



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN TIMÓN DE DIRECCIÓN ELÉCTRICO
ADAPTABLE CON LAS SILLAS DE RUEDAS PARA MEJORAR LA MOVILIDAD
DE LAS PERSONAS DISCAPACITADAS”**

PROYECTO DE TITULACIÓN PRESENTADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA

Autor:

Mejía Herrera Diego Xavier

Tutor:

Ing. MsC. Segundo Ángel Cevallos Betún

LATACUNGA-ECUADOR

Septiembre - 2020



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Mejía Herrera Diego Xavier**, declaro ser autor de la presente Propuesta Tecnológica: **“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN TIMÓN DE DIRECCIÓN ELÉCTRICO ADAPTABLE CON LAS SILLAS DE RUEDAS PARA MEJORAR LA MOVILIDAD DE LAS PERSONAS DISCAPACITADAS”**, siendo el Ing. Segundo Ángel Cevallos Betún Tutor del presente Trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos y acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presente Propuesta Tecnológica, es mi exclusiva responsabilidad.

Autor

Mejía Herrera Diego Xavier

C.I. 050362890-1



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el Título:

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN TIMÓN DE DIRECCIÓN ELÉCTRICO ADAPTABLE CON LAS SILLAS DE RUEDAS PARA MEJORAR LA MOVILIDAD DE LAS PERSONAS DISCAPACITADAS”, de Mejía Herrera Diego Xavier, estudiante de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aporte **científico-técnicos** suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto Que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 10 de septiembre de 2020



Ing. M^sC. Segundo Ángel Cevallos Betún

C.I: 050178243-7

Tutor



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la facultad de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**; por cuanto, el postulante: **Mejía Herrera Diego Xavier** con **C.I. 050362890-1** con el Título de Proyecto de Titulación: **“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN TIMÓN DE DIRECCIÓN ELÉCTRICO ADAPTABLE CON LAS SILLAS DE RUEDAS PARA MEJORAR LA MOVILIDAD DE LAS PERSONAS DISCAPACITADAS”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar la presentación correspondiente, según la norma institucional.

Latacunga 11 de septiembre de 2020

Para constancia firman:

.....
Lector 1 (Presidente)
Ing. Luigi Orlando Freire Martínez
C.I 050252958-9

.....
Lector 2
Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera
C.I 050215089-9

.....
Lector 3
Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas
C.I 050234776-8

DEDICATORIA

Este proyecto va especialmente dedicado a mi mamá Yolanda Herrera y a mi hermano David Mejía, que desde el inicio de este largo trayecto han observado mis tropiezos y avances y siempre supieron apoyarme ya sea con ánimos o algún consejo.

A mis padres que me han apoyado a lo largo de mi vida.

A mi familia y amigos que han estado a mi lado brindándome su apoyo.

Mejía Herrera Diego Xavier

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por haberme dado la vida y apoyado en toda mi trayectoria, no sólo de la tesis sino también académica, sin su apoyo y consejo no hubiese podido llegar a donde estoy ahora.

A mi hermano que en los momentos de dificultad me supo aconsejar y dar ánimo para seguir adelante.

A mis familiares más allegados que me han apoyado en el transcurso de toda mi carrera.

A mi familia y amigos que me han brindado sus ánimos para finalizar el proyecto.

A mi tutor que supo darme la mano cuando lo necesitaba una orientación.

Y finalmente a Dios ya que sin Él nada se podría hacer.

Mejía Herrera Diego Xavier

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	I
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN.....	II
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
TABLA DE CONTENIDO	VI
INDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURA	X
ANEXOS.....	XII
RESUMEN	XIII
1. INFORMACIÓN BÁSICA.....	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.2. TIPO DE PROPUESTA ALCANCE.....	2
2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO	2
2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.5.1. Objeto de estudio	3
2.5.2. Campo de acción.....	3
2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA.....	3
2.6.1. Situación Problémica.....	3
2.6.2. Problema de Investigación.....	3
2.7. HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA	4
2.8. OBJETIVOS.....	4
2.8.1. Objetivo general.....	4
2.8.2. Objetivos específicos.....	4
2.9. ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS.	4
3. MARCO TEÓRICO	6
3.1. ANTECEDENTES.....	6
3.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7

3.2.1.	Silla De Ruedas	7
3.2.2.	Los tipos de silla de ruedas son:	7
3.2.3.	Tipos de Control y Dirección.....	10
3.2.4.	Timón.....	12
3.2.4.1.	Timón tipo manual.....	13
3.2.4.2.	Timón tipo eléctrico	13
3.2.4.3.	Timón de tipo hibrido.....	14
3.2.5.	Sistemas	15
3.2.5.1.	Sistema de dirección	15
3.2.5.2.	Sistema de frenado.....	15
3.2.5.3.	Sistema de control.....	16
3.2.5.4.	Sistema motriz.....	18
3.2.5.5.	Sistema estructural	19
3.2.5.6.	Sistema de estabilidad.....	20
3.2.5.7.	Sistema de traslado	20
4.	METODOLOGIA	21
4.1.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	21
4.1.1.	Estructura funcional.....	21
4.1.2.	Criterios para la selección de los tipos de frenos	21
4.1.3.	Jerarquización	21
4.1.3.1.	Valorización de criterios.....	21
4.1.4.	Tabla de selección del sistema de frenado	25
4.1.5.	Criterios de Selección del controlador	26
4.1.6.	Criterios de Selección de neumáticos.....	27
4.1.7.	Criterios de Selección del motor.....	28
4.1.7.1.	Momento de inercia	28
4.1.7.2.	Aceleración angular	28
4.1.7.3.	Torque.....	28
4.1.7.4.	Potencia.....	29
4.1.7.5.	Selección de batería.....	29
4.1.7.6.	Consumo de corriente.....	29
4.1.7.7.	Diseño estructural	29
4.1.7.8.	Validación de material seleccionado	30
4.2	PROCESO DE ANÁLISIS.....	31
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	32
5.1.	INTRODUCCIÓN.....	32
5.2.	ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA.....	32
5.3.	DIMENSIONAMIENTO DE UN TIMÓN DE DIRECCIÓN ELÉCTRICO ADAPTABLE.....	33
5.4.	DISEÑO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DE LA DIRECCIÓN	35
5.4.1.	Manilla.....	35
5.4.1.1.	Comprobación.....	37

5.4.2.	Dimensionamiento del tubo guía	38
5.4.3.	Comprobación (Acero AISI 304).....	39
5.4.4.	Selección de neumáticos	40
5.4.5.	Análisis comparativo del Sistema de control	42
5.4.6.	Análisis del funcionamiento del sistema de control.....	43
5.4.7.	Selección del motor	44
5.4.7.1.	Potencia requerida	44
5.4.7.2.	Inercia de Neumático.....	44
5.4.7.3.	Inercia de Aro.....	45
5.4.7.4.	Momentos de inercia totales.....	45
5.4.7.5.	Aceleración angular	46
5.4.7.6.	Torque.....	46
5.5.	VALIDACIÓN POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS FEM.....	49
5.5.1.	Modelado geométrico	49
5.5.2.	Condiciones de contorno	50
5.5.3.	Aplicación de cargas.....	51
5.5.4.	Mallado	51
5.5.5.	Análisis de Tensiones:	52
5.5.6.	Análisis de desplazamiento	52
5.5.7.	Análisis del Factor de Seguridad.....	53
6.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS	53
6.1.	PRESUPUESTO	53
6.1.1.	Presupuesto directo	53
6.1.2.	Presupuesto indirectos	55
6.2.	PRESUPUESTO TOTAL	55
7.	IMPACTOS	55
7.1.	IMPACTO PRÁCTICO:.....	55
7.2.	IMPACTO TECNOLÓGICO.....	55
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
8.1.	CONCLUSIONES.....	56
8.2.	RECOMENDACIONES.....	56
	BIBLIOGRAFÍA	57
	ANEXOS.....	60

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Descripción de las actividades propuestas con los objetivos establecidos.....	5
Tabla 3.2: Especificaciones técnicas estándar.....	14
Tabla 4.3: Jerarquización de Niveles de Funcionalidad.....	21
Tabla 4.4: Evaluación por criterio según el tipo de máquina.....	22
Tabla 4.5: Evaluación del criterio de fácil adquisición.....	22
Tabla 4.6: Evaluación del criterio de fácil instalación.....	22
Tabla 4.7: Evaluación del criterio de mayor capacidad de frenado.....	23
Tabla 4.8: Evaluación del criterio de costos accesibles.....	23
Tabla 4.9: Evaluación del criterio de durabilidad.....	23
Tabla 4.10: Evaluación del criterio de mayor seguridad.....	24
Tabla 4.11: Evaluación del criterio de buena eficacia de frenado.....	24
Tabla 4.12: Evaluación del criterio de disipador de calor.....	24
Tabla 4.13: Evaluación de los criterios según el tipo de freno.....	25
Tabla 4.14: Placa de desarrollo Personal.....	26
Tabla 4.15: Placa Dedicada Comercial.....	26
Tabla 5.16: Pesos en función de la estatura.....	33
Tabla 5.17: Masa del cuerpo humano en función del porcentaje.....	34
Tabla 5.18: Tubo de acero redondo inoxidable.....	36
Tabla 5.19: Selección de Neumáticos.....	41
Tabla 5.20: Características del motor.....	47
Tabla 5.21: Características del motor.....	48
Tabla 6.22: Costo directo de la batería.....	53
Tabla 6.23: Costo directo del sistema de control.....	54
Tabla 6.24: Costo directo de materiales.....	54
Tabla 6.25: Costos directos por mano de obra.....	54
Tabla 6.26: Costos indirectos.....	55
Tabla 6.27: Presupuesto total.....	55

ÍNDICE DE FIGURA

Capítulo III

Figura 3.1: Silla de ruedas para playas	7
Figura 3.2: Silla de ruedas para escaleras	8
Figura 3.3: Silla de ruedas bariátricas	8
Figura 3.4: Silla de ruedas para deportes	9
Figura 3.5: Silla de ruedas de bipedestación	9
Figura 3.6: Silla de ruedas eléctrica	10
Figura 3.7: Silla de ruedas manuales.....	10
Figura 3.8: Control de mando tipo Joystick	11
Figura 3.9: Control de cabeza tipo barbilla	11
Figura 3.10: Control de con el pie.....	11
Figura 3.11: Mando para acompañante	12
Figura 3.12: Timón de dirección	12
Figura 3.13: Timón tipo manual.....	13
Figura 3.14: Timón tipo eléctrico.....	13
Figura 3.15: Sistema de dirección	15
Figura 3.16: Sistema de freno	16
Figura 3.17: Diagrama de bloques	16
Figura 3.18: BY03LT01-C.....	17
Figura 3.19: Palanca de control.....	17
Figura 3.20: Sistema motriz	19
Figura 3.21: Sistema estructural.....	19
Figura 3.22: Sistema pie soporte 	20
Figura 3.23: Sistema de anclaje.....	20
Figura 3.24: Sistema de traslado	20

Capítulo IV

Figura. 4.1 Entradas y salidas del controlador BY03LT01	27
Figura. 4.2 Longitudes efectivas de las columnas.....	30
Figura. 4.3 Proceso de análisis por elementos finitos	31
Figura. 4.4 Proceso de análisis por elementos finitos	32

Capítulo V

Figura: 5.1 Timón.....	32
Figura: 5.2 Ancho de una persona en silla de ruedas	34
Figura: 5.3 Altura del alcance	34
Figura: 5.4 Dimensionamiento de manilla	35
Figura: 5.5 Dimensionamiento de manilla	35
Figura: 5.6 Diagrama de la manilla dimensionada II.....	37
Figura: 5.7 Tubo guía.....	38
Figura: 5.8 Longitudes efectivas de las columnas.....	38
Figura: 5.9 Neumáticos	42
Figura: 5.10 Diagrama de conexión	42
Figura: 5.11 Inercia de Neumático.....	44
Figura: 5.12 Inercia de Aro	45
Figura: 5.13 Motor de cubo sin escobilla.....	47
Figura: 5.14 Batería de Litio 48 V 10 Ah	48
Figura: 5.15 Corriente Vs Tiempo de Descarga para Motores eléctricos	49
Figura: 5.16 Modelado de geométrico	50
Figura: 5.17 Aplicación de sujeciones	50
Figura: 5.18 Aplicación de sujeciones	51
Figura: 5.19 Mallado.....	51
Figura: 5.20 Análisis de tensiones.....	52
Figura: 5.21 Análisis de desplazamiento.....	52
Figura: 5.22 Análisis de Factor de Seguridad	53

ANEXOS

Anexo 1: Acero AISI 304	60
Anexo 2: Factor de Seguridad.....	61
Anexo 3: Timón de Dirección Eléctrico Adaptable	62
Anexo 4: Tubo de Unión.....	63
Anexo 5: Cubierta	64
Anexo 6: Sujetador Triple Inferior.....	65
Anexo 7: Tope Final.....	66
Anexo 8: Tubo Soporte de Dirección.....	67
Anexo 9: Sujetador Triple Superior	68
Anexo 10: Placa Porta Resortes	69
Anexo 11: Balancín.....	70
Anexo 12: Tubo Frontal	71
Anexo 13: Base de Muelle	72
Anexo 14: Varilla Frontal	73
Anexo 15: Asiento de Resorte.....	74
Anexo 16: Bloque	75
Anexo 17: Bocín de Sujeción.....	76
Anexo 18: Manilla.....	77
Anexo 19: Diagrama Técnico ELECTROMAN Oy	78

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

TITULO: “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN TIMÓN DE DIRECCIÓN ELÉCTRICO ADAPTABLE CON LAS SILLAS DE RUEDAS PARA MEJORAR LA MOVILIDAD DE LAS PERSONAS DISCAPACITADAS”

Autor:

Mejía Herrera Diego Xavier

RESUMEN

En el presente proyecto se plasma el estudio del diseño y simulación de un timón de dirección eléctrico adaptable con las sillas de ruedas, ya que en el país no existen investigaciones relacionadas con este tema, esta propuesta tecnológica nace al ver la necesidad de las personas discapacitadas, con el fin de proponer una alternativa que a futuro pueda ser implementada y sirva a este tipo de población. Aquellas personas que sufren de discapacidad física en sus piernas merecen ser tomados en cuenta y por medio de este estudio se está dando una esperanza ya que en un futuro cercano este proyecto puede servir de base para la fabricación de timones eléctricos adaptables con las sillas de ruedas convencionales y así mejorar su estilo de vida. El diseño y las simulaciones realizadas en softwares permiten tener una clara idea del funcionamiento y de la fiabilidad tanto de los materiales como el mecanismo sometido a cargas regulares entre 51kg - 74kg. Para el diseño se tomó como referencia un timón de pedales, se realizaron mediciones y se dibujaron los diferentes mecanismos que conforman el timón, adaptándole el sistema motriz, sistema de baterías y carga, sistema de frenado, y el sistema de dirección; se compararon datos entre cálculos de los ángulos de posición y las medidas arrojadas por el software, se realizaron las simulaciones correspondientes siguiendo sus respectivas normativas y para la aplicación se tomó en cuenta varios factores que inciden en el mismo, tales como la ergonomía el peso promedio de una persona adulta, la altura del manillar del timón entre otras, finalmente se concluyó la simulación de la propuesta tecnológica, comprobando su funcionamiento mediante el método de elementos finitos.

Palabras clave: timón, simulación, seguridad, ergonomía.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

THEME: "DESIGNING AND SIMULATION OF AN ELECTRIC STEERING RUDDER ADAPTABLE WITH WHEELCHAIRS IMPROVING THE DISABLED PEOPLE MOBILITY “

Author:

Mejia Herrera Diego Xavier

ABSTRACT

Designing and simulation of an adaptable electric rudder with wheelchairs is reflected in this research since in the country there is no research related to this issue, this technological proposal was born when saw the disabled people’s need, in order to propose an alternative that in the future can be implemented and serve this for them. those people who suffer from physical disabilities in their legs deserve to be taken into account and through it hope is being given since in the near future this research may serve as the basis for the electric rudders adaptable with wheelchairs conventional manufacture and thus improve the lifestyle. the designing and simulations carried out in software allow to have a clear idea of the operation and reliability of both the materials and the mechanism subjected to regular loads between 51kg - 74kg. a pedal rudder was taken as a reference to design it, , measurements were made and the different mechanisms that make up the rudder were drawn, adapting the drive system, battery and charging system, braking system, and steering system; data were compared between calculations of the position angles and the measurements provided by the software, the corresponding simulations were carried out following their respective regulations and for the application, several factors that influence it were taken into account, such as ergonomics, average weight of an adult person, the height of the rudder handlebar among others, finally the simulation of the technological proposal was concluded, verifying its operation by means of the finite element method.

Keywords: rudder, simulation, safety, ergonomics.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS


AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de la Propuesta tecnológica al Idioma Inglés presentado por el egresado de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, **MEJÍA HERRERA DIEGO XAVIER**, cuyo título versa **“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN TIMÓN DE DIRECCIÓN ELÉCTRICO ADAPTABLE CON LAS SILLAS DE RUEDAS PARA MEJORAR LA MOVILIDAD DE LAS PERSONAS DISCAPACITADAS”**, lo realizo bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estime conveniente.

Latacunga, septiembre del 2020

Atentamente,



Mg. LIDIA REBECA YUGLA LEMA
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 050265234-0



**CENTRO
DE IDIOMAS**

1. INFORMACIÓN BÁSICA

Título del Proyecto:

Diseño y simulación de un timón de dirección eléctrico adaptable con las sillas de ruedas para mejorar la movilidad de las personas discapacitadas.

Propuesto por: Mejía Herrera Diego Xavier.

Tema aprobado: Diseño y simulación de un timón de dirección eléctrico adaptable con las sillas de ruedas para mejorar la movilidad de las personas discapacitadas.

Carrera: Ingeniería Electromecánica

Director de la Propuesta Tecnológica: Ing. MsC. Segundo Ángel Cevallos Betún

Equipo de Trabajo:

- Ing. Luigi Orlando Freire Martínez
- Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera
- Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas

Lugar de Ejecución: Sierra, Cotopaxi, Latacunga, Ignacio Flores

Tiempo de Duración de la Propuesta: Mayo – Septiembre/2020

Fecha de Entrega: 22 de Septiembre del 2020

Líneas y Sublíneas de Investigación:

Línea de investigación: Procesos industriales

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

Tipo de Propuesta Tecnológica:

La presente investigación se enfoca al desarrollo del diseño computacional de un timón de dirección eléctrico adaptable a una silla de ruedas, para lo cual se empleará el diseño por elementos finitos tanto en el análisis estático y dinámico, así como un software para simular su funcionamiento y que asegure un factor de seguridad que esté acorde a la norma nacional INEN.

Ergonómico. - porque es adecuada para cualquier condición de adaptación de personas discapacitadas, sin que sufra algún tipo de lesión o empeoramiento de su estado físico.

Seguro. - por ser una herramienta que soporta cargas delimitadas para personas de peso promedio, dando un Factor de Seguridad mínimo de 4, el cual es recomendado para diseños de cargas estáticas o dinámicas.

Tipo de Alcance:

Innovador: este proyecto se lo considera como un proyecto adecuado para mejorar la movilidad de la persona con capacidades reducidas, haciéndolas independientes.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1.TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Diseño y simulación de un timón de dirección eléctrico adaptable con las sillas de ruedas para mejorar la movilidad de las personas discapacitadas.

2.2.TIPO DE PROPUESTA ALCANCE

Innovador: Este proyecto se lo considera como un proyecto adecuado para mejorar la movilidad de la persona con capacidades reducidas, haciéndolas independientes.

Desarrollo: El fin de este proyecto, es que el diseño y simulación sea confiable y seguro obteniendo un factor de seguridad superior a 4.

2.3.ÁREA DEL CONOCIMIENTO

Área: Ingeniería, Industria y Construcción (07)

Subárea de Conocimiento: Ingeniería y Profesiones Afines (071)

Subárea Específica de Conocimiento: Dibujo técnico, electricidad, electrónica, mecánica y oficios de metales (0715)

2.4.SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En el presente proyecto se plasma el estudio del diseño y simulación de un timón de dirección eléctrico adaptable con las sillas de ruedas, ya que en el país no existen investigaciones relacionadas con este tema, esta propuesta tecnológica nace al ver la necesidad de las personas discapacitadas, con el fin de proponer una alternativa que a futuro pueda ser implementada y sirva a este tipo de población. Aquellas personas que sufren de discapacidad física en sus piernas merecen ser tomados en cuenta y por medio de este estudio se está dando una esperanza ya que en un futuro cercano este proyecto puede servir de base para la fabricación de timones eléctricos adaptables con las sillas de ruedas convencionales y así mejorar su estilo de vida. El diseño y las simulaciones realizadas en softwares permiten tener una clara idea del funcionamiento y de la fiabilidad tanto de los materiales como el mecanismo sometido a cargas regulares entre 63kg - 69kg. Para el diseño se tomó como

referencia un timón de pedales, se realizaron mediciones y se dibujaron los diferentes mecanismos que conforman el timón, adaptándole el sistema motriz, sistema de baterías y carga, sistema de frenado, y el sistema de dirección; se compararon datos entre cálculos de los ángulos de posición y las medidas arrojadas por el software, se realizaron las simulaciones correspondientes siguiendo sus respectivas normativas y para la aplicación se tomó en cuenta varios factores que inciden en el mismo, tales como la ergonomía el peso promedio de una persona adulta, la altura del manillar del timón entre otras, finalmente se concluyó la simulación de la propuesta tecnológica, comprobando su funcionamiento mediante el método de elementos finitos (AMFE).

2.5.OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.5.1. Objeto de estudio

Diseño y simulación de un timón de dirección eléctrico.

2.5.2. Campo de acción

“Diseño y simulación de un timón de dirección eléctrico adaptable con las sillas de ruedas para mejorar la movilidad de las personas discapacitadas”

2.6.SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA

2.6.1. Situación Problemática

Las personas con discapacidad física en sus piernas se movilizan mediante el empleo de una silla de ruedas lo que les hace depender de una persona para que las empuje o dirija, hacia donde ellos necesiten ir, o para movilizarse independientemente deben impulsar las ruedas de la silla de forma manual, lo que provoca dolor y fatiga en las diferentes articulaciones del individuo.

Las sillas de ruedas convencionales más usadas son del tipo plegable, no cuentan con mecanismos que se les pueda adaptar para que faciliten la independencia de las personas discapacitadas, por lo tanto, en el presente trabajo se realizó este estudio para determinar que mecanismo es el más apropiado para ser adaptado en la silla de ruedas y que ayuden a la independencia de la persona discapacitada en la realización de sus actividades diarias.

2.6.2. Problema de Investigación

No existen estudios ni diseños computacionales que busquen una fácil adaptación o acoplamiento con las sillas de ruedas convencionales plegables y que ayuden a la independencia y la libre movilidad de una persona discapacitada.

2.7.HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA

¿El diseño y la simulación de un timón de dirección eléctrico adaptable para las sillas de ruedas permitirá mejorar la movilidad de las personas discapacitadas?

Se realizo este estudio para de esta manera aprovechar los resultados arrojados mediante un software de simulación de tipo CAD. Mediante el modelo geométrico el cual nos dará una idea más clara acerca de esta propuesta tecnológica.

2.8.OBJETIVOS

2.8.1. Objetivo general

- Diseñar y simular un timón de dirección eléctrico adaptable para las sillas de ruedas que mejoren la movilidad de las personas discapacitadas.

2.8.2. Objetivos específicos

- Analizar los tipos de timón de dirección
- Seleccionar el tipo de timón y los elementos que lo conforman para su fácil adaptación a la silla de ruedas.
- Diseñar y validar los elementos que componen un timón de dirección eléctrica, con materiales existentes en el mercado local y nacional.
- Modelar y simular los elementos diseñados que componen el timón de dirección eléctrica.

2.9.ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS.

La presente propuesta tecnológica se enfoca en el diseño y simulación de un timón de dirección eléctrico adaptable, con las sillas de ruedas para mejorar la movilidad de las personas discapacitadas; plasmándose en un software apropiado para validar el diseño ejecutado.

Por lo que la descripción de las actividades y tares propuestas con los objetivos establecidos es la siguiente.

Tabla 2.1: Descripción de las actividades propuestas con los objetivos establecidos.

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la metodología
<p>Analizar los tipos de tipos de timón de dirección.</p>	<p>Recopilar información necesaria vinculado a los tipos de dirección. Seleccionar la información necesario-recopilada. Ponderar y conocer las distintas bibliografías seleccionadas, definiendo los temas establecidos y definidos.</p>	<p>Información, figuras y ponderaciones de los tipos de timón de dirección.</p>	<p>Indagar bibliografías que definan los tipos de timón de dirección eléctrico propuesto.</p>
<p>Seleccionar el tipo de timón y los elementos que lo conforman para su fácil adaptación a la silla de ruedas</p>	<p>Investigar bibliografía necesaria, vinculada a los elementos que conforman el timón de dirección eléctrico. Seleccionar la información investigada Ponderar y conocer las distintas bibliografías, investigadas, así como seleccionadas, referente al objetivo planteado</p>	<p>Información, figuras, ponderaciones y parámetros necesarios de los elementos que conforman un timón de dirección eléctrica.</p>	<p>Investigar información necesaria sobre los parámetros que conforman un timón de dirección eléctrica.</p>
<p>Diseñar y validar los elementos que componen un timón de dirección eléctrica, con materiales existentes en el mercado local y nacional.</p>	<p>Seleccionar los elementos que constituye el timón de dirección eléctrico adaptable. Diseñar matemáticamente los elementos que conforman el timón de dirección eléctrico adaptable. Seleccionar material accesible en el mercado nacional y local, de los elementos constituyentes del timón.</p>	<p>Diseñado y validado de los elementos que constituyen el timón de dirección eléctrica, con materiales accesibles y existentes; en el mercado local y nacional.</p>	<p>Indagar bibliografías, libros y manuales que, ayuden a descifrar los elementos que constituyen un timón de dirección eléctrica.</p>
<p>Modelar y simular los elementos diseñados que componen el timón de dirección eléctrica.</p>	<p>Modelar el timón de dirección en un software de Diseño Asistido por Computador (CAD). Análisis estático y dinámico de la estructura que constituye el timón de dirección eléctrico adaptable a una silla de ruedas Simular el movimiento de los elementos que constituyen el timón de dirección eléctrico adaptable.</p>	<p>Modelado y simulado de los elementos diseñados que conforman el timón de dirección eléctrica adaptable a una silla de ruedas.</p>	<p>Se analizarán y validarán, los factores dimensionados, diseñados matemáticamente y seleccionados de manera adecuada.</p>

Fuente: Trabajo de investigación
Elaborado por: Mejía. D

3. MARCO TEÓRICO

3.1. ANTECEDENTES

Como antecedentes de la investigación vinculada con el proyecto son:

El proyecto planteado por Suazo (2013), bajo la temática titulada como “diseño y análisis práctico de un sistema motorizado con control adaptable a una silla de ruedas estándar, para permitir mayor facilidad de desplazamiento a personas discapacitadas”, Valdivia: Chile; Universidad Austral de Chile dice que:

Diseño un sistema motorizado para adaptar a la silla de ruedas estándar, transformándola en eléctrica, utilizando una serie de conocimientos y conceptos, que involucra la parte del sistema mecánico, así como el sistema electrónico, bajo normativas, donde se profundiza la investigación en el sistema motriz, ya que el mismo es el que genera el movimiento. Mientras que el sistema de mando es el que permite dar órdenes o comandos a las herramientas a través de una tarjeta controladora, obteniendo un factor de seguridad mínimo de 3, el cual nos da como aceptable para el proceso de diseño. [1]

Mientras que en el proyecto elaborada por Caicedo & Molina (2014), con el tema “Implementación de un motor eléctrico y los comandos de conducción a la silla de ruedas”, Ibarra: Ecuador; Universidad Técnica del Norte, indica que:

Diseñaron el mecanismo motriz ya que este es el sistema principal, en el cual se encuentran los sistemas que realizan el movimiento de la silla de ruedas, dentro de este sistema está constituido por el motor eléctrico definiendo así su potencia, la velocidad, y el tiempo de traslado, proporcionando un nivel alto de autonomía. [2]

En el proyecto propuesto por Sánchez (2015), bajo la temática “diseño y análisis estático de una Handbike”, Leganés: España; Universidad Carlos III de Madrid, indica que:

El estudio que realizaron se dio mediante el análisis geométrico de la estructura la cual aporta con referencias y diámetros característicos, logrando optimizar y personalizar el modelo de tipo deseado, utilizando un software de simulación de tipo CAD, modelando la estructura en 3D. [3]

Los antecedentes brindan colaboración al proyecto de investigación, facilitando conceptualizaciones de sistemas eléctricos motorizados adaptables para sillas de ruedas; donde que el factor de seguridad analizado es de 3; en estas investigaciones el mecanismo motriz está compuesto por un motor eléctrico, batería y neumáticos; diferenciando el análisis geométrico el

cual debe ser modelado en un sistema de tipo CAD, debiendo validar los elementos seleccionados por el método de elementos finitos con ayuda de un mecanismo CAE.

3.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.2.1. Silla De Ruedas

Es una estructura mecánica creada para brindar movilidad a una persona discapacitada, y mediante el paso del tiempo se ha desarrollado de mejor manera su diseño, movilidad, comodidad y seguridad.[4]

Las sillas de ruedas por su uso, según [5] se clasifican en:

1. Clase A, se les denomina como tipo de sillas compactas y maniobrables.
2. Clase B, a este tipo de sillas las caracteriza por su utilidad y facilidad de evadir obstáculos externos.
3. Clase C, esta clase de sillas está diseñada para realizar grandes recorridos.

3.2.2. Los tipos de silla de ruedas son:

1. Silla de ruedas para playa, está compuesta por ruedas anchas a sus laterales, las cuales son óptimas para desplazarse por la arena evitando que esta sufra algún hundimiento. [6]



Figura 3.1. Silla de ruedas para playas

Fuente: [6]

2. Silla de ruedas para escaleras, están diseñadas específicamente para permitir al usuario, subir escalones disminuyendo sus limitaciones. [7].



Figura 3.2: Silla de ruedas para escaleras

Fuente: [7]

3. Silla de ruedas bariátricas, este tipo de sillas constan con un asiento que puede variar el ancho y el alto brindando una comodidad personal. [7].



Figura 3.3: Silla de ruedas bariátricas

Fuente: [7]

4. Silla de ruedas para deportes, este tipo de sillas están diseñadas con una estructura liviana con una estabilidad mejorada que soportara giros bruscos.[7].



Figura 3.4: Silla de ruedas para deportes

Fuente: [7]

5. Silla de ruedas de bipedestación, este tipo de silla esta diseñada para permitir que el usuario discapacitado pueda ponerse en posición vertical mediante una propulsión manual o eléctrica.[8].



Figura 3.5: Silla de ruedas de bipedestación

Fuente: [8]

6. Silla de ruedas eléctrica, este tipo de diseño se enfoca en el mejoramiento de movilidad aumentando su autonomía y desplazamiento. [7].



Figura 3.6: Silla de ruedas eléctrica

Fuente: [7]

7. Sillas de ruedas manuales, este diseño es el más utilizado por personas discapacitadas, por su reducido costo en el mercado local y nacional.



Figura 3.7: Silla de ruedas manuales

Fuente: [4]

3.2.3. Tipos de Control y Dirección

Los tipos de control y dirección de una silla de ruedas son:

1. Control con la mano, se encuentran en el mercado de muchos tipos y modelos, donde el más comercializado es el de control de mando (joystick), el cual es un elemento periférico de entrada, ubicada sobre una base, donde direcciona o controla el dispositivo [9].



Figura 3.8: Control de mando tipo Joystick

Fuente: [9]

2. Control de cabeza, este diseño está enfocado para prevenir lesiones generadas en base a momentos repetitivos, siendo dirigida por la barbilla del usuario. [10].



Figura 3.9: Control de cabeza tipo barbilla

Fuente: [10]

3. Control con el pie, este diseño propone emplear y direccionar los controles mediante el uso del pie, a través de un soporte adecuado. [11].



Figura 3.10: Control de con el pie

Fuente: [11]

4. Mando para acompañante, este diseño está pensado para que el acompañante sea el que de las señales de mando. [11].



Figura 3.11: Mando para acompañante

Fuente: [11]

5. Timón de dirección, es el mecanismo encargado de controlar y direccionar, a la silla de ruedas, sin depender de un acompañante para que lo dirija, convirtiendo de una silla de ruedas normal en electrónica o ciclomotor, proporcionando elevar la movilidad del usuario.[12].



Figura 3.12: Timón de dirección

Fuente: [12]

3.2.4. Timón

Es un mecanismo de dirección referente a la forma frontal de una bicicleta, sirviendo para el traslado y dirección de una silla de ruedas, para personas con movimiento reducido o limitaciones en sus extremidades inferiores. [13].

Los tipos de timones a utilizar son:

3.2.4.1. Timón tipo manual.

Donde la fuerza de movimiento es realizada por el mismo usuario, con la ayuda de las extremidades superiores, con sistemas de frenos convencionales.



Figura 3.13: Timón tipo manual

Fuente: [13]

3.2.4.2. Timón tipo eléctrico

Donde la fuerza de movimiento es realizada por la potencia del motor, ubicado en la rueda delantera, con un sistema de frenos apropiado.



Figura 3.14: Timón tipo eléctrico

Fuente: [13]

3.2.4.3. Timón de tipo híbrido.

Donde la fuerza puede ser realizada por el usuario o por la colaboración de un motor, por lo que consta al igual que el tipo eléctrico de un sistema de frenos apropiado.



Figura 3.1: Timón de tipo híbrido

Fuente: [13]

Las especificaciones técnicas estándar de los timones de tipo manual, híbrido y eléctricos son:

Tabla 3.2: Especificaciones técnicas estándar

	Manual	Híbrida	Eléctrica
Peso máximo de usuario	100 kg	100 kg	100 kg
Para sillas de ancho * (ajust + 2cm):	26 a 46 cm	26 a 46 cm	26 a 46 cm
Peso de anclaje de las sillas	170 g	170 g	170 g
Peso total	14,5 kg	21.5 kg	15.3 kg
Ruedas	20*	20*	16 “
Velocidad máxima	-	23 km/h	23 km/h (6 km/h opcional)
Motor	-	250 w	250 w
Baterías	-	14,5 Ah	13.4 Ah (9 Ah opcional)
Mandos de cambio	Trigger SRAM X5/Grip shift SRAM X0/	Trigger SRAM X5/Grip shift SRAM X0/ Universal SRAM	-
Velocidades	3X10	10	-
Anchura bielas en V	470 mm	470 mm	-
Longitud en bielas V	170 mm	170 mm	-
Anchura de manillar	-	-	570 mm
Frenos	Disco (160 mm)	Disco (160 mm)	Disco (160 mm)
Guarda barro	Si	Si	Si
Colores	31	31	31

Fuente: [14]

Elaborado por: Mejía. D

3.2.5. Sistemas

Los sistemas que constituyen un timón eléctrico son:

3.2.5.1.Sistema de dirección

Es el mecanismo enfocado en permitir control sobre la silla de ruedas, siendo este el encargado de orientar la rueda frontal del mecanismo [14].



Figura 3.15: Sistema de dirección

Fuente: [14]

El sistema de dirección, según [14] está constituido por:

- Volantes o manivelas, estos son componentes útiles para transmitir el esfuerzo, generando movimiento en la rueda delantera, la cual tiene un mecanismo de auto centrado, evitando movimientos bruscos en la dirección.
- Manilla, es un elemento que permite variar la velocidad y direccionar la silla de ruedas realizando el traslado de un lugar a otro.

3.2.5.2.Sistema de frenado

El sistema de frenado es uno de los elementos más importantes y útiles que cumplen el objetivo de disminuir la velocidad del timón acoplado a la silla de ruedas al instante que este está en movimiento, tratando de mantener la silla de ruedas de manera estática. [14].



Figura 3.16: Sistema de freno

Fuente: [14]

Los modelos de freno más útiles son los de disco para ciclomotores, el cual acciona con el movimiento de las manivelas hacia atrás, mediante una palanca ubicada en la manilla del timón.[15].

3.2.5.3.Sistema de control

El sistema de control permite el movimiento del motor por medio de pulsos eléctricos a través de un microcontrolador por medio de un circuito de potencia, que envía señales de voltaje de ancho de pulso equivalente a la resistencia entregada por la palanca de control.

El presente diagrama de bloques se compone por:

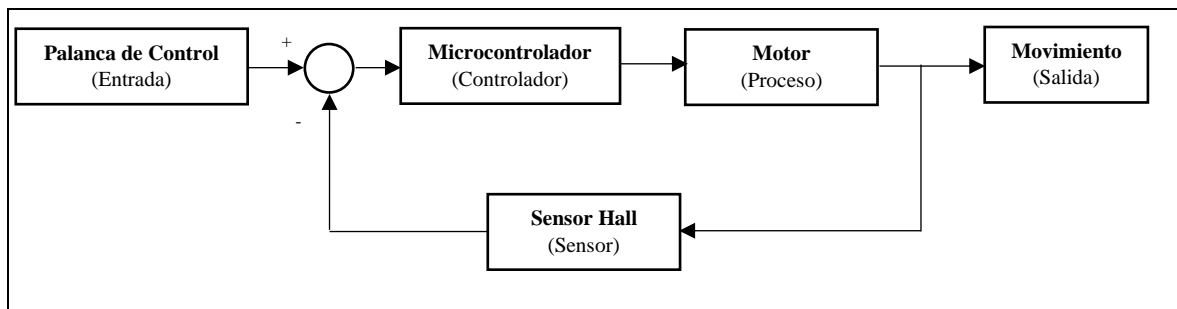


Figura 3.17: Diagrama de bloques

Fuente: Mejía D.

3.2.5.3.1 Controlador

El controlador se va a elegir en función de los diferentes datos del motor. Existe una gran variedad de microcontroladores comerciales que cuentan con compatibilidad Shields, con entradas de conversores ADC y salidas PWM y de bajo consumo, ideal para aplicaciones de gran rendimiento. Estas placas en la actualidad se encuentran soportadas por una gran variedad de plataformas, pero en su mayoría estas tienden a venir con su programación preinstalada, es decir, es una tarjeta comercial de propósito específico. En el presente trabajo de titulación se determinará cual es la placa ideal que cumpla con los requerimientos según los cálculos obtenidos del análisis.

Especificaciones:

Supply voltage nominal 12-48V, limits 10-58V
Start up voltage 9V, shutdown voltage 8V
Idle current typ 15mA
Motor current max. with 2kHz pwm
100% pwm 50A ,
20-99pwm% 35A and peak 100A (5s)
Motor current max. with 16kHz pwm
100% pwm 40A ,
20-99pwm% 20A and peak 60A

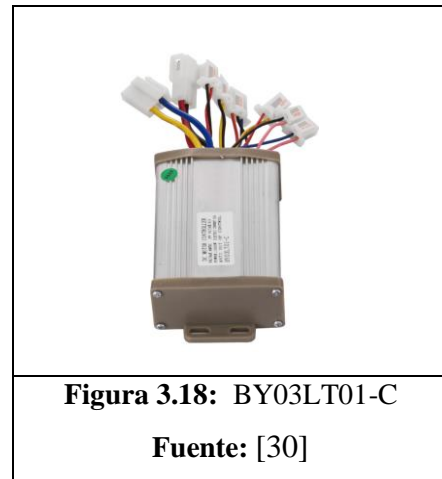


Figura 3.18: BY03LT01-C

Fuente: [30]

3.2.5.3.2. Selección de la palanca de control

La selección de la palanca de control se da en función de la resistencia, la cual se determina en función de los datos del controlador.

Especificaciones:

Ohm	- 5k ohm +/-10%
Voltage nominal	- 12V 24V D.C
Max Operation Voltage	- 40V D.C
Weight	- 690g
Operating Temperature	- +/-20°+84°
Protection degree	- Ip 54
Linearity	- +/-2 %
Typical Pull-in Time	- 30ms



Figura 3.19: Palanca de control

Fuente: [30]

3.2.5.3.3. Selección del Motor

El motor utilizado debe ser de corriente continua o baterías, por ende, se ha seleccionado un motor DC sin escobillas, este es un motor que tiene una serie de ventajas como son mucho más sencillos de conseguir, requieren poco mantenimiento, pesan menos y por la versatilidad, constan de sensores integrados para determinar la velocidad de giro, si se encuentra en movimiento e inclusive cortar el suministro de corriente por si existiese un sobrecalentamiento.

La única posible desventaja de este motor es su relación de precio, debido a la potencia, consumo y torque necesario elevando su valor monetario; por otro lado, para su uso necesita un control netamente electrónico por ello va a requerir una programación que vendrá incluida en la placa.

3.2.5.3.4. Sensor Hall

El sensor de efecto Hall es un dispositivo electrónico capaz de medir campos magnéticos y de corriente para determinar la posición o estado de un metal. El sensor crea un voltaje saliente proporcional a la fuerza del campo magnético y corriente en el momento en que estos cruzan de manera vertical hacia el mismo.

Este sensor es crucial en el proyecto ya que este permite la retroalimentación necesaria para determinar la velocidad del motor y esta compara la señal de entrada para que el controlador sea capaz de compensar la cantidad de voltaje necesario para aumentar o reducir la velocidad del motor.

3.2.5.3.5. Circuito de Potencia

El circuito de Potencia es un circuito electrónico capaz de permitir el paso de voltaje y corriente necesario para generar movimiento en el motor DC, debido a que normalmente los microcontroladores no pueden abastecer de la corriente necesaria para accionar el motor. Este puede utilizarse también como inversor de giro, es decir, que el prototipo pueda desplazarse hacia adelante y hacia atrás, pero con fines investigativos este trabajo se lo ha de implementar únicamente en un sentido (hacia adelante) como se demuestra en la simulación.

3.2.5.4. Sistema motriz

Son mecanismos empleados para generar movimiento, convirtiendo a la silla de ruedas normal en electrónica [15].



Figura 3.20: Sistema motriz

Fuente: [14]

Las partes que constituyen el sistema motriz, según [14] son:

- Motor, es un mecanismo que permite seleccionar diversas velocidades, sin necesidad de emplear algún tipo de esfuerzo, desplazando de manera eficiente.
- Batería, es el dispositivo que proporciona energía al motor.

3.2.5.5.Sistema estructural

Según [14], es el modelo físico que sirve de marco para ubicar los diferentes elementos que integran los diferentes sistemas del timón, el cual está constituido por:

- Marco, el cual es un soporte que se ubica a cada lado, brindando estabilidad a la estructura, empleándose como un elemento de tipo dinámico.



Figura 3.21: Sistema estructural

Fuente: [14]

3.2.5.6.Sistema de estabilidad

Según [14], son sistemas que permiten generar estabilidad, sin afectar el centro de gravedad del timón, el cual está constituido por:

- Anclaje, son mecanismos de acoplamiento del timón con la silla de ruedas.
- Pie de soporte, son componentes ubicados en posición vertical, manteniendo el timón en sentido vertical, evitando que caiga por gravedad.



Figura 3.22: Sistema pie soporte

Fuente: [16]



Figura 3.23: Sistema de anclaje

Fuente: [14]

3.2.5.7.Sistema de traslado

Según [14], son mecanismos compuesto para poder trasladar a la silla de ruedas de un punto a otro sin tener dependencia alguna de otra persona, por lo que está constituido por:

- Rueda delantera, son elementos útiles para transportar la silla de ruedas en diferentes direcciones.



Figura 3.24: Sistema de traslado

Fuente: [16]

4. METODOLOGIA

4.1.PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

4.1.1. Estructura funcional

La estructura funcional está constituida por varios sistemas como son, los de dirección, donde se ubican el volantes o manivelas, sistema de frenado, de mando y control, con un sistema motriz constituidos por un motor y batería, así como el sistema estructural, conformada por el cuerpo, el mecanismo de anclaje, y el de traslado.

4.1.2. Criterios para la selección de los tipos de frenos

La selección del tipo de freno a emplearse se dará mediante la evaluación sugerido por Riba (2002), el cual recomienda que para elegir algún elemento debe utilizarse el método de evaluación de soluciones, basándose en dos factores que son:

Criterios

- Fácil adquisición
- Fácil instalación
- Mayor capacidad de frenado
- Costos accesibles
- Durabilidad
- Mayor seguridad
- Buena eficacia en el frenado
- Disipador de calor

Alternativas:

- Frenos de cinta
- Frenos de disco
- Frenos de tambor
- Frenos de llanta

4.1.3. Jerarquización

Tabla 4.3: Jerarquización de Niveles de Funcionalidad

$1 > 2 > 3 = 4 > 5 > 6 = 7 > 8$

Elaborado por: Mejía. D

4.1.3.1.Valorización de criterios

La valorización de criterios se da en función de los siguientes parámetros:

- 1: filas > columnas
- 0 = filas < columna
- 0.5 filas = columnas

Tabla 4.4: Evaluación por criterio según el tipo de máquina

Criterio	Fácil adquisición	Fácil instalación	Mayor capacidad de frenado	Costos accesibles	Durabilidad	Mayor seguridad	Buena eficacia en el frenado	Disipador de calor	$\Sigma+1$	Ponderado
Fácil adquisición	1	1	1	1	1	1	1	1	8.0	0.222
Fácil instalación	0	1	1	1	1	1	1	1	7.0	0.193
Mayor capacidad de frenado	0	0	0.5	1	1	1	1	1	5.5	0.153
Costos accesibles	0	0	0.5	1	1	1	1	1	5.5	0.153
Durabilidad	0	0	0	0	0	1	1	1	4.0	0.111
Mayor seguridad	0	0	0	0	0	0.5	1	1	2.5	0.069
Buena eficacia en el frenado	0	0	0	0	0	0.5	1	1	2.5	0.069
Disipador de calor	0	0	0	0	0	0	0	1	1.0	0.030
Total									36.0	1.000

Fuente: [17]

Elaborado por: Mejía D

Tabla 4.5: Evaluación del criterio de fácil adquisición

Fácil adquisición	Frenos de cinta	Frenos de disco	Frenos de tambor	Frenos de llanta	$\Sigma+1$	Ponderación
Frenos de cinta	0	0	0	0	1.0	0.1
Frenos de disco	1	0.5	0.5	0.5	3.0	0.3
Frenos de tambor	1	0.5	0.5	0.5	3.0	0.3
Frenos de llanta	1	0.5	0.5	0.5	3.0	0.3
Total					10.0	1.0

Fuente: [17]

Elaborado por: Mejía D.

Tabla 4.6: Evaluación del criterio de fácil instalación

Fácil instalación	Frenos de cinta	Frenos de disco	Frenos de tambor	Frenos de llanta	$\Sigma+1$	Ponderación
Frenos de cinta	0	0	0	0	1.0	0.1
Frenos de disco	1	1	1	1	4.0	0.4
Frenos de tambor	1	0	0	0	2.0	0.2
Frenos de llanta	1	1	0	0	3.0	0.3
Total					10.0	1.00

Fuente: [17]

Elaborado por: Mejía D.

Tabla 4.7: Evaluación del criterio de mayor capacidad de frenado

Mayor capacidad de frenado	Frenos de cinta	Frenos de disco	Frenos de tambor	Frenos de llanta	$\sum+1$	Ponderación
Frenos de cinta	0	0	1	2.0	0.2	
Frenos de disco	1	0	1	3.0	0.3	
Frenos de tambor	1	1	1	4.0	0.4	
Frenos de llanta	0	0	0	1.0	0.1	
Total				10.0	1.0	

Fuente: [17]
Elaborado por: Mejía D.

Tabla 4.8: Evaluación del criterio de costos accesibles

Costos accesibles	Frenos de cinta	Frenos de disco	Frenos de tambor	Frenos de llanta	$\sum+1$	Ponderación
Frenos de cinta	0	0	0	1.0	0.10	
Frenos de disco	1	0.5	0	2.5	0.25	
Frenos de tambor	1	0.5	0	2.5	0.25	
Frenos de llanta	1	1	1	4.0	0.40	
Total				10.0	1.00	

Fuente: [17]
Elaborado por: Mejía D.

Tabla 4.9: Evaluación del criterio de durabilidad

Durabilidad	Frenos de cinta	Frenos de disco	Frenos de tambor	Frenos de llanta	$\sum+1$	Ponderación
Frenos de cinta	0	0	0	1.0	0.1	
Frenos de disco	1	0	1	3.0	0.3	
Frenos de tambor	1	1	1	4.0	0.4	
Frenos de llanta	1	0	0	2.0	0.2	
Total				10.0	1.0	

Fuente: [17]
Elaborado por: Mejía D.

Tabla 4.10: Evaluación del criterio de mayor seguridad

Mayor seguridad	Frenos de cinta	Frenos de disco	Frenos de tambor	Frenos de llanta	$\sum+1$	Ponderación
Frenos de cinta		0	0	0	1.0	0.1
Frenos de disco	1		1	1	4.0	0.4
Frenos de tambor	1	0		1	3.0	0.3
Frenos de llanta	1	0	0		2.0	0.2
Total					10.0	1.0

Fuente: [17]
Elaborado por: Mejía D.

Tabla 4.11: Evaluación del criterio de buena eficacia de frenado

Buena eficacia de frenado	Frenos de cinta	Frenos de disco	Frenos de tambor	Frenos de llanta	$\sum+1$	Ponderación
Frenos de cinta		0	0	0	1.0	0.1
Frenos de disco	1		1	1	4.0	0.4
Frenos de tambor	1	0		1	3.0	0.3
Frenos de llanta	1	0	0		2.0	0.2
Total					10.0	1.0

Fuente: [17]
Elaborado por: Mejía D.

Tabla 4.12: Evaluación del criterio de disipador de calor

Disipador de calor	Frenos de cinta	Frenos de disco	Frenos de tambor	Frenos de llanta	$\sum+1$	Ponderación
Frenos de cinta		0	0	0	1.0	0.10
Frenos de disco	1		0.5	1	3.5	0.35
Frenos de tambor	1	0.5		1	3.5	0.35
Frenos de llanta	1	0	0		2.0	0.20
Total					10.0	1.00

Fuente: [17]
Elaborado por: Mejía D.

4.1.4. Tabla de selección del sistema de frenado

Tabla 4.13: Evaluación de los criterios según el tipo de freno

Criterio	Fácil adquisición	Fácil instalación	Mayor capacidad de frenado	Costos accesibles	Durabilidad	Mayor seguridad	Buena eficacia en el frenado	Disipador de calor	$\sum+1$	Ponderado
Frenos de cinta	0.022	0.019	0.031	0.015	0.011	0.007	0.007	0.003	1.115	0.223
Frenos de disco	0.067	0.077	0.046	0.038	0.033	0.028	0.027	0.011	1.327	0.265
Frenos de tambor	0.067	0.058	0.061	0.038	0.044	0.020	0.020	0.011	1.319	0.264
Frenos de llanta	0.067	0.039	0.015	0.062	0.022	0.014	0.014	0.006	1.239	0.248
Total									5.000	1.000

Fuente: [17]
Elaborado por: Mejía D.

La mejor opción para el sistema de frenado es el empleo del freno de disco, por las siguientes condiciones: fácil adquisición, fácil instalación, mayor capacidad de frenado, costos accesibles, durabilidad, mayor seguridad, buena eficacia de frenado y buen disipador de calor

4.1.5. Criterios de Selección del controlador

Para la selección del controlador se realizó la siguiente tabla comparativa de ventajas y desventajas de realizar el presente proyecto por medio de una placa de desarrollo personal o una placa dedicada comercial.

Tabla 4.14: Placa de desarrollo Personal	
Placa de desarrollo Personal	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Propio Código • Ampliar y reducir entradas y salidas analógicas y digitales útiles de acuerdo con el proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> • Nadie más lo va a entender • Sobran entradas y salidas analógicas y digitales no utilizadas. • Se requiere de un programador adicional • Se requiere de un software adicional • No posee certificaciones internacionales • No es posible la comercialización • Requiere de Librerías suplementarias

Elaborado por: Mejía D.

Tabla 4.15: Placa Dedicada Comercial	
Placa Dedicada Comercial	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Se crean en masa o al mayoreo • Placas Estandarizadas • Posee certificaciones Internacionales • Eficiencia energética • Repuestos Asequibles • No requiere Reprogramación 	<ul style="list-style-type: none"> • Se tiene que importar repuestos • Limitación de accesorios

Elaborado por: Mejía D.

La elección de Placa Dedicada Comercial es la seleccionada para el sistema de control en esta propuesta tecnológica ya que se determinó en base a los parámetros anteriormente mencionados, tales como:

- Fácil adquisición
- Costos
- Disponibilidad de equipos
- Eficiencia energética
- Certificaciones internacionales
- Reprogramación innecesaria

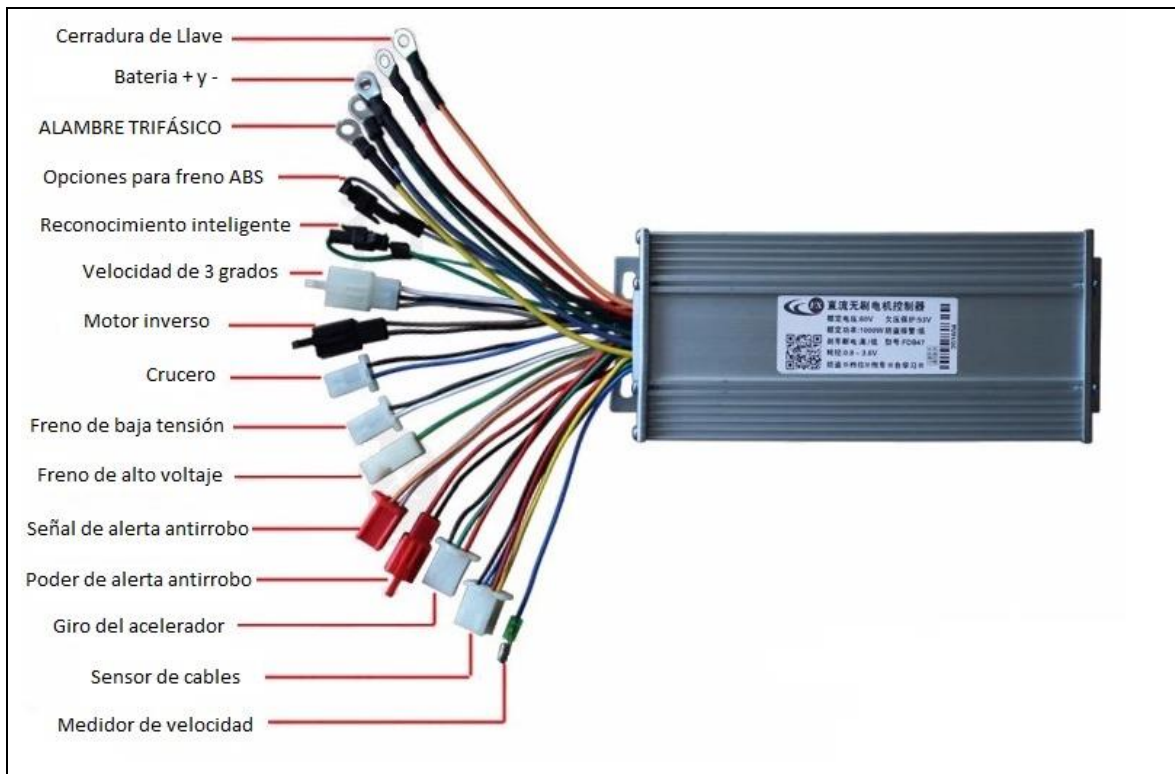


Figura. 4.1 Entradas y salidas del controlador BY03LT01

Fuente: [30]

El controlador BY03LT01-C, posee varias entradas y salidas, como se muestra en la Figura 4.1, de las cuales en la propuesta tecnológica se utilizarán las siguientes entradas:

- Entrada de Batería.
- Entrada/Salida Motor Inverso
- Entrada de Sensor Hall
- Entrada Giro del Acelerador (Palanca de Mando)

4.1.6. Criterios de Selección de neumáticos

La selección de los neumáticos se da en función de los esfuerzos originados por los elementos constitutivos, así como por el motor, batería y carga originada por el peso de una persona de estatura promedio. Las características que deben poseer este tipo de ruedas son:

- **Soporte:** Rotatorio de Acero.
- **Acabado:** Brillante.
- **Aro:** Monobloque y Bandaje de Goma Negra
- **Rodamiento:** Buje con taladro liso o (CB) Cojinete a Bolas.

4.1.7. Criterios de Selección del motor

La selección del motor se da en función de los momentos de inercia, derivadas de la definición de los volúmenes de los diferentes componentes, que influyen en la transmisión de movimiento, por lo que se da:

4.1.7.1.Momento de inercia

Las inercias se dan de la siguiente manera:

$$I_m = \frac{m}{8} D^2 \quad (4.1)$$

Donde:

I_m = Momento de inercia

m = Masa D = Diámetro

4.1.7.2.Aceleración angular

La aceleración angular se define en función de la velocidad angular, de la siguiente manera:

$$\omega = \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

En función de un tiempo de estabilización la aceleración angular es:

$$\alpha = \frac{\omega}{t} \quad (4.2)$$

Donde:

α = Aceleración angular

Ω = Velocidad angular

t = Tiempo de estabilización

4.1.7.3.Torque

El torque se determina de la siguiente manera

$$T = I_m * \alpha \quad (4.3)$$

Donde:

T = Torque

α = Aceleración angular

I_m = Momento de inercia

4.1.7.4.Potencia

La potencia requerida se define mediante la siguiente formula:

$$P = T * \omega \quad (4.5)$$

Donde:

T = Torque

ω = Velocidad angular

T = Torque de eje

4.1.7.5.Selección de batería.

La selección de la batería se da en función de los siguientes parámetros que son:

$$I_{bateria} = \frac{P_{motor} * n_{motor}}{v_{motor} * \%descarga} \quad (4.6)$$

Donde:

P_{motor} = Potencia nominal

v_{motor} = Voltaje nominal

$I_{bateria}$ = Capacidad (Ah)

n_{motor} = Eficiencia del motor

$\%descarga$ = Porcentaje de descarga

4.1.7.6.Consumo de corriente

El consumo de corriente se da de la siguiente manera:

$$C = \frac{P}{V} \quad (4.7)$$

Donde:

C = Consumo de corriente

P = Potencia

V = Voltaje

4.1.7.7.Diseño estructural

El diseño estructural, del cuerpo se da en forma de columnas; Teniendo como:

- Requisitos
- Carga Total Requerida
- Factor de longitud efectiva k
- Longitud de las columnas
- Límite de fluencia F_y

- Relación de esbeltez $\frac{KL}{r}$

El cual se selecciona de la siguiente tabla:







Longitudes efectivas de columnas						
Las líneas interrumpidas muestran la forma pandeada de la columna	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
						
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones son parecidas a las ideales.	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0

Figura. 4.2 Longitudes efectivas de las columnas

Fuente: [19]

Por lo que se determina el área de sección

$$A = \frac{P}{Fa} \quad (4.8)$$

Donde:

A = Área de la sección del perfil, cm²

P = Carga requerida

Fa = esfuerzo permisible, lb/pulg²

4.1.7.8. Validación de material seleccionado

La validación se da en función de la relación de esbeltez

$$\frac{KL}{r} \quad (4.9)$$

Donde:

K = Factor de Longitudes Efectivas

L = Longitud

r = Radio de Giro

Una vez definido la relación de esbeltez se procede a determinar el esfuerzo permisible

$$P_C = AxFa \quad (4.10)$$

Donde:

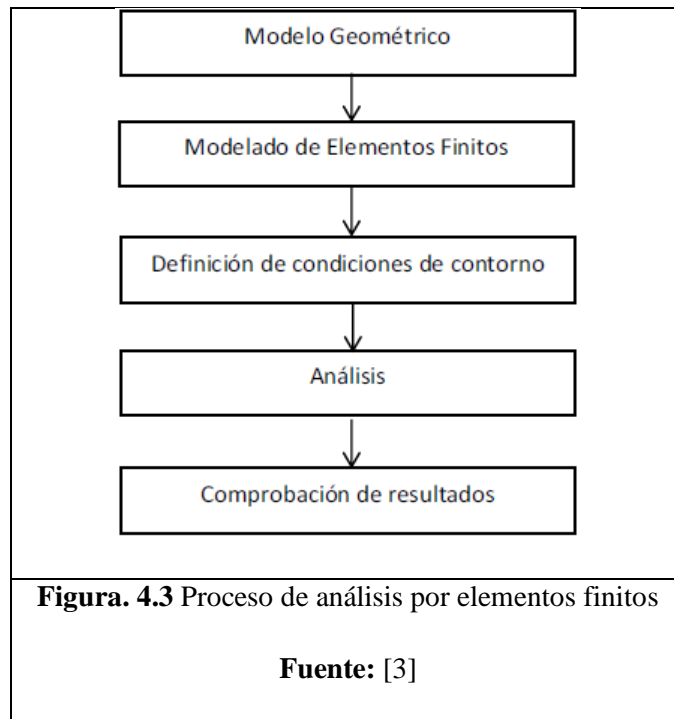
P_C = Carga Requerida

A = Área de Sección del Tubo seleccionado

Fa = Esfuerzo Permisible

Por lo que la carga requerida debe ser menor a la originada por el material para dar como aceptado, caso contrario se rechaza el material, definido.

4.2 Proceso de análisis



El diseño por elementos finitos se caracteriza por ofrecer los siguientes factores, que son:

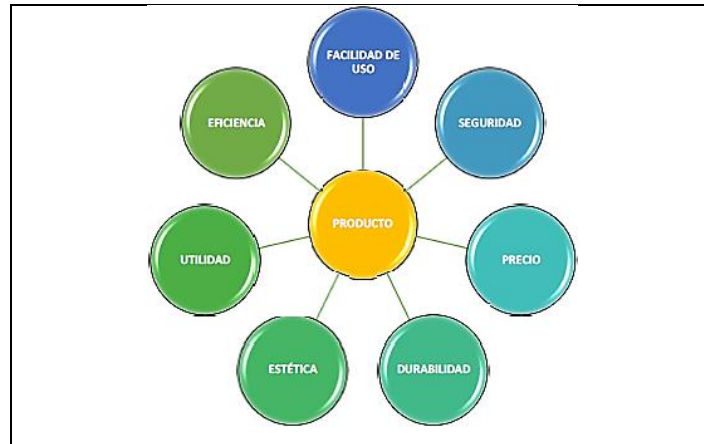


Figura. 4.4 Proceso de análisis por elementos finitos

Fuente: [13]

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Introducción

El diseño de un timón de dirección eléctrica adaptable con las sillas de ruedas para mejorar la movilidad de las personas discapacitadas, se da en función de la independencia que requiera la persona que lo utiliza, este está compuesto, por un sistema de frenos de disco, motor de cubo sin escobillas, batería de litio, tubos guías, resortes, palanca de freno, y de aceleración, manilla pivote que permite direccionar al timón, y un implemento de sujeción adecuado a la silla de ruedas.

5.2. Especificaciones de la máquina

El sistema de timón adaptable está constituido de:

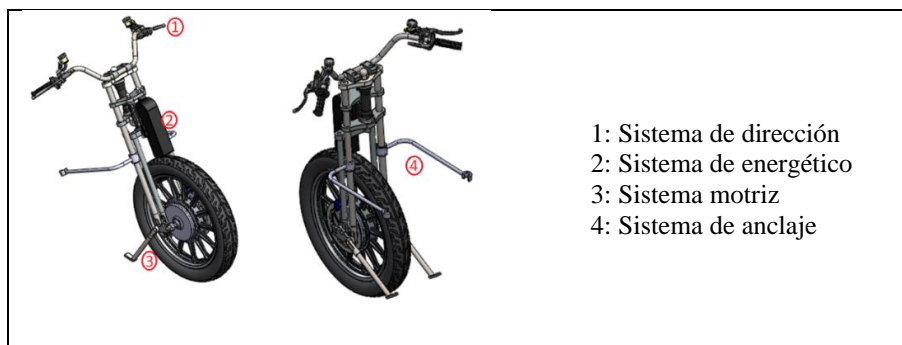


Figura: 5.1 Timón

Elaborado por: Mejía D.

5.3. Dimensionamiento de un timón de dirección eléctrico adaptable

El dimensionamiento de un timón de dirección eléctrico adaptable se realiza en función de los siguientes parámetros:

Según [20], la estatura promedio de los ecuatorianos es:

- Hombres: 1.64 – 1.67 m
- Mujeres: 1.52 – 1.54 m

El siguiente paso es definir el peso máximo el cual sirve de parámetro inicial, para el diseño del timón, este se define en función de la mayor talla:

Tabla 5.16: Pesos en función de la estatura

Mujer				Hombre			
Centímetros	Pies pulgadas	Libras	Kilogramos	Centímetros	Pies pulgadas	Libras	Kilogramos
144,47	4-oct	109-	49-55	156-157	5-feb	131-	59.64
148-150	4-nov	111-	50-56	158-160	5-mar	133-	60-65
150-152	5 / O	113-	51-57	161-163	5-abr	135-	61-65
153.155	5-ene	115.12	52-59	164.165	5-may	137.14	62.67
156-157	5-feb	118-	54-60	166-168	5-jun	139-	63-68
158-160	S / 3	121-	55-61	169-170	5-jul	142-	64-70
161.163	5-abr	124.13	56.63	171-173	5-ago	145-	65-71
164-165	5-may	127-	58-64	174-175	5-sep	148-	67-72
166-168	S / 6	130.444	59-65	176-178	5-oct	151-	68-74
169-170	5-jul	133-	60-67	179.180	5-nov	154.16	70.75
171-173	5-ago	136-	62-68	181-183	6 / O	157-	71-77
174-175	5-sep	139-	63-70	184-185	6-ene	160-	72-79
176-178	5-oct	132-	60-71	185-187	6-feb	164.17	74.80
179-180	5-nov	145-	66-72	187/189	6-mar	167-	75-82
181-183	6 / O	148-	67-74	190-191	6-abr	17,187	77-85

Fuente: [21]

Elaborado por: Mejía D.

Por lo que la masa de cuerpo según sus diferentes partes, para una persona de peso promedio es:

Tabla 5.17: Masa del cuerpo humano en función del porcentaje		
Partes del cuerpo humano	Masa (%)	Peso (Kg)
Cabeza	7.3	4.7815
Tronco	50.7	38.2085
Ambos Brazos	8.4	5.502
Ambas Manos	1.4	0.917
Ambas Piernas	29.2	19.126
Ambos Pies	3.0	1.965
Total	100	70.5

Fuente: [18]
Elaborado por: Mejía D.

En base a las dimensiones antropométricas de una persona en silla de ruedas delimitadas son:

Ancho mínimo de una persona sentada en silla de ruedas = 80 cm
Altura de alcance máximo = 115 cm. **Altura de alcance** mínimo = 95 cm. **Altura promedio** = 105 cm.



Figura: 5.2 Ancho de una persona en silla de ruedas

Fuente: [22]

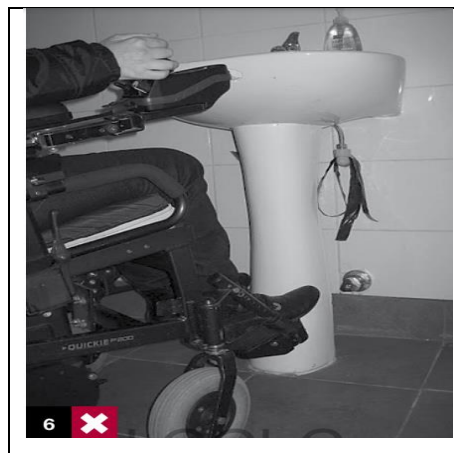


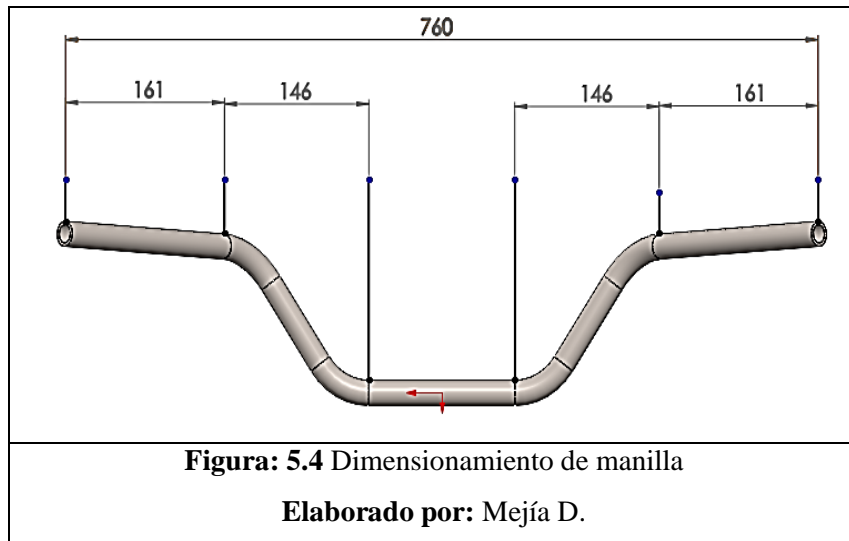
Figura: 5.3 Altura del alcance

Fuente: [22]

5.4. Diseño del sistema estructural de la dirección

5.4.1. Manilla

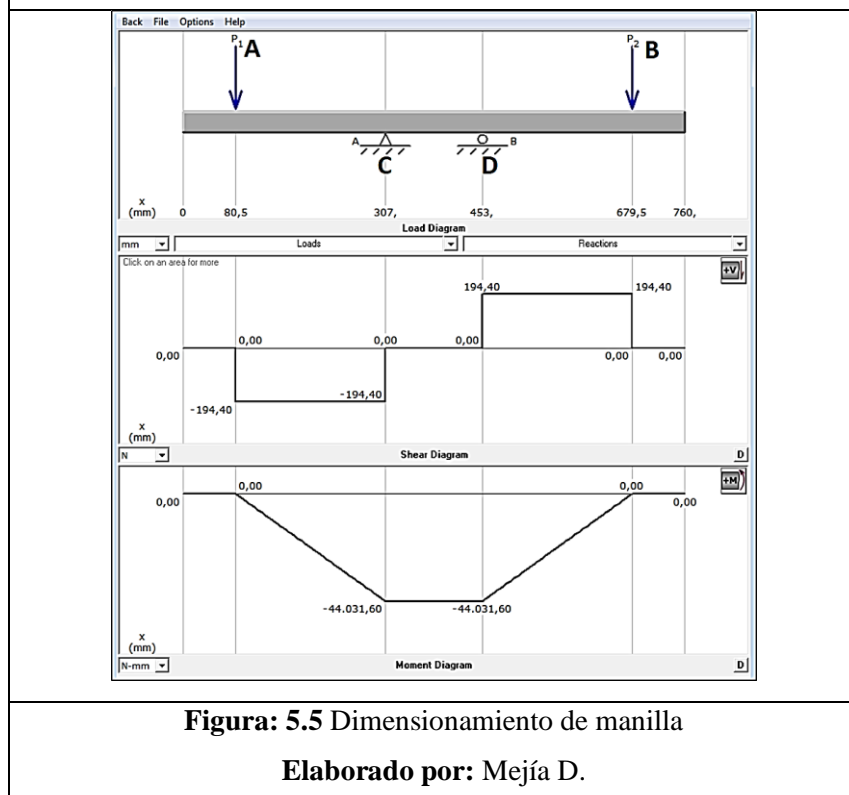
El diseño de la manilla se define como viga, por lo que es diseño será:



La selección del material se da en función de las fuerzas y distancia aplicar.

$$C = C1 = \text{Carga aplicar} = 19.814 \text{ Kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 194.4 \text{ N}$$

$$L = \text{Longitud teórica} = 760 \text{ mm}$$



Donde: En base al

- $F_y = \text{Limite de Fluencia AISI 304} = 205 \text{ MPa} = 2090.42 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$
- $M = \text{Momento máximo} = 44031.60 \text{ N-mm}$

Por lo que:

$$M = 44031.60 \text{ Nmm} \times \frac{1 \text{ Kgf}}{9.81 \text{ N}} \times \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} = 448.8 \text{ Kgf} - \text{cm}$$

En tanto que el esfuerzo permisible es:

$$F_b = 0,66 \times F_y = 0.66 \times 2090.42 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 1379.68 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$$

El siguiente paso es la definición del módulo de sección de la siguiente manera:

$$S_x = \frac{M}{F_b} = \frac{448.8 \text{ Kgf} - \text{cm}}{1379.68 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = 0.3253 \text{ cm}^3$$

En base al módulo de sección S_x se determina el diámetro del material, de $\varnothing = 7/8'' \times 0.95$ mm.

Tabla 5.18: Tubo de acero redondo inoxidable

ESPESOR		PESO			PROPIEDADES		
Diámetro exterior		E	P	A	I	W	i
Pulgadas	Mm	Mm	Kg /6m	cm	Cm4	Cm3	Cm
5/8	15.90	0.60	1.44	0.29	0.08	0.11	0.54
		0.75	1.86	0.36	0.10	0.13	0.53
		0.95	2.28	0.44	0.12	0.15	0.51
		1.10	2.64	0.51	0.14	0.18	0.52
		1.50	3.54	0.68	0.18	0.22	0.51
3/4	19.05	0.60	1.74	0.35	0.15	0.16	0.65
		0.75	2.16	0.43	0.19	0.19	0.65
		0.95	2.70	0.54	0.22	0.23	0.64
		1.10	3.18	0.62	0.25	0.26	0.63
		1.50	4.20	0.83	0.32	0.34	0.62
7/8	22.22	0.60	2.04	0.41	0.24	0.21	0.76
		0.75	0.52	0.50	0.29	0.26	0.76
		0.95	3.18	0.63	0.36	0.32	0.75
		1.10	3.66	0.73	0.41	0.37	0.75
		1.50	4.92	0.98	0.53	0.47	0.74

Fuente: Mejía D.

5.4.1.1. Comprobación

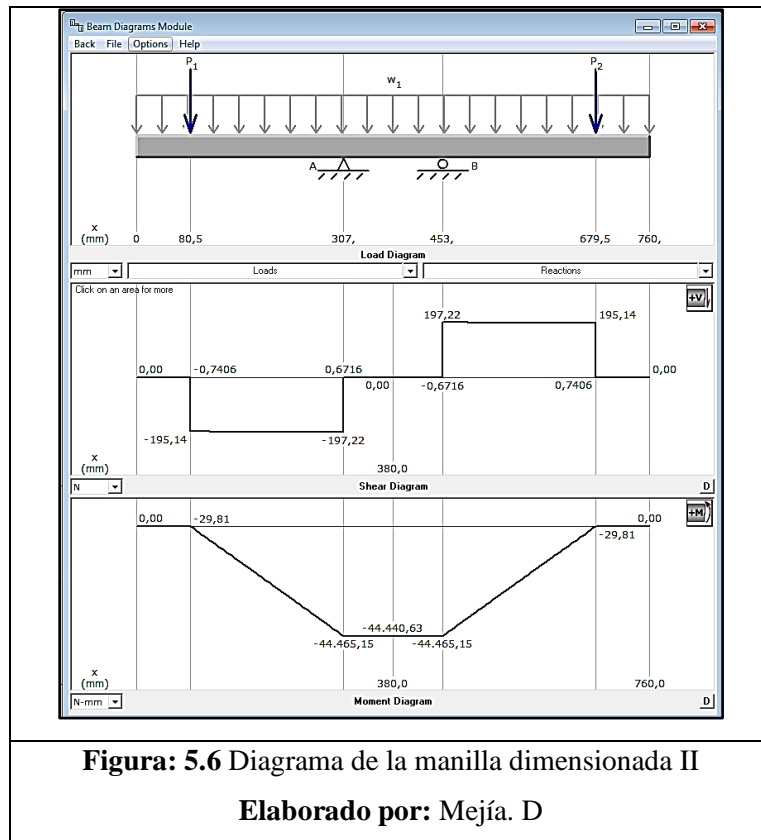
La comprobación se da de la siguiente manera:

$$\text{Carga total del material} = 1.01512 \text{ m} * 0.7 \text{ Kg/ m} = 0.7106 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 6.97 \text{ N}$$

$$\text{Carga distribuida es} = 6.97 \text{ N/760 mm} = 0.0092 \text{ N/mm}$$

$$C = C1 = \text{Carga aplicar} = 19.814 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 194.4 \text{ N}$$

$$L = \text{Longitud teórica} = 760 \text{ mm}$$



Por lo que:

$$M = 44465.15 \text{ Nmm} * \frac{1 \text{ Kgf}}{9.81 \text{ N}} * \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} = 453.3 \text{ Kgf} - \text{cm}$$

En tanto que el esfuerzo permisible es:

$$Fb = 0,66 * Fy = 0.66 * 2090.42 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 1379.68 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$$

El siguiente paso es la definición del módulo de sección de la siguiente manera:

$$Sx = \frac{M}{Fb} = \frac{453.3 \text{ Kgf} - \text{cm}}{1379.68 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = 0.328 \text{ cm}^3$$

Por lo que:

$$S_{req.} < S_{Tabla}$$

$$0.328 \text{ cm}^3 < 0.34 \text{ cm}^3$$

Como el Módulo de Sección que se Requiere es menor que el originado por el Material según la Tabla, se puede deducir que el tubo seleccionado según $\varnothing = \frac{3}{4}'' \times 1.5 \text{ mm}$

5.4.2. Dimensionamiento del tubo guía

Validación:

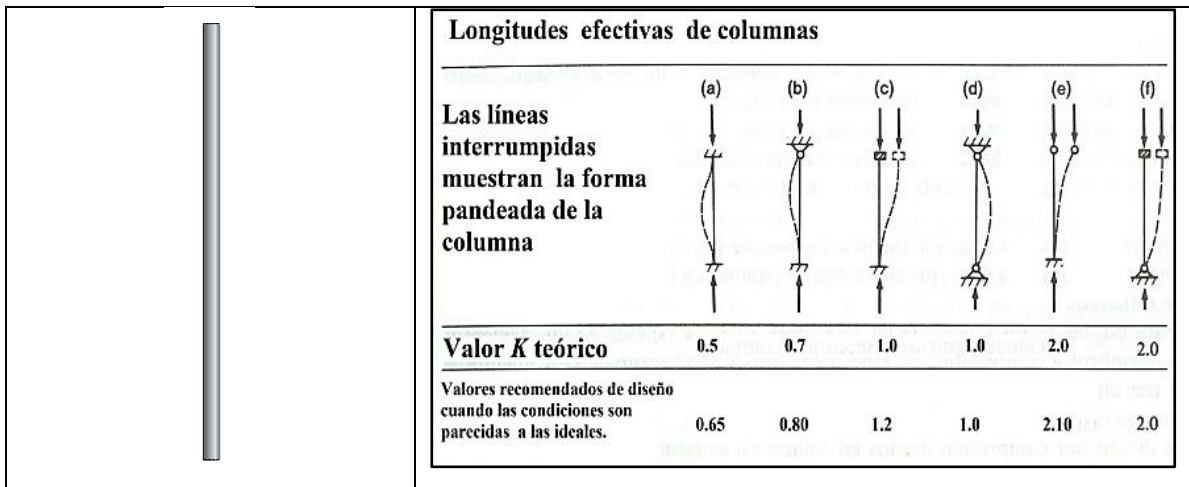


Figura: 5.7 Tubo guía.

Figura: 5.8 Longitudes efectivas de las columnas.

Fuente: [19]

Fuente: [19]

Se selecciono el material del tubo guía, mediante el siguiente procedimiento:

- Masa de la masa de la persona = 39.6275 Kg
- Masa de manilla e instrumentos = 3 Kg
- Masa Total = 39.6275 Kg + 3 Kg = 42.6275 Kg = 93.98 lb
- Factor de seguridad = 4.5

Como la estructura se encuentra según la tabla de longitudes efectivas, en un estado de rotación libre y traslación impedida a ambos lados, se designa un factor de $k = 1.0$

- Longitud del tubo guía es = 695 mm
- F_y = Limite de Fluencia AISI 304 = 205 MPa = 2090.42 $\frac{Kg}{cn^2}$
- E = Elasticidad = 200 GPa = 200 000 MPa

- Con una relación de esbeltez $\frac{KL}{r} = 50$, se determina que $Fa = 9.175 \text{ kpsi}$ (Según el Manual ASD, 2010, pág. 488, para aceros inoxidables AISI 304)

El siguiente paso es la definición del área de sección

Por lo que la carga total sería:

$$Pt = 93.98 * 4.5 = 422.91 \text{ lb}$$

$$A = \frac{422.91 \text{ lb}}{9175 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}} = 0.0461 \text{ pulg}^2 = 0.0461 \text{ pulg}^2 * \frac{(2.54 \text{ cm}^2)}{1 \text{ pulg}^2} = 0.30 \text{ cm}^2$$

Por la facilidad de adquisición y en base al diámetro del tubo que se debería seleccionar para la manilla de la dirección se escogería un tubo de $\varnothing = \frac{3}{4}" \times 1.5 \text{ mm}$

5.4.3. Comprobación (Acero AISI 304)

La relación de esbeltez se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{KL}{r} = \frac{1 * 695 \text{ mm}}{6.2 \text{ mm}} = 112.097$$

El siguiente paso es la definición de la constante de columna.

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 * 200\,000 \text{ MPa}}{205 \text{ MPa}}} = 138.77$$

Por lo que:

$$\frac{KL}{r} < Cc$$

$$112.097 < 138.77, 10K$$

Por lo que para relaciones de esbeltez menores que Cc , se recomienda que el esfuerzo se determine mediante el uso de Euler, de la siguiente manera:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 200\,000 \text{ MPa}}{(112.097)^2} = 157.088 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = 0.877 * 157.088 \text{ MPa} = 137.77 \text{ MPa} = 137\,770\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * \frac{1 \text{ m}^2}{(100 \text{ cm})^2} = 13777 \text{ N/cm}^2$$

En base al esfuerzo definido se determina la carga producida de la siguiente manera:

$$P_{\text{calculado}} = 13777 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} * 0.83 \text{ cm}^2 = 11\,434.91 \text{ N}$$

Mientras que:

$$Pt = 42.6275 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 418.175 \text{ N}$$

Como el peso calculado es superior la requerido se da por aceptable el dimensionamiento

$$P_{\text{calculado}} > P_{\text{requerido}}$$
$$11\,434.91\text{ N} > 418.175\text{ N}$$

5.4.4. Selección de neumáticos

La selección de los neumáticos se da en función de las presiones requeridas de la siguiente manera:

- Masa de la masa de la persona = 39.6275 Kg
- Masa de manilla e instrumentos = 3 Kg
- Masa de los tubos guías = 12 Kg
- Masa de las placas = 10.59 Kg
- Diámetro exterior del neumático estándar = 26 pulgadas

$$MT = 39.6275\text{ Kg} + 3\text{ Kg} + 12\text{ Kg} + 10.59\text{ Kg} = 65.2175\text{ Kg} = 143.78\text{ lb}$$

Una vez definido la masa a aplicar se procede a calcular el área requerida.

$$A = \pi r^2 = \pi(13\text{ pulg})^2 = 530.929\text{ pul}^2$$

El siguiente paso es definir la presión ejercida de la siguiente manera:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{143.78\text{ lb}}{530.929\text{ pul}^2} = 0.271\text{ psi}$$

En función de la presión definida se selecciona una rueda frontal que soporta una presión mínima de 22 psi.

Tabla 5.19: Selección de Neumáticos

F/R	RIN	SIZE	RECOMMENDED RIN SIZE (in)	RECOMMENDED COLD PRESSURE (W/OTYRE WARMERS) [bar] (psi)	RECOMMENDED HOT PRESSURE (AFTERTYREWARMERS) [bar] (psi)	TYRE WARMERS GUIDELINES
FRONT	16,5"	125/75 R420	3.50	1.6/1.8 (23/26)	1.7/1.9 (25/28)	40min @80°C (176°T)
	17"	120/70 R17		2.1/2.2 30/32	2.2/2.5	50min @80°C (176°T)
		125/70 R17		1.6/1.8 (23/26)	1.7/1.9 (25/28)	40min @80°C (176°T)
REAR	17"	165/55R17	5.00 — 6.00	1.5/1.6 (22/23)	1.6/1.7 (13/25)	40min @80°C (176°T)
		180/55 R17	5.50	1.6/1.8 (23/26)	1.7/1.9 -1528	50min @ 80°C (176°T)
		180/60R17	5.50 — 6.00			
		190/55 R17	5.50 — 6.00			
		200/55 R17	6.00			
		200/60 R17	6.00			

Elaborado por: Mejía D.



Figura: 5.9 Neumáticos

Fuente: [24]

Como se requiere una presión máxima de 0.271 psi y el neumático que da la presión más baja es de 22 psi, por lo que se aprueba la selección del neumático.

5.4.5. Análisis comparativo del Sistema de control

Se ha seleccionado el microcontrolador BY03LT01-C, el mismo cumple la función de generar ordenes al circuito de potencia (sistema motriz del timón). Este microcontrolador es el encargado de generar **Regulación por ancho de pulso** de un motor de corriente continua (C.C.) incluyendo dentro del mismo una programación específica proporcionada por el fabricante, dirigida para el sistema de control.

La alimentación de corriente se recorta en forma de onda cuadrada, controlando esta región se logra variar la velocidad del motor de una manera bastante aceptable dentro del parámetro de los 25Km/h necesarios para ciclomotores.

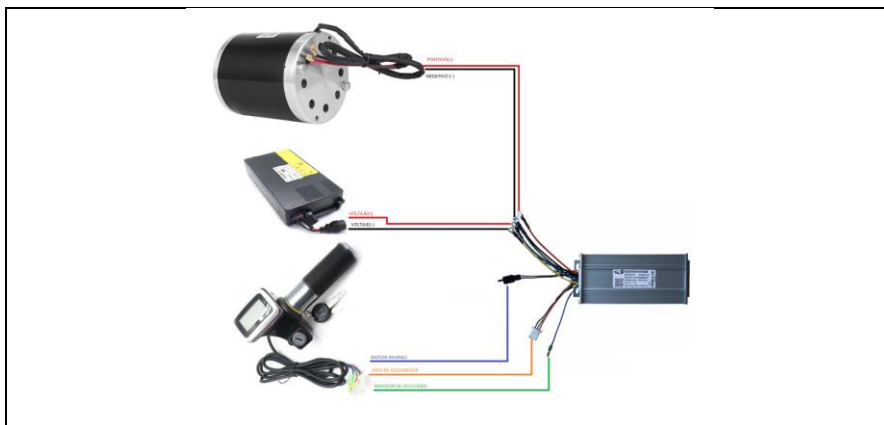


Figura: 5.10 Diagrama de conexión

Fuente: Mejía D.

Se opto por este sistema comercial es decir una placa con propósito específico por encima de una placa de desarrollo personal debido a que:

- Código fuente. En la placa comercial la programación no es necesaria debido a que esta es únicamente plug and play, es decir, solo se tiene que conectar los accesorios del sistema; por otro lado, la placa de desarrollo personal tiene varias limitaciones tales como, se necesita un software específico para su programación además de un programador adicional y todo esto elevaría el costo y complejidad al momento de implementarlo.
- Asequibilidad de repuestos. Gracias a que las placas comerciales se diseñan, crean y se venden al mayoreo es más sencillo obtener los repuestos; en cambio la placa de desarrollo personal se puede encontrar en el mercado, pero existe las limitaciones del punto anterior.
- Certificaciones. La placa de desarrollo comercial para realizarse en masa tiene que pasar por rigurosos controles y certificaciones europeas, americanas y asiáticas y poder comercializarse. Al contrario, la placa de desarrollo personal no tiene ninguna certificación que cumpla con estándares nacionales o internacionales.
- Eficiencia energética. La placa comercial está diseñada para soportar voltajes y corrientes necesarios para alimentar la carga requerida por el sistema de control.
- Tiempo de muestreo. La placa comercial tiene definidas entradas y salidas analógicas y digitales y tiene que hacer un barrido de muestreo definido; en cambio la placa de desarrollo personal tiene que muestrear entradas y salidas definidas y no definidas.

5.4.6. Análisis del funcionamiento del sistema de control

La palanca de mando envía una señal analógica de voltaje al microcontrolador dependiendo de la variación de resistencia que se obtenga del movimiento mecánico; el microcontrolador recibe esta señal a través de un ADC (convertor análogo digital) internamente realiza la conversión matemática para obtener la salida digital por PWM (modulación por ancho de pulso) hacia el circuito de potencia conectado al motor y generar movimiento. El motor internamente posee el sensor Hall el que permite determinar la posición y tiempo de giro del neumático; el sensor Hall sirve para enviar la señal de retroalimentación al microcontrolador

y comparar con la señal de Set Point entregada por la palanca de mando para aumentar o disminuir la señal del PWM cumpliendo un ciclo de laso cerrado.

5.4.7. Selección del motor

La selección del motor se da en función de los momentos de inercia, derivadas de la definición de los diferentes componentes, que influyen en la transmisión de movimiento.

5.4.7.1. Potencia requerida

La potencia requerida se determina de la siguiente manera:

Inercia de masa ($\text{Kg} - \text{m}^2$)

El cual se determina de la siguiente manera:

5.4.7.2. Inercia de Neumático

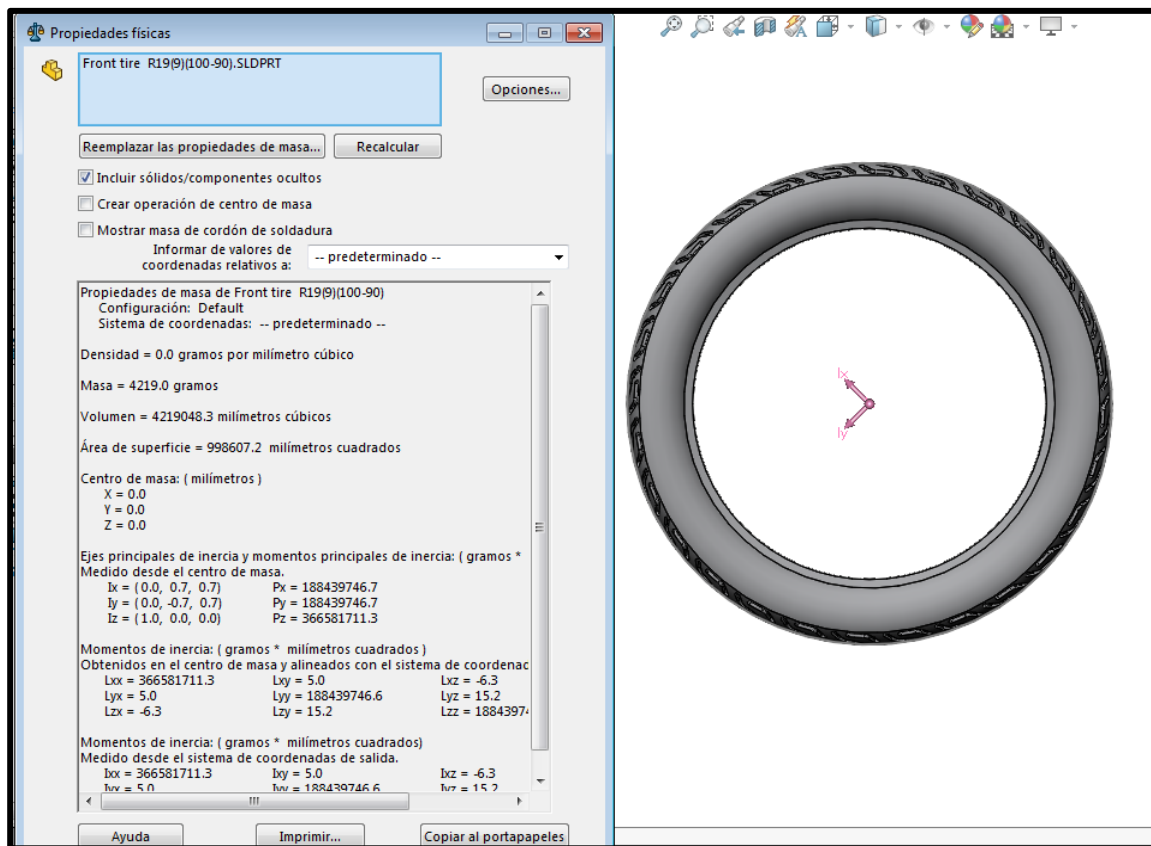


Figura: 5.11 Inercia de Neumático

Elaborado por: Mejía D.

Por lo que:

$$I_n = \frac{4.219 \text{ Kg}}{8} ((0.66 \text{ m})^2 - (0.4835 \text{ m})^2) = 0.106 \text{ Kg} - \text{m}^2$$

5.4.7.3. Inercia de Aro

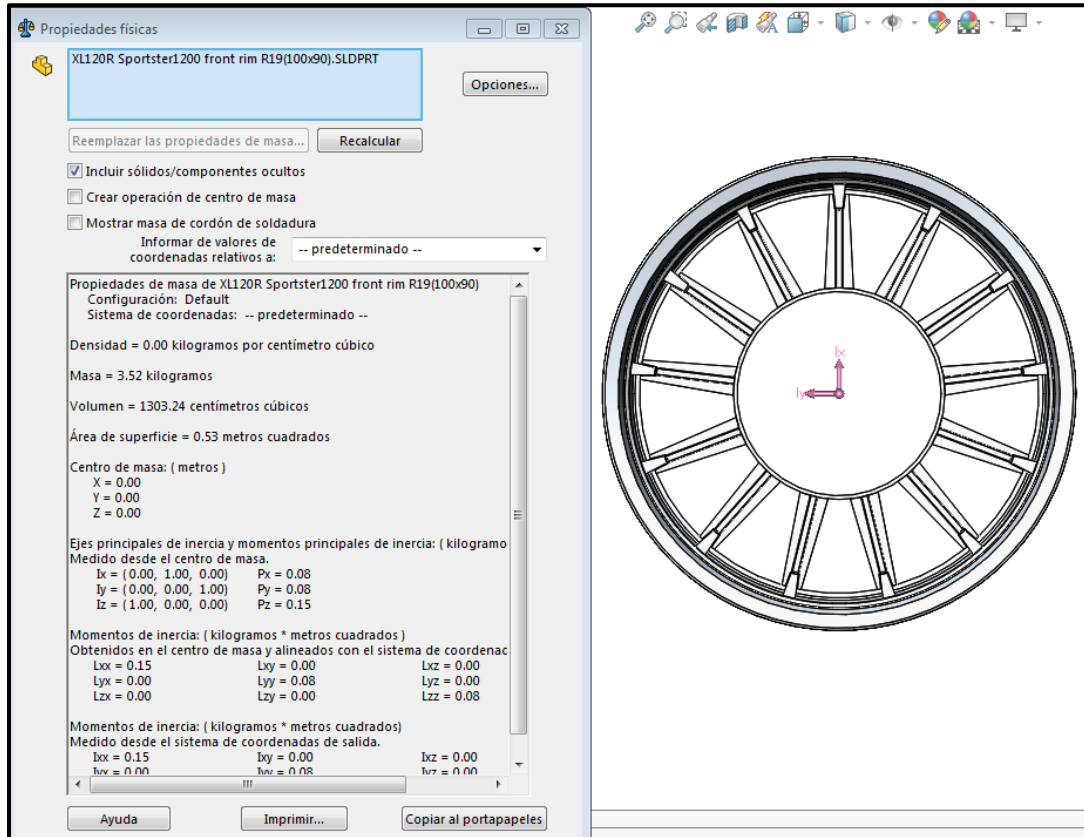


Figura: 5.12 Inercia de Aro

Elaborado por: Mejía D.

Por lo que:

$$I_a = \frac{3.52 \text{ Kg}}{8} ((0.510 \text{ m})^2 - (0.220 \text{ m})^2) = 0.093 \text{ Kg} - \text{m}^2$$

5.4.7.4. Momentos de inercia totales

Una vez definido las inercias de masa por tipos se define la total de la siguiente manera:

$$I_{mT} = 0.106 + 0.093 = 0.199 \text{ Kg} - \text{m}^2$$

5.4.7.5. Aceleración angular

Para definir la aceleración angular, se sigue el siguiente procedimiento, el cual es en base a la velocidad máxima que puede ir el timón, seleccionándose el valor máximo determinado por diversos fabricantes, el cual es de hasta 25 km/h [25]

$$V = \frac{25 \text{ km}}{h} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} * \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 6.944 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

En base al radio externo del neumático se determina la velocidad angular:

$$\omega = \frac{6.944 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.331 \text{ m}} = 20.98 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

En función del tiempo de estabilización, el cual es de 0.2 segundos, como medida estándar, la aceleración angular es:

$$\alpha = \frac{20.98 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{0.2 \text{ s}} = 104.9 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

5.4.7.6. Torque

El torque para definir es:

$$T = 0.199 \text{ Kg} - \text{m}^2 * 104.9 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} = 20.8751 \text{ Nm}$$

Potencia requerida es de

Finalmente se determina que la potencia es:

$$P = 20.8751 \text{ Nm} * 20.98 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 437.96 \text{ W}$$

Por lo que se seleccionó:

Tabla 5.20: Características del motor

Marca:	BY1020D
Voltaje nominal (V)	48
Potencia nominal (W)	500
Eficiencia nominal (/o)	≤80%
Velocidad (Km/h)	25-35
Peso (kg)	≤4 9
Tamaño abierto (mm)	135
Cable ubicación	Ala izquierda
Sensor Hall	Sensor Hall
Cassette de rueda libre	8 s/9 s/10 s
Tipo de freno	V/disco (> 160)
Ruido (dB)	<55
A prueba de agua de grado	IP54
La certificación	CE

Elaborado por: Mejía D.



Figura: 5.13 Motor de cubo sin escobilla
Fuente: [30]

5.4.8. Selección de batería.

La selección de la batería se da en función de:

- P_{motor} = Potencia nominal = 500 W
- v_{motor} = Voltaje nominal = 48 V
- $I_{bateria}$ = Capacidad (Ah)
- n_{motor} = Eficiencia del motor = 80%
- $\%_{descarga}$ = Porcentaje de descarga = 90%

$$I_{bateria} = \frac{500 \text{ W} * 0.80}{48 \text{ V} * 0.90} = 9.26 \text{ Ah}$$

Por lo que la batería seleccionada es

Tabla 5.21: Características del motor
Especificaciones: Marca: DuraB. Modelo: 48V. 10 Ah. Composición química de la batería: Iones de Litio. Capacidad de la batería: 48V / 10Ah. Peso: 3.70 Kg. Tamaño de la batería (mm): L390 W110 • H75. Combinaciones de baterías: 13-S. 6-P. Componente: Li (NiCoMn) 02. Calidad de la célula: 18650-20000mAh. Descarga Corriente estándar: 15A. Corriente máxima: 30A (100us) Tensión de corte: 39V. Vida del ciclo de descarga: 500 veces (40%). Método de carga: CC / CV. Estándar: 0.2C5A 5hrs. Rápido: 0.5C. 2hrs. Tensión máxima: 54.6V. Certificación: CE. RoHS. MSDS. Temperatura de k a baja Carga: 0-45 ° C. Descarga: -20 ° C - 60 ° C. Contenido del paquete: Batería de litio con caja de aluminio (descarga de base).
Elaborado por: Mejía D.



Figura: 5.14 Batería de Litio 48 V 10 Ah
Fuente: [27]

5.4.8.1. Autonomía promedio

Es el tiempo que un dispositivo alimenta a un sistema convirtiéndolo en independiente.

En base:

- $C =$ Corriente de la batería = 2 A
- Capacidad Nominal de la Batería = 10 Ah

El Tiempo de autonomía es:

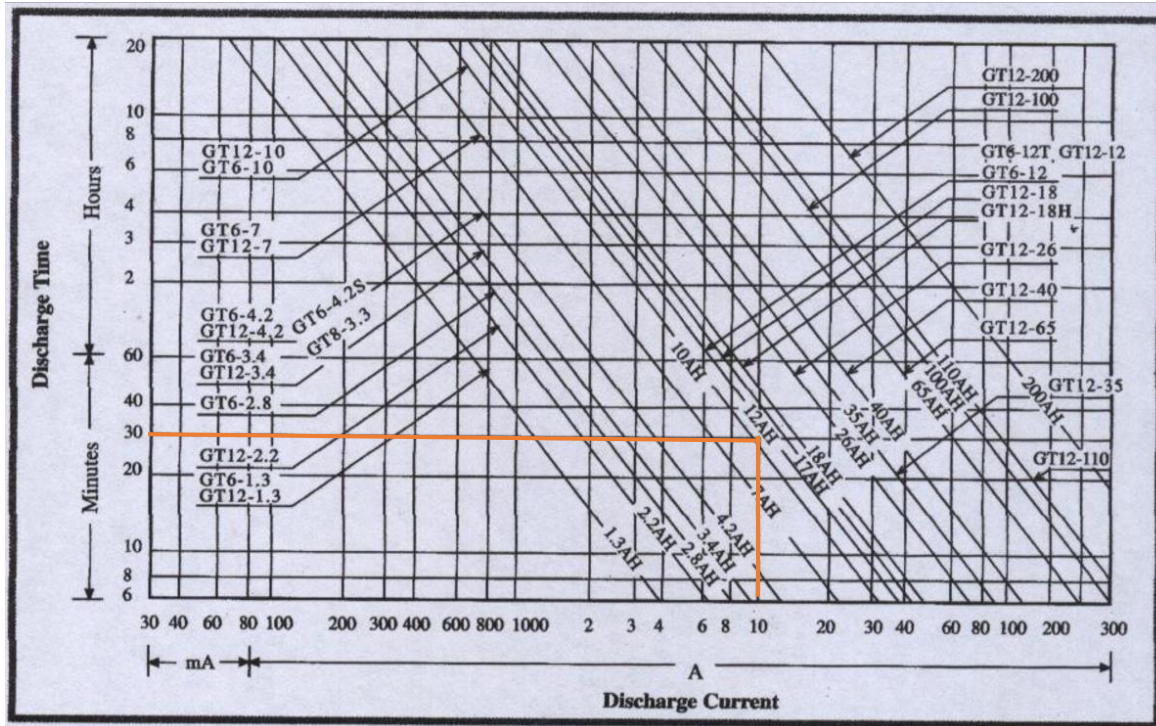


Figura: 5.15 Corriente Vs Tiempo de Descarga para Motores eléctricos
Fuente: [28]

El tiempo de autonomía es de 30 minutos

Por lo que la autonomía promedio es de:

$$d = 30 \text{ min} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \times 25 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 12.5 \text{ km}$$

5.5. Validación por el método de elementos finitos FEM.

En la siguiente sección se valida el diseño elaborado por el método de elementos finitos, el cual se da mediante el empleo de un software.

La validación sigue el siguiente procedimiento que es:

5.5.1. Modelado geométrico

El objetivo de un modelo es obtener información sobre el objeto proporcionando información.



Figura: 5.16 Modelado de geométrico

Elaborado por: Mejía D.

5.5.2. Condiciones de contorno

Las condiciones de contorno a aplicar son:

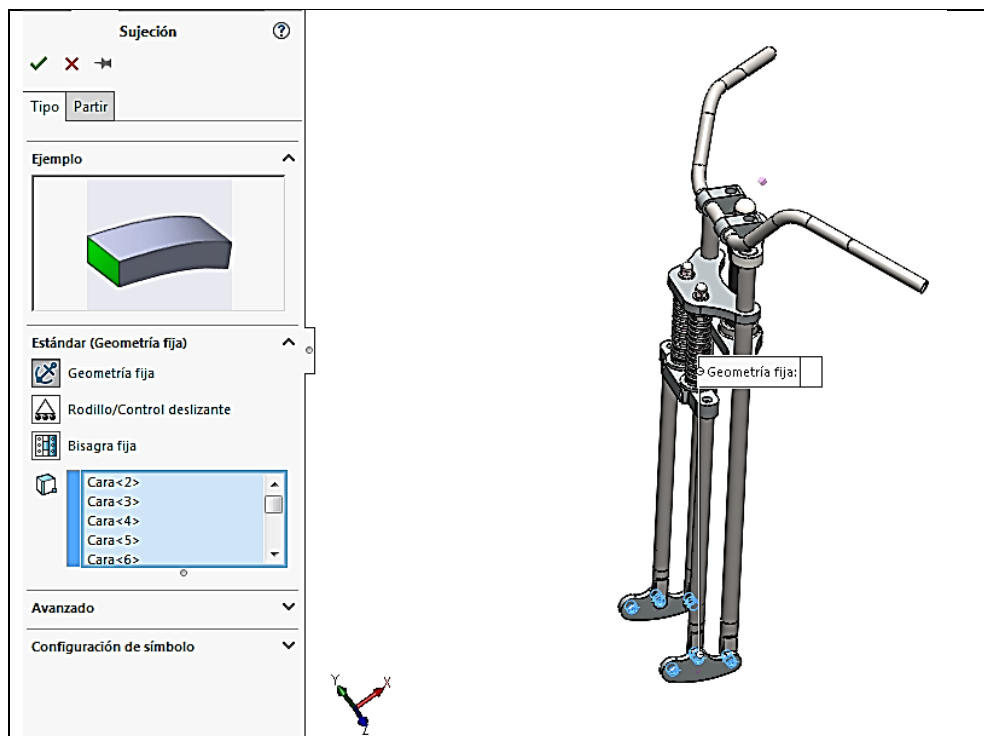


Figura: 5.17 Aplicación de sujeciones

Elaborado por: Mejía D.

5.5.3. Aplicación de cargas

Según la tabla detallada anteriormente, se define que la carga aplicar en cada lado de la manilla es de:

$$C = C1 = \text{Carga aplicar} = 19.814 \text{ Kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 194.4 \text{ N}$$

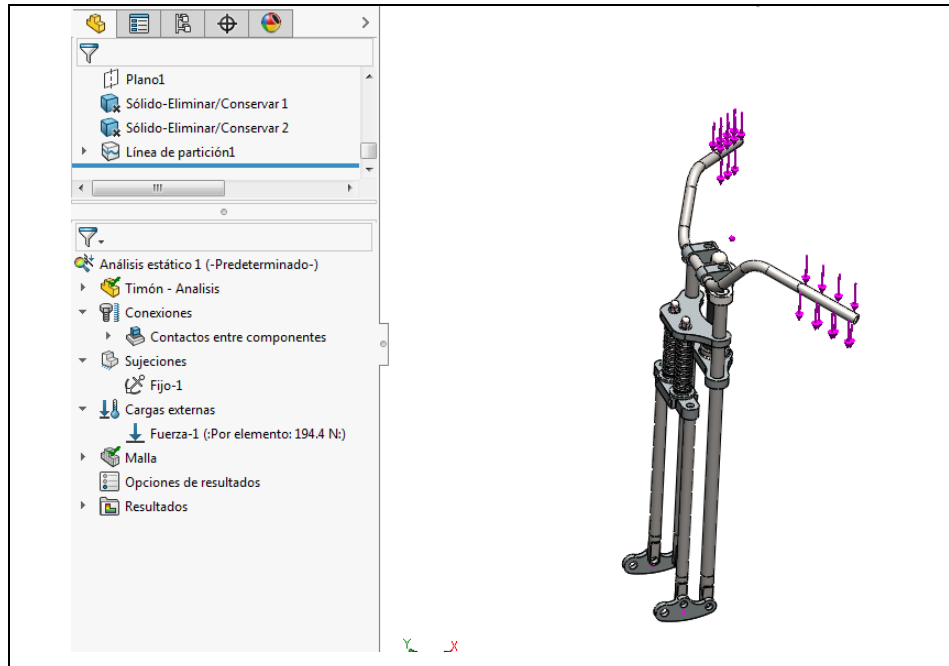


Figura: 5.18 Aplicación de sujeciones

Elaborado por: Mejía D.

5.5.4. Mallado

El siguiente paso es el mallado

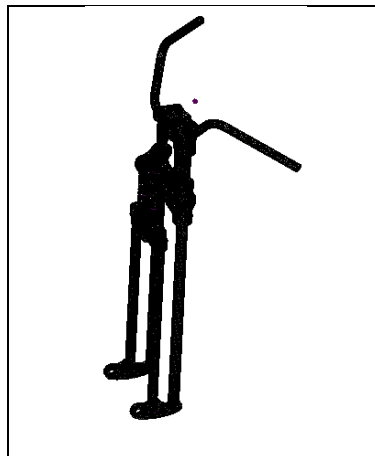


Figura: 5.19 Mallado

Elaborado por: Mejía D.

5.5.5. Análisis de Tensiones:

Según el análisis de tensiones da 56.33 MPa, y mediante la escala de colores en el parante de la manilla da un color amarillo, dando como aceptable el análisis mencionado.

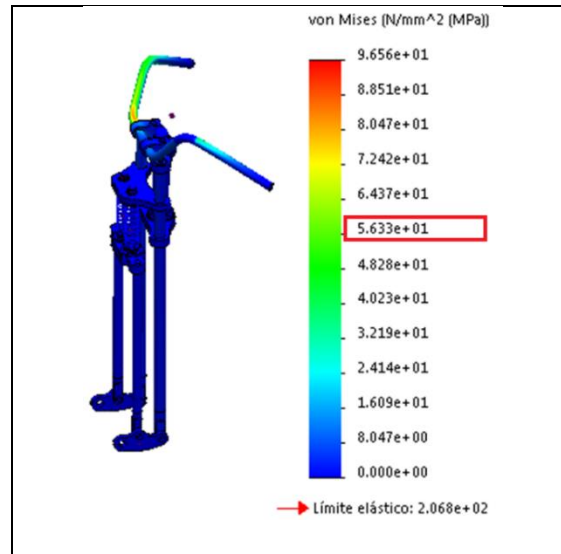


Figura: 5.20 Análisis de tensiones

Elaborado por: Mejía D.

5.5.6. Análisis de desplazamiento

Según el análisis de desplazamiento da un valor máximo de deformación de 2.908 mm, en la zona superior de la manilla, validándose el análisis por ser un valor mínimo.

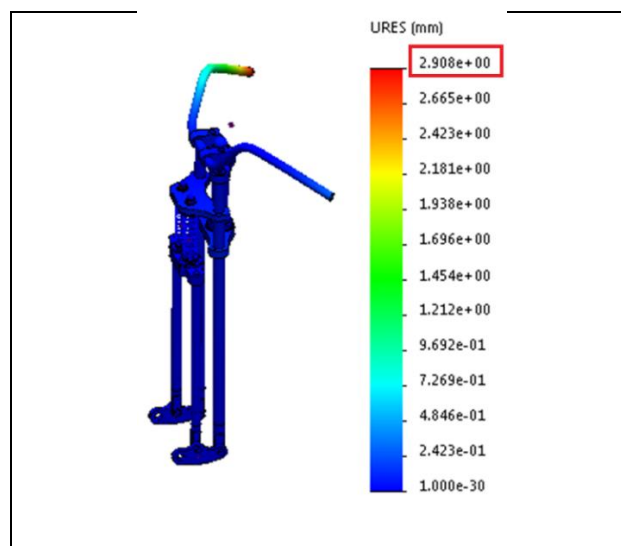


Figura: 5.21 Análisis de desplazamiento

Elaborado por: Mejía D.

5.5.7. Análisis del Factor de Seguridad

Según el análisis del Factor de seguridad, el FDS da aceptable, porque el diseño de elementos de máquinas que están bajo cargas dinámicas con un alto grado de confianza debe estar entre 4 o más, dando como resultado 5.354.

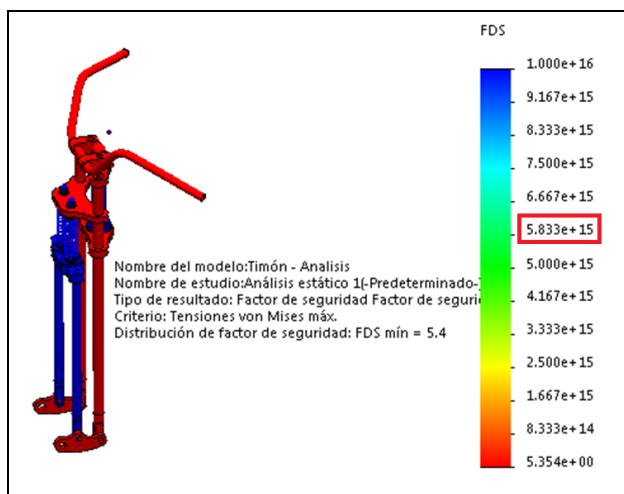


Figura: 5.22 Análisis de Factor de Seguridad

Elaborado por: Mejía D.

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS

6.1. Presupuesto

El presupuesto se divide en directos e indirectos.

6.1.1. Presupuesto directo

Tabla 6.22: Costo directo de la batería				
Precio de producto	Precio de aranceles			
190.00 \$	Impuestos			
	Valor FOB:	\$ 190.00	Derecho arancelario 30%: \$ 60.24	
	Flete: *	\$ 6.86	Fondo INFA 0.50%: \$1	
	Seguro: *	\$ 3.94	I.V.A. 12%: \$ 31.44	
	Valor CIF: *	\$ 200.8	Total de Impuestos: \$ 92.68	
	Servicio Buzzom			
	Transporte Internacional		\$57.112	
	Trámite Aduanero		\$ 15.00	
	Tránsito y Traslado		\$7	
	Total, Servicios Buzzom:		\$ 79.11	
		I.V.A:		\$ 9.49
		Total:		\$ 88.6
		Total, Importación:		\$ 181.28

(El valor podría variar según el peso final exacto del paquete)

Elaborado por: Mejía D.			
Tabla 6.23: Costo directo del sistema de control			
Precio de producto	Precio de aranceles		
100.00 \$	Impuestos		
	Valor FOB:	\$ 300.00 Derecho arancelario 30%:	\$ 94.9
	Flete: *	\$ 10.14 Fondo INFA 0.50%:	\$ 1.58
	Seguro: *	\$ 6.2 I.V.A. 12%:	\$ 49.54
	Valor CIF: *	\$ 316.34 Total de Impuestos:	\$ 146.02
	Servicio Buzzom		
	Transporte Internacional		\$ 100.00
	Trámite Aduanero		\$ 15.00
	Tránsito y Traslado.		\$15.00
	Total, Servicios Buzzom:		\$ 88.5
		I.V.A:	\$ 10.62
		Total:	\$ 228.79
	Total, Importación:	\$ 228.79	
(El valor podría variar según el peso final exacto del paquete)			
Elaborado por: Mejía D.			

Tabla 6.24: Costo directo de materiales			
Elemento	Cantidad	Valor. Unitario (\$)	Total (\$)
Soporte motriz			
Batería de Litio	1	190	190
Sistema de control	1	228.79	228.79
Disco de freno y pastillas	1	56	56
Neumático frontal	1	95.20	95.20
Palanca de freno	1	30	30
Estructura Frontal			
Tubo de acero inoxidable Ø 3/4x1.5	1/2	70	35
Placa soporte 115 x 220	4	25.00	100
Cojinetes	2	10.00	20
Resorte	2	25	50
Accesorios extras		50.00	50
Total			854.99
Elaborado por: Mejía D.			

Tabla 6.25: Costos directos por mano de obra			
Descripción	Horas	Valor. Unitario (\$)	Total (\$)
Torno	2	7.50	15.00
Fresado	15	10	150.00
Soldado	5	5.00	25.00
Doblado	1	5.50	5.50
Cortado	1	5.00	5.00
Taladrado	1	3.00	3.00
Armado	3	25.00	75.00
Total			278.50
Elaborado por: Mejía D.			

6.1.2. Presupuesto indirectos

En esta sección se ubican los costos por transporte, alimentación, gastos varios, entre otros.

Tabla 6.26: Costos indirectos	
Descripción	Total (\$)
Transporte	35.00
Alimentación	25.00
Extras	30.00
Total	90.00
Elaborado por: Mejía D.	

6.2. Presupuesto total

Tabla 6.27: Presupuesto total	
Descripción	Total (\$)
Costos directos	854.99
Costos directos por mano de obra	278.50
Costos indirectos	90.00
Total	1223.49
Elaborado por: Mejía D.	

7. IMPACTOS

7.1. Impacto práctico:

El diseño y simulación de un timón de dirección eléctrico adaptable con las sillas de ruedas que emplea un chasis robusto, integrado a una batería, motor y soportes de traslado, mejorará la movilidad de las personas discapacitadas, sin necesidad ayuda, haciéndolas independientes.

7.2. Impacto tecnológico

El impacto tecnológico se da con el uso del método de elementos finitos (MEF), mediante la aplicación de los conocimientos de ingeniería, realizando un dimensionamiento adecuado, detectando errores que pueden ser corregidos a tiempo a través del método MEF, reduciendo las fallas, originando un campo nuevo de conocimiento, aplicando los conocimientos en el uso del software, ayudando a aumentar la calidad del timón.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

- Los tipos de timón de dirección según la recopilación de diferentes fuentes bibliográficas son: **de tipo manual**, donde la fuerza es ejercida por el mismo usuario; **de tipo eléctrico**, donde la fuerza es efectuada por la potencia de un motor y una batería, ubicada en la rueda delantera; así como el **de tipo híbrido** donde la fuerza es combinada entre los tipos definidos anteriormente.
- Los elementos que constituyen el timón se seleccionaron mediante un proceso analítico como de ponderaciones que permitió escoger el sistema de frenos por disco, los neumáticos, motor y batería.
- Se diseño y valido elementos que componen el timón como la manilla por el método de vigas, el tubo guía mediante la forma de columna, validando una tubería de $\frac{3}{4}$ " x 1.5 mm, seleccionando una potencia requerida de hasta 437.96 W
- Se modelaron y simularon los elementos diseñados por el método de elementos finitos, dando el análisis de tensiones de 56.33 MPa, análisis de desplazamiento de hasta 2.908 mm y un factor de seguridad de 5.354, resultados que son aceptables para este diseño.

8.2. Recomendaciones

- Se recomienda tener en cuenta el factor de seguridad de los diferentes elementos, el cual debe ser superior a 4, debiendo ser empleado para maquinas que tienen una combinación de cargas, ante un análisis de esfuerzos estáticos y dinámicos.
- Se recomienda antes de implantar el sistema motriz en el timón, verificar la funcionalidad del motor eléctrico, así como de la batería.
- Se debe capacitar al personal que vaya a emplear el timón, de las diferentes partes que la componente, así como su funcionalidad y seguridad; evitando llegar a las velocidades máximas que sobre caliente al motor.

Firma:

Mejía Herrera Diego Xavier
Proponente
Email: diego.mejia1@utc.edu.ec
Telf.: 0992707715

Firma:

Ing. MsC. Segundo Ángel Cevallos Betún
PROFESOR TUTOR
Email: segundo.cevallos@utc.edu.ec
Telf.: 0994793325

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Suazo, diseño y análisis práctico de un sistema motorizado con control adaptable a una silla de ruedas estándar, para permitir mayor facilidad de desplazamiento a personas discapacitadas, VALDIVIA: Universidad Austral de Chile, 2013.
- [2] J. Caicedo y C. Molina, Implementación de un motor eléctrico y los comandos de conducción a la silla de ruedas, Ibarra: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, 2014.
- [3] C. Sánchez, Diseño y análisis estático de una Handbike, Leganés: Universidad Carlos III de Madrid, 2015.
- [4] L. Bedón, Sistema de control para la movilidad y extensión de una silla de ruedas Eléctrica de bipedestación, Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2017.
- [5] L. Huera, Implementación de un prototipo de sillas de ruedas automatizadas con comandos de sonido para mejoramiento de la enseñanza en el manejo y orientación a personas con limitaciones físicas, Tulcan: UNIVERSIDAD REGIONAL AUTÓNOMA DE LOS ANDES, 2014.
- [6] todo disca, «Sillas de ruedas para la playa y piscina,» 18 Febrero 2020. [En línea]. Available: <https://www.tododisca.com/silla-de-ruedas-para-la-playa-y-piscina/>. [Último acceso: 30 Julio 2020].
- [7] Obbocare, «7 modelos y tipos de sillas de ruedas que existen en el mercado,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.obbocare.com/tipos-de-sillas-de-ruedas-y-modelos/>. [Último acceso: 30 Julio 2020].
- [8] R. Vizuite, DISEÑO DE UNA SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA ARTICULADA CON POSICIONAMIENTO VERTICAL – HORIZONTAL PARA BENEFICIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD FÍSICA, Quevedo: UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO, 2016.
- [9] J. Tovar, «Dispositivos del PC,» 30 Octubre 2013. [En línea]. Available: <http://senagadispositivosentrada.blogspot.com/2013/10/que-es-el-joystick-y-sus-caracteristicas.html>. [Último acceso: 08 Diciembre 2016].

- [10] I. Valle, Sillas de ruedas eléctricas. Opciones de mandos de control y cambios de postura., Madrid, 2013.
- [11] Ceapat, Centro de Referencia Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas, Madrid, 2010.
- [12] Batec Mobility, «Un handbike eléctrico acoplable a tu silla de ruedas para cada necesidad,» 2019. [En línea]. Available: <https://batecmobility.com/es/blog/handbikes/812-un-handbike-electrico-acoplable-a-silla-de-ruedas-para-cada-necesidad>. [Último acceso: 30 Julio 2020].
- [13] J. Sánchez y J. Sánchez, Diseño de un prototipo de handbike con asistencia eléctrica acoplante a una silla de ruedas, Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2020.
- [14] QUICKIE, ATTITUDE Handbikes para sillas de ruedas, Vizcaya, 2015.
- [15] Stricker, Instrucciones para las Stricker Hand - Bikes, 2006.
- [16] INVACARE, «catalogo handbike electrica alber e pilot,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.ortoweb.com/media/useruploads/files/catalogo-handbike-electrica-alber-e-pilot.pdf>. [Último acceso: 1 Agosto 2020].
- [17] C. Riba, Diseño concurrente, España: ETSEIB - UPC, 2002.
- [18] C. Flores, Ergonomía para el Diseño, México D.F.: Designic, 2001.
- [19] R. Mott, Diseño de elementos de máquinas, Naucalpan: PEARSON EDUCACION, 2006.
- [20] Ecuador Ec, «Estatura Promedio en Ecuador ¿Cuánto miden Hombres y Mujeres?,» 30 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://ecuadorec.com/estatura-promedio-en-ecuador-cuanto-miden-hombres-y-mujeres/>. [Último acceso: 8 Septiembre 2020].
- [21] EL ESPAÑOL, «¿Existe Un Peso Promedio Para Los Hombres?,» 16 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.bajardepeso-x.com/existe-peso-promedio-los-hombres/>. [Último acceso: 8 Septiembre 2020].
- [22] A. Boudeguer, P. Prett y P. Squella, Manual de Accesibilidad Universal, Santiago de Chile, 20110.
- [23] DIPAC, Catálogo de ACERO, Manta, 2016.
- [24] METZELER, TECHNICAL DATABOOK, Germany , 2020.

- [25] OBATEC, «BATEC ELÉCTRICO 2, el equilibrio perfecto,» 2020. [En línea]. Available: <https://batec-mobility.com/es/productos/handbikes/batec-electrico-2>. [Último acceso: 9 Septiembre 2020].
- [26] Alibaba, «Motor de casete de bicicleta eléctrica de 500W,» 2020. [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/500w-electric-bike-cassette-motor-1858734395.html?spm=a2700.8699010.normalList.25.4ebe53dft80vQS>. [Último acceso: 9 Septiembre 2020].
- [27] LaCháchara, «Bateria Litio Para Bicicleta Eléctrica 48 V 10 Ah + Cargador,» [En línea]. Available: <https://www.lachacharaonline.com/bateria-litio-para-bicicleta-electrica-48-10-ah-cargador-811957408xJM>. [Último acceso: 9 Septiembre 2020].
- [28] Carlos T, «Cálculo de Autonomía,» Diciembre 2009. [En línea]. Available: <http://energicentro.blogspot.com/2009/12/calculo-de-autonomia-en-el-post.html>. [Último acceso: 9 Septiembre 2020].
- [29] McCormac, Diseño de Estructuras de Acero, Mexico D.F.: Alfaomega, 2012.
- [30] Mophorn, Amazon [Acceso 22 Septiembre] Available: <https://www.amazon.es/Mophorn-Corriente-Continua-Controlador-Eléctrico/dp/B082V7M416>

ANEXOS

Anexo 1: Acero AISI 304

TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE			SERIE 300		
			Acero al Cromo - Níquel	Acero al Cromo - Níquel - Molibdeno	
DESIGNACIÓN	TIPO AISI		304	316	
	COMPOSICIÓN QUÍMICA		C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 18% - 20%* Ni 8% - 10,5%*	C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 16% - 18%* Ni 10% - 14%* Mo 2% - 2.5%*	
PROPIEDADES FÍSICAS	PESO ESPECÍFICO A 20C (DENSIDAD)	(g/cm ³)	7.9	7.95 - 7.98	
	MÓDULO DE ELASTICIDAD	(N/mm ²)	193,000	193,000	
	ESTRUCTURA		AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	
	CALOR ESPECÍFICO A 20C	(J/Kg K)	500	500	
	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA A 20C/100C	(W/m K)	15 / 16	15 / 16	
	COEFICIENTE DE DILATACIÓN A 100C	(x 10 ⁶ C ⁻¹)	16.0 - 17.30	16.02 - 16.5	
	INTERVALO DE FUSIÓN	(C)	1398/1454	1371/1398	
PROPIEDADES ELÉCTRICAS	PERMEABILIDAD ELÉCTRICA EN ESTADO SOLUBLE RECOCIDO		AMAGNÉTICO	AMAGNÉTICO	
	CAPACIDAD DE RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20C	(μΩm)	0.72 - 0.73	0.73 - 0.74	
PROPIEDADES MECÁNICAS A 20C	DUREZA BRINELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO		130150 / 180330	130185 / -	
	DUREZA ROCKWELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO		7088 / 1035	7085 / -	
	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN RECOCIDO / DEFORMACIÓN EN FRÍO	Rm (N/mm ²)	520 - 720 / 540 - 750	540690 / -	
	ELASTICIDAD RECOCIDO / CON DEFORMACIÓN EN FRÍO	Rp (N/mm ²)	210 / 230	205410 / -	
	ELONGACIÓN (A ₅) MIN	(%)	≥ 45		
	RESILIENCIA KCUL / KVL	(J/cm ²)	160 / 180	160 / 180	
PROPIEDADES MECÁNICAS EN CALIENTE	ELASTICIDAD	RP(0.2) A 300C/400C/500C	(N/mm ²)	125 / 97 / 93	140 / 125 / 105
		RP(1) A 300C/400C/500C	(N/mm ²)	147 / 127 / 107	166 / 147 / 127
	LÍMITE DE FLUENCIA A 500C/600C/700C/800C	σ _{1/10⁵/t (N/mm²)}	68 / 42 / 14.5 / 4.9	82 / 62 / 20 / 6.5	
TRATAMIENT. TÉRMICOS	RECOCIDO COMPLETO RECOCIDO INDUSTRIAL	(OC)	ENFR. RÁPIDO 1008/1120	ENFR. RÁPIDO 1008/1120	
	TEMPLADO		NO ES POSIBLE	NO ES POSIBLE	
	INTERVALO DE FORJA INICIAL / FINAL	(C)	1200 / 925	1200 / 925	
	FORMACIÓN DE CASCARILLA, SERVICIO CONTINUO / SERVICIO INTERMITENTE		925 / 840	925 / 840	
OTRAS PROPIEDADES	SOLDABILIDAD		MUY BUENA	MUY BUENA	
	MAQUINABILIDAD COMPARADO CON UN ACERO BESSEMER PARA a. B1112		45%	45%	
	EMBUTICIÓN		MUY BUENA	BUENA	

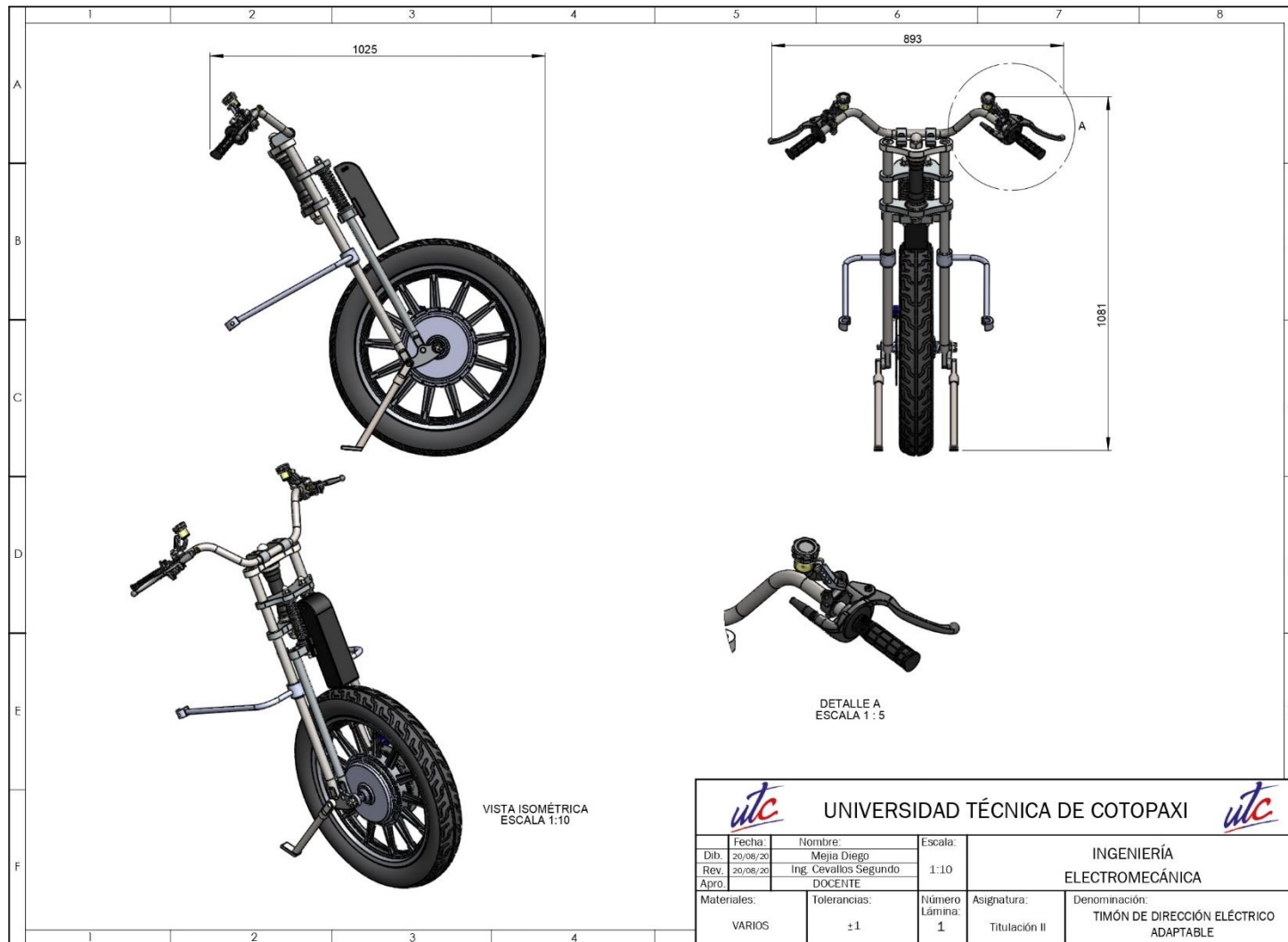
* Son aceptables tolerancias de un 1%

Anexo 2: Factor de Seguridad

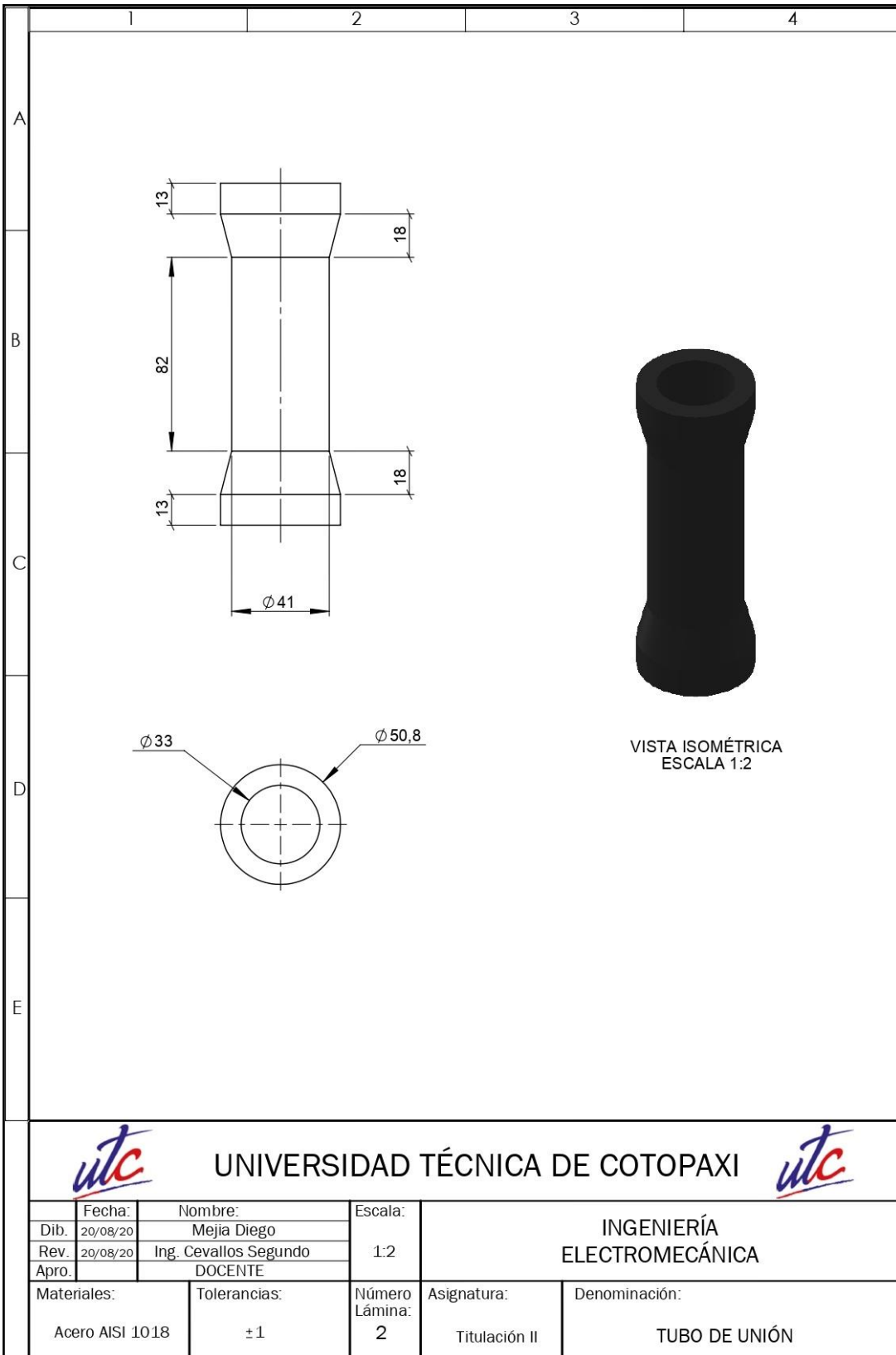
Materiales dúctiles

1. $N = 1.25$ a 2.0 . El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
2. $N = 2.0$ a 2.5 . Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño. Es la que se suele emplear en la solución de los problemas de este libro.
3. $N = 2.5$ a 4.0 . Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
4. $N = 4.0$ o más. Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores.

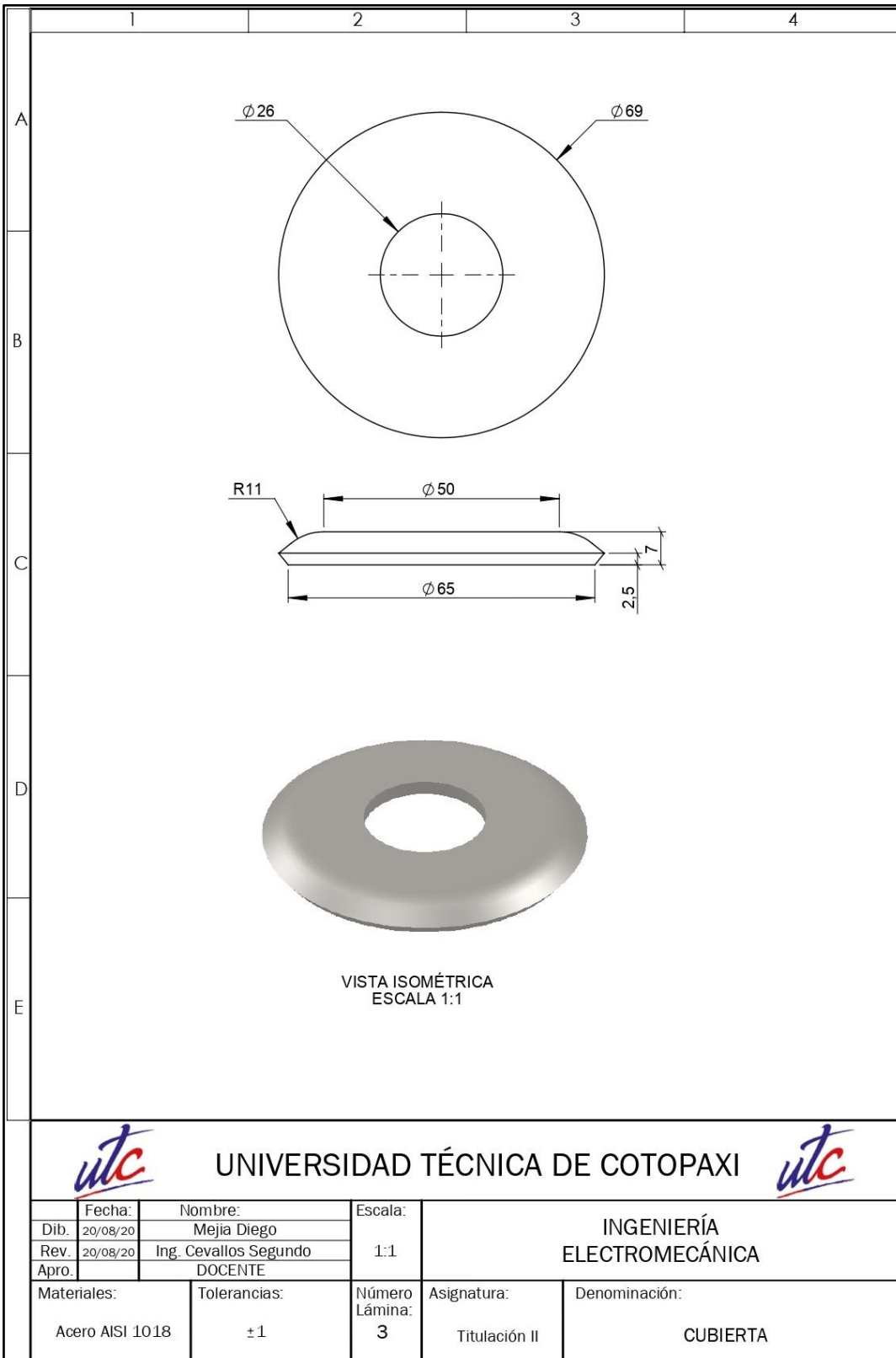
Anexo 3: Timón de Dirección Eléctrico Adaptable



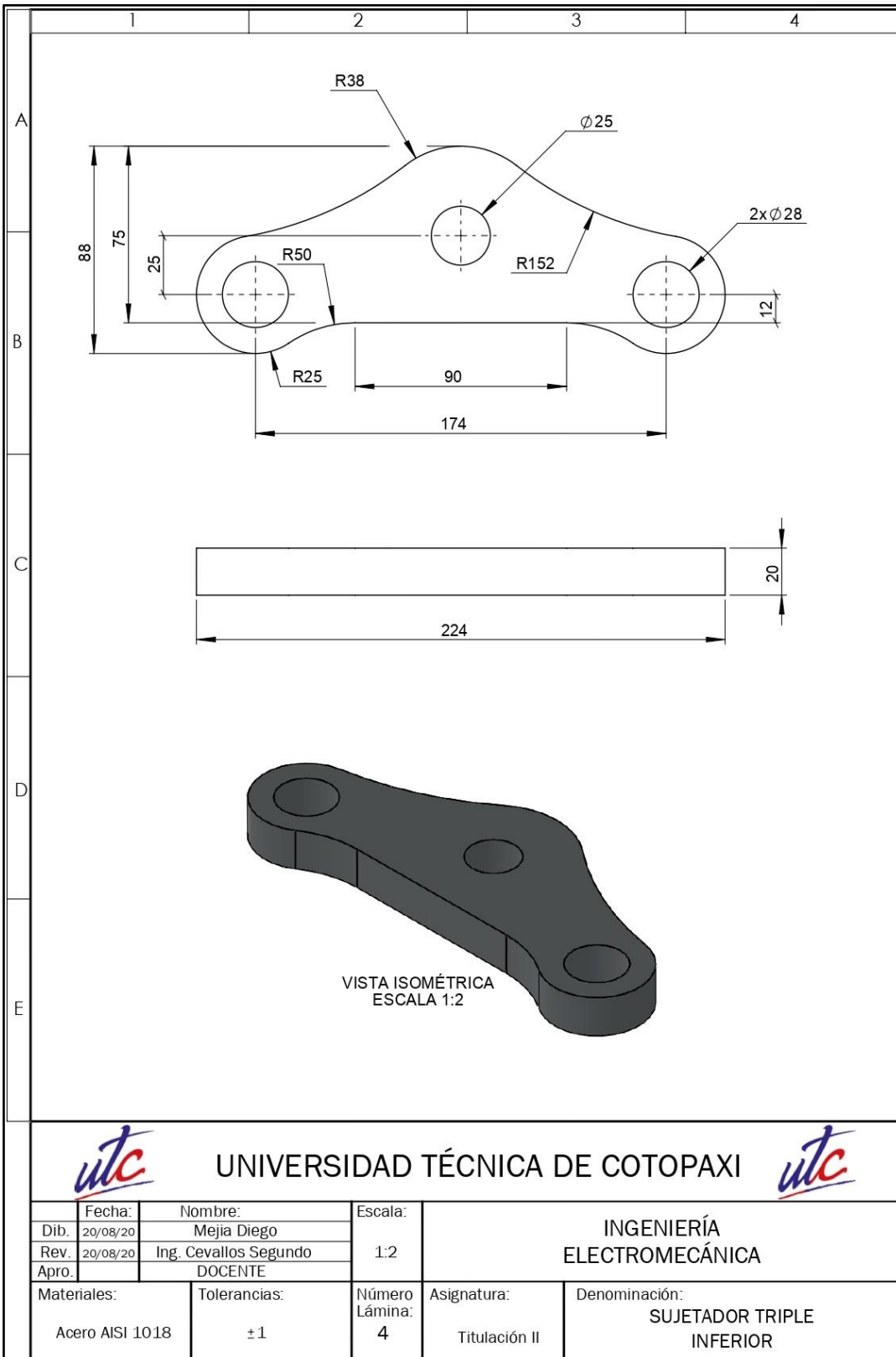
Anexo 4: Tubo de Unión



Anexo 5: Cubierta



Anexo 6: Sujetador Triple Inferior

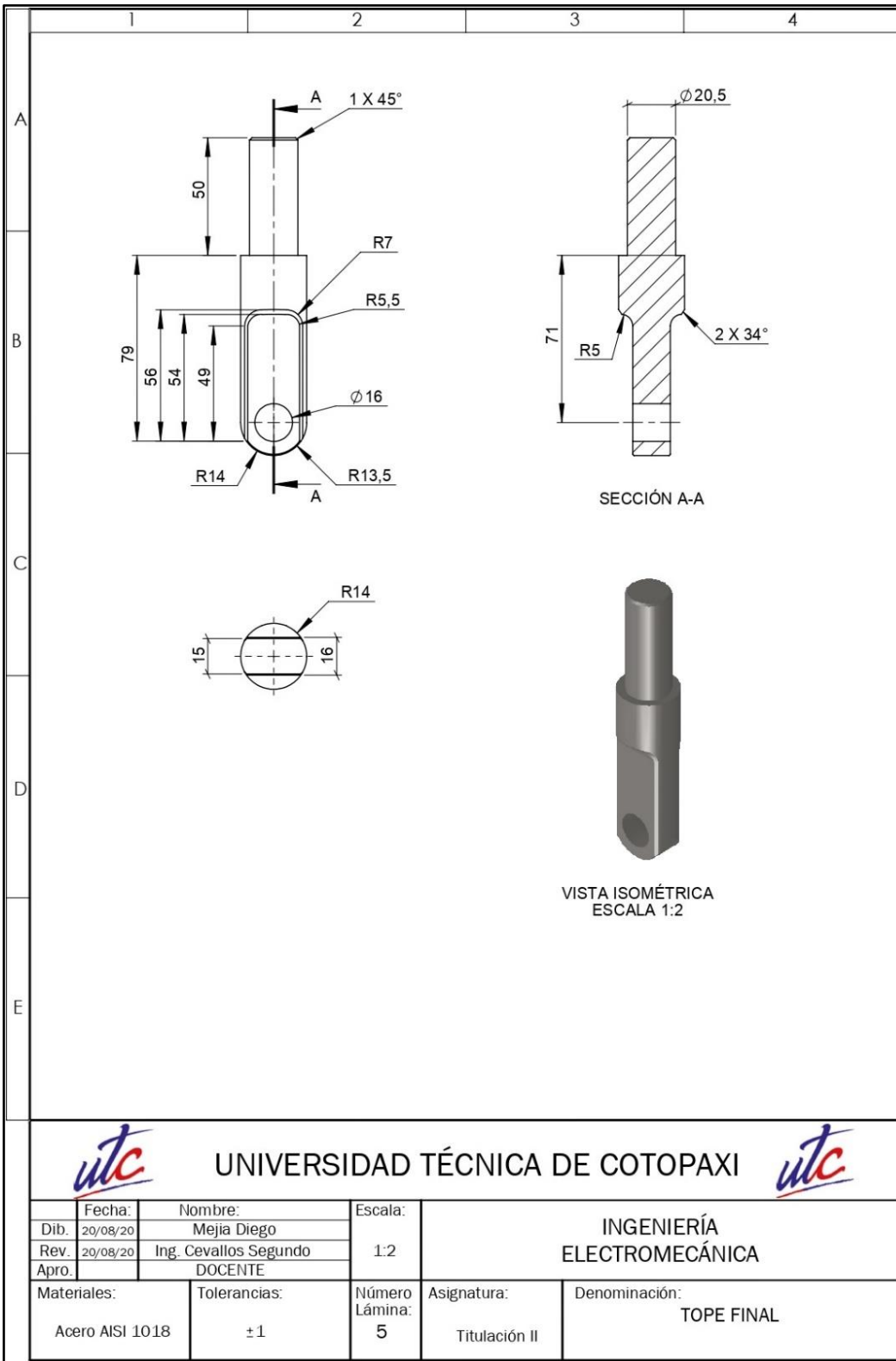


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

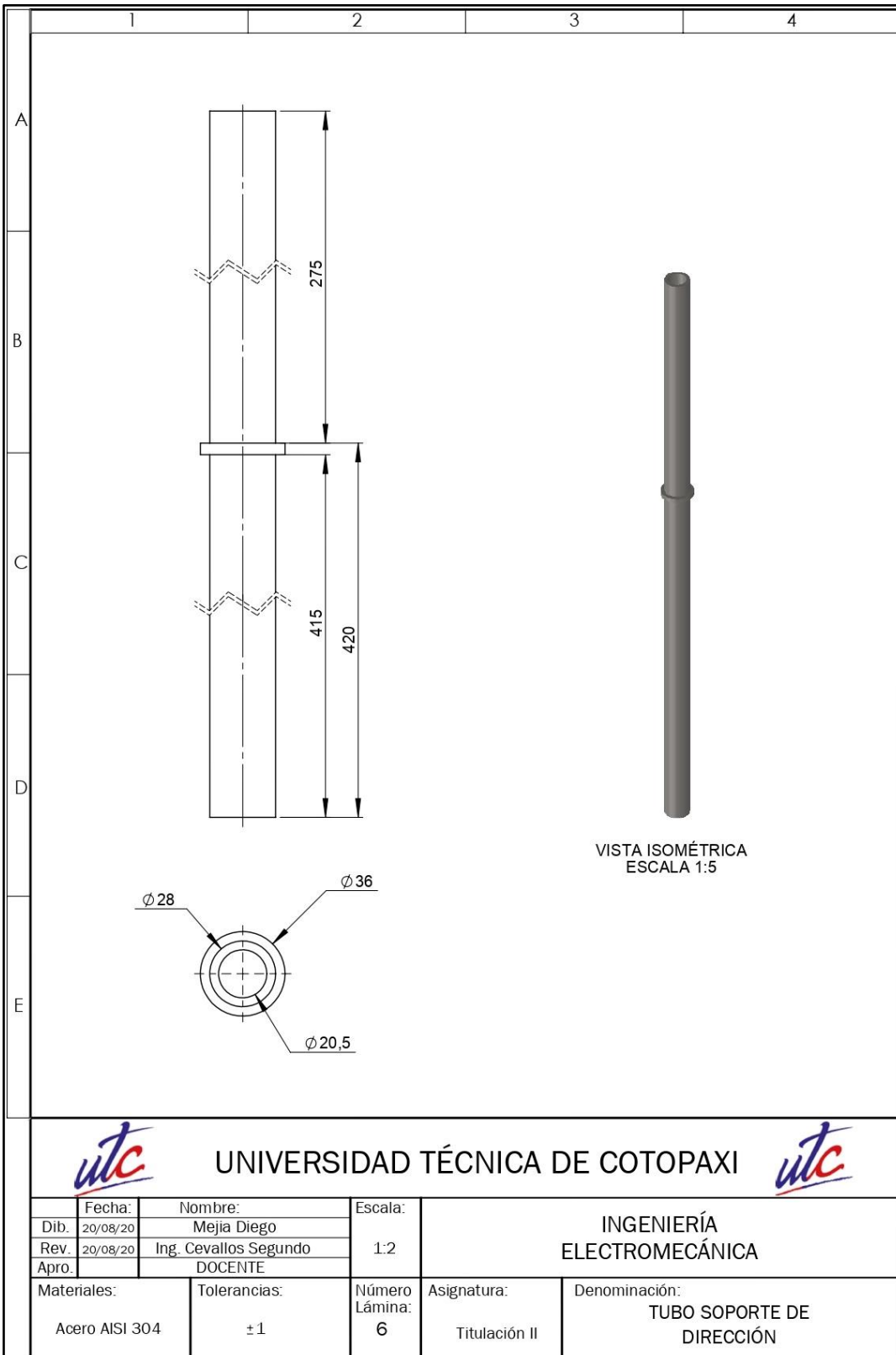


Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 20/08/20	Mejia Diego	1:2		
Rev. 20/08/20	Ing. Cevallos Segundo			
Apro.	DOCENTE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:
Acero AISI 1018		±1	4	Titulación II
			Denominación:	
			SUJETADOR TRIPLE INFERIOR	

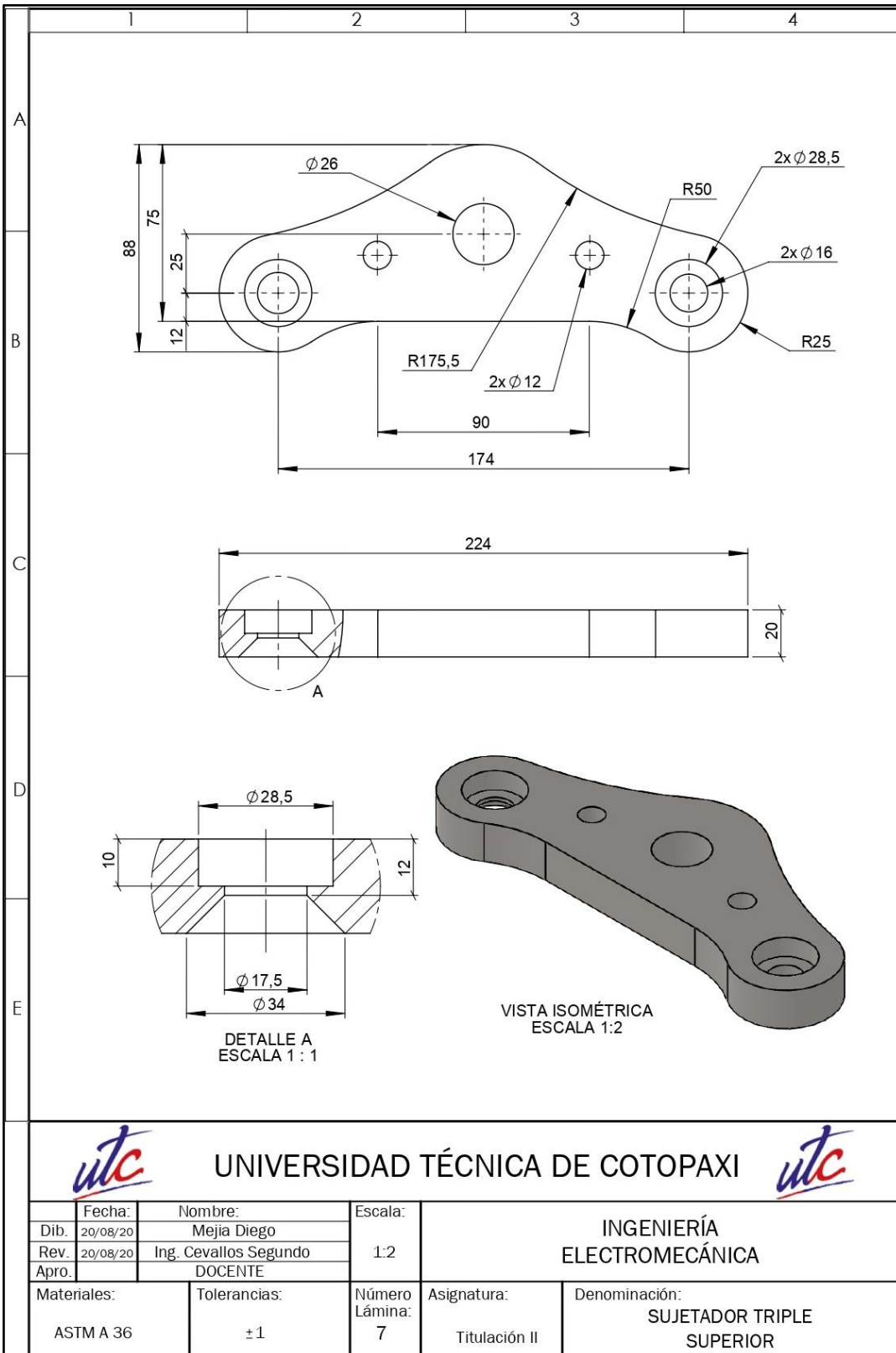
Anexo 7: Tope Final



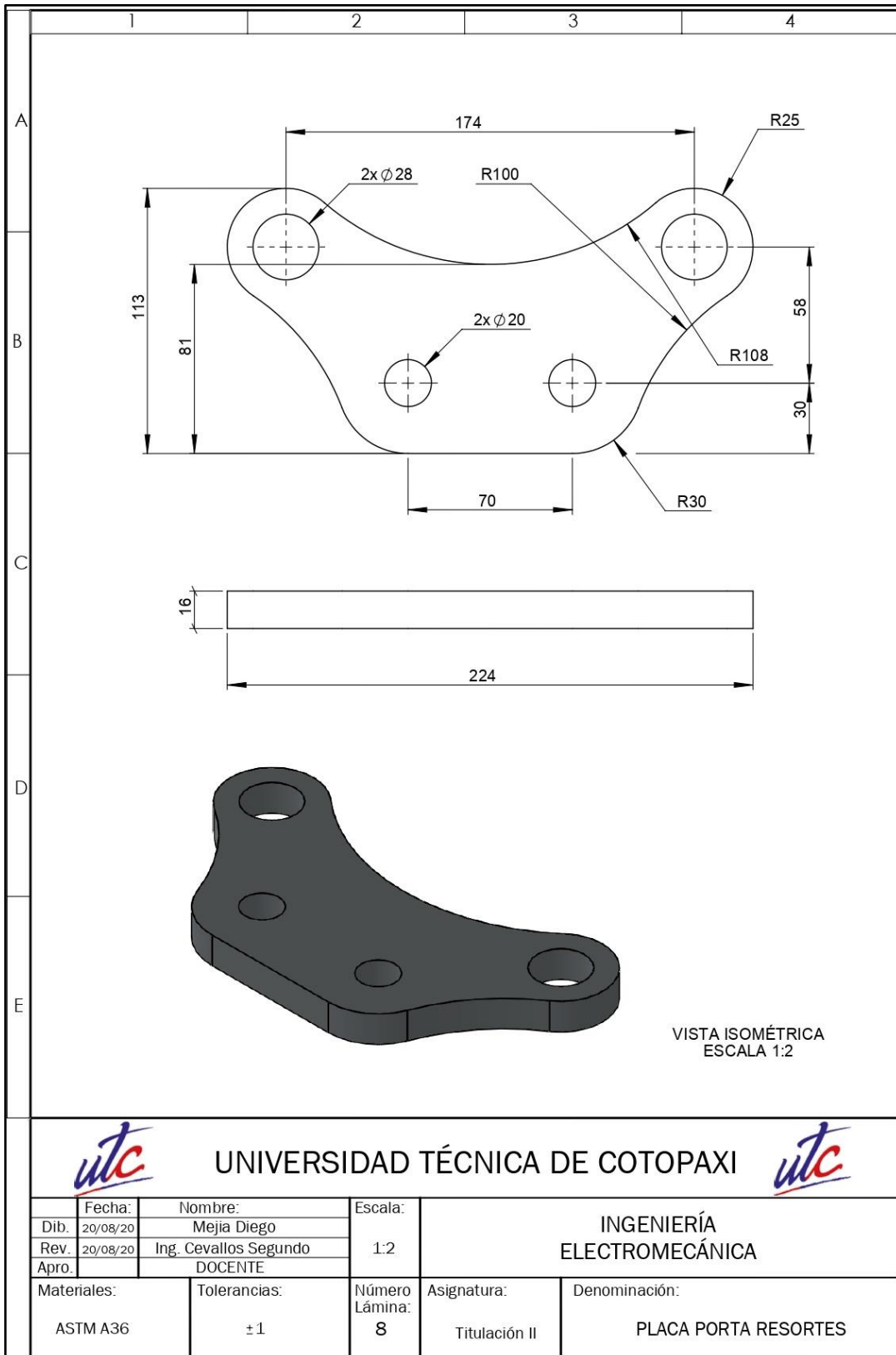
Anexo 8: Tubo Soporte de Dirección



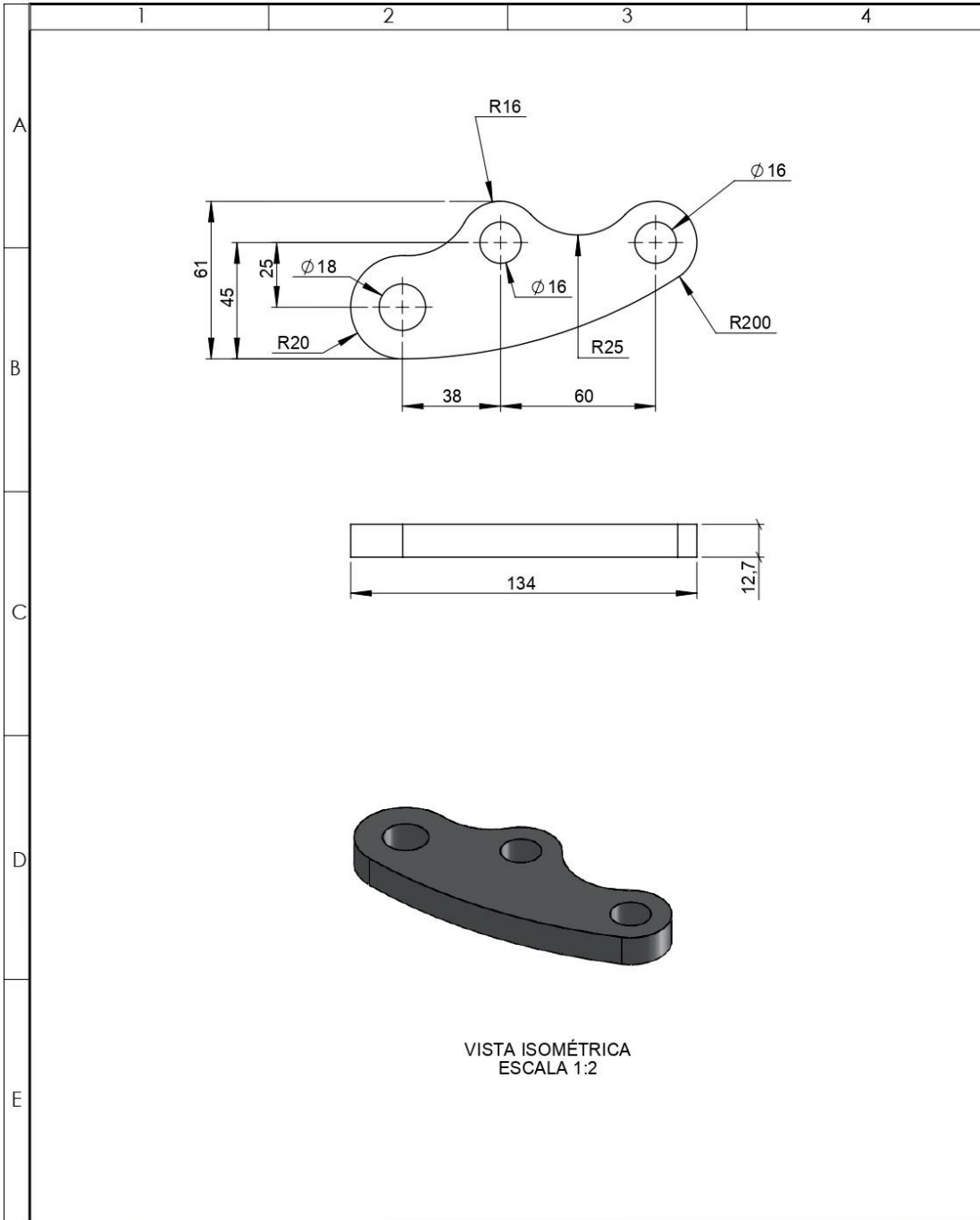
Anexo 9: Sujetador Triple Superior



Anexo 10: Placa Porta Resortes

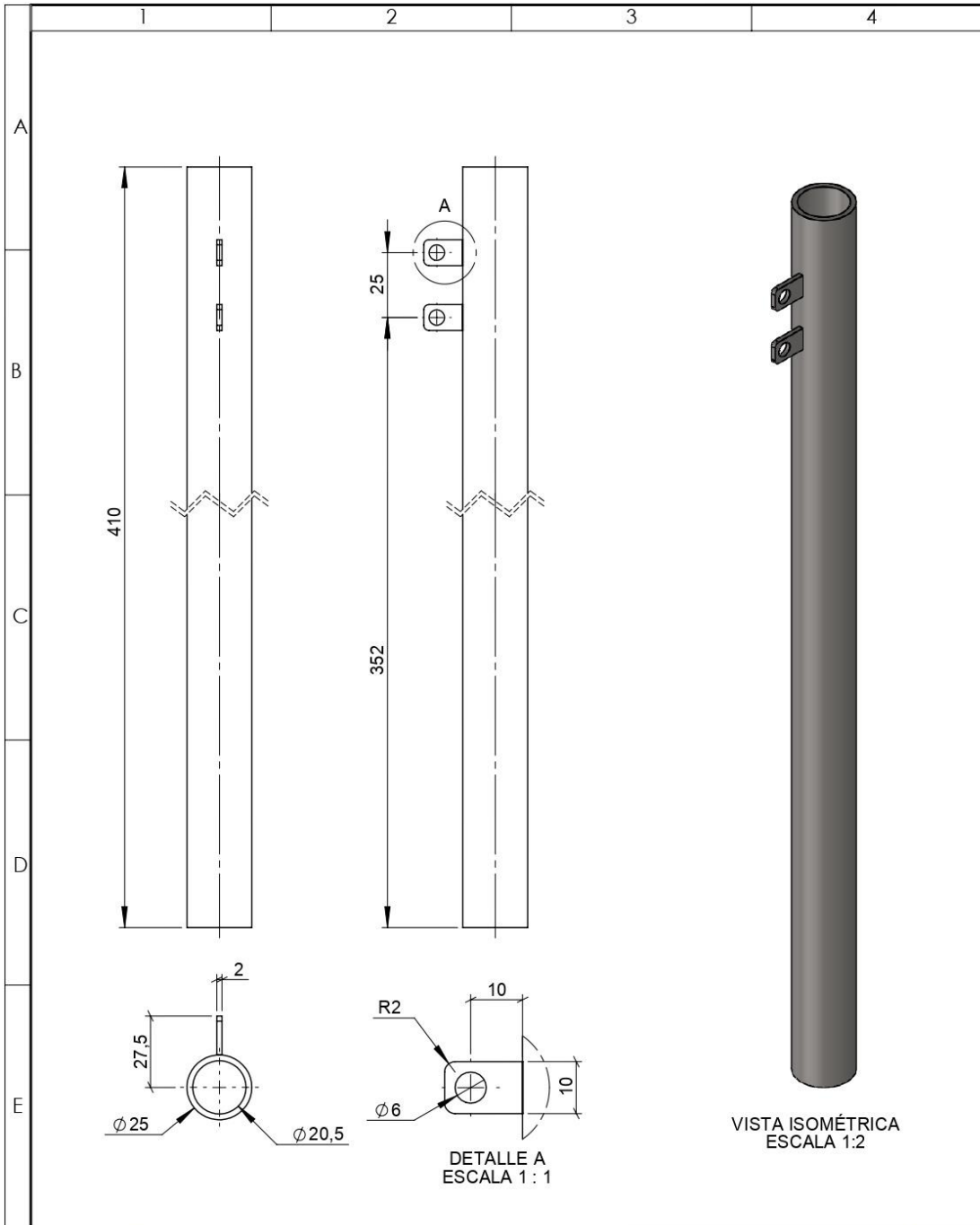


Anexo 11: Balancín



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib. 20/08/20	Mejía Diego	1:2			
Rev. 20/08/20	Ing. Cevallos Segundo				
Apro.	DOCENTE		Asignatura:	Denominación:	
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Titulación II	
ASTM A36		± 1	9	BALANCIN	

Anexo 12: Tubo Frontal

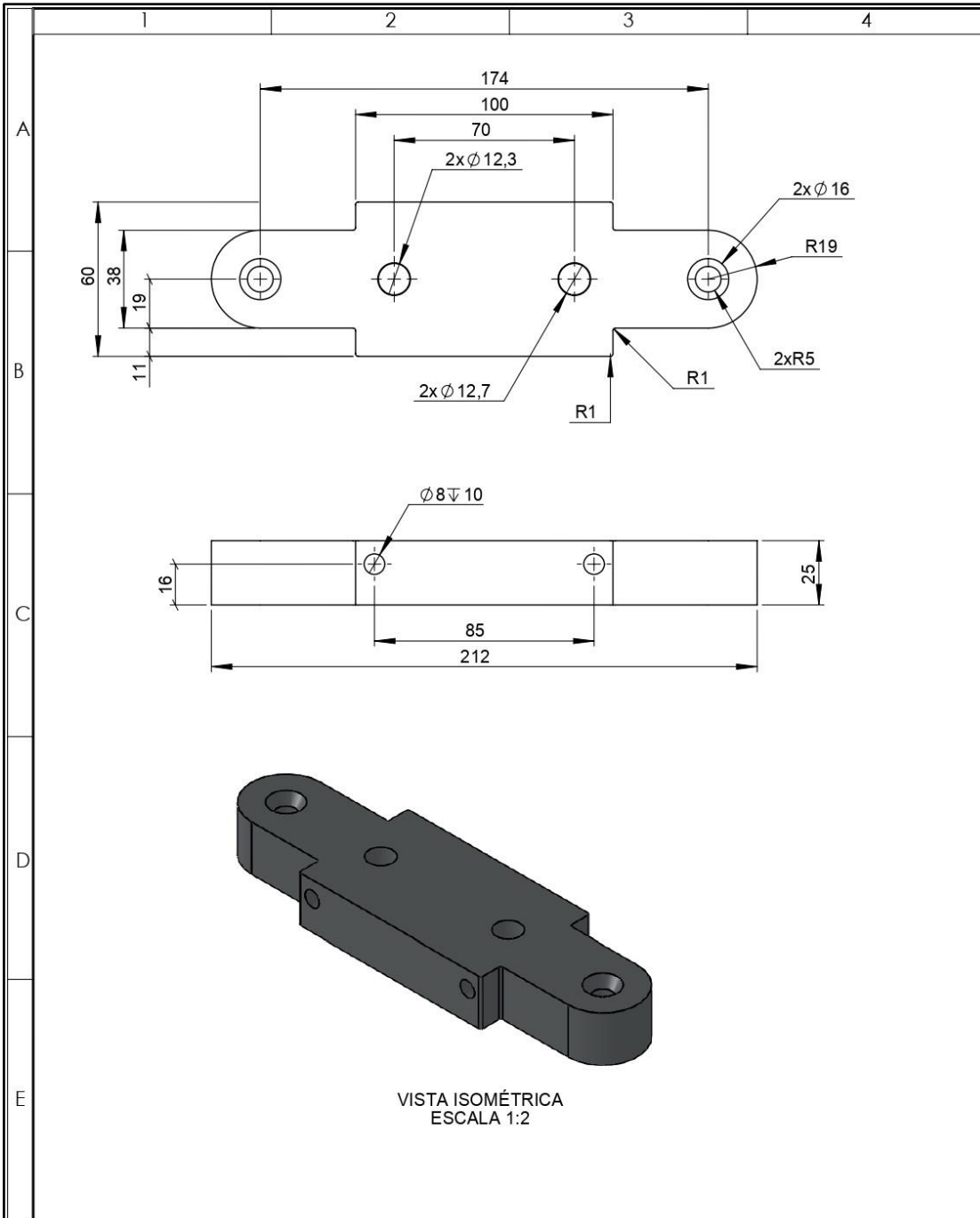


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 20/08/20	Mejía Diego	1:2		
Rev. 20/08/20	Ing. Cevallos Segundo			
Apro.	DOCENTE			
Materiales:	Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
Acero AISI 304	± 1	10	Titulación II	TUBO FRONTAL

Anexo 13: Base de Muelle



VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:2

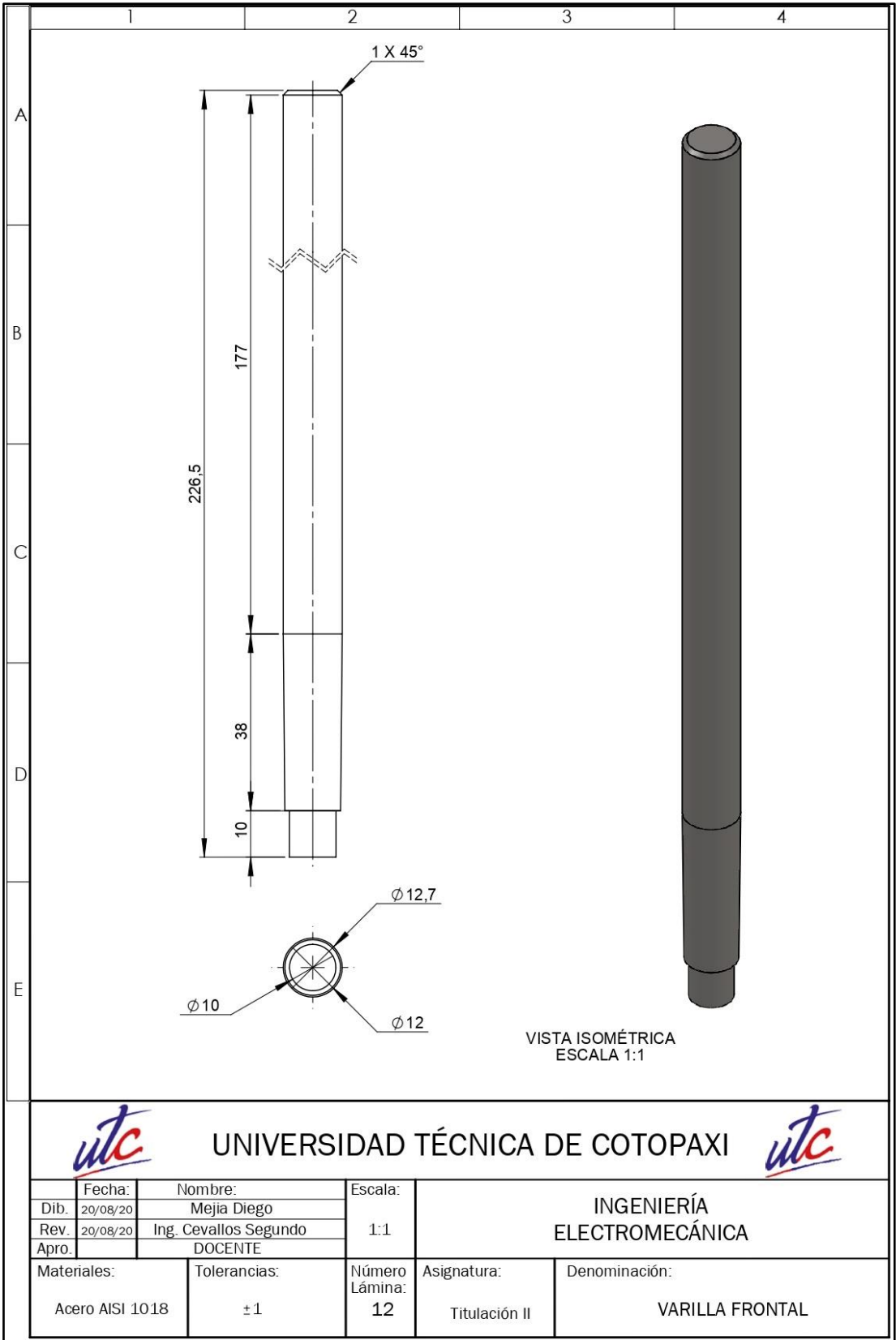


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 20/08/20	Mejía Diego	1:2		
Rev. 20/08/20	Ing. Cevallos Segundo			
Apro. DOCENTE			Asignatura:	Denominación:
Materiales:	Tolerancias:	Número Lámina:	Titulación II	BASE DE MUELLE
ASTM A36	±1	11		

Anexo 14: Varilla Frontal

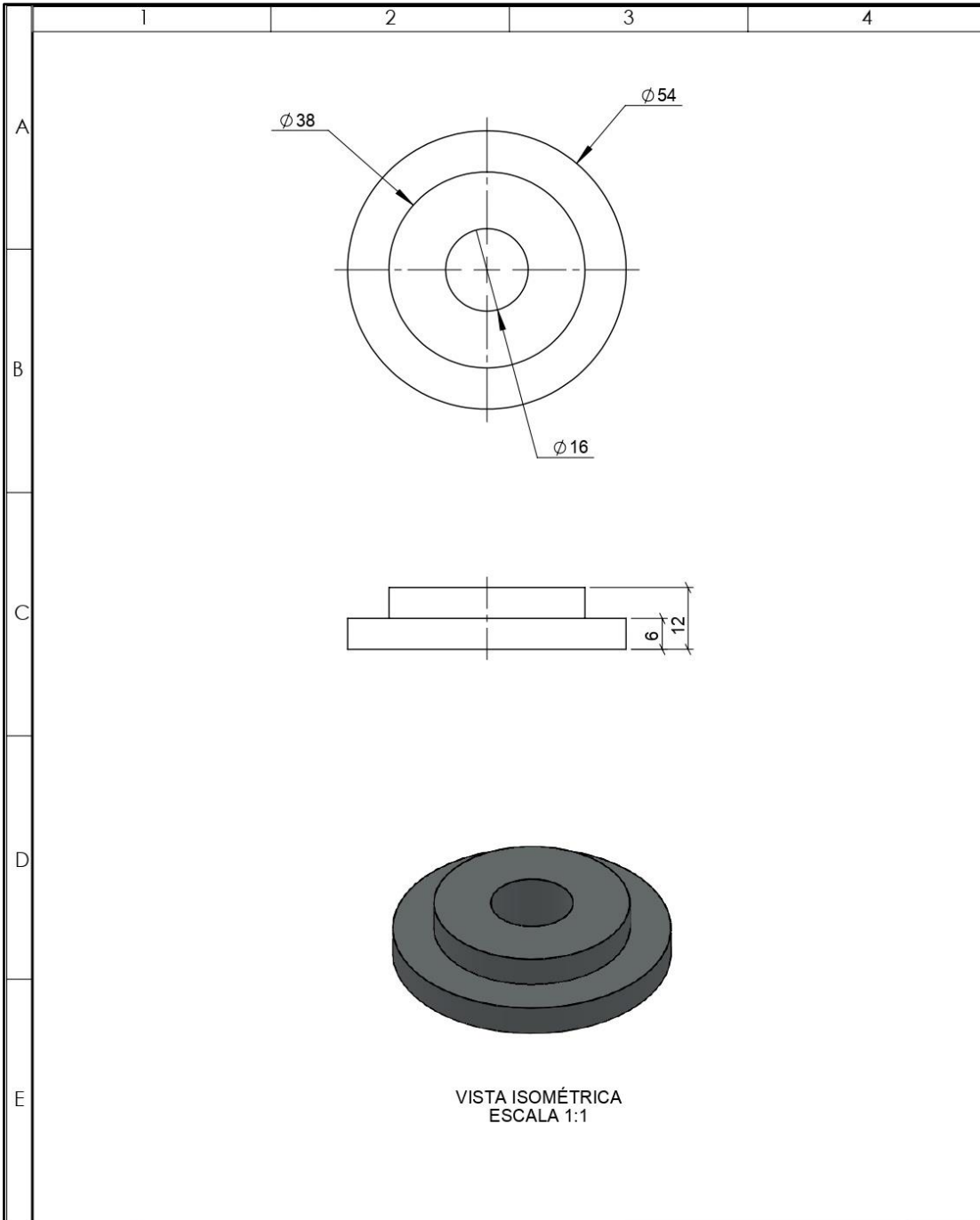




UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



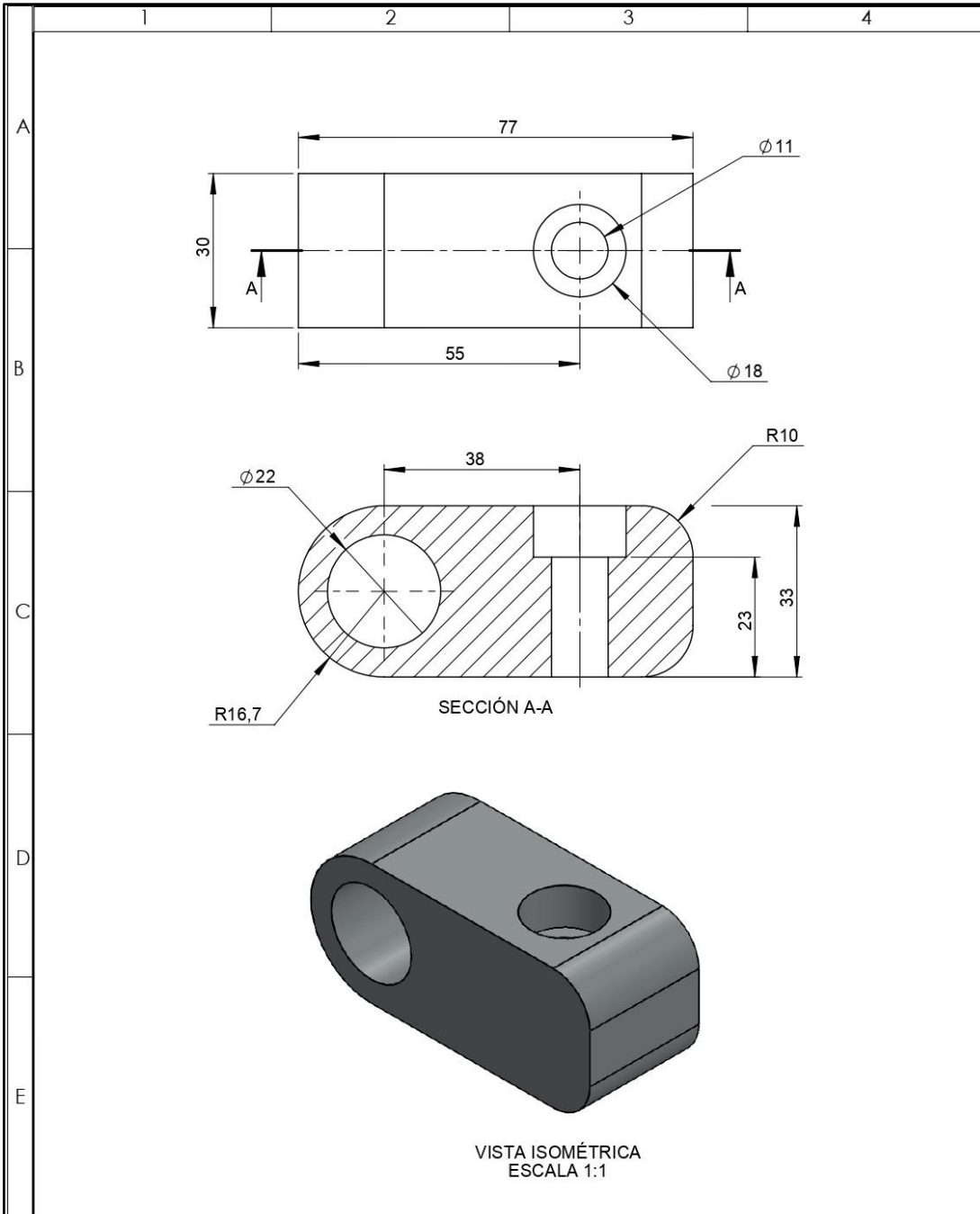
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib. 20/08/20	Mejia Diego	1:1			
Rev. 20/08/20	Ing. Cevallos Segundo				
Apro.	DOCENTE				
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
Acero AISI 1018		± 1	12	Titulación II	VARILLA FRONTAL

Anexo 15: Asiento de Resorte



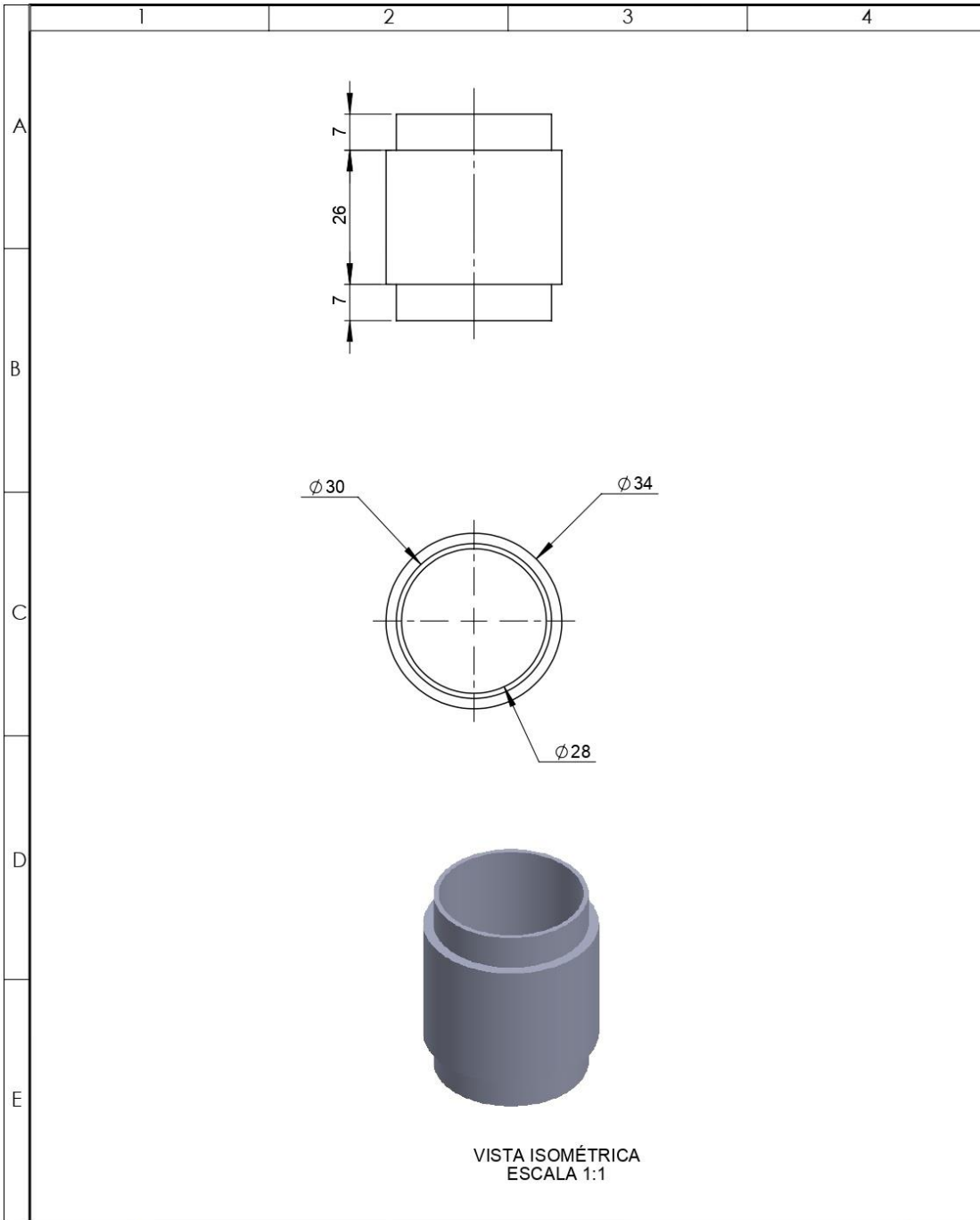
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
Dib.	Fecha: 20/08/20	Nombre: Mejia Diego	Escala: 1:1	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Rev.	20/08/20	Ing. Cevallos Segundo			
Apro.		DOCENTE			
Materiales: Acero AISI 1018		Tolerancias: ± 1	Número Lámina: 13	Asignatura: Titulación II	Denominación: ASIENTO DE RESORTE

Anexo 16: Bloque



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib. 20/08/20	Mejía Diego	1:1			
Rev. 20/08/20	Ing. Cevallos Segundo				
Apro.	DOCENTE				
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
Acero AISI 1018		± 1	14	Titulación II	BLOQUE

Anexo 17: Bocín de Sujeción



VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:1

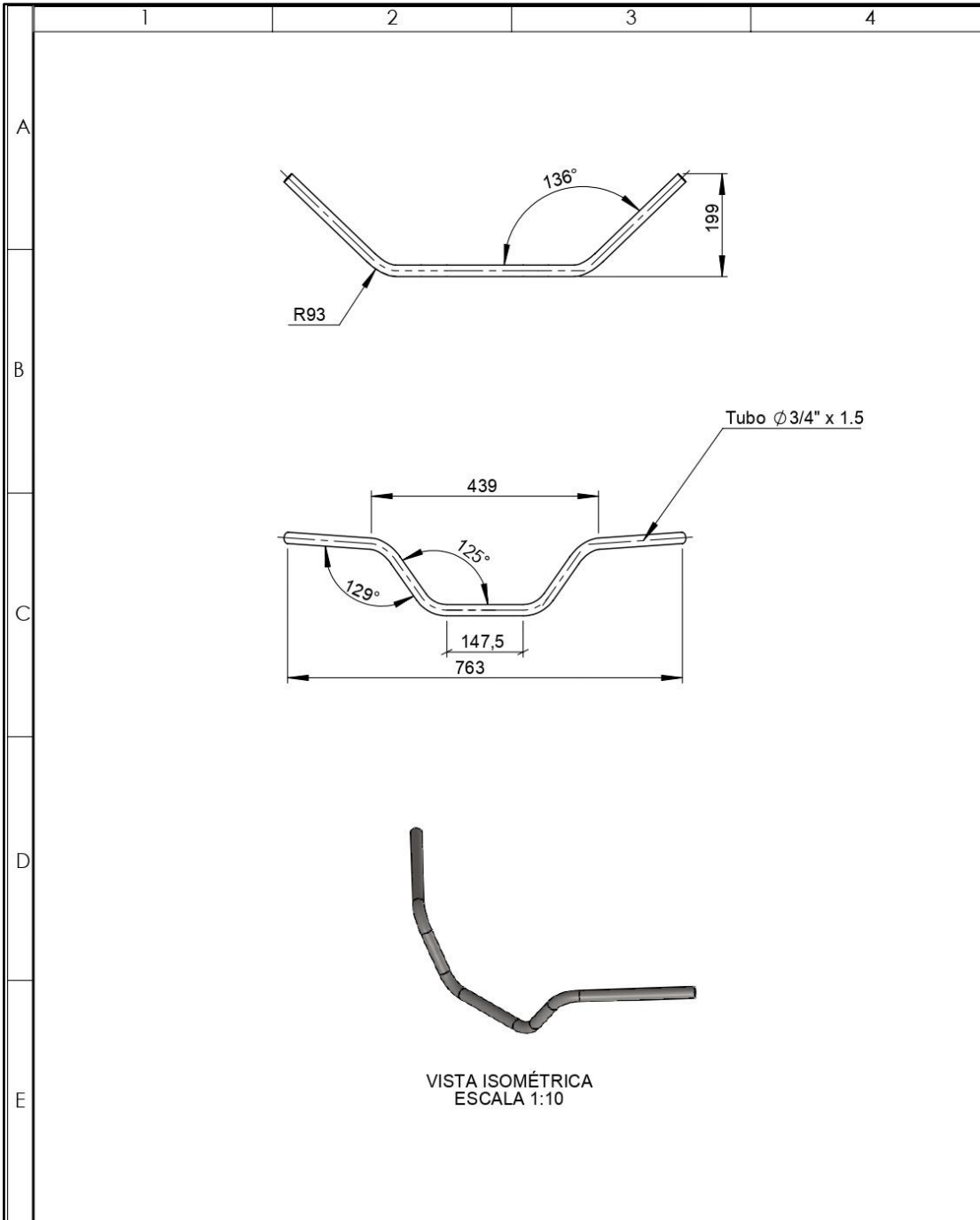


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 20/08/20	Mejía Diego	1:1		
Rev. 20/08/20	Ing. Cevallos Segundo			
Apro.	DOCENTE		Asignatura:	Denominación:
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	
Acero AISI 1018		± 1	15	Titulación II
				BOCIN DE SUJECIÓN

Anexo 18: Manilla

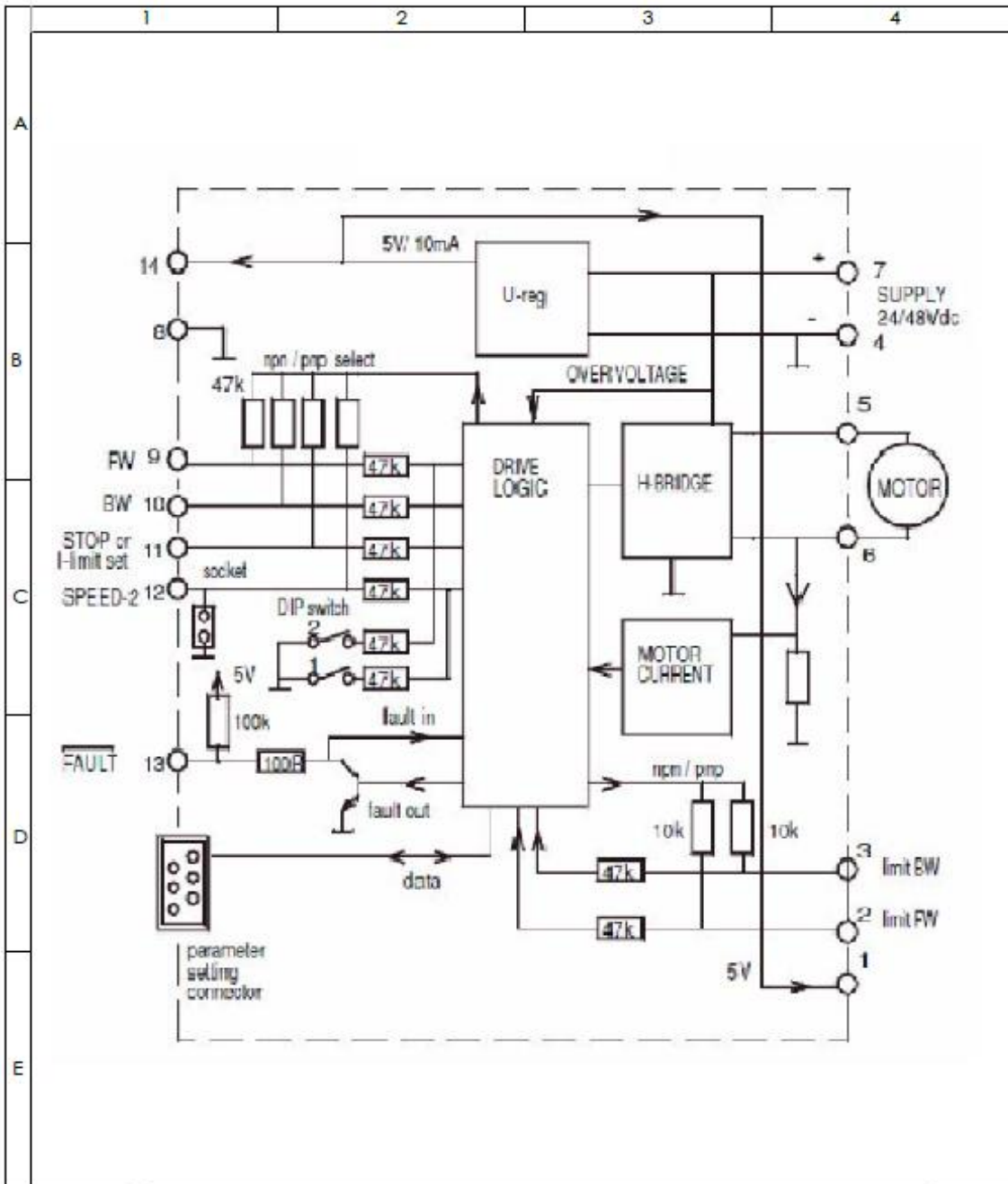


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib. 20/08/20	Mejía Diego				1:10
Rev. 20/08/20	Ing. Cevallos Segundo				
Apro.	DOCENTE	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:	
Acero AISI 304	± 1	16	Titulación II	MANILLA	

Anexo 19: Diagrama Técnico de la Empresa “ELECTROMAN Oy”



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib. 20/08/20	Mejía Diego	1:1			
Rev. 20/08/20	Ing. Cevallos Segundo				
Apro.	DOCENTE				
Materiales:	Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:	
	±1	17	Titulación II	CIRCUITO DE CONTROL	