dimensión aproximada: Ancho del asiento: 540 - 550 mm Fondo del asiento : 450-500 mm Altura del espaldar : 500 -510 mm</p> <p>Las estructuras metálicas que no son acero inoxidable, deberán ser tratadas químicamente antes del pintado, con alguna técnica que permita su protección contra la corrosión interna y/o externa y que considere como mínimo los procesos de desengrase, desoxido, fosfatizado y sellado de las superficies metálicas</p>
GARANTIA	Garantía contra defecto de fabricación y/o material 12 meses (1 año) desde la entrega del bien.
NORMATIVA	Certificado de los estándares bajo la Norma ISO 9001-2008 Certificado de los estándares bajo la Norma ISO 13485
IMAGEN REFERENCIAL	

() El proveedor deberá de remitir la ficha técnica del producto.*

5. PLAZO DE ENTREGA

Entrega del bien será hasta los diez (10) días calendarios a partir de la respuesta de la recepción de la orden de compra correspondiente.

6. LUGAR DE ENTREGA

Almacén Central de la SBN, sito en Calle Chinchón N° 890 -2do piso, distrito de San Isidro.

Esta es una copia auténtica imprimible de documento electrónico archivado en la Superintendencia Nacional de Bienes Estatales, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de DS.070-2013- PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad puede ser contrastada a través de nuestro portal web: <https://www.sbn.gob.pe> ingresando al icono Verifica documento digital o también a través de la siguiente dirección web: <http://app.sbn.gob.pe/verifica> En ambos casos deberás ingresar la siguiente clave: 3230216106

